บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการประดิษฐ์เส้นใยอิเล็กโตรสปัน PPB พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต โดยกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตย์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ โดยใช้สารละลายพอลิเมอร์ตั้งต้น 2 ชนิด คือ พอลิคาร์โพรแลคโทน (PCL) และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) อีกทั้งยังได้นำสารสกัดจากพืชสมุนไพร คือ ดอกอัญชัน มาเป็นองค์ประกอบในงานวิจัยนี้ โดยในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ระบบคือ หนึ่ง ศึกษาคุณสมบัติของสารละลายพอลิเมอร์ตั้งต้น สอง ศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ และ สาม ศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

ในขั้นตอนแรก ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของสารละลายพอลิเมอร์ตั้งต้น ด้วยการเตรียมสารละลายพอลิเมอร์ 3 ชนิด ได้แก่ สารละลายพอลิคาร์โพรแลคโทน ความเข้มข้น 5 7 9 และ 11 %wt สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 8 %wt และสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน ความเข้มข้น 8 %wt เมื่อเตรียมสารละลายดังกล่าวแล้วจึงนำไปศึกษาสภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายแต่ละชนิด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เมื่อเปรียบเทียบสภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายพอลิคาร์โพรแลคโทน ความเข้มข้น 5 7 9 และ 11 %wt พบว่า สารละลายพอลิคาร์โพรแลคโทนที่ความเข้มข้น 11 %wt จะมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงที่สุด และค่าสภาพการนำไฟฟ้าจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายลดลง เนื่องจากสารละลายความเข้มข้นสูงจะมีจำนวนหมู่ฟังก์ชันเอสเทอร์สูง จึงทำให้มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงขึ้นตามจำนวนหมูฟังก์ชันที่เพิ่มขึ้น
2. จากการศึกษาพันธะและหมู่ฟังก์ชันของเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิคาร์โพรแลคโทน พบว่า จะเกิดพีคสูงสุดที่เลขคลื่น 1722 cm^{-1} เนื่องมาจากการสั่นของ C = O ของหมู่ฟังก์ชันเอสเทอร์ คาบอนิล กรุ๊ป อีกทั้งยังเกิดพีคที่เลขคลื่น 2741 และ 2864 cm^{-1} เนื่องมาจากการสั่นของหมู่ฟังก์ชัน CH_2 ซึ่งจากการวิเคราะห์สรุปได้ว่า มีหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบของพอลิคาร์โพรแลคโทนอยู่จริงซึ่งจะสอดคล้องกับค่าสภาพการนำไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. เมื่อเปรียบเทียบค่าสภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน และ สารสกัดจากดอกอัญชัน พบว่า สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ จะมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงที่สุด เนื่องจากคุณสมบัติของสารพอลิเมอร์ชนิดนี้มีความเป็นกรด และเกิดปฏิสัมพันธ์กันระหว่างพันธะไฮโดรเจนของหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซี่ กรุ๊ป ของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และน้ำ ซึ่งมีปริมาณ H^+ เยอะ จึงสามารถนำไฟฟ้าได้ดี ส่วนสารที่มีค่าสภาพการนำไฟฟ้ารองลงมา คือ สารสกัดจากดอกอัญชัน เนื่องจากดอกอัญชัน เป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นวงแหวนอะโรมาติก ดังนั้น ความสามารถในการนำไฟฟ้าจึงน้อยมาก และสารที่มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าต่ำที่สุด คือ สารละลายพอลิไวนิล-แอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน เนื่องจากเกิดปฏิสัมพันธ์กันระหว่างหมู่ไฮดรอกซี่ กรุ๊ป และ H^+ เมื่อฟังก์ชันสองชนิดนี้รวมกันจะกลายเป็นน้ำ (H_2O) ที่มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าเป็นศูนย์ คือ มีความเป็นกลางทางไฟฟ้า จึงทำให้สารละลายพอลิเมอร์ชนิดนี้มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าลดลง
4. จากการศึกษาพันธะและหมู่ฟังก์ชันของเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน พบว่า เส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ จะเกิดพีคที่เลขคลื่น 3287 cm^{-1} ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจาก - OH stretching และเกิดพีคที่เลขคลื่น 1717 cm^{-1} เนื่องมาจาก CH_2 bending สำหรับเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน จะเกิดพีคที่เลขคลื่น 3270 cm^{-1} เนื่องจาก CH_2 bending และเกิดพีคที่เลขคลื่น 1647 cm^{-1} เป็นผลเนื่องมาจาก C = O stretching vibration พีคที่เลขคลื่น 824 cm^{-1} เนื่องจาก CH deformation ซึ่งจากการวิเคราะห์สรุปได้ว่า มีหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชันอยู่จริงซึ่งจะสอดคล้องกับค่าสภาพการนำไฟฟ้า

จากนั้นได้นำสารละลายพอลิเมอร์ทั้ง 3 ชนิดนี้ คือ สารละลายพอลิคาร์โพรแลคโทน พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน มาทำการผลิตเป็นเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิคาร์โพรแลคโทน พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน โดยการใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 15 20 และ 25 กิโลโวลต์ ตามลำดับ จากนั้นได้นำเส้นใยอิเล็กโตรสปันเหล่านี้ไปศึกษาคุณสมบัติทางด้านต่างๆดังนี้ คือ คุณสมบัติทางกายภาพและสัณฐานวิทยาโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ศึกษาปัจจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ส่งผลต่อสัณฐานวิทยาของเส้นใย ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM) ศึกษาเฟสองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นจะได้ผลการทดลองดังนี้ คือ

เมื่อพิจารณาเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิคาร์โพรแลคโทน พบว่า

1. เส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิคาร์โพรแลคโทน สามารถประดิษฐ์ได้โดยเทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตย์ ทำให้เส้นใยเหล่านี้รวมกันแบบไม่ได้ทักทอ มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ สีขาวขุ่น เหนียว นุ่ม ยืดหยุ่นได้ดี และแสงทะลุผ่านไม่ได้
2. เมื่อศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยอิเล็กโตรสปันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่า จะได้เส้นใยอิเล็กโตรสปันรวมกับเม็ดบีดส์ โดยเส้นใยมีลักษณะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งเส้นใยและเม็ดบีดส์มีหลายขนาดจำนวนมากเกิดขึ้น ซึ่งที่ความเข้มข้นของสารละลายพอลิคาร์โพรแลคโทน 5 และ 7 %wt จะได้เม็ดบีดส์จำนวนมาก และจะได้เม็ดบีดส์น้อยลงที่ความเข้มข้นสารละลาย 9 %wt และจะไม่เกิดเม็ดบีดส์เลยที่ความเข้มข้นสารละลาย 11 %wt
3. เมื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสัณฐานวิทยาของเส้นใยอิเล็กโตรสปัน พบว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเกิดเส้นใยอิเล็กโตรสปัน คือ 9 และ 11 %wt เนื่องจากได้เส้นใยอิเล็กโตรสปันที่ไม่เกิดเม็ดบีดส์ สำหรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการเกิดเส้นใยอิเล็กโตรสปัน คือ 20 กิโลโวลต์ เนื่องจากได้เส้นใยอิเล็กโตรสปันที่มีขนาดเล็กและไม่เกิดเม็ด
4. เมื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลด้วยแรงดึงของเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิคาร์โพรแลคโทน พบว่า เส้นใยอิเล็กโตรสปันที่ความเข้มข้นสารละลาย 7 %wt มีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นสูงที่สุด แต่เส้นใยอิเล็กโตรสปันที่ความเข้มข้นสารละลาย 9 %wt จะมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงที่สุดและจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายลดลง
5. เมื่อศึกษาเฟสองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิคาร์โพรแลคโทน พบว่า เส้นใยอิเล็กโตรสปันมีความเป็นผลึก โดยพิจารณาได้จากลักษณะรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ ซึ่งมีลักษณะพีคแคบ โดยมีความเข้มสูงสุดที่ 22° และ24° และความเข้มพีคจะลดลงเมื่อความเข้มข้นสารละลายเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อพิจารณาเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน พบว่า

1. เส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดนี้ สามารถประดิษฐ์ได้โดยเทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตย์ ทำให้เส้นใยเหล่านี้รวมกันแบบไม่ได้ทักทอ มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ สีขาวขุ่น นุ่มแต่ไม่เหนียว ยืดหยุ่นได้น้อย และแสงทะลุผ่านไม่ได้
2. เมื่อศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดนี้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่า จะได้เส้นใยอิเล็กโตรสปันที่มีความสม่ำเสมอตลอดทั้งเส้นใย โดยจะไม่เกิดเม็ดบีดส์
3. เมื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสัณฐานวิทยาของเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดนี้ พบว่า ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่มีความเหมาะสมต่อการเกิดเส้นใย คือ 15 20 และ 25 กิโลโวลต์ สำหรับความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการศึกษา เนื่องจากความเข้มข้นที่นำมาศึกษาดังกล่าว มีความเหมาะสมต่อการเกิดเส้นใย
4. เมื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลด้วยแรงดึงของเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ พบว่า เส้นใยอิเล็กโตรสปันที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ มีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นสูงที่สุดและจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น สำหรับคุณสมบัติเชิงกลด้วยแรงดึงของเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน พบว่า เส้นใยอิเล็กโตรสปัน ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 20 กิโลโวลต์ มีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นสูงที่สุด โดยเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน จะมีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นและเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงกว่าเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
5. เมื่อศึกษาเฟสองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดนี้ พบว่า เส้นใยอิเล็กโตรสปันมีความเป็นผลึก แต่มีความเป็นผลึกอยู่น้อย โดยพิจารณาได้จากลักษณะรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ ซึ่งมีลักษณะพีคกว้าง โดยมีความเข้มสูงสุดที่ 19°

จากนั้นนำสารละลายพอลิเมอร์ตั้งต้นทั้ง 3 ชนิดนี้ มาประดิษฐ์เป็นเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต โดยการฉีดสารละลายร่วมกันระหว่างสารละลายพอลิคาร์โพรแลคโทน (PCL) ร่วมกับสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เป็นเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PP พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต และฉีดสารละลายพอลิคาร์โพรแลคโทน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(PCL) ร่วมกับสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน (PVAB) เป็นเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PPB พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 15 20 และ 25 กิโลโวลต์ ตามลำดับ จากนั้นนำเส้นใยที่ประดิษฐ์ได้ข้างต้นไปทำการศึกษาคุณสมบัติทางด้านต่างๆดังนี้ คือ คุณสมบัติทางกายภาพและสัณฐานวิทยาโดยการใช้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสัณฐานวิทยาของเส้นใย ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM) ศึกษาเฟสองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) และความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นจะได้ผลการทดลองดังนี้ คือ

เมื่อพิจารณาเส้นใยเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PP พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต พบว่า

1. เส้นใยอิเล็กโตรสปัน PP พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต สามารถประดิษฐ์ได้โดยเทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตย์ ทำให้ได้เส้นใยรวมกันแบบไม่ได้ทักทอ มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ สีขาวขุ่น เหนียว นุ่ม ยืดหยุ่นได้น้อย และแสงทะลุผ่านไม่ได้
2. เมื่อศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยอิเล็กโตรสปันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่า จะได้เส้นใยอิเล็กโตรสปันรวมกับเม็ดบีดส์ โดยเส้นใยมีลักษณะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งเส้นใย ซึ่งจะมีเม็ดบีดส์จำนวนมากเกิดขึ้นที่ความเข้มข้นสารละลาย 5 และ 7 %wt และจะเกิดน้อยลงที่ความเข้มข้นสารละลาย 9 %wt และจะไม่เกิดเม็ดบีดส์เลยที่ความเข้มข้นสารละลาย 11 %wt แต่จะได้เส้นใยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกันอย่างชัดเจน
3. เมื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสัณฐานวิทยาของเส้นใยอิเล็กโตรสปัน พบว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเกิดเส้นใยอิเล็กโตรสปัน คือ 9 และ 11 %wt เนื่องจากได้เส้นใยที่ไม่เกิดเม็ดบีดส์ แต่ได้เส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่มาก สำหรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการเกิดเส้นใย คือ 20 และ 25 กิโลโวลต์ เนื่องจากได้เส้นใยที่ไม่เกิดเม็ดบีดส์
4. เมื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลด้วยแรงดึงของเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PP พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต พบว่า เส้นใยอิเล็กโตรสปันที่ความเข้มข้นสารละลายพอลิคาร์โพรแลคโทน 9 %wt มีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นสูงที่สุด และรองลงมาที่ความเข้มข้น 7 %wt โดยเส้นใยอิเล็กโตรสปันที่ความเข้มข้นสารละลาย 9 %wt จะมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงที่สุด และที่ความเข้มข้นสารละลาย 5 %wt จะมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. เมื่อศึกษาเฟสองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PP พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต พบว่า เส้นใยอิเล็กโตรสปันมีความเป็นผลึก โดยพิจารณาได้จากลักษณะรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ ซึ่งมีลักษณะพีคแคบ โดยมีความเข้มสูงสุดที่ 19° และ24° และความเข้มพีคจะลดลงเมื่อความเข้มข้นสารละลายเพิ่มขึ้น
6. เมื่อวิเคราะห์พันธะและหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง FT-IR พบว่า จะได้กราฟที่มีลักษณะร่วมกันระหว่างสารพอลิคาร์โพรแลคโทน และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยจะเกิดพีคที่เลขคลื่น 2939 และ2865 cm^{-1} เนื่องมาจากการสั่นของ CH_2 ซึ่งเป็นลักษณะของสารพอลิคาร์โพรแลคโทน อีกทั้งยังเกิดพีคที่เลขคลื่น 3310 cm^{-1} ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจาก - OH stretching และเกิดพีคที่เลขคลื่น 1723 cm^{-1} เนื่องมาจาก CH_2 bending จากลักษณะดังกล่าว เป็นลักษณะของสารพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ จากความสัมพันธ์ดังกล่าว จึงสรุปได้ว่า เส้นใยอิเล็กโตรสปัน PP พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันของสารพอลิคาร์โพรแลคโทนและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
7. การทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อ E.coli ของเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PP พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต พบว่า จำนวนโคโลนีของเชื้อ E.coli ไม่ได้ลดลงแต่กลับเพิ่มจำนวนมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PP พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต ไม่มีความสามารถที่จะยับยังเชื้อ E.coli ได้ เนื่องจากวิธีการในการตรวจสอบการต้านเชื้อ E.coli ไม่เหมาะสม อีกทั้งสารพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่เป็นองค์ประกอบของเส้นใย PP พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต มีความเป็นกรดสูง ซึ่งสภาวะความเป็นกรดมีความไม่เหมาะสมและไม่มีความสามารถในการต้านเชื้อ E.coli ดังนั้นการทดลองนี้จึงไม่สามารถยับยั้งการต้านเชื้อแบคทีเรียได้

เมื่อพิจารณาเส้นใยเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PPB พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต พบว่า

1. เส้นใยอิเล็กโตรสปัน PPB พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต สามารถประดิษฐ์ได้โดยเทคนิคกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตย์ ทำให้เส้นใยเหล่านี้รวมกันแบบไม่ได้ทักทอ มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ สีขาวขุ่น เหนียว นุ่ม ยืดหยุ่นได้น้อย และแสงทะลุผ่านไม่ได้
2. เมื่อศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยอิเล็กโตรสปันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่า จะได้เส้นใยอิเล็กโตรสปันรวมกับเม็ดบีดส์ โดยเส้นใยมีลักษณะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งเส้นใย มีเม็ดบีดส์จำนวนมากเกิดขึ้นที่ความเข้มข้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารละลาย 5 และ 7 %wt โดยเม็ดบีดส์จะเกิดน้อยลงที่ความเข้มข้นสารละลาย 9 %wt และจะไม่เกิดเม็ดบีดส์เลยที่ความเข้มข้นสารละลาย 11 %wt แต่จะได้เส้นใยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกันอย่างชัดเจน

3. เมื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสัณฐานวิทยาของเส้นใยอิเล็กโตรสปัน พบว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเกิดเส้นใยอิเล็กโตรสปัน คือ 9 และ 11 %wt เนื่องจากได้เส้นใยที่ไม่เกิดเม็ดบีดส์ แต่ได้เส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่มาก สำหรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการเกิดเส้นใย คือ 20 กิโลโวลต์ เนื่องจากได้เส้นใยที่ไม่เกิดเม็ดบีดส์
4. เมื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลด้วยแรงดึงของเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PPB พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต พบว่า เส้นใยอิเล็กโตรสปันที่ความเข้มข้นสารละลายพอลิคาร์โพรแลคโทน 9 %wt มีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นสูงที่สุด และรองลงมาที่ความเข้มข้น 7 %wt โดยเส้นใยอิเล็กโตรสปันที่ความเข้มข้นสารละลาย 5 %wt จะมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงที่สุด
5. เมื่อศึกษาเฟสองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PPB พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต พบว่า เส้นใยอิเล็กโตรสปันมีความเป็นผลึก โดยพิจารณาได้จากลักษณะรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ ซึ่งมีลักษณะพีคแคบ โดยพีคมีความเข้มสูงสุดที่ 19° และ 24° และความเข้มพีคจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายลดลง
6. จากการศึกษาพันธะและหมู่ฟังก์ชันของเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PPB พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต พบว่า จะได้กราฟที่มีลักษณะร่วมกันระหว่างสารพอลิคาร์โพรแลคโทนและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน โดยจะเกิดพีคที่เลขคลื่น 2942 และ2864 cm^{-1} เนื่องมาจากการสั่นของ CH_2 ซึ่งเป็นลักษณะของสารพอลิคาร์โพรแลคโทน อีกทั้งยังเกิดพีคที่เลขคลื่น 3310 cm^{-1} ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจาก - OH stretching และเกิดพีคที่เลขคลื่น 1722 cm^{-1} เนื่องมาจาก CH_2 bending จากลักษณะดังกล่าว เป็นลักษณะของสารพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจึงสรุปได้ว่า เส้นใยอิเล็กโตรสปัน PPB พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันของสารพอลิคาร์โพรแลคโทนและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมสารสกัดจากดอกอัญชัน
7. การทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อ E.coli ของเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PPB พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต พบว่า จำนวนโคโลนีของเชื้อ E.coli ไม่ได้ลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่กลับเพิ่มจำนวนมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PPB พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต ไม่มีความสามารถที่จะยับยังเชื้อ E.coli ได้ เนื่องจากวิธีการในการตรวจสอบการต้านเชื้อ E.coli ไม่เหมาะสม อีกทั้งสารพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่เป็นองค์ประกอบของเส้นใยอิเล็กโตรสปัน PPB พอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต มีความเป็นกรดสูง ซึ่งสภาวะความเป็นกรดมีความไม่เหมาะสมและไม่มีความสามารถในการต้านเชื้อ E.coli ดังนั้นการทดลองนี้จึงไม่สามารถยับยั้งการต้านเชื่อแบคทีเรียได้

ซึ่งจากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า

1. ความเข้มข้นของสารละลายมีอิทธิพลต่อขนาดของเส้นใยอิเล็กโตรสปัน โดยเมื่อความเข้มข้นของสารละลายต่ำจะทำให้ได้เส้นใยที่มีเม็ดบีดส์จำนวนมาก เนื่องจากความเข้มข้นที่ต่ำเกินไปจะทำให้มีความหนืดที่ไม่เหมาะสมต่อการเกิดเส้นใย เนื่องจากปริมาณตัวทำละลายในสารละลายมีมาก สายพอลิเมอร์ขาดออกจากกัน จึงไม่เกาะกันเป็นเส้นใย อีกทั้งการพันกันของสายโซ่โมเลกุลน้อย ดังนั้นสายเจ็ทจึงขาดออกเป็นหยดเล็กๆของสารละลายพอลิเมอร์ หรือเกิดเป็นเส้นใยที่มีเม็ดบีดส์ แต่ถ้าความเข้มข้นของสารละลายมากเกินไปจะทำให้ได้เส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่และไม่เกิดเม็ดบีดส์ เนื่องจากสารละลายมีความเข้มข้นสูง ส่งผลให้การควบคุมการไหลของสารละลายไม่สม่ำเสมอ เส้นใยที่ถูกดึงออกมาจึงมีขนาดใหญ่ อีกทั้งสารละลายพอลิเมอร์ยังมีความหนืดสูง จึงเกิดการพันกันของสายโซ่โมเลกุลมากขึ้น ประจุไฟฟ้าบนสายเจ็ทสามารถดึงยืดสารละลายออกไป เม็ดปมบนเส้นใยจึงหายไป นอกจากนี้ ยังมีการระเหยของตัวทำละลายช้า ทำให้มีโอกาสเกิดการรวมตัวกันของเส้นใยหลังตกลงบนวัสดุรองรับ ทำให้เส้นใยมีขนาดใหญ่และไม่สม่ำเสมอ
2. ขนาดของเส้นใยจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงกลทางแรงดึง คือ ถ้าเส้นใยอิเล็กโตรสปันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กจะมีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นสูง เนื่องจากพันธะและการเรียงตัวกันของโมเลกุลภายในเส้นใยสูงและมีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ โดยค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น จะแปรผกผันกับความเข้มข้นของสารละลายและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การยืดตัว พบว่า เปอร์เซ็นต์การยืดตัวจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ความเป็นผลึกของเส้นใยอิเล็กโตรสปันจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น สังเกตได้จากความเข้มพีคจะลดลง และความกว้างของพีคจะเพิ่มขึ้น แต่จะมีขนาดของผลึกใหญ่ขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถพิจารณาได้จาก ค่า FWHM ของกราฟ XRD
4. ไม่มีเส้นใยอิเล็กโตรสปันพอลิเมอร์ นาโนไฟเบอร์ คอมพอสิต เงื่อนไขใด ที่มีความสามารถในการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย เนื่องจาก พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และสารสกัดจากดอกอัญชัน มีสภาพความเป็นกรดสูง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในระหว่างทำการประดิษฐ์เส้นใยอิเล็กโตรสปัน ด้วยเทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตย์ ควรใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างสูง เนื่องจากว่าในขั้นตอนการประดิษฐ์นั้นต้องใช้ไฟฟ้ากำลังสูง ซึ่งหากไม่ระมัดระวังอาจจะเกิดอันตรายได้
2. เส้นใยอิเล็กโตรสปันที่ประดิษฐ์ได้ ควรเก็บไว้ในที่แห้งสนิท เนื่องจากว่าพอลิเมอร์ที่นำมาผลิตเป็นเส้นใยมีคุณสมบัติในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีความสามารถในการดูดความชื้นสูง อาจจะทำให้เกิดเชื้อราขึ้นได้ที่ชิ้นงาน ซึ่งอาจจะต้องทำการประดิษฐ์ใหม่ทำให้เกิดการเสียเวลา
3. เนื่องจากเส้นใยอิเล็กโตรสปัน ไม่มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรีย ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากสารแอนโทรไซยานิน เป็นสารรงควัตถุ ซึ่งอาจจะมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระได้
4. เนื่องจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ มีความเป็นกรดสูง ไม่สามารถต้านทานเชื้อแบคทีเรียได้ จึงควรเปลี่ยนสารพอลิเมอร์ที่จะนำมาศึกษาทางด้านนี้ใหม่
5. สารแอนโทรไซยานิน ที่เป็นสารสกัดจากดอกอัญชัน มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบทางเคมี ดังนั้นนอกจากจะไม่ยับยั้งการต้านทานเชื้อแบคทีเรียแล้ว ยังทำให้จำนวนของแบคทีเรียเพิ่มขึ้นอีกด้วย เนื่องจากน้ำตาลเป็นอาหารที่ดีสำหรับแบคทีเรีย ดังนั้นหากต้องการนำสารแอนโทรไซยานินมาศึกษาการต้านเชื้อแบคทีเรีย จึงควรตัดโมเลกุลของน้ำตาลออกจากโครงสร้างก่อน
6. สภาวะที่เหมาะสมต่อการศึกษาความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรีย คือ สภาพที่เป็นกลาง หรือ เบส ดังนั้นควรควบคุม pH ไม่ให้มีความเป็นกรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved