บทที่ 2

ระเบียบวิธีการวิจัย

2.1 การสังเคราะห์ข้อมูลการศึกษาแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา รวมทั้งคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ (โครงการย่อยที่ 1 และ 2)

โดยจากการทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์หลักๆ ของโครงการย่อยที่ 1 ได้แก่ ความเป็นด่าง (Alkalinity) ปริมาณสารอินทรีย์ตั้งต้น (DOC) ประสิทธิภาพการบำบัด (Coagulant) ไนเตรต (NO_3) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอล โคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) และสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides) โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำ แบ่งเป็น 3 ครั้งคือ ครั้งที่ 1 ฤดูฝน (พฤศจิกายน 2552) ครั้งที่ 2 ฤดูฝน-แล้ง (มกราคม 2553) และครั้งที่ 3 ฤดูแล้ง (มีนาคม 2553) จำนวน 13 จุด ตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำนั้น โครงการย่อยที่ 3 นี้ศึกษาผลที่ได้เพื่อประเมินคุณภาพน้ำของลุ่มน้ำอู่ตะเภาว่าบริเวณใดที่มีการปนเปื้อนสารอินทรีย์ทั้งจากธรรมชาติ หรือมีการปนเปื้อนน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งสารเคมี ยาฆ่าแมลงของการทำเกษตรกรรมมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 2.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

จุดเก็บตัวอย่าง	ชื่อ	ระยะทาง	ระบบพิกัดทาง	ช่วงการแบ่ง
31-UTP-DS	สะพานบ้านนารังนก	0	N7 04.509 E100	ช่วงปลายลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา
32-UTP-CT	ลพบุรีราเมศวร์	6.972	N7 01.985 E100	
33-UTP-KH	ชุมชนคลองแห	6.972	N7 02.765 E100	
34-UTP-CT	หาดใหญ่ใน	10.841	N7 00.130 E100	ช่วงกลางลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา
35-UTP-CT	หาดใหญ่ใน(ศรีถูวนาถ)	11.973	N6 59.738 E100	
36-UTP-CT	สะพาน ถนน 43	13.817	N6 58.796 E100	
37-UTP-US	สะพานบางศาลา	20.548	N6 55.875 E100	
38-UTP-US	บ้านม่วงก็อง	39.128	N6 47.798 E100	
39-UTP-US	ถ.มิตรสงคราม	50.445	N6 42.365 E100	ช่วงต้นลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา
40-UTP-RS	สะเดา	68.383	N6 34.759 E100	
-	อ่างเก็บน้ำสะเดา	67.567	N6 35.035 E100	
-	อ่างเก็บน้ำคลองหลา	20.548	N6 52.862 E100	อ่างเก็บน้ำ
-	อ่างเก็บน้ำคลองจำไหร	20.548	N6 49.606 E100	อ่างเก็บน้ำ

จากการทำการศึกษาสภาวะทางกายภาพ ทางเคมีของน้ำดิบประปา และการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์กลุ่มชอบน้ำ สารอินทรีย์กลุ่มที่เป็นกลางและไม่ชอบน้ำ ตามวิธีที่ระบุใน Standard method, 1995ในน้ำดิบประปาจากคลองอู่ตะเภาบริเวณต้นน้ำ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำสะเดา อ่างเก็บน้ำคลองหลา บ้านม่วงก็อง บ้านบางศาลา จุดสูบน้ำดิบ และท้ายน้ำของระบบผลิตน้ำประปา บ้านหาดใหญ่ใน และจุดเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบประปาได้แก่ น้ำประปา ของโครงการย่อยที่ 2 เพื่อมาวิเคราะห์ลักษณะของสารอินทรีย์ของแต่ละจุด พิจารณาความสอดคล้องผลของโครงการที่ 1 ร่วมด้วยเพื่อชี้ย้ำว่าลุ่มน้ำอู่ตะเภา ประสบปัญหาการปนเปื้อนสารอินทรีย์ใด เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาการเกิดสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำดิบประปาบริเวณต้นน้ำคลองอู่ตะเภาและบริเวณจุดสูบน้ำดิบประปาหาดใหญ่ในปัจจุบัน และหาแนวทางในการลดสารอินทรีย์ดังกล่าวต่อในโครงการที่ 3

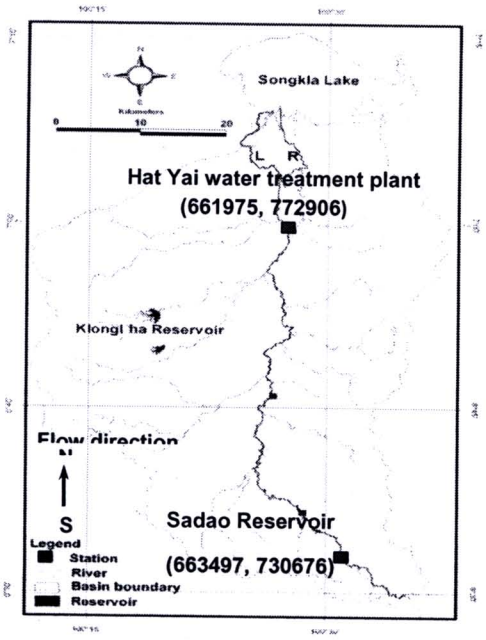
2.2 การจำแนกลักษณะและการลดปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำด้วยวิธีโคแอกกูเลชัน ร่วมกับการใช้เมมเบรน (โครงการที่ย่อย 3 ส่วนหลักงานวิจัยนี้)

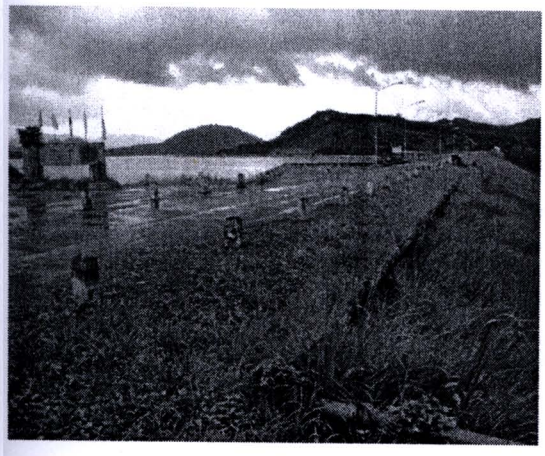
การทดลองนี้เป็นการศึกษากระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ด้วยวิธีโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการเมมเบรน และประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ธรรมชาติออกจากน้ำประปาด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันด้วย PACl ร่วมกับการกรองด้วยเมมเบรนนาโนฟิลเตรชัน (NF) และปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการทำงานของเมมเบรนรวมทั้งปัจจัยด้านราคา โดยทำการติดตั้งชุดการทดลองในห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ของภาควิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.2.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

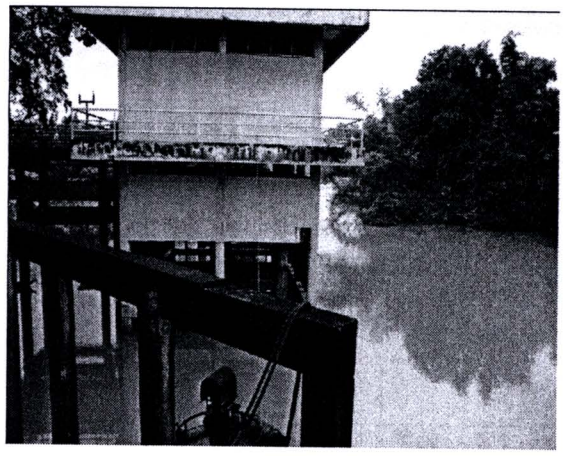
จุดเก็บน้ำตัวอย่างมี 2 จุด คือบริเวณอ่างเก็บน้ำสะเดา และจุดสูบน้ำดิบประปาจากคลองอู่ตะเภา โดยทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง (ปลายปี พ.ศ.2552-ต้นปี พ.ศ. 2554)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย





อ่างเก็บน้ำสะเดา



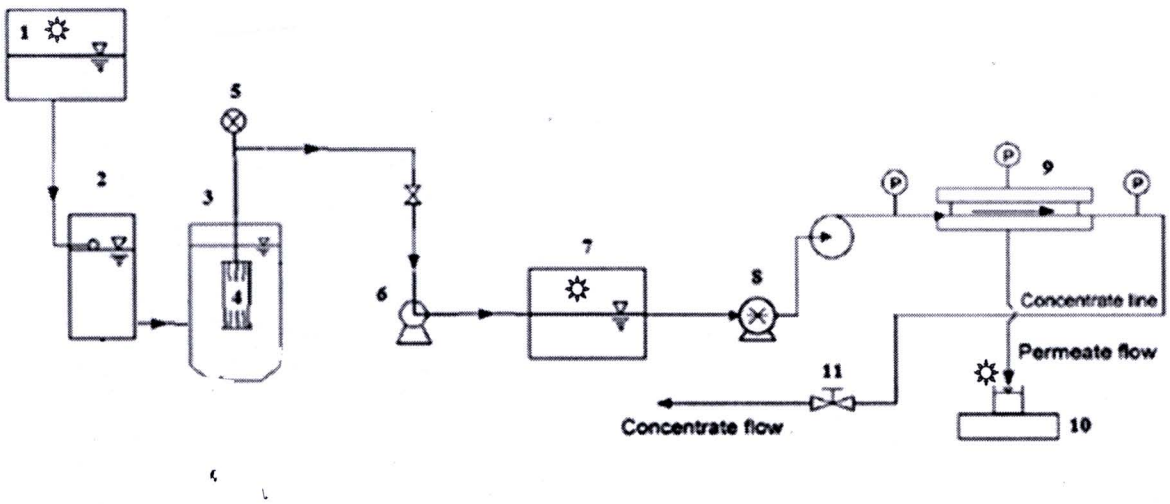
จุดสูบน้ำดิบประปาหาดใหญ่

รูปที่ 2.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำจากอ่างเก็บน้ำสะเดา และจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา

2.2.2 แผนการดำเนินการวิจัย

แผนผังการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดในการวิจัยนี้ แสดงในรูปที่ 2.2 การดำเนินการทดลองนี้ จะใช้น้ำจากจุดสูบน้ำดิบประปาหาดใหญ่ และน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดาเป็นน้ำ Influent ของการทดลอง แล้วทำการ pretreatment ด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันด้วย PACl ร่วมกับการกรองด้วยเมมเบรนไมโครฟิลเตรชัน และ/หรือ อัลตราฟิลเตรชัน ก่อนเข้าสู่ระบบเมมเบรนนาโน

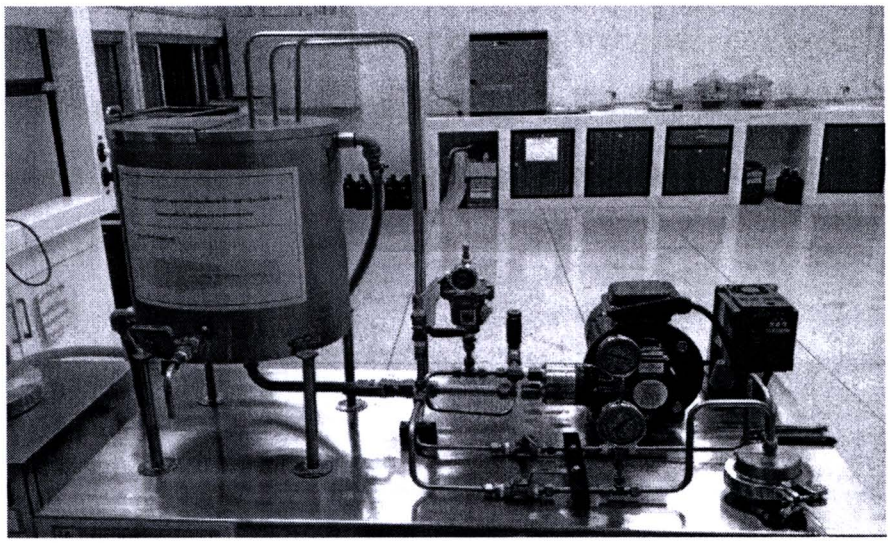
ฟิลเตรชัน (NF) การติดตั้งชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบไปด้วยถังเก็บน้ำ, ปั๊ม, ระบบท่อและวาล์ว, Cartridge Filter และโมดูลของเมมเบรน



รูปที่ 2.2 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ในงานวิจัย

โดยที่ 1 = Influent tank (ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและกรอง 8-10 μm) , 2 = high level water tank , 3,9 = Membrane Bioreactor (MBR) , 4 = membrane module(MF/UF) , 5 = manometer , 6 = suction pump , 7 = water tank , 8 = piston pump , 10 = balance , 11 = back-pressure valve

☼ จุดเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ



รูปที่ 2.3 กระบวนการนาโนฟิลเตรชันเมมเบรน

2.2.3 ขั้นตอนการวิจัย

1) ทำการทบทวนเอกสารเพิ่มเติมจากบทความตีพิมพ์เผยแพร่ที่เกี่ยวข้องและรวบรวมรายงานโครงการที่ 1 และ 2 นำผลที่ได้มาทำการสังเคราะห์และวิเคราะห์หาสาเหตุของการปนเปื้อนสารอินทรีย์ รวมทั้งศึกษาลักษณะสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนมายังลุ่มน้ำ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกกระบวนการบำบัด เพื่อลดโอกาสการเกิดสารก่อมะเร็งในกระบวนการผลิตน้ำประปา
2) ทำการทบทวนเอกสารเพิ่มเติมจากบทความตีพิมพ์เผยแพร่ที่เกี่ยวข้องกับการลดสารอินทรีย์ธรรมชาติโดยกระบวนการเมมเบรนแบบต่างๆ และกระบวนการโคแอกกูเลชันโดยใช้ PACl
3) ทบทวนเอกสารจัดทำฐานข้อมูลของตำแหน่ง FEEM Peak (fingerprint) ของสารอินทรีย์กลุ่มต่างๆ และจากข้อมูลผลการวิจัยของกลุ่มวิจัยเทคโนโลยีและการจัดการทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
4) ทบทวนเอกสารจัดทำฐานข้อมูล Frequencies (cm^{-1}) และโครงสร้างของสารอินทรีย์กลุ่มต่างๆ ของการวิเคราะห์ FTIR
5) สั่งซื้อและจัดเตรียมเครื่องมือหรืออุปกรณ์สำหรับกระบวนการกรองด้วยเมมเบรน รวมทั้งอุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินงานวิจัย
6) สั่งซื้อสารเคมี เมมเบรนชนิดต่างๆ และอุปกรณ์ประกอบที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินงานวิจัย
7) ทำการทดลอง วิเคราะห์และสังเคราะห์ผลการศึกษา (การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน แยกอธิบายดังการทดลองส่วนที่ 1 และ 2 ต่อไป)
8) ทำการทบทวนเอกสารเพิ่มเติมจากบทความตีพิมพ์เผยแพร่
9) สรุปผลการทดลอง
10) เขียนบทความตีพิมพ์เผยแพร่
11) จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

การทดลองส่วนที่ 1: การตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์เบื้องต้นและจำแนกสารอินทรีย์ในน้ำก่อนกระบวนการลดสารอินทรีย์

1.1 เก็บตัวอย่างน้ำจากคลองอู่ตะเภาและน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดา จำนวน 2 ครั้งใน 1 ปี จะได้ตัวแทนของทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง

1.2 น้ำตัวอย่างมากรองผ่านกระดาษกรอง GF/F (Ø 0.7 μm) แล้วนำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ได้แก่ DOC UV-254 SUVA และ FEEM

1.3 น้ำตัวอย่างจากข้อ (2) ที่ผ่านการกรองส่วนที่เหลือไปผ่านกระบวนการ Freeze-drying เพื่อทำให้เป็นผงแล้วนำไปวิเคราะห์โดย FT-IR spectrophotometer

1.4 น้ำตัวอย่างอีกส่วนจากข้อ (2) จะถูกปรับ pH ให้มีค่าใกล้เคียงกับ 2 แล้วนำไปแยกสารอินทรีย์ธรรมชาติด้วยกระบวนการ Resin Fractionation โดยใช้ DAX-8/XAD-4 resin ใช้เพื่อแยกสารอินทรีย์ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Hydrophobic Transphilic และ Hydrophilic

1.5 วิเคราะห์ค่า DOC UV-254 SUVA THMFP และ FEEM ของสารอินทรีย์ทั้งสามกลุ่มที่ทำการแยกออกมาจากข้อ (4)

การทดลองส่วนที่ 2: กระบวนการการลดสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน และเมมเบรน

2.1 การลดสารอินทรีย์ขั้นต้นด้วยการโคแอกกูเลชันเปรียบเทียบกับกระบวนการเมมเบรน Microfiltration

2.1.1 กระบวนการโคแอกกูเลชัน

1) ทำการทดลองโคแอกกูเลชันน้ำตัวอย่างโดยใช้สารความเข้มข้นของสาร PACl ที่แตกต่างกัน 6 ค่า (ช่วงความเข้มข้น 3-20 mg/L สำหรับตัวอย่างน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดา และ 10-50 mg/L สำหรับตัวอย่างน้ำดิบจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา)และควบคุมค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 7 (กมลนาวิน, 2552)

2) นำน้ำใสที่ผ่านการทดลองโคแอกกูเลชันไปกรองผ่านกระดาษกรอง GF/F (Ø 0.7 μm) แล้ววิเคราะห์ค่า DOC UV-254 SUVA

3) เลือกสภาวะที่กำจัดสารอินทรีย์ได้ดีที่สุดในค่าปริมาณ PACl ที่เหมาะสมทำการทดลองต่อไป

4) ทำการทดลองโคแอกกูเลชันน้ำดิบประปาโดยใช้สารความเข้มข้นของสาร PACl ที่สภาวะที่ดีที่สุดและควบคุมค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ได้จากข้อ (3) อีกครั้ง

5) นำน้ำใสที่ผ่านการทดลองโคแอกกูเลชันจากข้อ (4) ไปกรองผ่านกระดาษกรอง GF/F แล้วไปวิเคราะห์ค่า DOC UV-254 SUVA FEEM และแยกกลุ่มของสารอินทรีย์กลุ่ม Hydrophobic และ Hydrophilic ตลอดจนนำไปผ่านกระบวนการ Freeze-drying ก่อนนำไปวิเคราะห์ FT-IR spectrophotometer

2.1.2 กระบวนการเมมเบรนไมโครฟิลเตรชัน (MF)

1) ทำการทดลองน้ำตัวอย่างด้วยกระบวนการ MF (pore size 0.1 μm)
2) น้ำที่ผ่านระบบกรองนำมาวิเคราะห์ค่า DOC UV-254 SUVA FEEM และแยกกลุ่มของสารอินทรีย์กลุ่ม Hydrophobic และ Hydrophilic ตลอดจนนำไปผ่านกระบวนการ Freeze-drying ก่อนนำไปวิเคราะห์ FT-IR spectrophotometer
3) ทำการประเมินความเหมาะสมของน้ำตัวอย่างที่ผ่านการบำบัดขั้นตอนด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน และ กระบวนการ MF ด้วยการวิเคราะห์ค่า SDI เพื่อประเมินการเลือกกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน (UF) (pore size 0.008 μm) ก่อนเข้ากระบวนการนาโนฟิลเตรชัน (NF)

2.1.3 กระบวนการเมมเบรนอัลตราฟิลเตรชัน (UF) (กรณีเลือกเป็นกระบวนการบำบัดขั้นต้นร่วม)

(1) ทำการทดลองน้ำตัวอย่างด้วยกระบวนการUF (pore size 0.008 μm)
(2) น้ำที่ผ่านระบบกรองนำมาวิเคราะห์ค่า DOC UV-254 SUVA FEEM และแยกกลุ่มของสารอินทรีย์กลุ่ม Hydrophobic และ Hydrophilic ตลอดจนนำไปผ่านกระบวนการ Freeze-drying ก่อนนำไปวิเคราะห์ FT-IR spectrophotometer

2.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการลดสารอินทรีย์ด้วยการบำบัดขั้นต้นร่วมกับกระบวนการ NF

(1) กระบวนการ NF (hybrid process) โดยมีกระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับ MF (pore size 0.1 μm) และ/หรือ UF (pore size 0.008 μm) เป็นการบำบัดขั้นต้น
(2) น้ำที่ผ่านระบบกรองข้อ 2.2(1) นำมาวิเคราะห์ค่า DOC UV-254 SUVA THMFP FEEM และแยกกลุ่มของสารอินทรีย์กลุ่ม Hydrophobic และ Hydrophilic ตลอดจนนำไปผ่านกระบวนการ Freeze-drying ก่อนนำไปวิเคราะห์ FT-IR spectrophotometer

การทดลองส่วนที่ 3: การศึกษาผลของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน กระบวนการไมโครฟิลเตรชัน และกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน ร่วมกับกระบวนการนาโนฟิลเตรชัน

(1) ตรวจวัดค่าฟลักซ์ของน้ำตัวอย่างที่ผ่านเมมเบรนอัลตราฟิลเตรชัน ควบคุมแรงดันที่เหมาะสม

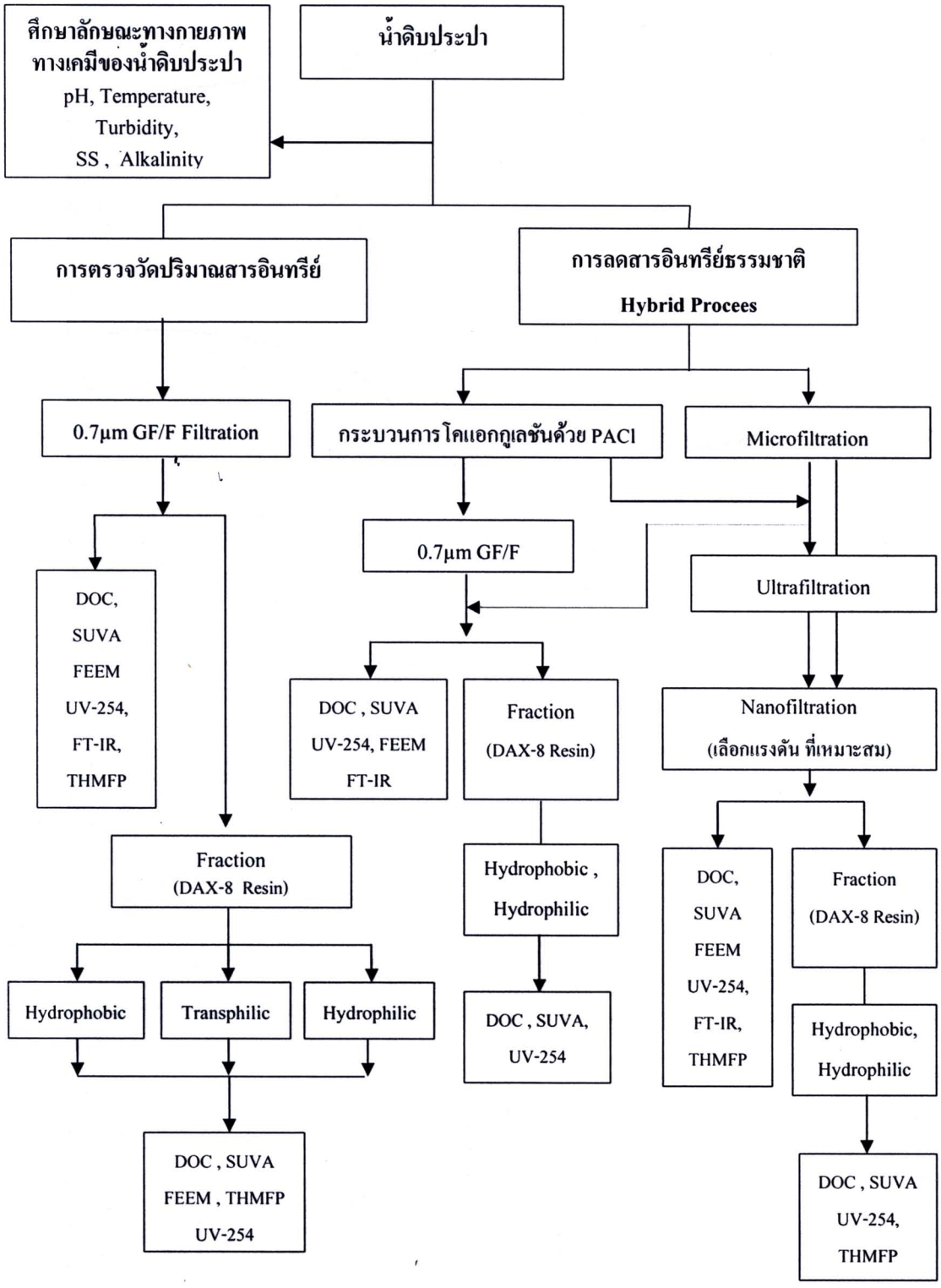
(2) ตรวจวัดค่าฟลักซ์ของน้ำตัวอย่างผ่านเมมเบรนนาโนฟิลเตรชัน ควบคุมแรงดันที่เหมาะสม และอุณหภูมิ 25°C

(3) ศึกษาลักษณะการอุดตันที่ผิวหน้าของเมมเบรนนาโนฟิลเตรชัน ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ Trihalomethane Formation Potential (THMFP)

การวิเคราะห์ THMFP สำหรับทุกตัวอย่างน้ำ ใช้วิธีดังระบุใน Standard method 5710 B การทดสอบคลอรีนที่ 7 วัน ด้วยสารละลาย sodium hypochlorite มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ปรับ pH ของตัวอย่างน้ำให้อยู่ในช่วง 7±0.2 โดยใช้ H_2SO_4 และ NaOH
2) เติม 1 ml phosphate buffer solution สำหรับตัวอย่างน้ำ 50 ml
3) นำตัวอย่างน้ำเข้าตู้บ่มอุณหภูมิที่ปิดทึบ ที่อุณหภูมิ 25±2 °C ในขวดสีชาปิดด้วยฝา PTEE เป็นเวลา 7 วัน
4) ทดสอบคลอรีนตกค้างที่เวลา 7 วัน ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยตัวอย่างต้องมีค่าคลอรีนเหลืออยู่ในค่าระหว่าง 3-5 mg/L
5) Extract THM ด้วย pentane ตามวิธีที่ระบุใน Standard method 6232 B
6) วิเคราะห์ THMs ด้วยเครื่อง GC ECD detector (HP 6890 series)



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการทดลองและพารามิเตอร์ที่ต้องทำการวิเคราะห์