บทที่ 1

บทนำและความสำคัญ

1-1 ที่มาและความสำคัญ

การบำบัดและปรับปรุงคุณภาพน้ำ-น้ำเสียด้วยระบบเยื่อกรองชนิดรูพรุนระดับไมโครฟิลเตรชั่นและอัลตราฟิลเตรชั่นซึ่งมักใช้ในขั้นตอนการทำใสเพื่อแยกสารแขวนลอย อนุภาคออกจากน้ำป้อน ได้แก่ น้ำผิวดิน มวลแบคทีเรียในรูปฟล็อคในถังปฏิกรณ์ของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ เนื่องจากระบบเยื่อกรองทั้งสองระดับดังกล่าวมีขีดความสามารถในการกักกันโมเลกุลขนาดใหญ่ คอลลอยด์ และ สารประกอบที่แขวนลอยที่มักพบทั่วไปในน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำทิ้ง ที่มีปริมาณของความเข้มข้นแตกต่างไปขึ้นกับสภาพสิ่งแวดล้อมและเงื่อนไขของการเดินระบบฯ เช่น อัตราการไหล สภาพภูมิอากาศ การปนเปื้อน และภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดฯ **(Laîné et al., 2000; Rautenbach and Voßenkaul, 2001; Defrance and Jaffrin, 1999).**

อย่างไรก็ตาม พบว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัดฯ โดยการกรองด้วยเยื่อกรองยังคงถูกจำกัดจากปรากฏการณ์ฟาวลิ่ง (Membrane fouling) ทำให้เกิดการลดลงของค่าการไหลซึมผ่านเยื่อกรอง (Membrane permeability) อย่างต่อเนื่องส่งผลให้สมรรถนะของระบบไม่ได้ตามที่ต้องการในการผลิตน้ำ หรือ บำบัดน้ำเสีย

ชั้นสะสมของความเข้มเข้นอนุภาค มลสารต่างๆใกล้ผิวเยื่อกรอง การสะสมของอนุภาค สารประกอบต่างๆ เป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดการฟาวลิ่งในภาพรวม เช่น การอุดตันที่รูกรอง หรือ รูกรองถูกบล็อกด้วยอนุภาคหรือสารประกอบที่มีขนาดใกล้เคียงกับรูช่องเปิดของเยื่อกรองมักจะเกิดในบริเวณที่ไม่มีความปั่นป่วนหรือไม่มีการเคลื่อนตัวของของเหลวที่บริเวณผิวเยื่อกรองนั้นๆ ทั้งนี้ยังพบว่า ปัจจัยอื่นๆอาจจะทำให้เกิดฟาวลิ่งได้ เช่น ปฏิกิริยาที่กระทำระหว่างกันของสารประกอบในรูปละลายน้ำ/ไม่ละลายน้ำ กับวัสดุเยื่อกรอง **(Belfort et al., 1994; Ognier et al., 2002; Maartens et al., 1999).**

เพื่อจำกัดการลดลงของค่าการไหลซึมผ่านเยื่อกรอง (Membrane permeability) การเดินระบบกรองภายใต้ค่าฟลักซ์ต่ำกว่าค่าวิกฤต และการใช้เทคนิคทางไฮโดรไดนามิกส์ เช่น การเพิ่มแรงเฉือนผิวเยื่อกรอง หรือ การล้างย้อนภายใต้ความดัน สามารถป้องกันไม่ให้โมเลกุลขนาดใหญ่สะสมตัวบนผิวเยื่อกรอง เงื่อนไขการเดินระบบฯดังกล่าวข้างต้นทำให้สามารถเดินระบบได้ยาวนานโดยไม่ต้องใช้สารเคมีในขั้นตอนล้างทำความสะอาดชุดเยื่อกรอง อย่างไรก็ตามยังพบว่าค่าการไหลซึมผ่านเยื่อกรอง (Membrane permeability) ลดลงบ้างเล็กน้อยในระหว่างการเดินระบบเมื่อเปรียบเทียบกับเยื่อกรองที่สะอาดซึ่งเป็นการเกิดฟาวลิ่งแบบไม่ผันกลับ (Irreversible fouling) ความสำคัญของการระบุชี้การเกิดฟาวลิ่งที่ค่าต่ำกว่าค่า

วิกฤต (subcritical fouling) ได้แก่ ปรากฏการณ์ดูดซับของมลสารที่เยื่อกรอง การอุดตันภายในรูกรอง-โครงข่ายของเยื่อกรอง เพื่อสามารถควบคุมกระบวนการให้เกิดความคุ้มทุนและมีความเหมาะสมของความถี่ในการล้างชุดเยื่อกรองด้วยสารเคมี ดังนั้น โมเลกุลขนาดใหญ่ และ สารประกอบในรูปละลายน้ำเป็นกลุ่มของสารประกอบที่ต้องตระหนักและให้ความสนใจเพื่อทำนายหรือประเมินค่าการไหลซึมผ่านเยื่อกรอง (Membrane permeability) ที่ลดลงเนื่องจากความหลากหลายของชนิดสารประกอบที่เป็นสาเหตุให้เกิดฟาวลิ่งของเยื่อกรองในระหว่างการกรองเมื่อใช้งานในระดับอุตสาหกรรมจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นมากขึ้น **(Ognier et al., 2002; Maartens et al., 1999; Tardieu et al., 1998; Choksuchart et al., 2003; Choksuchart et al., 2004).**

การศึกษาวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษากลุ่มตัวอย่างที่เป็นน้ำเสีย และ น้ำใช้ (ที่เป็นสารละลายอนุภาคเบนโทไนต์ และ ตัวอย่างน้ำผิวดิน จากอ่างเก็บน้ำ ม.สงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่) ที่ค่าความดันคงที่ 2 ค่า คือ 0.5 บาร์ (50,000 Pa) และ 0.2 บาร์ (20,000 Pa) ซึ่งเป็นค่าความดันที่แนะนำสำหรับการเดินระบบเทคโนโลยีเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นและอัลตราฟิลเตรชั่นภายใต้รูปแบบการเดินระบบที่ควบคุมค่าความดันคงที่ ซึ่งควรมีค่าระหว่าง 0.5 -1.0 บาร์ **(Defrance and Jaffrin, 1999; Parameshwaran et al., 2001)** เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดการอัดตัวแน่นของชั้นเค้กที่เกิดขึ้นบนผิวเยื่อกรองและลดการเกิดฟาวลิ่งแบบไม่ผันกลับซึ่งจำเป็นต้องฟื้นสภาพเยื่อกรองด้วยสารเคมี

ดังนั้นการเปรียบเทียบศักยภาพการเกิดฟาวลิ่งจากสารประกอบต่างๆในน้ำเสียและน้ำใช้ ที่เกิดขึ้นในระดับต่างๆ ตามค่าตัวแปรการเดินระบบ คือ ค่าความดัน ขนาดรูช่องเปิดของเยื่อกรองที่ใช้ และ การปรับสภาพน้ำตัวอย่าง (Water conditioning) น้ำใช้ที่มีสารแขวนลอยอนินทรีย์ น้ำใช้ที่ผ่านการปรับสภาพน้ำก่อนกรอง น้ำเสียก่อนบำบัด น้ำตะกอนในถังเติมอากาศ (MLSS) น้ำทิ้งหลังแยกตะกอน (ออกจากถังตกตะกอน) และ น้ำทิ้งบำบัดสุดท้ายก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ) โดยทดสอบความสามารถในการกรองสารแขวนลอยตัวอย่างข้างต้นภายใต้ทฤษฎีการกรองของชั้นเค้ก (Cake filtration theory) เพื่ออธิบาย และบอกถึงผลขององค์ประกอบต่างๆที่หลากหลายในแต่ละตัวอย่างที่ทดสอบต่อค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานจำเพาะและค่าความต้านทานจำเพาะของชั้นเค้กที่เกิดขึ้นขณะกรองภายใต้การกรองแบบปิดตาย

1-2 วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกรองสารแขวนลอยอนินทรีย์ สารแขวนลอยอินทรีย์และสารอินทรีย์ละลายในตัวอย่างน้ำ-น้ำเสียด้วยระบบเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นและอัลตราฟิลเตรชั่นที่สภาวะต่างๆกันของน้ำตัวอย่างเริ่มต้น
- เพื่อศึกษาความสามารถในการกรองผ่านของตัวอย่างน้ำ-น้ำเสียที่มีสมบัติของน้ำป้อนเข้าระบบต่างกันและประเมินสมรรถนะของระบบภายใต้การกรองแบบปิดตายภายใต้สภาวะการเดินระบบขณะกรองที่ค่าความดันคงที่

1-3 ขอบเขตการวิจัย

1. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาทดลองด้วยชุดกรองสเกลระดับห้องปฏิบัติการซึ่งเดินระบบภายใต้ความดันคงที่
2. ใช้ชุดเครื่องมือจาร์-เทสต์ (Jar Test) เพื่อหาปริมาณและชนิดของสารสร้างตะกอนที่เหมาะสม โดยควบคุมค่า pH ของตัวอย่างน้ำให้อยู่ระหว่าง 7$\pm$0.1 (optimum pH for Alum 4-7 and 3.5-6.5/above 8.5 for ferric chloride) ตลอดเวลาระหว่างที่ทดสอบในชุดเครื่องมือจาร์-เทสต์ จนสิ้นสุดการทดลองเพื่อให้เกิดการสร้างและรวมตะกอนที่อยู่ใน Sweep zone เกิดฟล็อค (floc) ขนาดที่ใหญ่พอที่จะตกตะกอนได้ดีสำหรับน้ำผิวดินและสารแขวนลอยอนุภาคเบนโทไนต์
3. การศึกษานี้ใช้เยื่อกรองประเภท Hydrophilic polymer ชนิดแผ่นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 47 มม. มีขนาดรูกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น (0.22 μm) และระดับอัลตราฟิลเตรชั่น (0.05 μm) ที่ขายในท้องตลาด เปรียบเทียบกับเมม เบรนที่ผลิตขึ้นโดยนักวิจัยของสถานวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเมมเบรน คณะวิทยาศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์
4. ทำการทดสอบการกรองที่อุณหภูมิของน้ำตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (ผลการคำนวณค่าฟลักซ์จะคำนวณกลับมาเป็นค่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส)
5. ตัวอย่างน้ำ-น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษามีองค์ประกอบของสารแขวนลอยอนินทรีย์ สารแขวนลอยอินทรีย์ และ สารประกอบต่างๆในรูปละลายน้ำ ได้แก่
    - 5.1 สารแขวนลอยอนุภาคเบนโทไนต์ (Bentonite suspension) เตรียมให้มีค่าความขุ่นระหว่าง 50-100 NTU (ใกล้เคียงกับค่าความขุ่นของน้ำผิวดินในข้อ 5.2 และ เตรียมให้มากกว่าอีก 5 และ 10 เท่า เพื่อเป็นตัวแทนกรณีที่การเดินระบบแบบต่อเนื่องซึ่งจะมีการสะสมของสารแขวนลอยในระบบ), pH ระหว่าง 7.0-8.0
    - 5.2 น้ำผิวดินจากอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (Reservoir surface water from

Prince of Songkla University) ที่มีค่าความขุ่นระหว่าง 20-100 NTU, ค่าสี >100 Pt-Co และ pH 7.0-8.0 (ในฤดูฝน)

5.3 สารแขวนลอยของสารสร้างตะกอนเกลือของเหล็ก ($FeCl_3$) และ สารส้ม ($Al_2(SO_4)_3.14H_2O$) ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับน้ำผิวดินและสารแขวนลอยอนุภาคเบนโทไนต์

5.4 น้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสียแบบสลัดจ์ไวงาน (ปรับตัวอย่างให้มีค่า COD = 300-1000 mg/L, SS ระหว่าง 100-1000 mg/L), สารแขวนลอยสลัดจ์ไวงานจากถังเติมอากาศ (บ่อเติมอากาศ, ที่มีค่า SS = 1,000-3,000 mg/L) และน้ำใสที่แยกสลัดจ์ออกด้วยวิธีการปั่นแยก

5.5 น้ำทิ้งจากถังตกตะกอนที่2 (บ่อตกตะกอนที่ 2, COD= 50-200 mg/L, SS ระหว่าง 50-200 mg/L) และ น้ำทิ้งหลังบำบัดจากถังปรับสภาพ (บ่อปรับสภาพ) ก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (COD = 5-100 mg/L, SS ระหว่าง 30-100 mg/L)

6. ค่าตัวแปรคุณภาพน้ำพร้อมวิธีการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3-2 และ ค่าตัวแปรคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นและอัลตราฟิลเตรชั่น แสดงดังตารางที่ 3-3

1-4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นและอัลตราฟิลเตรชั่นที่มีรูปแบบการกรองแบบปิดตาย และ สามารถเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมกับงานปรับปรุงคุณภาพน้ำ-น้ำเสีย
- ได้ทราบถึงความสามารถในการกรองของตัวอย่างน้ำ-น้ำเสียจากค่าความต้านทานจำเพาะชลศาสตร์ของชั้นเค้ก (Specific hydraulic resistance of cake formation) ซึ่งถูกคำนวณและรายงานในรูปของค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานชลศาสตร์ที่เป็นส่วนกลับของค่า Permeability ของเยื่อกรองกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีสารแขวนลอยสูง หรือ กรณีน้ำที่มีสารแขวนลอยต่ำซึ่งค่าดังกล่าวเกิดขึ้นจากชั้นเค้กและปรากฏการณ์ดูดซับ-อุดตันภายในรูกรองของสารประกอบที่มีขนาดเล็กกว่าหรือใกล้เคียงกับรูกรอง เพื่อนำมาใช้เป็นค่าอ้างอิงสำหรับกรณีการใช้งานในระดับสเกลอุตสาหกรรมเพื่อทำนายความสามารถในการกรองของระบบเยื่อกรอง
- ได้ค่าความดันที่เหมาะสมของการเดินระบบเยื่อกรองที่มีต่อประสิทธิภาพและสมรรถนะการกรองในช่วงเวลาเดินระบบ

- ได้ทราบคุณภาพของเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นและอัลตราฟิลเตรชั่นที่สังเคราะห์โดยนักวิจัยของสถานวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเมมเบรน คณะวิทยาศาสตร์ ม. สงขลานครินทร์สำหรับประยุกต์ใช้ในงานปรับปรุงคุณภาพน้ำ-น้ำเสียเปรียบเทียบกับเยื่อกรองที่ขายในท้องตลาด
- ได้องค์ความรู้เพื่อจัดอบรม หรือ ถ่ายทอด ไปยังชุมชนที่ต้องการใช้ประโยชน์