ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249158

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการลดสารอินทรีย์ธรรมชาติเพื่อใช้ควบคุมการเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปา

Treatment of Natural Organic Matters for Carcinogenic Substance Control in Water Supply

(โครงการย่อยที่ 3)

คณะผู้วิจัย

1.	ผศ.ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์	หัวหน้าโครงการ
2.	ผศ.ดร.จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย
3.	ผศ.พยอม รัตนมณี	คณะวิศวกรรมศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย
4.	อาจารย์กทรธร เอื้อกฤดาธิการ	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม	ผู้ร่วมวิจัย
5.	ผศ.ดร.ธันวดี เตชะภัททวรกุล	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม	ผู้ร่วมวิจัย
6.	ดร.วรวิทย์ วงศ์นิรามัยกุล	คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม	ผู้ร่วมวิจัย
7.	นายอดุลย์ เบ็ญนุ้ย	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม	ผู้ร่วมวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากเงินงบประมาณแผ่นดิน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2553

b00251304

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249158

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการลดสารอินทรีย์ธรรมชาติเพื่อใช้ควบคุมการเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปา

Treatment of Natural Organic Matters for Carcinogenic Substance Control in Water Supply

(โครงการย่อยที่ 3)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

คณะผู้วิจัย

1.	ผศ.ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์	หัวหน้าโครงการ
2.	ผศ.ดร.จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย
3.	ผศ.พยอม รัตนมณี	คณะวิศวกรรมศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย
4.	อาจารย์ภทรธร เอื้อกฤดาธิการ	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม	ผู้ร่วมวิจัย
5.	ผศ.ดร.ธันวดี เตชะภัททวรกุล	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม	ผู้ร่วมวิจัย
6.	ดร.วรวิทย์ วงศ์นิรามัยกุล	คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม	ผู้ร่วมวิจัย
7.	นายอดุลย์ เบ็ญนุ้ย	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม	ผู้ร่วมวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากเงินงบประมาณแผ่นดิน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2553

บทคัดย่อ

249158

งานวิจัยโครงการนี้เป็นการประเมินคุณภาพน้ำผิวดินเพื่อนำมาควบคุม การเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปาซึ่งมีการใช้ข้อมูลร่วมจากโครงการย่อยที่ 1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินคุณภาพน้ำผิวดินในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เพื่อนำมาควบคุมการเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปาและ โครงการย่อยที่ 2 การจำแนกลักษณะสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำผิวดินเพื่อนำมาควบคุมการเกิดสารก่อมะเร็งในน้ำประปา ที่แสดงให้เห็นว่าคลองอู่ตะเภาซึ่งมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาที่ติดเขตแดนไทย-มาเลเซีย มีอ่างเก็บน้ำสะเดาเป็นต้นน้ำ ตลอดลำคลองยาวกว่า 130 กม. มีการปนเปื้อนสารอินทรีย์ทั้งจากธรรมชาติและจากโรงงานอุตสาหกรรมและการเกษตรกรรม

การตรวจพบปริมาณการปนเปื้อนของ DOM ในรูปของค่า DOC และ UV254 พบว่าค่า DOC ของช่วงต้นน้ำอยู่ระหว่าง 2.9-4.7 mg/L ช่วงกลางน้ำอยู่ระหว่าง 4-6 mg/L และช่วงท้ายน้ำอยู่ระหว่าง 5.5-6.9 mg/L จุดสูบน้ำดิบประปาหาดใหญ่อยู่ในช่วงตอนท้ายของลำคลอง ใช้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นแบบทั่วไปที่มีการสร้างรวมตะกอนในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำดิบซึ่งส่วนใหญ่พบเป็นกลุ่ม Hydrophillic (HPI) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดสารอินทรีย์ละลายน้ำในน้ำดิบประปา โดยใช้กระบวนการบำบัดขั้นต้นที่แตกต่างกัน โดยมีกระบวนการโคแอกกูเลชันและไมโครฟิลเตรชันเป็นการบำบัดขั้นต้นให้กระบวนการอัลตราฟิลเตรชันและ/หรือ นาโนฟิลเตรชัน

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดาและจุดสูบน้ำดิบประปา โดยนำน้ำดิบมาผ่านกระบวนการแฟรกชันด้วยเรซินชนิด DAX-8 พบว่าในน้ำตัวอย่างมีการกระจายมวลสารอินทรีย์กลุ่ม Hydrophilic (HPI) มากกว่ากลุ่ม Hydrophobic (HPO) และเมื่อศึกษาการลด DOM ในน้ำดิบก่อนเข้ากระบวนการ NF ด้วยวิธีโคแอกกูชันด้วย PACl เปรียบเทียบกับกระบวนการ MF ขนาดรูกรอง 0.1 ไมครอน พบว่า ที่ปริมาณความเข้มข้น PACl ที่เหมาะสม คือ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดา และ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับน้ำดิบจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา ในสภาวะควบคุม pH เท่ากับ 7 มีประสิทธิภาพในการลด DOM สูงกว่ากระบวนการ MF สำหรับการศึกษาการลด DOM ในน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดาหลังกระบวนการปรับปรุงขั้นต้นด้วยกระบวนการ UF พบว่าประสิทธิภาพการลด DOM ซึ่งตรวจวัดในรูปค่า DOC เพิ่มขึ้น 12-22 % และในรูปค่า UV-254 เพิ่มขึ้น 10-20% ค่าฟลักซ์ของ UF สำหรับตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการ PACl มีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าน้ำที่ผ่านกระบวนการ MF ส่วนการลดสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการ NF ใน

249158

น้ำตัวอย่างทั้ง 2 แหล่ง พบว่ากระบวนการ PACl+NF สามารถลด DOM ได้ดีกว่ากระบวนการ MF+NF ซึ่งสามารถลดค่า DOC และ UV-254 ในน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดาได้ 74 และ 80% และ 86 และ 94 % สำหรับน้ำจากจุดสูบน้ำดิบประปา ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าฟลักซ์ของ NF พบว่าหากน้ำผ่านการปรับปรุงขั้นต้นด้วยกระบวนการ PACl+UF หรือกระบวนการ MF+UF จะให้ค่าฟลักซ์ที่ต่ำกว่าการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยไม่มีกระบวนการ UF นอกจากนี้ยังพบว่า การปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับกระบวนการ NF มีแนวโน้มในการลด DOC ของกลุ่ม HPO ได้ดีกว่า HPI และเมื่อพิจารณาเฉพาะกระบวนการ NF พบว่าลด DOC ของกลุ่ม HPI ได้ดีกว่า HPO ทั้งนี้เป็นผลจากกลไกของกระบวนการ NF ในการลด DOM ในน้ำตัวอย่าง เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR พบว่าการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับกระบวนการ NF สามารถลดสารที่มีหมู่ฟังก์ชัน C-O stretching of alcohols, ethers และ carbohydrates ได้ดี และในการศึกษาศักยภาพการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน (THMFP) ตรวจพบสารประกอบหลักของ THMs คือ คลอโรฟอร์ม และ โบรโมไดคลอโรฟอร์ม ซึ่งกระบวนการ PACl + NF สามารถลด THMFP ได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ สำหรับน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดา และ 90 % สำหรับน้ำดิบจากจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา

Abstract

249158

Evaluation of surface water quality for carcinogenic substances control in water supply was studied. This is the research project No.3 that used the information from project No.1 and No.2. The results showed that U-Tapao Canal originates from mountains a border between Thai-Malaysia, has Sadao reservoir at the beginning of canal. The 130 km length is contaminated with organic compounds from natural, industrial and agricultural along the canal. Detection of contamination of the DOM in term of the DOC and UV-254 was found that the DOC of upstream location is between 2.9-4.7 mg / L, midstream location is between 4-6 mg / L and downstream location range is between 5.5-6.9 mg / L. However, the pumping station of Hat Yai water treatment plant is location at the downstream, used the conventional coagulation process for water treatment. The conventional water supply treatment was normally inadequate to remove all DOM in raw water supply, especially, hydrophilic (HPI) DOM. This research aims to study the reduction of DOM surrogate parameters (DOC and UV-254) and DOM characterization (by resin adsorption, FEEM and FT-IR), including the change of THMFP in the raw water supply by hybrid membrane combined with coagulation process, coagulation and MF process, was used as the pre-treatment were conducted prior to UF process and NF process.

The water quality of raw water samples fractionated by DAX-8 resin was found that the raw water from both raw water sources contained hydrophilic (HPI) and hydrophobic (HPO) groups but HPI was a major organic components existed in these raw water samples (HPI>HPO). The study of DOM removal in raw water sample by pretreatment processes, PACl coagulation and MF with pore size of 0.1μm, prior to NF process showed that the DOM reduction efficiency of PACl coagulation at optimal conditions (10 mg/L for Sadao Reservoir water, 40 mg/L for pumping station and controlled pH at 7) was higher than that of MF process. For the study of hybrid-UF process for Sadao reservoir water revealed that the use of UF after pretreatment processes can increase the DOM removal efficiency in term of DOC by 12-22% and UV-254 by 10-20%. The UF membrane flux after pretreatment with 10 mg/L of PACl was slightly higher than that was pretreated by MF process. For

249158

the result of hybrid NF process, it was found that the hybrid coagulation–NF process had efficiency to reduce DOM in term of DOC and UV-254 approximately by 74% and 80% for Sadao-Reservoir water and 86% and 94% for pumping station water respectively. The role of pre-treatment process on NF membrane flux declining found that the hybrid pre-treatment (MF or PACl) combine with UF process flux was lower than that pretreatment without UF process. The hybrid pretreatment –NF process could reduce DOC of HPO better than DOC of HPI but when considering only the NF process, the NF process could reduce DOC of HPI better than DOC of HPO, as a result of NF process mechanism. The result of FTIR analysis used to explain the characteristics of DOM indicated that the hybrid pretreatment –NF process was effective in DOM reduction especially the C-O stretching of alcohols, ethers and carbohydrates for both raw water samples. Regarding to Trihalomethane Formation Potential (THMFP) analysis, a chloroform and bromodichloroform were found as the major THM species, and the hybrid coagulation –NF process could reduce the THMFP more than 80% for Sadao-reservoir water and 90% for pumping station.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์เป็นอย่างดี เพราะได้รับความร่วมมือและช่วยเหลือจากบุคคลที่มีรายนามดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณทางภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการทางเคมี สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ตัวอย่างต่างๆ

ขอขอบคุณทางคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการ ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการวิเคราะห์ FEEM ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ zeta potential analysis ในการวิเคราะห์ขนาดอนุภาค, เครื่องมือ chromatograph-electron capture detector ในการวิเคราะห์ THMs

ขอขอบคุณทางกลุ่มวิจัย The National Research Center for Environmental and Hazardous Waste Management (NRC-EHWM) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อนุภาคเครื่องมือในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอขอบคุณทางมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในการสนับสนุนทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2553 เลขที่ ENG520105M

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำงานวิจัยนี้ทุกคนซึ่งไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ทุกท่าน

สารบัญ

บทที่	เนื้อหา	หน้า
	บทคัดย่อ	II
	Abstract	III
	กิตติกรรมประกาศ	VI
	สารบัญ	V
	รายการตาราง	X
	รายการุภาพประกอบ	XII
	ตัวย่อและสัญลักษณ์	XV
1	บทนำ	
	1.1 บทนำ	1
	1.2 ปัญหาและความเป็นมาของงานวิจัย	3
	1.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	6
	1.4 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	20
	1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย	21
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	21
2	ระเบียบวิธีการวิจัย	22
	2.1 การสังเคราะห์ข้อมูลการศึกษาแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา รวมทั้งคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ(โครงการย่อยที่ 1 และ 2)	22
	2.2 การจำแนกลักษณะและการลดปริมาณสารอินทรีย์ลายน้ำด้วยวิธีโคแอกกูเลชันร่วมกับการใช้เมมเบรน (โครงการที่ย่อย 3)	22
3	ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผลการวิจัย	31
	3.1 การสังเคราะห์ข้อมูลคุณภาพของแหล่งน้ำดิบในคลองอู่ตะเภา จากระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (โครงการที่1)	31
	3.2 การสังเคราะห์ข้อมูลลักษณะของสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำดิบประปาจากคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา (โครงการที่ 2)	32

หน้า

3.3 การศึกษาการลดกลุ่มสารอินทรีย์ละลายน้ำในน้ำดิบประปา (โครงการที่ 3) 38

3.3.1 ลักษณะสมบัติน้ำดิบประปา อ่างเก็บน้ำสะเดาและจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา 39

3.3.2 ประสิทธิภาพของการบำบัดสารอินทรีย์ด้วยการโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการเมมเบรน ของตัวอย่างน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดา 45

(1) การบำบัดขั้นต้นด้วยการโคแอกกูเลชัน และไมโครฟิลเตรชัน สำหรับกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน ของตัวอย่างน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดา 45

(2) การบำบัดด้วยกระบวนการนาโนฟิลเตรชัน ของตัวอย่างน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดา 49

(3) กระบวนการ FTIR เพื่อศึกษาโครงสร้างของสารอินทรีย์ ก่อนและหลังการบำบัดขั้นต้นด้วยโคแอกกูเลชันและกระบวนการเมมเบรน น้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดา 51

(4) การศึกษาการลด THMFP ด้วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับ NF ของตัวอย่างน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดา 53

3.3.3 ประสิทธิภาพของการบำบัดสารอินทรีย์ด้วยการโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการเมมเบรน ของตัวอย่างน้ำดิบจุดสูบน้ำดิบประปา 55

(1) การบำบัดขั้นต้นด้วยการโคแอกกูเลชัน และกระบวนการไมโครฟิลเตรชันเมมเบรน สำหรับกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน 55

(2) การบำบัดด้วยกระบวนการนาโนฟิลเตรชัน ของตัวอย่างน้ำดิบจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา 58

(3) การตรวจวัด DOM ด้วยเทคนิค FEEM ของน้ำตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้น ร่วมกับกระบวนการ NF (น้ำดิบจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา) 61

(4) กระบวนการ FTIR เพื่อศึกษาโครงสร้างของสารอินทรีย์ ก่อนและหลังการบำบัดขั้นต้นด้วยโคแอกกูเลชันและกระบวนการเมมเบรน ของตัวอย่างน้ำดิบจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา 63

(5) การศึกษาการลด THMFP ด้วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับ NF ของตัวอย่างน้ำดิบจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา 65

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
	3.3.4 ผลของการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้น ต่อการลดลงของค่าฟลักซ์ในกระบวนการ NF	68
	(1) ผลของการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นด้วยวิธีโคแอกกูเลชัน และกระบวนการ MF ต่อการลดลงของค่าฟลักซ์ในกระบวนการ NF	68
	(2) ผลของการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันและกระบวนการ MF ร่วมกับกระบวนการ UF ต่อการลดลงของค่าฟลักซ์ในกระบวนการ NF	70
	3.4 แนวทางในการประยุกต์ใช้ เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำประปา	75
4	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	77
	บรรณานุกรม	81

รายการตาราง

บทที่	ชื่อตาราง	หน้า
1	ตารางที่ 1.1 DOC, UV-254, SUVA and percent distribution of DOC obtained in river water	8
	ตารางที่ 1.2 Infrared frequency bands for biomolecular structures in NOM isolate	12
	ตารางที่ 1.3 Wave number และ Functional group จากแหล่งน้ำต่างๆ	13
	ตารางที่ 1.4 หมู่ฟังก์ชันหลังจากกระบวนการแยกลักษณะสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำดิบประปา	14
	ตารางที่ 1.5 หมู่ฟังก์ชันสารอินทรีย์ที่ทดสอบโดย FTIR ในแหล่งน้ำผิวดิน	15
2	ตารางที่ 2.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา	22
3	ตารางที่ 3.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีในน้ำดิบจากคลองอู่ตะเภา	33
	ตารางที่ 3.2 แสดงตำแหน่งฟลูออเรสเซนต์ลักษณะของสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำดิบประปาจากคลองอู่ตะเภา	36
	ตารางที่ 3.3 เปอร์เซ็นต์สัดส่วนของ HPI TPI และ HPO ในน้ำดิบประปาจากคลองอู่ตะเภา	37
	ตารางที่ 3.4 ลักษณะสมบัติน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดา และจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา	39
	ตารางที่ 3.5 เปอร์เซ็นต์สัดส่วนของ HPI TPI และ HPO ในน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดา และจุดสูบน้ำดิบประคลองอู่ตะเภา	41
	ตารางที่ 3.6 ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนต์ ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่ตรวจพบก่อนและหลังผ่านกระบวนการแฟรกชันในน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดา และจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภาตารางที่ 3.8 การลด DOC และลด UV-254 หลังการบำบัดขั้นต้นด้วยโคแอกกูเลชันและกระบวนการเมมเบรน น้ำดิบจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา	44

รายการตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3.7 ค่า SDI (Silt Density Index) ของตัวอย่างน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดา ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นที่แตกต่างกัน	48
ตารางที่ 3.8 FTIR spectra ของตัวอย่างน้ำจากอ่างเก็บน้ำสะเดา ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับกระบวนการ NF	52
ตารางที่ 3.9 เปอร์เซ็นสัดส่วนและการลด THMFP ของสารอินทรีย์กลุ่ม HPI และ HPO ในน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดา ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับ NF	53
ตารางที่ 3.10 ค่า SDI (Silt Density Index) ของตัวอย่างน้ำดิบจากจุดสูบน้ำดิบประปา ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นที่แตกต่างกัน	58
ตาราง 3.11 ประสิทธิภาพการลดลงของ FEEM Peaks ในตัวอย่างน้ำจากจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา ที่ผ่านกระบวนกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับ กระบวนการ NF	62
ตารางที่ 3.12 FTIR spectra ของตัวอย่างตัวอย่างน้ำจากจุดสูบประปาคลองอู่ตะเภา ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้น ร่วมกับกระบวนการ NF	65
ตารางที่ 3.13 เปอร์เซ็นสัดส่วนและการลด THMFP ของสารอินทรีย์กลุ่ม HPI และ HPO ในน้ำดิบจากจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับ NF	66
ตารางที่ 3.14 ลักษณะการอุดตันของฟาวลิ่งที่ผิวหน้านาโนฟิลเตรชันเมมเบรน (ตัวอย่างน้ำอ่างเก็บน้ำสะเดา)	73
ตารางที่ 3.15 ลักษณะการอุดตันของฟาวลิ่งที่ผิวหน้านาโนฟิลเตรชันเมมเบรน (ตัวอย่างน้ำจากจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา)	74

รายการภาพประกอบ

บทที่	ชื่อตาราง		หน้า
1	รูปที่ 1.1	คลองอู่ตะเภาและสถานีเก็บน้ำบริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนสะเดา ต้นน้ำ (Station 1-3) ช่วงกลางลำน้ำ (Station 3-7) และท้ายน้ำ (Station 8 ตารางที่ 1.2 Infrared frequency bands for biomolecular structures in NOM isolate	6
	รูปที่ 1.2	Fluorescent Excitation-Emission Matrix (a) และภาพชันความสูง (b) ของการใช้Spectrofluorometry วิเคราะห์ลักษณะสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว ตารางที่ 1.4 หมู่ฟังก์ชันหลังจากกระบวนการแยกลักษณะสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำดิบประป	9
	รูปที่ 1.3	ตำแหน่ง Excitation (nm)/Emission (nm) ของ Tyrosine, Tryptophan and Humic and Fulvic acid-like substances	10
	รูปที่ 1.4	FEEM (contour interval 10 QSU, ยกเว้นอ่างเก็บน้ำสะเดา) ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำสะเดา บริเวณต้นน้ำ (บ้านตะเคียนเภา-ตำแหน่งที่ S3 ดังรูปที่ 1.1) บริเวณลำน้ำช่วงกลาง (น้ำดิบประปา-ตำแหน่งที่ S6 ดังรูปที่ 1.1) และบริเวณท้ายน้ำ (บ้านหารตำแหน่งที่ S8 ดังรูปที่ 1.1)	10
	รูปที่ 1.5	FTIR spectra ของ Suwannee River Fulvic Acid และ HPO TPI HPI fractions isolated จาก WWTP Seine-Aval effluents (Band 1มีหมู่ฟังก์ชัน O–H bonds Bands 2 Band 6และ Band 7 มีหมู่ฟังก์ชัน nitrogen groups Bands 3และ 8 มีหมู่ฟังก์ชัน aliphatic chains Bands 4 และ 5: มีหมู่ฟังก์ชัน carboxylic groups Band 9 มีหมู่ฟังก์ชัน C–O bonds Band 10 มีหมู่ฟังก์ชัน sulphonic groups)	16
2	รูปที่ 2.1	จุดเก็บตัวอย่างน้ำจากอ่างเก็บน้ำสะเดา และจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา	24
	รูปที่ 2.2	แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ในงานวิจัย	25
	รูปที่ 2.3	กระบวนการนาโนฟิลเตรชันเมมเบรน	25
	รูปที่ 2.4	ขั้นตอนการทดลองและพารามิเตอร์ที่ต้องทำการ	30

3 **รายการภาพประกอบ(ต่อ)**

		หน้า
รูปที่ 3.1	FEEM ของน้ำดิบประปาในรูปแบบเส้นชันความสูงแสดงจุดที่พบกลุ่มสารอินทรีย์ ในฤดูฝน(1) อ่างเก็บน้ำสะเดา (2) อ่างเก็บน้ำคลองหลา (3) บ้านม่วงก็อง (4) บ้านบางศาลา (5) จุดสูบน้ำดิบ (6) บ้านหาดใหญ่ใน	34
รูปที่ 3.2	FEEM ของน้ำดิบประปาในรูปแบบเส้นชันความสูง (QSU) แสดงจุดที่ตรวจพบกลุ่มสารอินทรีย์ ในฤดูแล้ง ได้แก่ (1) อ่างเก็บน้ำสะเดา (2) อ่างเก็บน้ำคลองหลา (3) บ้านม่วงก็อง (4) บ้านบางศาลา (5) จุดสูบน้ำดิบ (6) บ้านหาดใหญ่ใน	35
รูปที่ 3.3	ตำแหน่ง fluorescent peaks ของน้ำตัวอย่าง	35
รูปที่ 3.4	เปอร์เซ็นต์การจำแนกลักษณะสารอินทรีย์ของ (1) น้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดา (2) น้ำดิบจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา	41
รูปที่ 4.5	แผนภาพการดำเนินการทดลอง (ตัวอย่างน้ำอ่างเก็บน้ำสะเดา)	45
รูปที่ 3.6	การทำจาร์เทสต์ (ชุดทดลองตัวอย่างน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำสะเดา)	46
รูปที่ 3.7	กระบวนการไมโครฟิลเตรชันและอัลตราฟิลเตรชันเมมเบรน	46
รูปที่ 3.8	การลดสารอินทรีย์ในรูป DOC (ก) และ UV-254 (ข) ของน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดาและ น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยวิธีโคแอกกูเลชันและกระบวนการเมมเบรน	47-48
รูปที่ 3.9	การลดสารอินทรีย์ในรูป (ก) DOC (ข) UV-254 ของน้ำดิบอ่างเก็บน้ำสะเดาที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วย NF	49-50
รูปที่ 3.10	FTIR spectra ของตัวอย่างน้ำจากอ่างเก็บน้ำสะเดา ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้น ร่วมกับกระบวนการ NF	51
รูปที่ 3.11	THMFP ของสารประกอบ THMs ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำสะเดา ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับกระบวนการ NF	54
รูปที่ 3.12	แผนภาพการดำเนินการทดลอง (ตัวอย่างน้ำจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา)	55
รูปที่ 3.13	ประสิทธิภาพการลด DOM ในรูปของ ก) DOC ข) UV-254 ของน้ำจากจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา เมื่อผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันและกระบวนการ MF	57

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.14 ประสิทธิภาพการลดสารอินทรีย์ละลายน้ำในรูปของ ก) DOC ข) UV-254 ของน้ำดิบจากจุดสูบน้ำดิบประปา เมื่อผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับกระบวนการ NF 61

รูปที่ 3.15 FTIR spectra ของตัวอย่างน้ำดิบจากจุดสูบประปาคลองอู่ตะเภา ก) ช่วงฤดูฝน ข) ช่วงฤดูแล้ง ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับกระบวนการ NF 64

รูปที่ 3.16 THMFP ของสารประกอบไตรฮาโลมีเทนของน้ำจากจุดสูบน้ำดิบประปาคลองอู่ตะเภา ก) ช่วงฤดูฝน ข) ช่วงฤดูแล้ง ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นร่วมกับกระบวนการ NF 67

รูปที่ 3.17 ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของน้ำกลั่นกับแรงดันขับ (Transmembrane Pressure) 68

รูปที่ 3.18 ค่า NF Permeate flux ที่ค่าความดัน 15 bar และการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้นที่แตกต่างกันของตัวอย่างน้ำ ก) อ่างเก็บน้ำสะเดา ข) จุดสูบน้ำดิบประปา ฤดูฝน ค) จุดสูบน้ำดิบประปา ฤดูแล้ง 72

ตัวย่อและสัญลักษณ์

abs.	Absorbance
Al	Aluminium
AWWA	American Water Work Association
^{o}C	Degree Celsius
$CaCO_3$	Calcium Carbonate
$CHBr_3$	Bromoform
$CHCl_2Br$	Bromodichloroform
$CHCl_3$	Chloroform
$CHClBr_2$	Dibromochloroform
Cl	Chlorine
cm	Centimeter
DI	Deionized Water
DBPFP	Disinfection by Product Formation Potential
DBPs	Disinfection by-Product
DOC	Dissolved Organic Carbon
EDTA	Disodiumethylenediamune tetraacetate dehydrate
DOM	Dissolved Organic Matter
DPD	*N, N-diethyl-p*-phenylenediamine
ECD	Electron Capture Detector
$FeCl_3$	Ferric Chloride
FEEM	Fluorescent Excitation-Emission Matrix
FTIR	Fourier-Transform Infrared
g/cm^3	Gram/Cubic/ Centimeter
g/L	Gram/Liter
g/mol	Gram/Molar

ตัวย่อและสัญลักษณ์

GC	Gas Chromatograph
hr	Hour
HAAs	Haloacetic acid
HANs	Haloacetonitrile
HPI	Hydrophilic
HPO	Hydrophobic
I	Iodine
KHP	Potassium Hydrogen Phthalate
KI	Potassium Iodine
L/mg-m	Liter/milligram-meter
m	Meter
M	Molar
CH_4	Methane
µg/L	Microgram/Liter
MF	Microfiltration
µm	Micrometer
mg/L	Milligram/Liter
min	Minute
MW	Molecular Weight
MWCO	Molecular Weight Cut Off
MWD	Molecular Weight Distribution
NF	Nanofiltration
nm	Nanometer
NOM	Natural Organic Meter
NTU	Nepheo Turbidity Unit

ตัวย่อและสัญลักษณ์

ppm.	Part per Million
PACl	Polyaluminum Chloride
QSU	Quinine Sulfate Unit
RO	Reverse Osmosis
SS	Suspended Solid
SUVA	Specific Ultraviolet Absorption
S.D.	Standard Deviation
THMFP	Trihalomethane Formation Potential
THMs	Trihalomethanes
TMP	Trans Membrane Pressure
TOC	Total Organic Carbon
TTHM	Total Trihalomethanes
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UF	Ultrafiltration
UV	Ultraviolet
UV-254	Ultraviolet absorbtion at wave length 254 nanometer