บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการทดลองจะกล่าวถึงสารเคมีอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนการทดลองตั้งแต่การติดตั้งชุดอุปกรณ์อิเล็กโทรสปินนิง ศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการเตรียมเส้นใยไนลอน6 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเส้นใยผสมไนลอน6/ไคโตซาน ศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของเส้นใยด้วย FESEM, Water contact angle, FT-IR และการนำเส้นใยที่สังเคราะห์ได้มาใช้เป็นวัสดุดูดซับไอออนของโลหะทองแดง

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. ไนลอน6 (Nylon6) AR grade บริษัท เอเชียไฟเบอร์ จำกัด (มหาชน)
2. ไคโตซาน (Medium MW $C_{12}H_{24}N_2O_9$) deacetylated Chitin 90 – 98 % บริษัท Aldrich Chemistry
3. กรดฟอร์มิก (Formic acid, HCOOH) Analytical reagent grade 98 % บริษัท Fisher Scientific
4. น้ำปราศจากไอออน (DI water)
5. สารละลายทองแดงมาตรฐาน (Copper (II) standard solution) บริษัท Ajex Finechem Pt Ltd

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

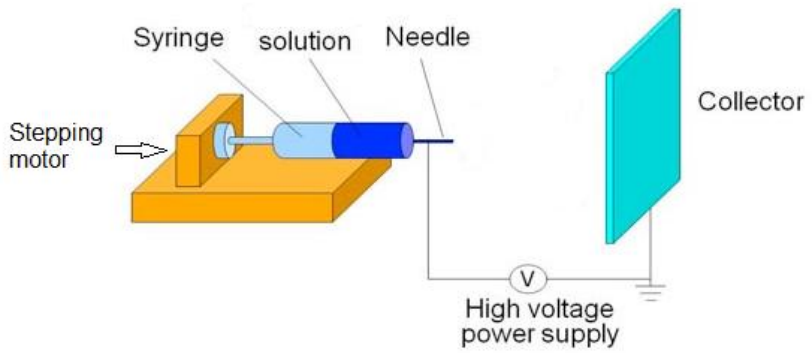
1. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 ml
2. บีกเกอร์ ขนาด 50 และ 250 ml
3. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 10, 25 และ 200 ml
4. ไมโครปิเปต บริษัท NICHIRYO รุ่น EQ PIPETTE LE-1000
5. เครื่องชั่งสารทศนิยม 4 ตำแหน่ง บริษัท SCIECTIFIC PROMOTION CO.,LTD รุ่น SARTOIUS ED2248
6. เครื่องกวนสาร (Magnetic stirrer) บริษัท SCIENTIFIC
7. แท่งแม่เหล็ก (Magnetic bar)
8. กระบอกฉีดยาแก้ว (Glass syringe) ปริมาตร 5 ml
9. เข็มฉีดยา (Hypodermic needle) บริษัท NIPRO เบอร์ 22 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 mm
10. เครื่องกำเนิดศักย์ไฟฟ้าแรงสูง (25,000 VDC High voltages) บริษัท ORMOND BEACH, FL รุ่น ES20P-5W
11. อุปกรณ์รองรับเส้นใยโลหะ

12. แผ่นกรองอากาศ (Syringe filter) เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 mm ขนาดรูพรุน 0.2 μm บริษัท WHATMAN
13. กระดาษกรองเบอร์ 1 บริษัท WHATMAN
14. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Field Emission Scanning Electron Microscope; FESEM) บริษัท HITASHI รุ่น S-4700
15. เครื่องวัดมุมสัมผัสน้ำ (Water contact angle measurement)
16. เครื่องอินฟราเรด สเปกโตรมิเตอร์ (Infrared Spectroscope, FTIR) บริษัท THERMO รุ่น Nicolet 6700
17. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrometer, AAS) บริษัท PERKIN ELMER รุ่น AAnalyst 3000

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การติดตั้งชุดอุปกรณ์อิเล็กโทรสปินนิง

ในการติดตั้งชุดอุปกรณ์อิเล็กโทรสปินนิงในการทดลองจะเป็นการจัดชุดอุปกรณ์ในแนวราบ ประกอบด้วยหลอดบรรจุสารละลายขนาดซึ่งเป็นกระบอกฉีดยาแก้วปริมาตร 5 ml วางบนแท่นวางซึ่งต่อเข้ากับชุดความคุมอัตราการไหลของสารละลาย โดยประกอบขึ้นจากสเตปมอเตอร์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถปรับรอบการหมุนได้ 0.15-0.20 ml/min โดยที่หลอดบรรจุสารละลายยึดติดกับเข็มโลหะที่ตัดปลายแหลมออก และมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกติดที่ปลายเข็มโลหะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูงที่สามารถปรับค่าได้ในช่วง 5-30 kV ศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์จะยึดติดกับอุปกรณ์รองรับเส้นใยที่ทำจากแผ่นอะคลิลิกมีแผ่นอะลูมิเนียมติดอยู่เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์รองรับเส้นใยที่พุ่งออกมาจากปลายเข็มโลหะที่สามารถเลื่อนปรับค่าระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะถึงอุปกรณ์รองรับเส้นใยได้ ดังรูปที่ 3.1

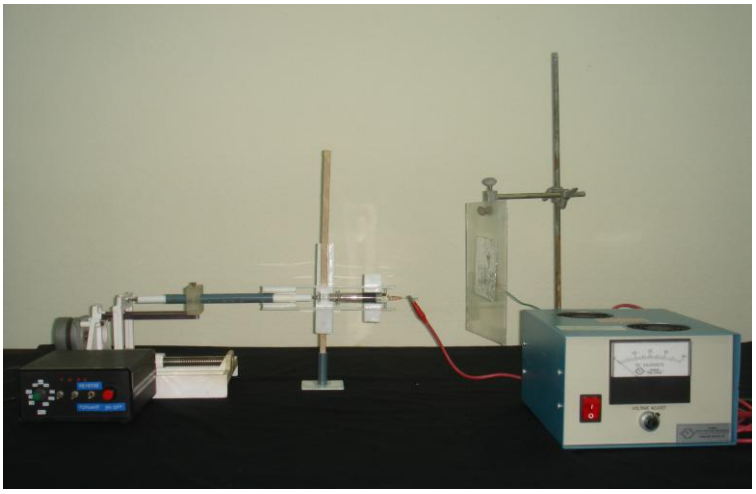


รูปที่ 3.1 แบบจำลองการจัดอุปกรณ์ของกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง

- **ขั้นตอนการฉีดเส้นใยด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง**

ชุดอุปกรณ์อิเล็กโทรสปินนิงที่ใช้ในการทดลองจะถูกจัดวางดังรูปที่ 3.2 โดยอุปกรณ์ทุกชิ้นจะวางในตู้อะคลิลิกที่ปิดสนิทเพื่อป้องกันสิ่งรบกวนจากภายนอก ยกเว้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูงที่อยู่ด้านนอกตู้ทำให้สามารถปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าได้และทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง มีวิธีการดำเนินดังนี้

1. เริ่มต้นด้วยการเตรียมสารละลายให้มีความหนืดที่เหมาะสมแล้วนำมาบรรจุในกระบอกฉีดยาแก้ว จากนั้นนำมาวางที่แท่นรองรับซึ่งมีชุดควบคุมอัตราการไหลของสารละลายยึดอยู่ด้านท้ายของก้านกดที่แท่นวางหลอดบรรจุสารละลาย
2. ปรับค่าชุดอัตราการป้อนของสารละลายให้เหมาะสมกับความหนืดของสารละลายโดยสังเกตจากหยดของสารละลายที่ออกมาจากปลายเข็มให้มีการหยดอย่างต่อเนื่อง
3. ปรับค่าระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะโดยการเลื่อนขาตั้งที่มีอุปกรณ์รองรับเส้นใยให้ได้ระยะที่ต้องการ
4. ปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง โดยค่อยๆปรับเพิ่มทีละน้อยและสังเกตที่ปลายเข็มโลหะจะพบว่าสารละลายจะพุ่งไปยังอุปกรณ์รองรับเส้นใย ซึ่งที่อุปกรณ์รองรับเส้นใยจะมีเสียงฟู่และเริ่มมีสีที่เปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลาย จนกว่าสารละลายในกระบอกฉีดแก้วหมดหรือครบเวลาที่กำหนดไว้
5. ค่อยๆปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าลดลงอย่างช้าจนกระทั่งถึง 0 kV และปล่อยทิ้งประมาณ 1 นาทีเพื่อป้องกันการถูกไฟฟ้าดูด แล้วจึงค่อยปลดสายศักย์ไฟฟ้าประจุบวกที่ปลายเข็มโลหะออก จากนั้นปลดสายศักย์ไฟฟ้าศูนย์ออกจากอุปกรณ์รองรับเส้นใย
6. นำเส้นใยที่ได้จากการฉีดด้วยอิเล็กโทรสปินนิงเก็บที่ตู้ดูดความชื้นเพื่อรักษาสภาพของเส้นใยเพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 3.2 การจัดชุดอุปกรณ์ของกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง

3.3.2 ศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการเตรียมเส้นใยไนลอน6

ในการเตรียมเส้นใยไนลอน6 ให้เส้นใยมีลักษณะเป็นเส้นใยทรงกระบอกสมมาตร เส้นใยไม่ฉีกขาด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กและมีปริมาณเส้นใยที่มากพอขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆที่จะศึกษาดังนี้ ความเข้มข้นของสารละลาย ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะถึงอุปกรณ์รองรับเส้นใย และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบ โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิห้องและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเข็มโลหะที่ใช้คือ 0.7 mm

- **ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า**

ในการสังเคราะห์เส้นใยไนลอนด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิงจะต้องหาระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะถึงอุปกรณ์รองรับเส้นใยที่เหมาะสมกับระบบ โดยการเตรียมสารละลายไนลอน6 ที่ความเข้มข้น 20 wt.% [23] ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะถึงอุปกรณ์รองรับเส้นใย 20 cm อัตราการป้อนของสารละลาย 0.15 ml/min จากนั้นทำการปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น 10, 15, 20 และ 25 kV ใช้เวลาในการฉีดแต่ละครั้งเป็นเวลา 5 นาที ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง

- **ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะถึงอุปกรณ์รองรับเส้นใย**

ในการสังเคราะห์เส้นใยไนลอนด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิงจะต้องหาระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะถึงอุปกรณ์รองรับเส้นใยที่เหมาะสมกับระบบ โดยการเตรียมสารละลายไนลอน6 ที่ความเข้มข้น 20 wt.% [10] ปรับระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะถึงอุปกรณ์รองรับเส้นใยโดยทำการเลื่อนขาตั้งที่มีอุปกรณ์รองรับเส้นใยติดอยู่เป็นระยะ 10, 15, 20 และ 25 cm ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้เป็น 20 kV อัตราการป้อนของสารละลาย 0.15 ml/min ใช้เวลาในการฉีดแต่ละครั้งเป็นเวลา 5 นาที ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง

- **ความเข้มข้นของสารละลาย**

ความเข้มข้นของสารละลายจะมีผลต่อความหนืดของสารละลายโดยเตรียมสารละลายไนลอน6 ที่ความเข้มข้น 15 – 25 wt.% ในการเตรียมสารละลายที่ความเข้มข้นต่างๆ เตรียมโดยทำการชั่งไนลอน6 แล้วค่อยๆเติมลงในสารละลายกรดฟอร์มิก ดังแสดงในตัวอย่างของการเตรียมสารละลายไนลอน6 ที่ความเข้มข้น 15 wt.% ตวงสารละลายกรดฟอร์มิกปริมาตร 10 ml ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มีแท่งแม่เหล็กกวนสาร ปิดปากขวดด้วยพาราฟินฟิล์มเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย แล้วนำไปกวนด้วยเครื่องกวนสารแม่เหล็กที่ความเร็วรอบ 50 รอบ/นาที จากนั้นชั่งไนลอน6 ให้ได้น้ำหนัก 1.5 g แล้วค่อยๆเติมลงในสารละลายกรดฟอร์มิกที่เตรียมไว้และปิดขวดรูปชมพู่ในสนิททุกครั้งจนกระทั่งไนลอน6 ละลายหมดเป็นเนื้อเดียวกันกับสารละลายใช้เวลาประมาณ 2 – 3 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้ไปฉีดเป็นเส้นใยด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง ที่

ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะถึงอุปกรณ์รองรับเส้นใย 20 cm ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 20 kV และอัตราการป้อนของสารละลาย 0.15 ml/min ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง

3.3.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเส้นใยผสมไนลอน6/ไคโตซาน

- **การเตรียมสารละลายผสมไนลอน6/ไคโตซาน**

เนื่องจากไคโตซานเมื่อนำมาละลายด้วยกรดฟอร์มิกแล้วจะมีความหนืดสูง เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และในการฉีดเป็นเส้นใยด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิงจะทำได้ค่อนข้างยาก จึงต้องนำไคโตซานไปผสมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น ซึ่งจากหัวข้อ 3.3.2 พบว่าไนลอน6สามารถละลายได้ในสารละลายกรดฟอร์มิกซึ่งเป็นตัวทำละลายเดียวกับไคโตซาน ดังนั้นจึงต้องศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเส้นใยนาโนผสมไนลอน6/ไคโตซาน ที่อัตราส่วนระหว่างไนลอน6/ไคโตซาน โดยเตรียมสารละลายผสมของไนลอน6/ไคโตซานที่อัตราส่วน 20:1 (5 wt.% ไคโตซาน), 20:2 (10 wt.% ไคโตซาน), 20:3 (15 wt.% ไคโตซาน), 20:4 (20 wt.% ไคโตซาน) และ 20:5 (25 wt.% ไคโตซาน) ตัวอย่างในการเตรียมสารละลายผสมไนลอน6/ไคโตซาน ที่อัตราส่วน 20:1 โดยตวงสารละลายกรดฟอร์มิกปริมาตร 10 ml ใส่แท่งแม่เหล็กแล้วกวนด้วยเครื่องกวนสารแม่เหล็กที่ความเร็วรอบ 50 รอบ/นาที ชั่งไนลอน6 ให้ได้น้ำหนัก 2 g ค่อยเติมลงในสารละลายกรดฟอร์มิกจนได้สารละลายไนลอน6 เป็นเนื้อเดียวกัน ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง จากนั้นชั่งไคโตซานน้ำหนัก 0.1 g ค่อยๆเติมลงในสารละลายไนลอน6 จนกระทั่งสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน สีของสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองใส และสีจะเข้มขึ้นตามปริมาณของไคโตซานที่เพิ่มขึ้น ใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง ที่อัตราส่วนอื่นๆเปลี่ยนปริมาณไคโตซานเป็น 0.2 g, 0.3 g, 0.4 g ตามลำดับ

****หมายเหตุ** ปริมาณไคโตซานที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้สารละลายมีความหนืดมาก และไคโตซานละลายไม่หมด ดังนั้นที่อัตราส่วน 20:5 (25 wt.% ไคโตซาน) ปริมาตรของสารละลายกรดฟอร์มิกที่ใช้เป็น 14 ml ไคโตซานที่ใส่เพิ่มลงไปจึงจะละลายหมด และสารละลายผสมที่เตรียมได้มีความหนืดที่เหมาะสมในการฉีดเป็นเส้นใยด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิงได้

- **การฉีดเส้นใยผสมไนลอน6/ไคโตซานด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง**

นำสารละลายผสมที่เตรียมได้ใส่ในกระบอกฉีดแก้วปริมาตร 1 ml ปรับอัตราการป้อนของสารละลายโดยให้สารละลายหยดออกจากปลายเข็มอย่างต่อเนื่อง ซึ่งระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะถึงอุปกรณ์รองรับเส้นใย 20 cm และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 20 kV ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำเส้นใยที่สังเคราะห์ได้เก็บที่ตู้ดูดความชื้นเพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

3.3.4 ศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของเส้นใยผสมไนลอน6/ไคโตซาน

- ศึกษาสัณฐานวิทยาและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยของตัวอย่างที่เตรียมได้ด้วยกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิงที่สภาวะต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Field Emission Scanning Electron Microscope: FESEM)
- ศึกษาผลของการดูดซึมน้ำของเส้นใยผสมไนลอน6 กับไคโตซานที่เตรียมได้ด้วยเทคนิคอิเล็กโทรสปินนิงที่สภาวะต่างๆด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัสน้ำ (Water contact angle meter)
- ศึกษาการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างหมู่ฟังก์ชันของเส้นใยผสมไนลอน6 กับไคโตซานที่เตรียมได้ด้วยเทคนิคอิเล็กโทรสปินนิงที่สภาวะต่างๆด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (Fouirer Tranform Infrared spectrometer: FT-IR)

3.3.5 ศึกษาการดูดซับสารละลายไอออนของโลหะทองแดง

ในการศึกษาการดูดซับสารละลายไอออนของโลหะทองแดงได้ทำการทดสอบด้วยเส้นใยนาโนผสมไนลอน6/ไคโตซานที่สังเคราะห์ได้ ด้วยเทคนิคการดูดกลืนคลื่นแสงซึ่งเครื่องที่ใช้ในการทดสอบคือ UV VIS spectrometer และ Atomic Absorption spectrometer

- **UV - VIS spectrometer**

UV – VIS spectrometer เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่าการดูดกลืนของแสงโดยวัดจากสีของตัวอย่างที่ทดสอบ ซึ่งข้อจำกัดของเครื่องมือคือสารละลายที่ทดสอบจะต้องมีสี ดังนั้นในการทดสอบจะต้องศึกษาช่วงของการวัดที่เครื่องมือสามารถวัดได้ก่อน จากนั้นจึงนำเส้นใยผสมไนลอน6/ไคโตซานที่สังเคราะห์ได้มาทดสอบเพื่อศึกษาการดูดซับ ดังนี้

1. สร้างกราฟมาตรฐาน โดยการนำสารละลายไอออนของโลหะทองแดงมาตรฐานความเข้มข้น 1000 ppm ซึ่งเป็นสารละลายใสสีฟ้าอ่อนมาปรับความเข้มข้นโดยการเติมน้ำเพื่อให้สารละลายไอออนของโลหะทองแดงลดลงเป็น 800, 600, 400, 200, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 และ 10 ppm ตามลำดับ ตัวอย่างการเตรียมสารละลายไอออนของโลหะทองแดงที่ความเข้มข้น 800 ppm ปริมาตร 10 ml โดยใช้ปิเปตดูดสารละลายไอออนของโลหะทองแดงมาตรฐานที่ความเข้มข้น 1000 ppm ปริมาตร 8 ml ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 ml แล้วเติมน้ำปราศจากไอออนให้ถึงขีดวัดปริมาตร ที่ความเข้มข้นอื่นๆเปลี่ยนปริมาตรของสารละลายไอออนของโลหะทองแดงเป็น 6, 4, 2, 1 ml (600, 400, 200 และ 100 ppm) และ 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200 และ 100 µl (90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 และ 10 ppm) ตามลำดับ

2. นำสารละลายไอออนของโลหะทองแดงที่ปรับความเข้มข้นแล้วมาวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงด้วยเครื่อง UV – VIS spectrometer ซึ่งจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (Absorbance) กับค่าความยาวคลื่นแสง (Wavelength) ของแต่ละความเข้มข้นที่เตรียมได้

3. นำข้อมูลที่ได้จาก UV – VIS spectrometer มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงกับค่าความเข้มข้นที่เตรียมได้ ซึ่งกราฟที่ได้จะเป็นกราฟมาตรฐานสำหรับสารละลายไอออนของโลหะทองแดง

4. เตรียมสารละลายไอออนของโลหะทองแดงที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 400 ppm กวนด้วยเครื่องกวนสารแม่เหล็ก จากนั้นนำเส้นใยนาโนผสมไนลอน6/ไคโตซาน ที่อัตราส่วน 20:3 ที่เตรียมได้น้ำหนัก 0.01xx g (xx คือค่าความคาดเคลื่อนในการชั่ง) ใส่ลงไปในสารละลายปริมาตร 25 ml และปิดภาชนะให้สนิทโดยทำการดูดสารละลายขึ้นมาเพื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงทุกๆ 10 นาที ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง

5. นำผลค่าการดูดกลืนคลื่นแสงไปเทียบกับกราฟมาตรฐานสารละลายไอออนของโลหะทองแดงเพื่อดูค่าความเข้มข้นของสารละลายไอออนของโลหะทองแดงที่เปลี่ยนไป จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นที่เปลี่ยนไปกับเวลา เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับของเส้นใยไนลอน6/ไคโตซาน

- **Atomic Absorption spectrometer**

Atomic Absorption spectrometer เป็นเครื่องที่ใช้วัดค่าการดูดกลืนของแสงที่ความยาวคลื่นเฉพาะขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ โดยวัดค่าดูดกลืนคลื่นแสงจากพลังงานความร้อนจากเปลวไฟที่ทำให้อะตอมของธาตุเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสภาวะพื้นไปสู่สภาวะเร้า ซึ่งจะสามารถวิเคราะห์ได้แม้มีปริมาณสารที่น้อย มีวิธีการดังนี้

1. สร้างกราฟมาตรฐาน โดยการนำสารละลายไอออนของโลหะทองแดงมาตรฐานความเข้มข้น 1000 ppm มาปรับความเข้มข้นโดยการเติมน้ำเพื่อให้สารละลายไอออนของโลหะทองแดงลดลงเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 ppm ตามลำดับ โดยการใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายไอออนของโลหะทองแดงมาตรฐานที่ความเข้มข้น 1000 ppm ปริมาตร 50, 40, 30, 20 และ 10 µl ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 ml แล้วเติมน้ำปราศจากไอออนให้ถึงขีดวัดปริมาตรตามลำดับ

2. นำสารละลายไอออนของโลหะทองแดงที่ปรับความเข้มข้นแล้วมาวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงด้วยเครื่อง Atomic Absorption spectrometer ซึ่งจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (Absorbance) กับค่าความยาวคลื่นแสง (Wavelength) ของแต่ละความเข้มข้นที่เตรียมได้

3. นำข้อมูลที่ได้จาก Atomic Absorption spectrometer มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงกับค่าความเข้มข้นที่เตรียมได้ ซึ่งกราฟที่ได้จะเป็นกราฟมาตรฐานสำหรับสารละลายไอออนของโลหะทองแดง

4. เตรียมสารละลายไอออนของโลหะทองแดงความเข้มข้น 4 ppm ปริมาตร 25 ml ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 ml จำนวน 6 ใบ จากนั้นชั่งเส้นใยนาโนผสมไนลอน6 /ไคโตซานหนัก 0.01xx g ใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีสารละลายไอออนของโลหะทองแดงที่เตรียมไว้ ปิดภาชนะให้สนิท แล้วกวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กด้วยความเร็วรอบ 300 รอบ/นาที เป็นเวลา 10, 30, 60, 120 และ 180 นาที ตามลำดับ จากนั้นกรองเส้นใยนาโนผสมไนลอน6 /ไคโตซานออกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วเก็บสารละลายหลังการดูดซับไว้เพื่อนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic Absorption spectrometer นำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นที่เหลืออยู่ในเวลาต่างๆ

5. นำผลค่าการดูดกลืนคลื่นแสงไปเทียบกับกราฟมาตรฐานสารละลายไอออนของโลหะทองแดงเพื่อดูค่าความเข้มข้นของสารละลายไอออนของโลหะทองแดงที่เปลี่ยนไป จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นที่เปลี่ยนไปกับเวลา เพื่อศึกษาการดูดซับของเส้นใยไนลอน6/ไคโตซาน