บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การวางแผนการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาการบำบัดน้ำผิวดินให้เป็นน้ำดื่ม โดยทำการเตรียมเมมเบรนพอลิซัลโฟน และหาสภาวะในการเตรียมเมมเบรนที่เหมาะสม พอลิซัลโฟนที่ใช้มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 26,000 โดยนำมาสังเคราะห์เป็นแอมิเนเตดพอลิซัลโฟน และซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน นอกจากนี้ยังทำการเติมสารลดแรงตึงผิว 3 ชนิด คือ โซเดียมลอริลซัลเฟตเป็นตัวแทนของสารลดแรงตึงผิวประเภทประจุลบ เบนซอลโคเนียมคลอไรด์เป็นตัวแทนของสารลดแรงตึงผิวประเภทประจุบวก และ TWEEN 80 เป็นตัวแทนของสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุ ลงในสารละลายพอลิซัลโฟน ก่อนนำมาเตรียมเป็นเมมเบรน ดังนั้นชนิดของเมมเบรนที่ใช้ในการทดลองจึงแบ่งเป็น 6 กลุ่ม ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ชนิดของเมมเบรนที่ใช้ในการทดลอง

ชนิด	รายละเอียดของเมมเบรน
PSf membrane	เมมเบรนพอลิซัลโฟน
APSf membrane	เมมเบรนแอมิเนเตดพอลิซัลโฟน
SPSf membrane	เมมเบรนซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน
PSf + SDS membrane	เมมเบรนพอลิซัลโฟนที่มีการเติมโซเดียมลอริลซัลเฟต
PSf + BC membrane	เมมเบรนพอลิซัลโฟนที่มีการเติมเบนซอลโคเนียมคลอไรด์
PSf + TWEEN 80 membrane	เมมเบรนพอลิซัลโฟนที่มีการเติม TWEEN 80

สำหรับการศึกษาสมรรถนะของเมมเบรนในการบำบัดน้ำผิวดิน จากการศึกษาข้อมูลคุณภาพน้ำในเขื่อนลำตะคองในช่วงปี พ.ศ. 2543-2547 พบว่า มีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) เกินค่ามาตรฐานน้ำดื่ม (ภาคผนวก ค) ดังนั้นตามขอบเขตการศึกษาในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเฉพาะค่าร้อยละการกักกัน (%Rejection, %R) ของโคลิฟอร์มแบคทีเรียและซีโอดีเท่านั้น

การทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

การทดลองส่วนที่ 1 เตรียมเมมเบรนพอลิซัลโฟนด้วยเทคนิคการเปลี่ยนเฟสจากสารละลายพอลิซัลโฟนเข้มข้นร้อยละ 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ระเหยตัวทำละลายบางส่วนภายในตู้อบลมร้อนและตู้อบสุญญากาศ เป็นเวลา 3-60 นาที (Evaporation time, ET) จากนั้นนำไปแช่ในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 4, 10 และ 20 องศาเซลเซียส (Coagulation temperature, CT) นำเมมเบรนพอลิซัลโฟนเตรียมได้ไปทดสอบทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด หาลักษณะเฉพาะของเมมเบรนในเทอมของฟลักซ์น้ำบริสุทธิ์ (Pure water flux, PWF) และค่า Molecular weight cut off (MWCO) ทดสอบความแข็งแรงเชิงกลด้วยค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile strength) ทดสอบอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature, T_g) ทดสอบโครงสร้างทางเคมีของเมมเบรนด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) และศึกษาสมรรถนะของเมมเบรนในการบำบัดน้ำจริงโดยใช้น้ำจากเขื่อนลำตะคองด้วยค่าฟลักซ์ของน้ำที่ผ่านเมมเบรน และค่าร้อยละการกักกันของโคลิฟอร์มแบคทีเรียและซีโอดีเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเมมเบรนอีก 5 ชนิด

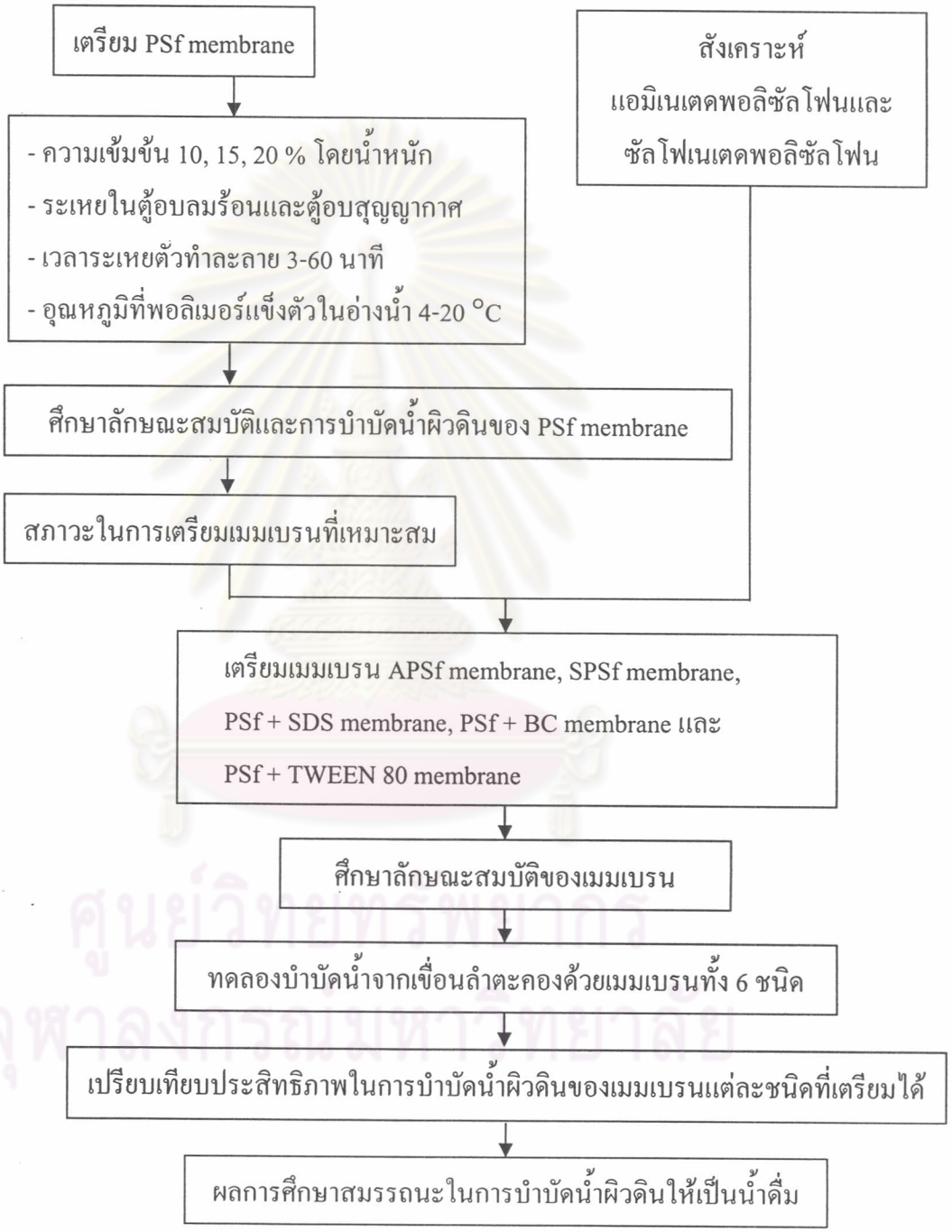
การทดลองส่วนที่ 2 สังเคราะห์แอมิเนเตดพอลิซัลโฟนและซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน จากนั้นจึงเตรียมเป็น APSf membrane, SPSf membrane, PSf + SDS membrane, PSf + BC membrane และ PSf + TWEEN 80 membrane โดยใช้สภาวะในการเตรียมเมมเบรนจากการทดลองส่วนที่ 1 และนำเมมเบรนทั้งหมดมาทดสอบลักษณะสมบัติเช่นเดียวกับการทดลองส่วนที่ 1

การทดลองส่วนที่ 3 นำเมมเบรนที่เตรียมได้อีก 5 ชนิด มาบำบัดน้ำจริงโดยใช้น้ำจากเขื่อนลำตะคอง ทำการศึกษาฟลักซ์ของน้ำที่ผ่านเมมเบรน และค่าร้อยละการกักกันของโคลิฟอร์มแบคทีเรียและซีโอดี เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดของเมมเบรนทั้ง 6 ชนิด การออกแบบการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 3.1

การทดสอบลักษณะสมบัติของเมมเบรนประกอบด้วย

1. การทดสอบทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
2. การหาลักษณะเฉพาะของเมมเบรนในเทอมของฟลักซ์น้ำบริสุทธิ์ และค่า Molecular weight cut off (MWCO)
3. การทดสอบความแข็งแรงเชิงกลด้วยค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง
4. ทดสอบอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว

5. การทดสอบโครงสร้างทางเคมีของเมมเบรนด้วยเครื่อง FTIR
6. การศึกษาสมรรถนะของเมมเบรนในการบำบัดน้ำจากเขื่อนลำตะคองด้วยค่าฟลักซ์ของน้ำที่ผ่านเมมเบรน และค่าร้อยละการกักกันของโคลิฟอร์มแบคทีเรียและซีโอดี



รูปที่ 3.1 การออกแบบการทดลอง

3.2 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 สารเคมีสำหรับการเตรียมเมมเบรนพอลิซัลโฟน

1. พอลิซัลโฟน ($C_{27}H_{22}O_4S$) น้ำหนักโมเลกุล 26,000 (AR grade): ALDRICH; USA
2. เอ็น-เมทิล-2-ไพโรลิโดน (C_5H_9NO; NMP) (AR grade) ใช้เป็นตัวทำละลาย: LAB-SCAN
3. โซเดียมลอริลซัลเฟต ($CH_3(CH_2)_{11}OSO_3Na$; SDS) ความบริสุทธิ์ร้อยละ > 99 โดยน้ำหนัก (AR grade) ใช้เป็นตัวแทนสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ: CARLO ERBA
4. TWEEN 80 (Polyoxyethylene sorbitan monooleate) ความบริสุทธิ์ร้อยละ > 99 โดยน้ำหนัก (AR grade) ใช้เป็นตัวแทนสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ: ACROS ORGANICS
5. เบนซอลโคเนียมคลอไรด์ ($C_6H_5N(CH_3)_2RCl$; BC) ความบริสุทธิ์ร้อยละ > 99 โดยน้ำหนัก (AR grade) ใช้เป็นตัวแทนสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก: SIGMA-ALDRICH; Germany

3.2.2 สารเคมีสำหรับการเตรียมแอมิเนเตดพอลิซัลโฟนและซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน

1. เอทิลีนไดเอมีน ($C_6H_8N_2$) (AR grade) ความบริสุทธิ์ร้อยละ > 99 โดยน้ำหนัก ใช้เป็นสารทำปฏิกิริยาแอมิเนชัน: Panreac Quimica SA.
2. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 98 โดยน้ำหนัก (Commercial grade) ใช้เป็นสารทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน
3. เมทานอล (CH_3OH) (Commercial grade) ใช้เป็นสารทำความสะอาดพอลิเมอร์
4. แก๊สไนโตรเจน (N_2 gas) (Commercial grade) ใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดสภาวะบรรยากาศไนโตรเจน

3.2.3 สารเคมีสำหรับการศึกษาสมบัติของเมมเบรน

1. พอลิเอทิลีนไกลคอล ($HO(CH_2CH_2O)_nH$) ความบริสุทธิ์ร้อยละ > 99 โดยน้ำหนัก (AR grade) น้ำหนักโมเลกุล 1,000 4,000 6,000 และ 47,000 ใช้เตรียมเป็นสารละลายความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อศึกษาค่า MWCO: Fluka

2. พอลิเอทิลีนไกลคอล ความบริสุทธิ์ร้อยละ > 99 โดยน้ำหนัก (AR grade) น้ำหนักโมเลกุล 10,000 ใช้เตรียมเป็นสารละลายความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อศึกษาค่า MWCO: MERCK

3.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการเตรียมแอมิเนเตดพอลิซัลโฟนและซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน

1. ชุดปฏิกรณ์เคมีแบบ 5 คอ (Reactor) ขนาด 1000 มิลลิลิตร
2. ชุดเครื่องกวนชนิดปรับความเร็วรอบ และใบกวนเทปลอน: IKLABOR TECHNIK รุ่น RW 20n
3. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) ช่วงอุณหภูมิ 0-100 องศาเซลเซียส
4. เครื่องชั่ง (Analytical balance): METTLER TOLEDO รุ่น PB 3002-S
5. ตะแกรงร่อน (Sieve) ขนาด 1 ไมโครเมตร
6. ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump): Welch รุ่น 8890
7. ชุดกรองสุญญากาศ (Suction flask และ Buchner funnel): Edwards รุ่น RV3
8. กระดาษกรองใยแก้ว GF/C ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 เซนติเมตร
9. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven): MEMMERT รุ่น UE 400
10. โถดูดความชื้น (Desicator): SANPLATEC รุ่น C-3W NO.0031
11. เครื่องแก้วอื่นๆ ในห้องปฏิบัติการ

3.2.5 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการเตรียมเมมเบรน

1. แผ่นความร้อนพร้อมเครื่องกวนระบบแม่เหล็กหมุน (Hot plate and Magnetic stirrer): PNP รุ่น HS-2
2. เครื่องชั่ง (Analytical balance): METTLER TOLEDO รุ่น PB 3002-S
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven): MEMMERT รุ่น UE 400
4. ตู้อบสุญญากาศ (Vacuum drying oven): Hearaeus รุ่น VT 6060M
5. แผ่นกระจก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.6 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการศึกษาสมบัติของเมมเบรน

1. ไมโครมิเตอร์
2. ปั๊มความดันสูง (High pressure pump): Thermo Finnigan รุ่น P100
3. ชุดโมดูลแบบแผ่นและกรอบที่พัฒนาขึ้นเองในระดับห้องปฏิบัติการ
4. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM): JEOL JSM-T330A
5. เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy: Nicolet รุ่น Magna-IR 750
6. เครื่อง Universal Testing: LLOYD Instruments LR 5K
7. เครื่อง Differencial Scanning Calorimeter: METTLER รุ่น DSC 822
8. เครื่อง Total Organic Carbon Analyser: Shimadzu รุ่น TOC-VCSH

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมแอมิเนเตดพอลิซัลโฟน

ตามวิธีการของ Pozhiak และคณะ (1995) การเตรียมแอมิเนเตดพอลิซัลโฟนเริ่มจากการทำปฏิกิริยาคลอโรซัลโฟเนชัน (Chlorosulphonation) ด้วยกรดคลอโรซัลโฟนิก (Chlorosulphonic acid) และทำปฏิกิริยาแอมิเนชันด้วยเอทิลีนไดเอมีนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง แต่เนื่องจากกรดคลอโรซัลโฟนิกเป็นสารเคมีควบคุม ดังนั้นผู้วิจัยจึงข้ามขั้นตอนการทำปฏิกิริยาคลอโรซัลโฟเนชันไป และทำการเตรียมแอมิเนเตดพอลิซัลโฟน ดังนี้

1. บดเม็ดพอลิซัลโฟนให้มีขนาด 1 ไมโครเมตร
2. กวนพอลิซัลโฟนกับสารละลายเอทิลีนไดเอมีน (Ethylenediamine; EDA) โดยใช้อัตราส่วนของพอลิซัลโฟนกับสารละลายเอทิลีนไดเอมีนเท่ากับ 1:8 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 3 และ 10 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลซียส ภายใต้สภาวะบรรยากาศไนโตรเจน
3. ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนและเมทานอล กรอง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 90±2 องศาเซลเซียส จนแห้ง (ดังรูปที่ 3.2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

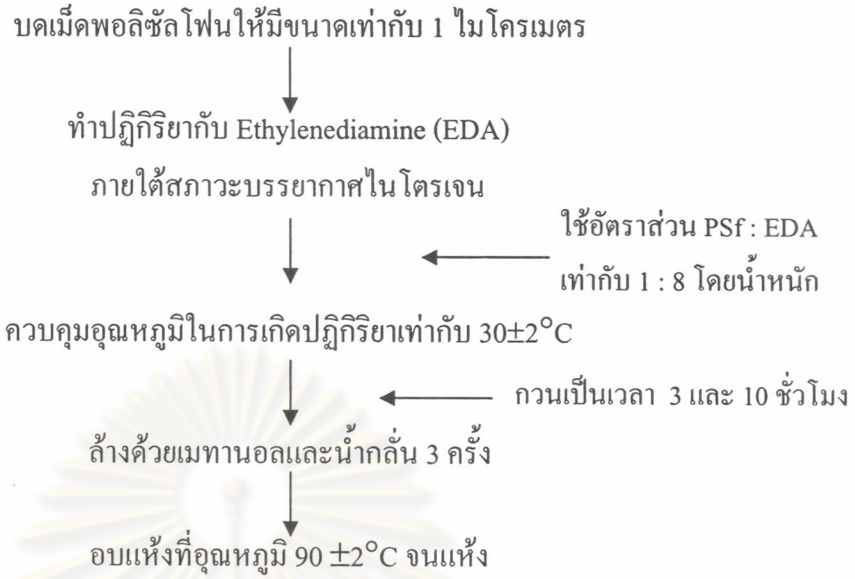
3.3.2 การเตรียมซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน

ตามวิธีการของ Matsumoto และคณะ (1999) การเตรียมซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน เริ่มจาก

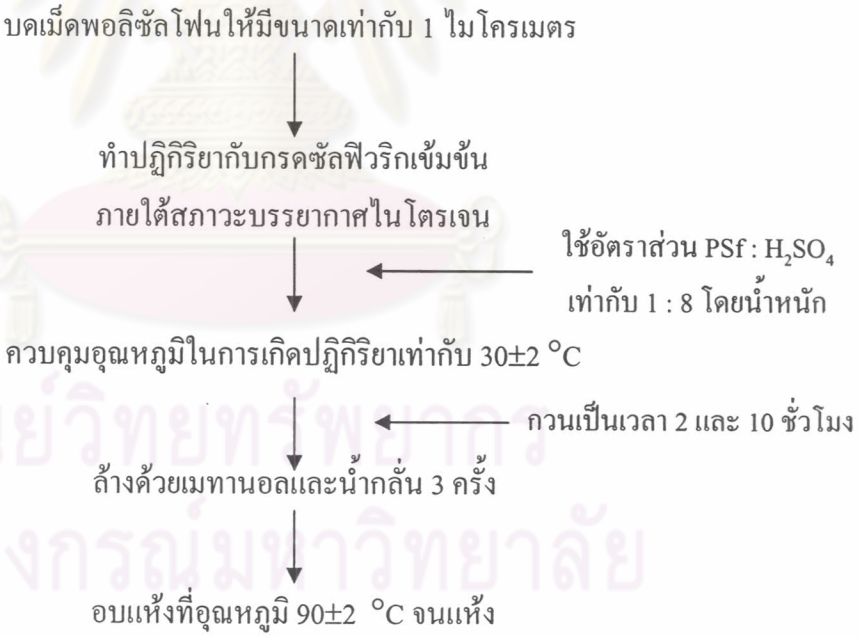
a. ละลายพอลิซัลโฟนใน 1,2-dichloroethane
b. ละลาย Sulfuric anhydride (SO_3) ใน 1,2-dichloroethane ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
c. ละลาย Triethyl phosphate ใน 1,2-dichloroethane
d. นำสารละลายในข้อ b และ c ผสมกันในอ่างน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส
e. นำสารละลายในข้อ d และข้อ a ผสมกัน และกวนอย่างรุนแรง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะบรรยากาศไนโตรเจน
f. เทสารละลายที่ได้ใน Isopropyl alcohol และเติม Sodium methylate ลงไป
g. นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

เนื่องจากสาร Sulfuric anhydride (SO_3) เป็นสารเคมีควบคุม ดังนั้นผู้วิจัยจึงข้ามขั้นตอนการทำปฏิกิริยาบางขั้นตอนไป และเลือกใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นสารทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชันแทน ดังนั้นจึงทำการเตรียมซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟนดังนี้

1. บดเม็ดพอลิซัลโฟนให้มีขนาด 1 ไมโครเมตร
2. กวนพอลิซัลโฟนกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้น โดยใช้อัตราส่วนของพอลิซัลโฟนกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้น เท่ากับ 1:8 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 2 และ 10 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลซียส ภายใต้สภาวะบรรยากาศไนโตรเจน
3. ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนและเมทานอล กรอง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 90±2 องศาเซลเซียส จนแห้ง (ดังรูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.2 การสังเคราะห์แอมิเนเตดพอลิซัลโฟน



รูปที่ 3.3 การสังเคราะห์ซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.3 การเตรียมเมมเบรน

1. เมมเบรนพอลิซัลโฟน

- ละลายพอลิซัลโฟนด้วยตัวทำละลายเอ็น-เมทิล-2-ไพโรลิโดน (NMP) ให้มีความเข้มข้น เท่ากับร้อยละ 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก
- นำไปขึ้นรูปบนแผ่นกระจก
- ระเหยตัวทำละลายบางส่วนภายในตู้อบลมร้อนและตู้อบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 5, 15, 30 และ 60 นาที
- แช่เมมเบรนในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 4, 10 และ 20 องศาเซลเซียส
- ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง วิธีการเตรียมพอลิซัลโฟนเมมเบรนสรุปได้ดังรูป 3.4

2. เมมเบรนการเตรียมแอมิเนเตดพอลิซัลโฟนและซัลโฟเนเตดพอลิซัลโฟน

ละลายพอลิเมอร์และขึ้นรูปเมมเบรนเช่นเดียวกับเมมเบรนพอลิซัลโฟน แต่ใช้สภาวะในการเตรียมจากสูตรการเตรียมเมมเบรนพอลิซัลโฟนที่เหมาะสม

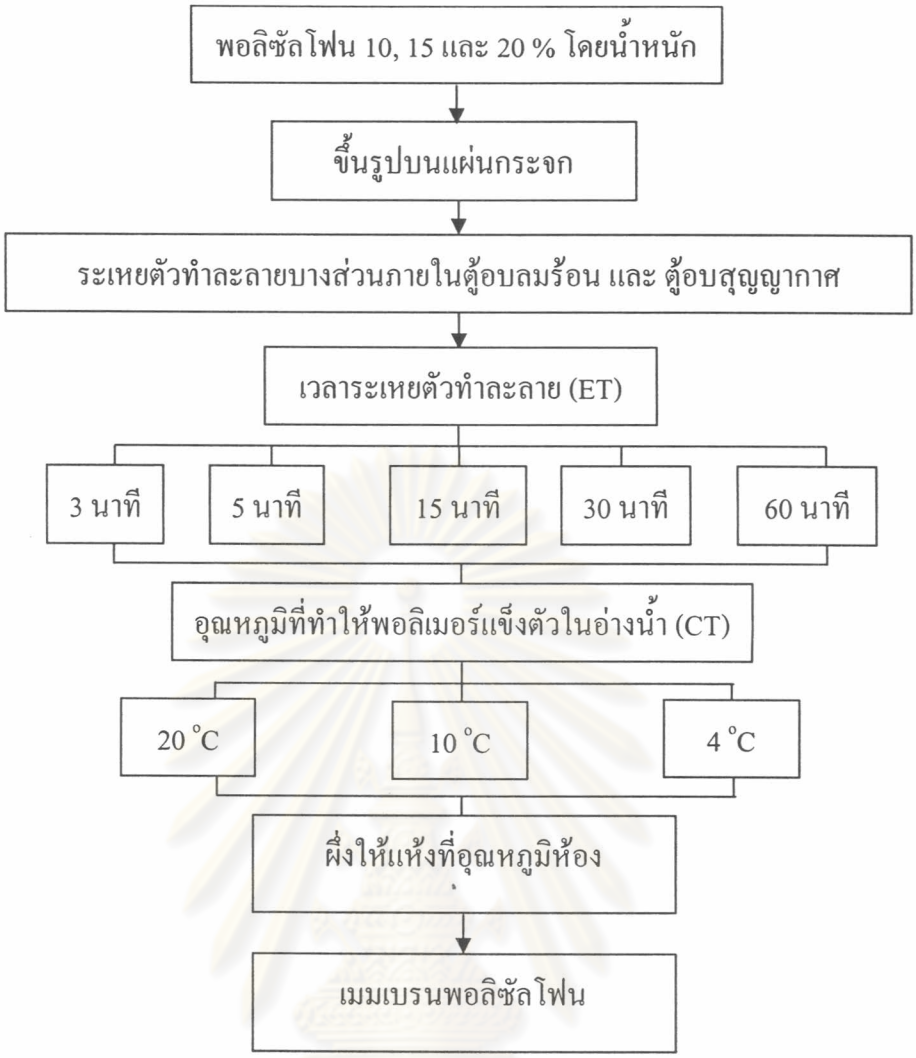
3. เมมเบรนพอลิซัลโฟนชนิดที่มีการเติมสารลดแรงตึงผิว

ละลายสารลดแรงตึงผิวลงในตัวทำละลาย NMP ให้มีความเข้มข้นในช่วงร้อยละ 0-10 โดยน้ำหนัก รอจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกันจึงเติมพอลิซัลโฟนลงไป ขึ้นรูปเมมเบรนเช่นเดียวกับเมมเบรนพอลิซัลโฟน และใช้สภาวะในการเตรียมจากสูตรการเตรียมเมมเบรนพอลิซัลโฟนที่เหมาะสม

3.3.4 การทดสอบสัณฐานวิทยา

ทำการตรวจสภาพพื้นผิวด้านหน้า และภาคตัดขวางของเมมเบรนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เตรียมตัวอย่างเมมเบรนโดยแช่ในไนโตรเจนเหลวเพื่อให้แตกเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปเคลือบทอง และจึงนำไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 การเตรียมเมมเบรนพอลิซัลโฟน

3.3.5 การทดสอบฟลักซ์ของน้ำบริสุทธิ์ (Pure water flux, PWF)

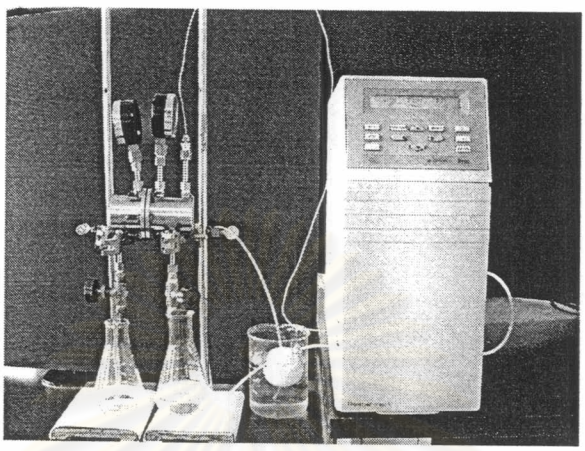
ศึกษาฟลักซ์ของน้ำบริสุทธิ์ที่ผ่านเมมเบรนภายใต้ความดันขับดัน 100, 150 และ 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) จากการกรองน้ำกลั่นด้วยโมดูลแบบแผ่นและกรอบ (ดังรูปที่ 3.5) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประสิทธิ์ (Effective diameter) ของเมมเบรนเท่ากับ 3.8 เซนติเมตร ใช้อัตราการไหลของสารป้อนเท่ากับ 10 มิลลิลิตร/นาที (อัตราการไหลสูงสุดของปั๊มความดันสูงที่ใช้) คำนวณฟลักซ์ได้จากสมการ (1) ดังนี้

$$\text{Flux} = Q/A \qquad (1)$$

เมื่อ Q = ปริมาตรเพอร์มิเอตต่อเวลา (ลิตร/นาที)

A = พื้นที่ของเมมเบรนที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล (ตารางเมตร)

ค่าฟลักซ์ที่คำนวณได้ในแต่ละความดันนำไปพลอตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของน้ำบริสุทธิ์กับความดัน เพื่อคำนวณค่าฟลักซ์ต่อหน่วยแรงขับดันหรือค่านอร์มัลไลซ์ฟลักซ์ (Normalized flux)



รูปที่ 3.5 ชุดทดสอบฟลักซ์ประกอบด้วยปั๊มความดันสูง และโมดูลแบบแผ่นและกรอบ

3.3.6 การทดสอบ Molecular weight cut off (MWCO)

ทดสอบค่าร้อยละการกักกันตัวถูกละลายที่ผ่านเมมเบรนภายใต้ความดันขับดัน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ด้วยโมดูลแบบแผ่นและกรอบ โดยเตรียมสารละลายป้อนให้มีความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร จากตัวถูกละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกัน ได้แก่ พอลิเอทิลีนไกลคอล (PEG) น้ำหนักโมเลกุล 1,000 4,000 6,000 10,000 และ 47,000

ความเข้มข้นของสารละลายป้อนและเพอร์มิเอตวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Total Organic Carbon Analyser และคำนวณค่าร้อยละการกักกันของตัวถูกละลายได้จากสมการ (2) โดยที่ค่า MWCO คือ ค่าน้ำหนักโมเลกุลของตัวถูกละลายที่ถูกกักกันได้ร้อยละ 90-95

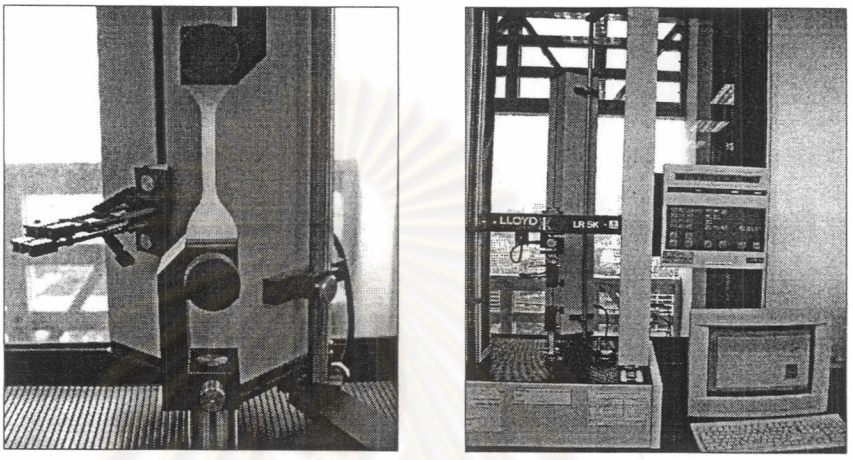
$$\%R = (1- C_p/ C_f) \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ C_p = ความเข้มข้นขององค์ประกอบในเพอร์มิเอต

C_f = ความเข้มข้นขององค์ประกอบในสารป้อน

3.3.7 การทดสอบค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile strength)

1. ตัดเมมเบรนให้มีลักษณะตามรูปที่ 3.6 (a)
2. วัดความหนาของเมมเบรนด้วยไมโครมิเตอร์
3. ทดสอบตาม ASTM D638 ด้วยเครื่อง Universal testing machine ตามรูปที่ 3.6 (b)



(a) (b)

รูปที่ 3.6 ชิ้นตัวอย่างเมมเบรน และเครื่อง Universal testing machine LLOYD Instruments LR 5K

3.3.8 การทดสอบอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature)

อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ของเมมเบรนสามารถทดสอบโดยใช้เครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส/นาที ณ ภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.9 การทดสอบโครงสร้างทางเคมี

โครงสร้างทางเคมีของเมมเบรนสามารถทดสอบได้โดยใช้เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy ณ ภาควิชาเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.10 การทดสอบสมรรถนะของเมมเบรนในการบำบัดน้ำผิวดิน

ศึกษาฟลักซ์ของน้ำบริสุทธิ์ที่ผ่านเมมเบรนภายใต้ความดันขับดัน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) จากการกรองน้ำผิวดินในเขื่อนลำตะคอง ด้วยโมดูลแบบแผ่นและกรอบ คำนวณ

ฟลักซ์ได้จากสมการ (1) และคำนวณค่าร้อยละการกักกันของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และซีโอดีได้จากสมการ (2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย