

## การกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติของแหล่งน้ำผิวดินโดยกระบวนการออสโมซิสผันทกลับ Removal of Natural Organic Matter in Surface Water by Reverse Osmosis Process

ชอุพนธ์ เจริญสุข<sup>1</sup> นิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล<sup>1</sup>  
E-mail: knowenv@hotmail.com

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติของแหล่งน้ำผิวดินโดยกระบวนการออสโมซิสผันทกลับ เนื่องจากสารอินทรีย์ทางธรรมชาติเมื่อไปรวมตัวกับคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในกระบวนการผลิตน้ำประปาทำให้เกิดเป็นสารก่อมะเร็ง โดยทำการศึกษาความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติที่ 5,10,15,20,25 และ 30 mg/L และระดับพีเอชที่ (pH) ศึกษา คือ 4, 6, 8, 10 วัดความเข้มข้นของสารอินทรีย์ธรรมชาติด้วยเครื่อง UV ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร และระดับของพีเอชด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติอยู่ในช่วงร้อยละ 90-97 โดยความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุดคือ 20 มก./ล. และจากการศึกษาระดับพีเอช (pH) พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดอยู่ในช่วงร้อยละ 94-97 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าระดับของ pH ที่เปลี่ยนไปไม่มีผลต่อการบำบัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ เพราะว่าที่พีเอช (pH) แต่ละระดับจะให้ผลการบำบัดใกล้เคียงกัน สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพสารอินทรีย์ทางธรรมชาติของเมมเบรนแบบออสโมซิสผันทกลับขึ้นอยู่กับกลไกการคัดแยกขนาดของเมมเบรนเพียงอย่างเดียว

**คำสำคัญ:** สารอินทรีย์ทางธรรมชาติ ออสโมซิสผันทกลับ

### Abstract

This research had studied on removal of Natural Organic Matter (NOM) in surface water by Reverse Osmosis (RO) membrane. This is because natural integrates with chlorine used for disinfection in tap water production process will cause cancer. By studying the concentration of natural organic substances that 5,10,15,20,25 and 30 mg / L and the pH level (pH) studied was 4, 6, 8 and 10. The concentration of natural organic matter was measured with a UV at 254 nm wavelength and cutout. Of pH with a pH meter The results showed that the efficacy of natural organic matter treatment ranged from 90-97%, with the best therapeutic efficacy concentration 20 mg/L and the pH level, the efficacy of the treatment was in the 94-97%. This study revealed This changing in pH have no impact on removal since each level pH result in closed outcome. Therefore, can be concluded this reversed osmosis to naturally remove organic substances is depend on size isolation mechanism of membrane only.

**Keywords:** natural organic matter, reverse Osmosis

### ความเป็นมาของปัญหา

สารอินทรีย์ทางธรรมชาติ ( Natural Organic Matters, NOM) พบได้โดยทั่วไปตามแหล่งน้ำธรรมชาติ มีสีเหลืองถึงสีน้ำตาล ถ้ามีในปริมาณที่มาก ทำให้ความต้องการทางออกซิเจนในแหล่งน้ำดังกล่าวมีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นแหล่งคาร์บอนของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังมีผลต่อการผลิตน้ำประปาอีกด้วย กล่าวคือจะทำให้ต้องใช้สารเคมีจำนวนมากที่มากกว่าเดิมในกระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) และฟล็อกคูเลชัน (Flocculation) จึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้นเพื่อต้องการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติให้หมดไป เพราะในกระบวนการผลิตน้ำประปาจะมีการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคและหากมีสารอินทรีย์ทางธรรมชาติหลงเหลืออยู่จากกระบวนการบำบัดไปทำปฏิกิริยากับคลอรีนเกิดกลุ่มไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes, THMs) ซึ่งประกอบด้วยคลอโรฟอร์ม, โบโรโมฟอร์ม, ไดคลอโรโบโรโมมีเทนและไตรโบโรโมคลอโรมีเทน ไตรฮาโลมีเทนเป็นสารที่มีอันตรายต่อสุขภาพซึ่งดูดซึมได้ในระบบทางเดินอาหาร การหายใจและการสัมผัสทางผิวหนังด้วย (ทิพวรรณ, 2541) ดังนั้นการลดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติซึ่งเป็นสารตั้งต้นของ DBPs (Disinfection by products-precursor) ให้เหลือน้อยที่สุด ก่อนส่งเข้าระบบการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งในการป้องกันการเกิด DBPs ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ (Kadir,2014)

<sup>1</sup> อาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สารอินทรีย์ทางธรรมชาติเป็นสารที่มีขนาดโมเลกุลอยู่ระหว่าง 300 ถึง 500 ดาลตัน (รีตนา, 2543) วิธีการหนึ่งที่เหมาะสมในการบำบัดคือกระบวนการคัดแยกด้วยเมมเบรน ได้แก่ ระบบออสโมซิสผกกลับ (Reverse Osmosis, RO), นาโนฟิลเตรชัน (Nanofiltration, NF) และ อัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration, UF) นั้น และกระบวนการกรองด้วยเมมเบรนที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ คือ ระบบออสโมซิสผกกลับ เพราะ แผ่นเมมเบรนของ RO สร้างขึ้นเพื่อให้น้ำไหลผ่านเท่านั้น และไม่ได้ตั้งใจให้สารอื่นๆ ไหลผ่านได้ และระบบ RO นั้นมีขีดความสามารถกว้างขวางกว่าเมมเบรนชนิดอื่นๆ และมีคุณสมบัติ คือใช้แรงดัน 300-1000 ปอนด์/ตร.นิ้ว หรือสูงกว่า โดยสารที่แยกออกจากรน้ำได้ คือ เกลือแร่, กรด, ด่าง สารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 200 ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้กระบวนการคัดแยกด้วยเมมเบรนระบบออสโมซิสผกกลับในการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ

การศึกษานี้จะทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของเมมเบรนแบบออสโมซิสผกกลับ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นผลของความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติและพีเอชจะมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดด้วยเมมเบรนออสโมซิสผกกลับอย่างไรบ้าง โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสง ค่าการนำไฟฟ้า และค่าพีเอช เป็นพารามิเตอร์ที่ศึกษา

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติโดยใช้เมมเบรนแบบออสโมซิสผกกลับ
2. เพื่อศึกษาความเข้มข้นเหมาะสมในการกรองด้วยระบบออสโมซิสผกกลับในการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ
3. เพื่อพีเอชที่เหมาะสมในการกรองด้วยระบบออสโมซิสผกกลับในการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ

### วิธีดำเนินการวิจัย

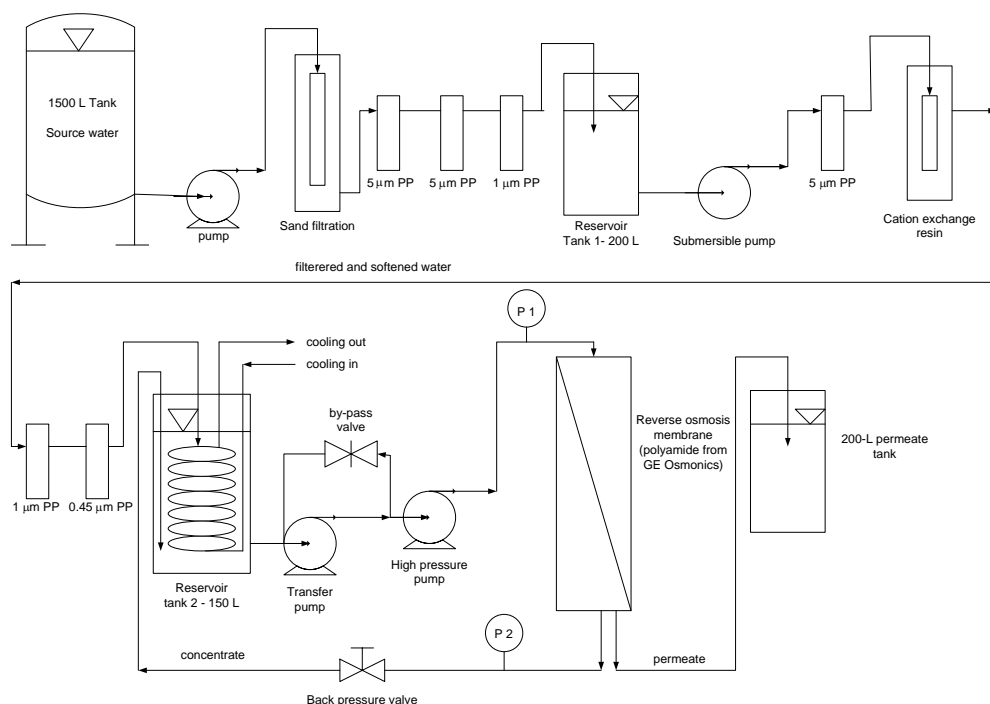
#### 1. วิธีการศึกษา

การศึกษานี้จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

- 1.1 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติด้วยเมมเบรนแบบออสโมซิสผกกลับ
- 1.2 ศึกษาความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติที่มีผลต่อ pH

#### 2. การเตรียมสารอินทรีย์ทางธรรมชาติเข้มข้น

ในการศึกษานี้จะใช้สารอินทรีย์ทางธรรมชาติโดยนำน้ำผิวดินภายในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มาผ่านกระบวนการกรองแบบออสโมซิสผกกลับ (ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1) จากน้ำผิวดิน 1000 ลิตร ให้เหลือ 30 ลิตร (ส่วนของ คอนเซนเตรต) ซึ่งจะได้สารอินทรีย์ทางธรรมชาติเข้มข้นออกมา คือ ตัวอย่าง สารอินทรีย์ทางธรรมชาติเข้มข้นที่จะใช้ในการทดลองหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ



ภาพประกอบที่ 1 การทำงานของระบบเยื่อกรองแบบออสโมซิสผกกลับที่ใช้เตรียมสารอินทรีย์ทางธรรมชาติเข้มข้น

3. การเตรียมน้ำสารอินทรีย์ทางธรรมชาติที่ใช้ในการทดสอบด้วยกระบวนการออสโมซิสผันกลับ โดยเตรียมขึ้นจาก Stock ของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติเข้มข้น ที่ปริมาตรน้ำ และเจือจางที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ได้ปริมาตร 7 ลิตร จากนั้นนำที่ความเข้มข้นต่างๆ ไปปรับค่า pH ที่ pH 7 แล้วนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าและค่า UV<sub>254</sub>
4. การทดลองเพื่อทดสอบปัจจัยความเข้มข้น
  - 4.1 เมื่อเตรียมสารละลายสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ เพื่อนำมาผ่านการกรองด้วยเมมเบรน จึงควรมีการเตรียมเมมเบรนไว้โดย Feed น้ำที่ปราศจากไอออนเข้าสู่ระบบออสโมซิสผันกลับที่ยังไม่ผ่านการบำบัดใดๆคือเมมเบรนที่สะอาด จากนั้นวัดอัตราการไหล เพื่อดูอัตราการไหลของน้ำ
  - 4.2 นำน้ำเสีย Feed เข้าระบบสู่ระบบออสโมซิสผันกลับจากนั้นวัดอัตราการไหลที่เวลา 0 เริ่มต้น ซึ่งจะวัดเป็นเวลาทั้งหมด 5 ชั่วโมง โดยที่จะวัดอัตราการไหลเป็น 2 ช่วงเวลา คือ 3 ชั่วโมงแรกทำการวัดอัตราการไหลทุก 15 นาที และชั่วโมงที่ 4 และ 5 จะวัดอัตราการไหลทุก 30 นาที ในระหว่างกระบวนการแยกด้วยเมมเบรนจะมีการควบคุมความดันให้มีค่าคงที่ตลอดการทดลองและระหว่างการทดลองจะมีการเก็บตัวอย่างน้ำไว้ด้วย
  - 4.3 เมื่อการทดลองเสร็จสิ้นครบ 5 ชั่วโมงจะมีการล้างเมมเบรนโดยปล่อยน้ำที่มีในระบบออกก่อนและจะ Feed น้ำกลั่น ปริมาตร 200 มิลลิตร เพื่อไปล้างเมมเบรนในส่วนของคอนเซนเตรต จากนั้นจะนำน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร Feed เข้าไปล้างทั้งระบบเพื่อล้างอนุภาคต่างๆ จากนั้นวัดอัตราการไหล
  - 4.4 ใช้สารเคมีสำหรับล้างเมมเบรนโดยจะใช้กรด (กรดอะซิติก) ล้างเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นจะล้างด้วยน้ำกลั่น และต่าง (โซเดียมไฮดรอกไซด์) อีก 15 นาทีและล้างด้วยน้ำกลั่นอีกรอบแล้ววัดอัตราการไหล
  - 4.5 นำน้ำที่เก็บตัวอย่างไว้ไปวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คือ ค่าพีเอช (pH), ค่าการนำไฟฟ้า และ UV<sub>254</sub>
5. ปัจจัยของพีเอชที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติด้วยกระบวนการออสโมซิสผันกลับ
 

ค่า pH ที่ใช้คือค่าในช่วงที่เป็นกลางคือ เท่ากับ pH 7 ด้วยกระบวนการออสโมซิสผันกลับแล้วต้องการทราบว่าค่า pH ที่เพิ่มขึ้นและลดลงมีผลต่อกระบวนการการกรองหรือไม่ โดยจะนำสารละลายสารอินทรีย์ทางธรรมชาติเข้มข้นในช่วงค่าความเข้มข้นที่ทำการทดลองด้วยกระบวนการออสโมซิสผันกลับว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดที่สูงที่สุดในค่า pH 7 มาปรับค่า pH เป็น pH 4, 6, 8 และ pH 10 ด้วย H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 M และ NaOH 0.1 M แล้วนำไปกรองด้วยระบบออสโมซิสผันกลับเพื่อหาประสิทธิภาพโดยวัดค่าการนำไฟฟ้า และ UV<sub>254</sub>

ระบบออสโมซิสผันกลับที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองใช้เมมเบรน Osmosis element รุ่น TW 1812-50 ซึ่งมีลักษณะคุณสมบัติดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเมมเบรน Osmosis element รุ่น TW 1812-50

คุณลักษณะ	ค่า
ประเภทของเมมเบรน	Thin-film composite Spiral-wound
ความสามารถในการให้น้ำ	50-150 แกลลอนต่อวัน
อุณหภูมิสูงสุดที่สามารถทนได้	45 องศาเซลเซียส
พีเอช	2-11
ความสามารถในการกำจัดเกลือ	98 %
ความทนทานต่อคลอรีน	< 0.1 ppm
ความขุ่น	< 1.0 NTU
สารแขวนลอย	< 5.0

6. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
  - 6.1 ค่าสารอินทรีย์ทางธรรมชาติใช้ เครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่ค่าการดูดกลืนแสงความยาว 254 นาโนเมตร
  - 6.2 ค่าพีเอชใช้ เครื่อง pH Meter
  - 6.3 ค่าการนำไฟฟ้าใช้ เครื่อง Conductivity Meter

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 1. คุณลักษณะน้ำตัวอย่าง

น้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำผิวดินที่เก็บมาจากแหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาเพื่อใช้อุปโภคและบริโภคภายในมหาวิทยาลัย จากการตรวจสอบคุณลักษณะของน้ำผิวดินทั้งทางกายภาพและเคมี ผลที่ได้ออกมาให้คุณลักษณะดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะของน้ำผิวดิน

พารามิเตอร์	ค่าที่วัดได้
ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนทั้งหมด (TOC)	5.54 มิลลิกรัมต่อลิตร
พีเอช	6.35
การดูดกลืนแสง UV <sub>254</sub> (UV Absorbance)	0.16 ต่อเซนติเมตร
การดูดกลืนแสงเฉพาะ (Specific UVA (UV <sub>254 nm</sub> / TOC))	2.9 ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร
การนำไฟฟ้า (Conductivity)	54.40 ไมโครซีเมนตต่อเซนติเมตร
อุณหภูมิ	26.7 องศาเซลเซียส

จากตารางแสดงคุณลักษณะของน้ำผิวดินที่แสดงในตารางที่ 2 พบว่าค่าความเข้มข้นของคาร์บอนทั้งหมด (TOC) มีค่า 5.54 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่สามารถพบได้โดยทั่วไปในแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยทั่วไปจะมีค่าของความเข้มข้นในช่วงที่กว้างตามลักษณะของประเภทและแหล่งกำเนิดของแหล่งน้ำนั้นๆ โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1-27 มิลลิกรัมต่อลิตร (Krasner และคณะ 1998 ; Tseng และ Edwards. 1999) ค่าพีเอชของแหล่งน้ำที่วัดได้มีค่า 6.35 และค่าการดูดกลืนแสง UV โดยวัดที่ความยาวของช่วงคลื่นที่ 254 นาโนเมตร ซึ่งจะบ่งชี้ถึงพันธะคู่ของคาร์บอนที่มีอยู่ในโครงสร้างของสารอินทรีย์ทางธรรมชาตินั้น ค่าที่วัดได้มีค่าประมาณ 0.16 ต่อเซนติเมตรซึ่งค่าดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับค่าของคาร์บอนทั้งหมด โดยเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงจำเพาะ (Specific Ultraviolet Absorbance; SUVA) ซึ่งได้แก่อัตราส่วนระหว่างค่าการดูดกลืนแสงต่อปริมาณของสารอินทรีย์คาร์บอน (UV<sub>254</sub>/TOC) ค่า SUVA บ่งบอกถึงคุณสมบัติไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) ของน้ำตัวอย่างนั้น ค่า SUVA ที่สูงแสดงถึงภายในแหล่งน้ำธรรมชาติ นั้น มีสารอินทรีย์ทางธรรมชาติซึ่งเป็นไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) มาก (Mattaraj และ Kilduff. 2003) ค่าที่วัดได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติที่ใช้ในการทดลองมีค่า SUVA เท่ากับ 2.9 ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร แสดงให้เห็นว่าน้ำตัวอย่างมีปริมาณสารอินทรีย์ทางธรรมชาติที่ค่อนข้างสูง ซึ่งจะสอดคล้องกับการศึกษาของ Cho และคณะ (1999) และ Cho และคณะ (2000) ที่พบว่า น้ำผิวดินมีค่า SUVA อยู่ระหว่าง 0.024 – 3.0 ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร และน้ำใต้ดิน มีค่า SUVA เท่ากับ 6 ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำตัวอย่างวัดได้คือ 54.40 ไมโครซีเมนตต่อเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 26.7 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปเพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติโดยใช้ระบบออสโมซิสผันกลับจากน้ำ 1,000 ลิตร ให้เหลือส่วนเข้มข้น 30 ลิตร เพื่อนำมาใช้เป็นสารอินทรีย์ทางธรรมชาติตั้งต้นเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป มีลักษณะของสารละลายดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะของสารละลายอินทรีย์ทางธรรมชาติหลังจากที่เพิ่มความเข้มข้นแล้ว

พารามิเตอร์	ค่าที่วัดได้
ปริมาณเข้มข้นของคาร์บอนทั้งหมด (TOC)	139.64 มิลลิกรัมต่อลิตร
พีเอช	7.24
การดูดกลืนแสง UV <sub>254</sub> (UV Absorbance)	2.96 ต่อเซนติเมตร
การดูดกลืนแสงเฉพาะ (Specific UVA (UV <sub>254 nm</sub> / TOC))	2.1 ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร
การนำไฟฟ้า (Conductivity)	1.92 มิลลิซีเมนตต่อเซนติเมตร
อุณหภูมิ	27.6 องศาเซลเซียส

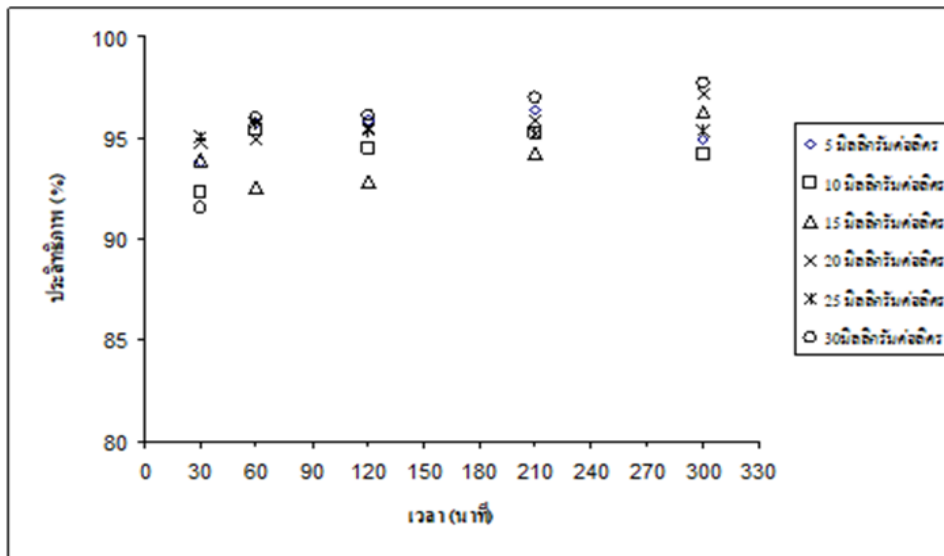
จากตารางที่ 3 หลังจากที่ทำกรเพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติแล้วจะได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนทั้งหมด (TOC) 139.64 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าพีเอชของน้ำที่เพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติที่วัดได้มีค่าประมาณ 7.24 ค่าการดูดกลืนแสง UV โดยวัดที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ค่าที่วัดได้มีค่าประมาณ 2.96 ต่อเซนติเมตร ค่าการดูดกลืนแสงจำเพาะ (Specific Ultraviolet Absorbance; SUVA) เท่ากับ 2.10 ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำตัวอย่างวัดได้เท่ากับ 1.92 มิลลิซีเมนตต่อเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 27.3 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นว่าค่าพารามิเตอร์ต่างๆจะมีค่าที่เพิ่มขึ้น

เนื่องมาจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ ยกเว้นค่าการดูดกลืนแสงเฉพาะที่มีค่าลดต่ำลงบ่งบอกถึงสารอินทรีย์ทางธรรมชาติที่มีคุณสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิกมีจำนวนที่ลดลงจากน้ำผิวดินที่ทำการตรวจวิเคราะห์

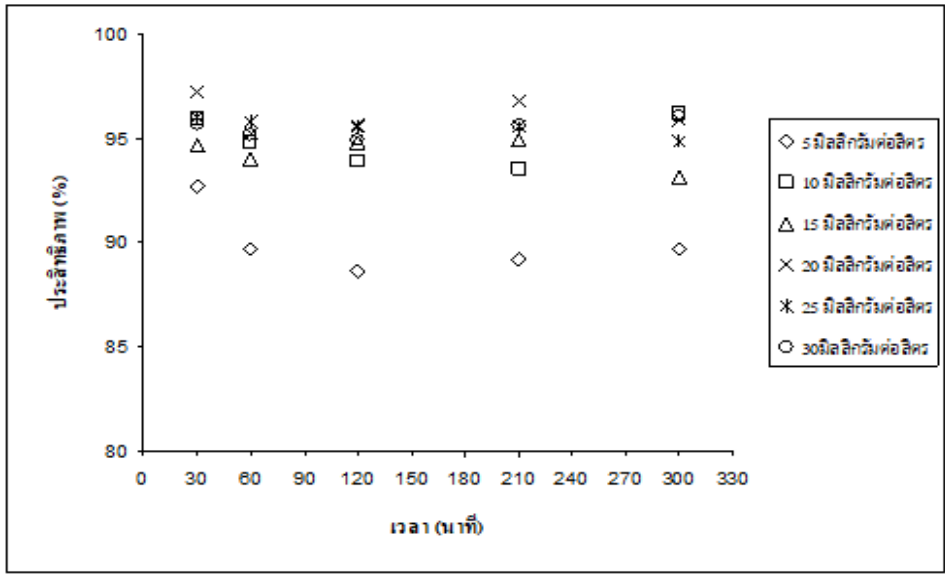
## 2. ผลของการทดสอบประสิทธิภาพของเมมเบรนออสโมซิสผ่นกลับ

### 2.1 ผลของความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ

ในการศึกษาหาความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ ได้ทำการเตรียมค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติเป็น 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยควบคุมค่า pH ให้คงที่ที่ pH 7 การกรองแบบออสโมซิสผ่นกลับ โดยพิจารณาจากค่าดูดกลืนแสง UV<sub>254</sub> ภาพประกอบที่ 2 แสดงผลการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติของน้ำตัวอย่าง ซึ่งวัดด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer พบว่าทุกความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติมีค่าการกำจัดที่อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงในช่วงร้อยละ 91-97 แสดงถึงความสามารถของเมมเบรนออสโมซิสผ่นกลับ ว่ามีความสามารถในการกักกันสารที่มีพันธะคู่ของคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบ จำพวกสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติมีค่าที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ ชฎพนธ์ (2548) ที่อธิบายถึงความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติไว้ว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติให้มากขึ้นจะทำให้เกิดการสะสมตัวของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติบริเวณผิวหน้าของเมมเบรนทำให้รูพรุนของเมมเบรนมีขนาดที่เล็กลง ทำให้ความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติมีค่าที่เพิ่มมากขึ้นและจากภาพประกอบที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดค่าการนำไฟฟ้าจากผลการทดลองจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดต่ำสุดที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ร้อยละ 88.6 และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติขึ้นเป็นระหว่างความเข้มข้น 10-30 มิลลิกรัมต่อลิตรจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงขึ้นในช่วงร้อยละ 93-97 ซึ่งจะมีลักษณะที่สอดคล้องกับผลที่ได้จากการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติในภาพประกอบที่ 2 เป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ จะทำให้เกิดการสะสมตัวของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติบนผิวหน้าเมมเบรนทำให้รูพรุนของเมมเบรนมีขนาดเล็กลงทำให้ความสามารถในการกำจัดค่าการนำไฟฟ้ามีค่าที่เพิ่มมากขึ้น และเกิดกลไกการกำจัดเกลือแร่ร่วมด้วย โดย มั่นสิน (2538) อธิบายไว้ว่าการกำจัดเกลือจะขึ้นอยู่กับจำนวนวาเลนซ์ของไอออนต่างๆ ไอออนที่มีวาเลนซ์สูงจะถูกเมมเบรนผลักได้ไกลกว่าไอออนที่มีวาเลนซ์ต่ำ แรงผลักนี้เชื่อว่าจะเกิดขึ้นเนื่องจากมี Dielectric interaction ไอออนที่มีวาเลนซ์เท่ากับ 1 จะถูกผลักให้อยู่ห่างจากผิวเมมเบรน ประมาณ 1 ไมครอน ซึ่งห่างเท่ากับ 2 โมเลกุลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านชั้นเมมเบรน ไม่ใช่เป็นการเคลื่อนที่อย่างสะดวกสบายเหมือนการไหลผ่านท่อ และยังมีผลจากการอุดตันที่ผิวของเมมเบรนทำให้สารผ่านได้น้อยลงเป็นผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดเพิ่มขึ้น (นิโรจน์, 2557)

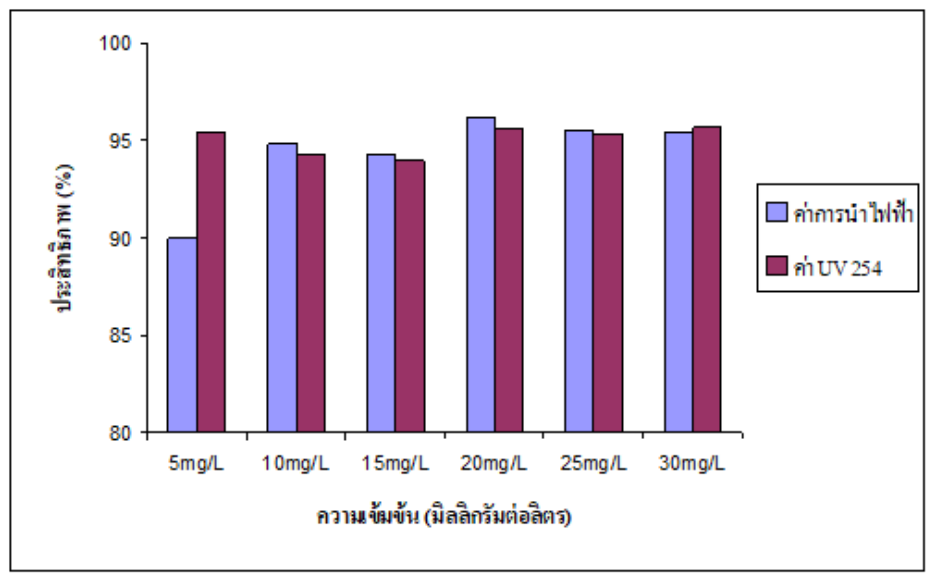


ภาพประกอบที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ ที่ความเข้มข้น 5-30 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพประกอบที่ 3 ประสิทธิภาพการกำจัดค่าการนำไฟฟ้า ที่ความเข้มข้น NOM 5-30 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติเฉลี่ย โดยการวัดจาก UV254 และ ประสิทธิภาพการกำจัดไอออน ที่วัดจากค่าการนำไฟฟ้าที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าในช่วงความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติตั้งแต่ 20 – 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าการกำจัดที่ดีที่สุดอยู่ในช่วงร้อยละ 95-96 ซึ่งไม่แตกต่างกันมาก แต่เมื่อพิจารณาค่าการกำจัดไอออนโดยวัดจากค่าการนำไฟฟ้าในระดับความเข้มข้นเดียวกันจะพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าการกำจัดสูงสุดที่สุดคือ ร้อยละ 96.11 เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดสอบผลของพีเอชต่อการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติคือความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4



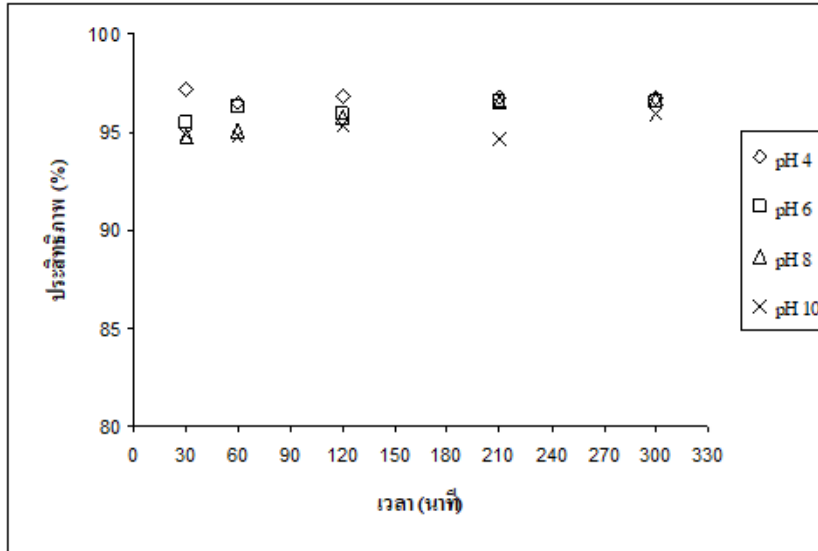
ภาพประกอบที่ 4 การเปรียบเทียบการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติและค่าการนำไฟฟ้าที่ระดับพีเอช 7

2.2 ผลของระดับ pH ต่อการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ

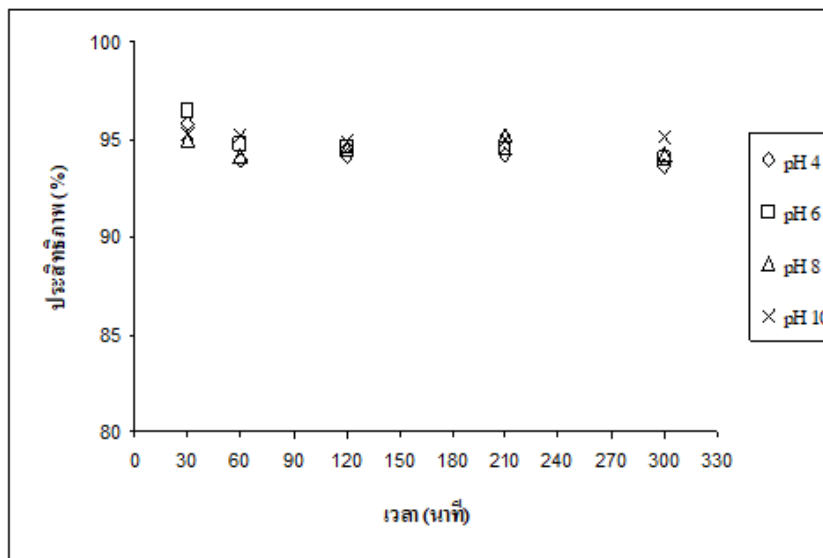
ในการทดลองผลของระดับ pH ต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ โดยการใช้สารละลายสารอินทรีย์ทางธรรมชาติที่ความเข้มข้นที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับ pH เป็น 4, 6, 8 และ 10 ซึ่งผลการศึกษาที่ได้แสดงในภาพประกอบที่ 5 โดยแสดงผลของ pH ที่มีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ โดยพิจารณาจากค่าการดูดกลืนแสง UV<sub>254</sub> พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดอยู่ที่ร้อยละ 94-97 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างจากระดับ pH 7 ที่ได้ทำการทดลองไปแล้ว ดังแสดงใน



ภาพประกอบที่ 2 ทำให้ทราบว่าในทุกๆระดับ pH ที่ทำการทดลองให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกัน ส่วนการประสิทธิผลกำจัดไอออนโดยวัดจากค่าการนำไฟฟ้า มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันกับการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติที่วัดด้วยค่าการดูดกลืนแสง  $UV_{254}$  ที่ร้อยละ 93-96 ในแต่ละระดับ pH ดังแสดงในภาพประกอบที่ 6 จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าระดับ pH ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cho และคณะ (2000) ที่ได้ทำการศึกษาและพบว่ากลไกการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ เป็นกลไกการคัดแยกขนาดมากกว่ากลไกการผลัดกันของประจุ ที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของเมมเบรนในระหว่างการกรอง



ภาพประกอบที่ 5 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ ที่ระดับพีเอช 4, 6, 8 และ 10



ภาพประกอบที่ 6 ประสิทธิภาพการกำจัดค่าการนำไฟฟ้าที่ระดับพีเอช 4, 6, 8 และ 10

### สรุปผลการวิจัย

การกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติโดยกระบวนการออสโมซิสผันกลับนั้นพบว่า ออสโมซิสผันกลับสามารถที่จะนำมากำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้คือ การศึกษาค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทางธรรมชาติที่ 5,10,15,20,25 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับพีเอช 7 พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ทางธรรมชาติอยู่ในช่วงร้อยละ 90-97 โดยวัดด้วยเครื่อง วัดค่าการนำไฟฟ้าและเครื่อง UV- Visible Spectrophotometer ซึ่งค่าความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุด คือที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าการนำไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 96.11 และ  $UV_{254}$  โดยเฉลี่ยร้อยละ 95.63 และเมื่อนำความเข้มข้นที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรมาปรับ พีเอช เป็น พีเอช 4,6,8 และ 10 เพื่อศึกษาผลพีเอชที่

ประสิทธิภาพการกำจัด พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดอยู่ในช่วงร้อยละ 94-97 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างจากพีเอช 7 จะเห็นว่าค่าพีเอชที่เปลี่ยนไปไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด แต่จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่เหมาะสมและเป็นกลไกการคัดแยกขนาดมากกว่าการผลึกกันของประจุ

### ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบผลิตน้ำสะอาดเพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนและเนื้อที่ในการก่อสร้าง
2. สามารถนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้กับน้ำเสียที่เกิดขึ้นในชุมชนได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาเมมเบรนประเภทอื่นๆ ที่ร่วมด้วยเพื่อที่จะได้เปรียบเทียบผลของการทดลองทำให้สามารถนำไปใช้งานได้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
2. ควรศึกษาถึงคุณลักษณะของเมมเบรนที่จะใช้ เพื่อใช้กลไกอธิบายกลไกการอุดตันได้ดีขึ้น เช่น วัสดุที่ใช้ในการผลิต ขนาดรูพรุนของเมมเบรน และชนิดของประจุที่ผิวหน้าเมมเบรน

### เอกสารอ้างอิง

- ชอุพนธ์ เจริญสุข. (2548). ปัจจัยที่มีผลต่อการอุดตันของเมมเบรนแบบนาโนโดยสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ทิพวรรณ นิ่งน้อย. (2541). ปริมาณไตรฮาโลมีเทนในน้ำดื่ม. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 40(4) : 420-430.
- นิโรจน์ ชุตติวิศุทธิ. (2557). การกำจัดสารอินทรีย์ธรรมชาติโดยการใช้การสังเคราะห์แสงร่วมกับระบบบรีเวอโรอลโมซิส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- มันลิน ตันทุลเวศม์. (2538). วิศวกรรมการประปาเล่ม 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัตนา จิระรัตนานนท์. (2543). กระบวนการแยกด้วยเยื่อแผ่นสังเคราะห์. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยเส็ง.
- Cho, J., Amy, G. and Pellegrino, J. (1999). Membrane Filtration of Natural Organic Matter : Initial Comparison of Rejection and Flux Decline Characteristics with Ultrafiltration and Nanofiltration Membrane. **Water Research**. 339(11): 2517-2526.
- Cho, J., Amy, G. and Pellegrino, J. (2000). Membrane Filtration of Natural Organic Matter: Comparison of Flux Decline, NOM Rejection, and Foulants During Filtration with Three UF Membranes. **Desalination**. 127: 283-298.
- Kadir Özdemir. (2014). Characterization of Natural Organic Matter in Conventional Water Treatment Processes and Evaluation of THM Formation with Chlorine. **The Scientific World Journal**. 2014 : 1-7.
- Krasner, S. W., Westrick, J. J. and Wiley, J. (1998). **Applied Regression Analysis : An Introduction to Nonlinear Estimation**. NY USA : John Wiley.
- Mattaraj, S. and Kilduff, J. E. (2003). Effect of Natural Organic Matter Properties on Nanofiltration Fouling. **The Fourth Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering**. Bangkok: Kasetsart University. 1051-1060.
- Tseng, T. and Edwards, M. (1999). Predicting Full-Scale TOC Removal. **Journal AWWA**. 91(4) : 159-170.