

บทที่ 4

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาของโครงการวิจัยร่วมที่ 1 ซึ่งเป็นการศึกษาคุณภาพของแหล่งน้ำดิบในคลองอุตะเถา เพื่อการผลิตน้ำประปา (โครงการที่ 1) สามารถสรุปในภาพรวมได้ว่าคุณภาพน้ำคลองอุตะเถา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ปี พ.ศ.2552-2553 พบว่าค่า DOC ที่เป็นตัวพารามิเตอร์ตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ในน้ำคลองอุตะเถา มีค่า DOC สูงทั้ง 3 ช่วงฤดู โดยจะมีปริมาณที่สูงขึ้นจากช่วงต้นน้ำ กลางน้ำ และท้ายน้ำ ตามลำดับ ซึ่งพบว่าจุดสูบน้ำดิบประปา อยู่ในช่วงท้ายน้ำของคลอง มีการปนเปื้อนสารอินทรีย์ ที่เป็นสารตั้งต้นในการเกิดสารก่อมะเร็งในขั้นตอนการฆ่าเชื้อโรค

การศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในรูปต่างๆรวมทั้งการจำแนกลักษณะสารอินทรีย์ (โครงการที่ 2) พบว่าลุ่มน้ำคลองอุตะเถามีความยาวกว่า 130 กม.มีการปนเปื้อนสารอินทรีย์ทั้งที่มาจากรองานอุตสาหกรรม ชุมชนรวมทั้งการเกษตรจากช่วงกลางของกลุ่มน้ำมาจนถึงทางท้ายลุ่มน้ำที่มีจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอุตะเถา โดยจะพบว่าน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำมีค่าสัดส่วนการกระจายมวลสารอินทรีย์กลุ่ม HPO มากกว่าสารอินทรีย์กลุ่ม HPI และ TPI ส่วนน้ำดิบจากคลองอุตะเถามีสารอินทรีย์กลุ่ม HPI TPI และ HPO มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 35 17 และ 48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยสารอินทรีย์กลุ่ม HPI มีค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดสารไตรฮาโลมีเทนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าดังกล่าวของสารกลุ่ม HPO และ TPI และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนสารอินทรีย์ธรรมชาติ เช่น DOC UV-254 และ SUVA กับ THMFP พบว่า ระดับความสัมพันธ์ระหว่าง DOC กับ THMFP มีระดับความสัมพันธ์ที่สุด โดยมีค่า R^2 ในน้ำจากอ่างเก็บน้ำและคลองอุตะเถาเท่ากับ 0.9353 และ 0.9027 ตามลำดับ

จากการศึกษาลักษณะสารอินทรีย์ของแหล่งน้ำที่มีความสำคัญในการผลิตน้ำประปา พบว่า HPI(52-57%)เป็นสารอินทรีย์หลัก และเป็นสารอินทรีย์ที่มีค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดสารไตรฮาโลมีเทนสูง จึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีในการลดสารอินทรีย์จากกลุ่มสารอินทรีย์ที่มีศักยภาพที่ก่อให้เกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปา (โครงการที่ 3)

จากผลการศึกษาการลดลักษณะสารอินทรีย์ในรูป DOC และ UV254 และลักษณะสารอินทรีย์ที่จำแนกได้ด้วยเทคนิค FEEM และ FT-IR และศักยภาพในการเกิดสารก่อมะเร็ง (THMFP) ของตัวอย่างน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดา และน้ำดิบจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา โดยใช้กระบวนการบำบัดขั้นต้นด้วยการโคแอกกูเลชันด้วย PACI ที่ความเข้มข้น 10mg/L สำหรับน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดา และ 40mg/L สำหรับน้ำดิบจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา และกระบวนการไมโครฟิลเตรชันเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมครอนและกระบวนการบำบัดขั้นต้นที่แตกต่างกันนี้มีผลต่อประสิทธิภาพการกรองของกระบวนการอัลตราฟิลเตรชันและนาโนฟิลเตรชัน ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 และสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. จากการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และปริมาณ DOM ในน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดา พบว่ามีค่าความขุ่นต่ำ ปริมาณสารอินทรีย์ในรูป DOC และ UV-254 ก่อนข้างต่ำ ทั้ง 2 ฤดูกาล และต่ำกว่าน้ำดิบจากจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา และจากการจำแนกสารอินทรีย์พบสัดส่วนสารอินทรีย์กลุ่ม HPI มากกว่า HPO ในน้ำดิบทั้ง 2 แหล่ง
2. จากการศึกษาประสิทธิภาพการลดสารอินทรีย์ในน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดาและน้ำดิบจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา พบว่ากระบวนการ PACI มีประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์ในน้ำดิบจาก 2 แหล่ง ได้ดีกว่ากระบวนการ MF และสามารถลดสารอินทรีย์ในรูปของ UV-254 ได้ดีกว่า DOC
3. จากการศึกษาประสิทธิภาพการลดสารอินทรีย์ สำหรับน้ำดิบเฉพาะอ่างเก็บน้ำสะเดา พบว่ากระบวนการ PACI+UF สามารถลดสารอินทรีย์ในรูป DOC UV-254 ได้ดีกว่ากระบวนการ MF+UF และผลของค่าฟลักซ์ต่อเวลาของ PACI+UF มีค่าสูงกว่าค่าฟลักซ์ของ MF+UF
4. ผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับกระบวนการ NF พบว่ามีประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์ในรูปของ DOC มากกว่า 75% และ UV-254 ลดได้มากกว่า 80% สำหรับน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดา และประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์ในรูปของ DOC มากกว่า 80% และ UV-254 ลดได้มากกว่า 90% สำหรับน้ำดิบจากจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา และการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับกระบวนการ NF สามารถกำจัดสารอินทรีย์กลุ่ม HPO ได้ดีกว่า HPI ซึ่งเมื่อพิจารณา

เฉพาะตัวกระบวนการ NF ที่ลดสารอินทรีย์ตั้งต้นจากตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้น พบว่ากระบวนการ NF มีแนวโน้มในการลดสารอินทรีย์ในกลุ่ม HPI ได้ดีกว่า HPO สำหรับน้ำตัวอย่างทั้ง 2 แหล่ง

5. จากผลการศึกษาลักษณะ DOM ด้วยเทคนิค FEEM ของตัวอย่างน้ำจากอ่างเก็บน้ำสะเดา และจุดสูบน้ำดิบประปา พบว่า สัดส่วนของสารกลุ่ม tryptophan-like substance มากกว่ากลุ่ม humic และ fulvic acid-like substance โดยกระบวนการ PACI+NF ของน้ำทั้ง 2 แหล่ง สามารถลดสารกลุ่ม tryptophan-และ humic และ fulvic acid-like substances ได้มากกว่า 90 % ซึ่งมากกว่ากระบวนการ MF + NF โดยประสิทธิภาพการลดลงของสารอินทรีย์กลุ่ม humic และ fulvic acid-like substances สูงกว่าของกลุ่ม tryptophan-like substances
6. การศึกษาลักษณะสารอินทรีย์ ในตัวอย่างน้ำดิบ และน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นร่วมกับกระบวนการ NF ด้วยเทคนิค FTIR สอดคล้องกับการจำแนกลักษณะสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการแฟรกชัน และเทคนิค FEEM โดยพบมีหมู่ฟังก์ชัน ได้แก่ O-H groups, Aliphatic C-H, amide groups, Aliphatic C-H และ carboxylic และ C-H bending ของสารพวก aromatic ring เป็นสารอินทรีย์กลุ่ม humic substance และพบหมู่ฟังก์ชัน alcoholic C-O bonds มาจากสารกลุ่ม polysaccharide-like substance และ Hydrogen-bonded OH stretching vibration carboxylic groups ของ amino group เป็นสารอินทรีย์กลุ่ม non-humic substance
7. จากการศึกษาศักยภาพการเกิดสารก่อมะเร็ง (THMFP) พบว่าในทุกตัวอย่างน้ำ มีค่า THMFP_{HPI} มากกว่า THMFP_{HPO} และมีสารประกอบ THMs คือ CHCl₃ (Chloroform) มากกว่า CHCl₂Br (Bromodichloroform)
8. ผลการศึกษาการลดค่า THMFP โดยใช้กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับกระบวนการ NF พบว่าการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นด้วยกระบวนการ โทแอกกูเลชัน (PACI) สามารถลดสารอินทรีย์ละลายน้ำได้ดี เป็นผลให้เกิด THMFP น้อยกว่าการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นด้วยกระบวนการ MF และสามารถลด THMFP ในน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดาได้มากกว่า 80% และมากกว่า 90% สำหรับน้ำดิบจากจุดสูบน้ำดิบประปา โดยลด THMFP_{HPI} ได้มากกว่า THMFP_{HPO}

9. จากผลการศึกษาค่าฟลักซ์ของกระบวนการ NF พบว่าเมมเบรนที่มีลักษณะการอุดตันแบบชั้นเล็ก ให้ค่าฟลักซ์ของกระบวนการ NF สูงกว่า ลักษณะการอุดตันภายในรูพรุน และเมื่อพิจารณาเป็นลำดับ พบว่าค่าฟลักซ์ของกระบวนการ NF ที่มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นที่แตกต่างกันมีค่าฟลักซ์เรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ อ่างเก็บน้ำสะเดา : Flux MF+NF > PACI+NF > MF+UF+NF > PACI+UF+NF และ จุดสูบน้ำดิบประปา : Flux MF+NF > PACI+NF (ทั้ง 2 จุด)
10. แนวทางในการกำจัดสารไตรฮาโลมีเทนจากน้ำประปาที่มีประสิทธิภาพ และไม่เหลือตะกอนที่ต้องกำจัดหลังการบำบัดน้ำแล้วนั้น สามารถพิจารณาเลือกใช้เมมเบรนมาใช้ได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและการเดินระบบ ตามประสิทธิภาพหรือคุณภาพน้ำที่ต้องการนำไปใช้ต่อ และเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายสามารถเลือกใช้เป็นการบำบัดร่วมระหว่างกระบวนการ โคแอกูเลชันกับกระบวนการเมมเบรนได้ โดยจากการศึกษาผลงานวิจัยนี้พบว่าเมมเบรนระดับ ultrafiltration สามารถลดศักยภาพให้ผ่านมาตรฐานได้แล้ว หากมีความจำเป็นที่จะให้ได้คุณภาพน้ำที่ดีกว่า หรือใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการน้ำที่บริสุทธิ์ขึ้นกว่าเดิม สามารถเลือกใช้เมมเบรนระดับ nanofiltration เป็นอีกทางเลือกหนึ่งได้เช่นกัน

และจากผลการศึกษาพลวัตระบบของ DO ของคลองอยู่ตะเภา (โครงการที่ 4) พบว่าค่า DO และค่า DOC ของน้ำในคลองอยู่ตะเภามีความสัมพันธ์กันและสามารถใช้พัฒนาแบบจำลองพลวัตของออกซิเจนละลายในคลองอยู่ตะเภาเพื่อทำนาย DOC เมื่อทำการทวนสอบและยืนยันความใช้ได้ของแบบจำลองที่พัฒนาจากชุดข้อมูลคุณภาพช่วงกลางน้ำกับข้อมูลคุณภาพตลอดช่วงลำคลองและข้อมูลคุณภาพในช่วงเวลาอื่น พบว่า ค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ตรวจวัดจริงมีความสัมพันธ์กัน ($R^2 = 0.82$) แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถเชื่อมโยงการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดได้ง่ายโดยทั่วไปกับการเฝ้าระวังปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำในบริบทของศักยภาพในการเกิดสารไตรฮาโลมีเทน ซึ่งอาจจะช่วยให้งานพัฒนาคุณภาพน้ำดิบประปาจากคลองอยู่ตะเภาสามารถตอบสนองต่อปัญหาด้านการปนเปื้อนสารก่อมะเร็งในน้ำประปาได้มากขึ้น โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถใช้สมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำนายค่าการปนเปื้อนของ DOC จากข้อมูลค่า DO ที่ตรวจวัดจริง โดยเฉพาะสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำในช่วงท้ายน้ำ ซึ่งเป็นที่ตั้งของจุดสูบน้ำดิบประปาของเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งใช้น้ำคลองอยู่ตะเภาในการ

ผลิตน้ำประปาแจกจ่ายพื้นที่ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา ทำให้สามารถประมาณการค่า DOC ในน้ำดิบ
ที่เข้าสู่ระบบ เพื่อวางแผนควบคุมคุณภาพน้ำประปาต่อไป