สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นใยนุ่น

จากการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นใยนุ่นดิบและเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบ สรุปได้ว่าเส้นใยนุ่นดิบมีลักษณะไม่ต่างจากเส้นใยนุ่น ก่อนนำมาล้างเพียงแต่สีของเส้นใยขาวขึ้นเนื่องจากล้างสิ่งสกปรกออกไปแล้ว เส้นใยยังมีน้ำมันเคลือบผิวอยู่ มีความปุยและนุ่มเหมือนเส้นใยนุ่นปกติ ในทางกลับกันเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบมีความแข็งกระด้างกว่าเส้นใยนุ่นดิบมาก มีสีขาวและเส้นใยจมน้ำไม่สามารถลอยอยู่ในน้ำได้เหมือนเส้นใยนุ่นดิบ สาเหตุที่ทำให้เส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบมีความกระด้างและเส้นใยจมน้ำ เป็นเพราะเส้นใยจะต้องผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันและถูกออกซิไดซ์ด้วยสารเคมีหลายชนิด ทำให้เส้นใยเกิดความกระด้าง นอกจากนั้น ในการเพิ่มประจุลบยังมีขั้นตอนการกำจัดลิกนินออกจากเส้นใยซึ่งทำให้ขะเอาน้ำมันหลุดออกมาจากเส้นใย นอกจากนี้ปฏิกิริยาการเพิ่มประจุลบยังทำให้เส้นใยบางลงซึ่งเห็นจากการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด การที่เส้นใยบางลงอาจมาจากขั้นตอนการกำจัดลิกนินซึ่งเป็นองค์ประกอบของเส้นใย จึงทำให้เส้นใยบางกว่าเส้นใยนุ่นดิบ

5.2 การศึกษาการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกของเส้นใยนุ่น

จากการศึกษาการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกของเส้นใยนุ่นสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.2.1 การหาสภาวะการทดลอง

5.2.1.1 การหาความเร็วรอบที่เหมาะสม

การหาความเร็วรอบในการเขย่าเส้นใยนุ่นที่เหมาะสมต่อการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวก สรุปได้ว่าการเขย่าเส้นใย 150 รอบต่อนาทีทำให้เส้นใยนุ่นสามารถดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกได้ดีที่สุด

5.2.1.2 การหาปริมาณนุ่นที่เหมาะสม

การหาสภาวะการทดลอง เพื่อหาปริมาณนุ่นที่เหมาะสมต่อการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกพบว่า ทั้งเส้นใยนุ่นดิบและเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบที่

เหมาะสมต่อการดูดซับ DTAB และ DPC เท่ากับ 1.0 % โดยน้ำหนัก เนื่องจากเมื่อทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกกับน้ำหนักของเส้นใยนุ่นพบว่า เส้นใยนุ่นที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 0.3 กรัมหรือเทียบเท่ากับ 1.0 % โดยน้ำหนักเป็นต้นไป ค่าความสามารถในการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกของเส้นใยนุ่นดิบและเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบคงที่ นั่นคือเมื่อเพิ่มปริมาณนุ่นให้มากกว่า 1.0 % โดยน้ำหนัก ก็ไม่ทำให้ค่าความสามารถการดูดซับ DTAB และ DPC เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเส้นใยนุ่นดิบและเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบที่มีปริมาณเท่ากับ 1.0 % โดยน้ำหนัก มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการศึกษาการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกและการกำจัดสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในขั้นตอนต่อ ๆ ไป

5.2.1.2 การหาเวลาที่เหมาะสม

การหาสภาวะทดลองเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมที่เส้นใยนุ่นดิบและเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบ ใช้ในการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกจนถึงจุดสมดุลพบว่า เวลาที่เส้นใยนุ่นดิบและเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบใช้ในการดูดซับ DTAB และ DPC มีค่าเท่ากับ 24 ชั่วโมงเท่ากัน เนื่องจากเมื่อทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกกับเวลาที่ใช้ในการเขย่าตัวกลาง พบว่าเวลาที่ใช้ในการเขย่าตัวกลางตั้งแต่ 24 ชั่วโมงขึ้นไป ค่าความสามารถในการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกของเส้นใยนุ่นดิบและเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบคงที่ นั่นคือหากใช้เวลาในการเขย่ามากขึ้นก็ไม่ทำให้ค่าความสามารถการดูดซับ DTAB และ DPC เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการเขย่าเส้นใยนุ่นดิบและเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบเท่ากับ 24 ชั่วโมง

5.2.2 การศึกษาความสามารถในการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกของเส้นใยนุ่น

การศึกษาความสามารถในการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกของเส้นใยนุ่นดิบและเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบพบว่า เส้นใยนุ่นดิบมีค่าความสามารถในการดูดซับ DTAB และ DPC น้อยกว่าเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบ นอกจากนั้นค่าความสามารถในการดูดซับ DTAB และ DPC ของเส้นใยนุ่นดิบยังมีค่าเท่า ๆ กัน

ความสามารถการดูดซับของเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบ พบว่าเส้นใยสามารถดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกได้เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะ DTAB ที่เส้นใยสามารถดูดซับได้เพิ่มขึ้น

2 เท่า แสดงว่าหมู่ฟังก์ชันบริเวณส่วนหัวที่ชอบน้ำ (HFydrophilic Haed) ของสารลดแรงตึงผิวประจุบวกส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับของเส้นใยนุ่น

5.3 การศึกษาการกำจัดสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนด้วยเส้นใยนุ่นที่ปรับสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิวประจุบวก

จากการศึกษาการกำจัดสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนด้วยเส้นใยนุ่นที่ปรับสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิวประจุบวกสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.3.1 การศึกษาการดูดซับสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนบนเส้นใยนุ่นที่ปรับสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิวประจุบวกที่มีหมู่ฟังก์ชันต่างกัน

การศึกษาอิทธิพลของสารลดแรงตึงผิวประจุบวกที่มีหมู่ฟังก์ชันต่างกัน ที่ใช้ในการกำจัดสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ร่วมกับเส้นใยนุ่นดิบและเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบพบว่า ความแตกต่างของหมู่ฟังก์ชันบนส่วนหัวที่ชอบน้ำของ DTAB และ DPC ส่งผลต่อค่าความสามารถในการกำจัดสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนซึ่งได้แก่ ฟลูออรีนและฟีแนนทรีน โดยที่เส้นใยที่ปรับสภาพด้วย DTAB มีค่าความสามารถในการกำจัดฟลูออรีนและฟีแนนทรีนมากกว่าเส้นใยที่ปรับสภาพด้วย DPC เนื่องจากอิทธิพลของความแรงของประจุบวกที่แตกต่างกัน เพราะ DTAB มีหมู่เมธิล ($-CH_3$) เป็นหมู่ฟังก์ชัน แต่ DPC มีหมู่ฟังก์ชันเป็นไพริดิเนียมซึ่งเป็นกลุ่มของสารประกอบอะโรมาติกที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นไพริดิเนียมจึงไปบดบังความแรงของประจุบวกที่ใกล้เคียงจนทำให้ DPC มีความแรงของประจุต่ำกว่า DTAB

เมื่อ DTAB มีความแรงของประจุบวกมากกว่าจึงส่งผลให้ DTAB สามารถไปเกาะบนเส้นใยนุ่นซึ่งมีประจุสุทธิเป็นลบได้ดีกว่า DPC ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างและความแรงประจุได้อธิบายไว้ในภาคผนวก

5.3.2 การศึกษาผลของโครงสร้างที่ต่างกันของสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนต่อประสิทธิภาพการกำจัดของเส้นใยนุ่นที่ปรับสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิวประจุบวก

การศึกษาผลของโครงสร้างที่แตกต่างกันของฟลูออรีนและฟีแนนทรีนที่ส่งผลต่อความสามารถในการกำจัดของเส้นใยนุ่นที่ปรับสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิวประจุบวก พบว่าผลของโครงสร้างที่แตกต่างกันของฟลูออรีนและฟีแนนทรีน ส่งผลต่อความสามารถในการกำจัดสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนของเส้นใยนุ่น นั่นคือ ฟลูออรีนซึ่งมีโครงสร้าง

โมเลกุลเล็กกว่าฟีแนนทรีน ซึ่งโครงสร้างขนาดเล็กกว่าทำให้ฟลูออรีนมีค่าการละลายน้ำมากกว่าฟีแนนทรีน ซึ่งการที่ฟลูออรีนอยู่ในน้ำมาก ยิ่งทำให้ฟลูออรีนที่อยู่ในสารละลายสามารถไปจับกับสารลดแรงตึงผิวที่เกาะอยู่บนเส้นใยนุ่นได้มากกว่าฟีแนนทรีนที่ละลายในน้ำได้น้อยกว่า ดังนั้นสรุปได้ว่า ค่าการละลายน้ำที่สูงขึ้นทำให้ค่าความสามารถในการกำจัดสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนของเส้นใยนุ่นมีค่าเพิ่มมากขึ้น

จากผลการทดลองในแต่ละขั้นตอน เห็นได้ว่ามีปัจจัยหลายด้านที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการดูดซับสารลดแรงตึงผิวของตัวกลางและการกำจัดสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในน้ำเสียสังเคราะห์

5.4 สรุปผลวัตถุประสงค์การวิจัย

1. **เพื่อศึกษาการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกบนเส้นใยนุ่น 2 ชนิดได้แก่ เส้นใยนุ่นดิบและเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบ** สรุปได้ว่า เส้นใยนุ่นและเส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบมีความสามารถในการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกแตกต่างกันชัดเจน เส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบดูดซับ DTAB และ DPC มากกว่าเส้นใยนุ่นดิบเกือบเท่าตัว

2. **เพื่อศึกษาการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวกที่มีหมู่ฟังก์ชันต่างกันบนเส้นใยนุ่น** สรุปได้ว่า เส้นใยนุ่นสามารถดูดซับ DTAB ได้ดีกว่า DPC เพราะหมู่ฟังก์ชันของ DTAB ที่มีความแรงของประจุบวกมากกว่าสามารถเกาะบนเส้นใยนุ่นได้ดีกว่า จึงทำให้เส้นใยนุ่น DTAB ได้ดีกว่า DPC

3. **เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการกำจัดสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนของเส้นใยนุ่นที่ปรับสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิวประจุบวกที่มีหมู่ฟังก์ชันต่างกัน** สรุปได้ว่า ตัวกลางที่กำจัดสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนได้ดีที่สุด คือ เส้นใยนุ่นเพิ่มประจุลบ+DTAB เพราะการเพิ่มประจุลบให้เส้นใยทำให้สารลดแรงตึงผิวประจุบวกเกาะบนพื้นผิวเส้นใยได้มากขึ้น ส่วนหางที่ไม่ชอบน้ำภายในโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวประจุบวกจึงสามารถจับสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้มากขึ้น อีกทั้งยังพบว่าตัวกลางสามารถกำจัดฟลูออรีนได้ดีกว่าฟีแนนทรีน

ในการทำวิจัยครั้งนี้นอกจากสามารถทราบถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของเส้นใยนุ่นทั้ง 6 ประเภท ในการกำจัดสารประกอบโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนแล้ว พบว่าความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถพัฒนาและนำความรู้ไปใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำด้วยตัวกลางที่เป็นเส้นใยธรรมชาติอื่น ๆ ได้อีกมากมายและยังสามารถนำไปใช้ในการกำจัดฟลูออรีนและฟีแนนทรีนที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำจริง ซึ่งความเข้มข้นของสาร 2 กลุ่มนี้

ในธรรมชาติมักมีปริมาณน้อยกว่าที่งานวิจัยได้ทำการศึกษา ประกอบกับสมบัติของสารอินทรีย์กลุ่มนี้ที่ละลายน้ำยาก ดังนั้น ตัวกลางอาจสามารถบำบัดสารพิษกลุ่มนี้ออกจากแหล่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. นำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการเลือกตัวกลางที่เหมาะสมต่อการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวก เนื่องจากความรู้ที่ได้จากงานวิจัย พบว่าควรเลือกเส้นใยที่มีค่าความแรงของประจุลบสูง ๆ มาใช้ในการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประจุบวก

2. นำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการเลือกสารลดแรงตึงผิวประจุบวกที่เหมาะสมต่อการดูดซับของตัวกลาง พบว่าความรู้ด้านอิทธิพลของหมู่ฟังก์ชันที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ สามารถนำมาใช้ในการเลือกตัวกลางที่เหมาะสมได้ เนื่องจากหมู่ฟังก์ชันของส่วนหัวที่ชอบน้ำ (Hydrophilic Head) ของสารลดแรงตึงผิวประจุบวก ส่งผลต่อความแรงประจุบวกซึ่งแปรผันตรงต่อความสามารถในการเกาะบนพื้นผิวเส้นใยที่มีประจุเป็นลบ ซึ่งการเลือกสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมส่งผลให้กระบวนการดูดซับมีประสิทธิภาพที่ดีมากขึ้นไปด้วย

3. จากความรู้ที่ได้ในการกำจัดสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ที่มีค่าการละลายน้ำต่ำ ในงานวิจัยครั้งนี้ ทำให้ทราบว่าควรเลือกตัวกลางมาใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ชนิดใดจึงจะเหมาะสมที่สุด และสามารถทำนายได้ว่าสารอินทรีย์ชนิดใดมีประสิทธิภาพในการกำจัดได้ดีที่สุด เนื่องจากสารอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำ และค่าการละลายน้ำสูงสามารถกำจัดออกจากน้ำได้ง่ายกว่าสารอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลใหญ่ ซึ่งหากต้องการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลใหญ่ขึ้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงตัวกลางหรือสภาวะการวิจัย เพื่อให้เหมาะสมต่อการกำจัดสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่มากยิ่งขึ้น

4. การนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปใช้งานจริง เนื่องจากงานวิจัยนี้พบว่า ความแรงของประจุลบของเส้นใย, หมู่ฟังก์ชันบนสารลดแรงตึงผิวประจุบวก ค่าการละลายน้ำของสารอินทรีย์ที่ต้องการกำจัด ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้มานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ เพื่อศึกษาปัจจัยด้านอื่น ๆ เพิ่มเติมที่ส่งผลต่อการกำจัดสารปนเปื้อนในสภาวะจริงซึ่งเป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและเพื่อสภาวะแวดล้อมที่ดีขึ้นต่อไปในอนาคต