บทที่ 4

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

4.1 บทสรุป

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์คาร์บอนและสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ (ซูริมิ) และศึกษาสมรรถนะของระบบบำบัดแบบจำลองถังแอน็อกซิกร่วมกับถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนแบบเมมเบรนจมตัวระดับห้องปฏิบัติการที่เดินระบบกรองแบบต่อเนื่อง โดยศึกษาผลของสัดส่วนการหมุนเวียนน้ำสลัดจ์จากถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนเข้าสู่ถังแอน็อกซิกที่สัดส่วนการหมุนเวียนน้ำสลัดจ์ 1/8 1/2 1 และ 3 เท่าของอัตราการไหลน้ำเสียเข้าระบบ ฯ พร้อมทั้งเสนอแนวทางการนำเพอมิเอทมาหมุนเวียนใช้ใหม่ภายในโรงงาน ผลการทดลองสรุปได้ ดังนี้

1) ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนในรูปซีโอดี พบว่าโดยภาพรวมของระบบ ฯ สามารถกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนได้สูง คือ กำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนในรูปซีโอดีทั้งหมด และซีโอดีละลายน้ำได้เฉลี่ยร้อยละ 95±3 และ 93±2 ตามลำดับ ซึ่งน้ำเพอมิเอทมีความเข้มข้นของค่าซีโอดีทั้งหมด และซีโอดีละลายน้ำคงเหลือเพียงเฉลี่ย 23±4 และ 17±1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และความขุ่นเฉลี่ยต่ำกว่า 2 เอ็นทียู โดยแต่ละสัดส่วนการหมุนเวียนน้ำสลัดจ์ที่ 1/8 1/2 1 และ 3 เท่าของอัตราการไหลน้ำเสียเข้าระบบ ฯ สามารถกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนในรูปซีโอดีทั้งหมดได้เฉลี่ยร้อยละ 97±1 98±1 90±1 และ 93±1 ตามลำดับ

2) จากผลศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนที่สัดส่วนหมุนเวียนน้ำสลัดจ์จากถังแอน็อกซิกเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนในภาพรวม พบว่าเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน และปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันเฉลี่ยร้อยละ 89±8 และ 87±16 ตามลำดับ โดยเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่นระหว่างร้อยละ 61 – 100 และเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นระหว่างร้อยละ 77 – 97 ซึ่งเป็นค่าประสิทธิภาพการกำจัดที่สูง ทำให้น้ำเพอมิเอทมีปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น แอมโมเนีย และไนเทรต คงเหลือเฉลี่ยต่ำเท่ากับ 1.21±0.97 1.14±1.00 และ 29.92±8.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

3) ผลการวิเคราะห์สัดส่วนการหมุนเวียนน้ำสลัดจ์ต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนในรูปซีโอดี และสารประกอบไนโตรเจน สรุปได้ว่า สัดส่วนที่เหมาะสมของการหมุนเวียนน้ำสลัดจ์ต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ฯ นี้ คือ ค่าสัดส่วนการหมุนเวียนน้ำสลัดจ์จากถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนเข้าสู่ถังแอน็อกซิกที่ 1/2 เท่าของอัตราการไหลน้ำเสียเข้า

ระบบ ฯ เนื่องจากมีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนในรูปซีโอดีทั้งหมดสูงที่สุด คือ ร้อยละ 98±1 และ สามารถเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันได้ร้อยละ 100±0 และเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันร้อยละ 97±6 ทำให้เกิดการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน และสารประกอบไนโตรเจนได้ดีพร้อม ๆ กัน ทั้งนี้ที่ค่าสัดส่วนการหมุนเวียนน้ำสลัดจ์ที่ 1 และ 3 เท่าของอัตราการไหลน้ำเสียเข้าระบบ ฯ ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่นลดลง เนื่องจากมีผลให้ค่าออกซิเจนละลายมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตรในถังแอน็อกซิก

4) ผลการบ่งชี้สมรรถนะของระบบ ฯ จากอัตราเร็วการเกิดฟาวลิ่ง (dTMP/dt) และค่าความต้านทานเชิงชลศาสตร์ของเมมเบรน ขณะน้ำสลัดจ์กรองผ่านเมมเบรนต่อเนื่องที่ค่าฟลักซ์คงที่ 10 ลิตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร พบว่า อัตราเร็วการเกิดฟาวลิ่งอยู่ในระดับที่ต่ำมาก (ใกล้เคียงกับ 0 มิลลิบาร์ต่อวัน) โดยค่าความดันส่งผ่านเมมเบรน (Transmembrane Pressur ; TMP) ที่บันทึกได้มีค่าอยู่ในช่วง 5 – 10 มิลลิบาร์ จึงสรุปได้ว่ายังไม่พบการเกิดปัญหาฟาวลิ่งอย่างรุนแรงและรวดเร็วจากการสะสมของมวลสลัดจ์ที่ผิวหน้าเมมเบรน ส่วนค่าความต้านทานเชิงชลศาสตร์รวมของการไหลผ่านเมมเบรน (R_t) เท่ากับ 3.20 x 10^{14} ต่อเมตร แบ่งออกเป็น ค่าความต้านทานเชิงชลศาสตร์ของเมมเบรนสะอาด (R_m) เท่ากับ 7.75 x 10^{13} ต่อเมตร ค่าความต้านทานเชิงชลศาสตร์ของเมมเบรนเนื่องจากการเกิดฟาวลิ่งแบบผันกลับได้ (R_r) เท่ากับ 0 ต่อเมตร และค่าความต้านทานเชิงชลศาสตร์ของเมมเบรนเนื่องจากการเกิดฟาวลิ่งแบบผันกลับไม่ได้ (R_{irre}) เท่ากับ 2.46 x 10^{14} ต่อเมตร นั่นคือเมื่อทำความสะอาดเมมเบรนสามารถฟื้นสภาพเมมเบรนให้มีคุณลักษณะใกล้เคียงเมมเบรนสะอาดก่อนใช้งานได้ร้อยละ 84

5) จากการเดินระบบ ฯ ที่ความเข้มข้นมวลสลัดจ์เริ่มต้นประมาณ 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตรในทั้ง 2 ถังปฏิกรณ์ และระหว่างการเดินระบบ ฯ ไม่มีการถ่ายทิ้งของมวลสลัดจ์ออกจากระบบ ฯ พบว่า ความเข้มข้นมวลสลัดจ์ (MLSS) มีค่าคงที่ในถังแอน็อกซิก และถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรน โดยค่าอัตราส่วนความเข้มข้นมวลสลัดจ์ระเหยได้ต่อมวลสลัดจ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.8±0.03 ทั้ง 2 ถังปฏิกรณ์ นั่นคือมีสลัดจ์ส่วนเกินต่ำ และไม่มีหรืออาจมีการสะสมตัวของสารอนินทรีย์ในมวลสลัดจ์ หรือในระบบในระดับที่ต่ำมาก

(6) ผลการศึกษากลุ่มจุลชีพของมวลสลัดจ์แขวนลอยในถังแอน็อกซิกและถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรน พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนการหมุนเวียนน้ำสลัดจ์จากถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนเข้าสู่ถังแอน็อกซิก ปริมาณโปรโตซัวชนิดต่าง ๆ ถูกพบเพิ่มขึ้น ขณะที่การพบแบคทีเรียเส้นใยมีจำนวนน้อยและไม่เปลี่ยนแปลง

7) คุณภาพน้ำเพอมิเอทที่ผ่านการบำบัดจากระบบถังแอน็อกซิกร่วมกับถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม และมีค่าไนเทรต

เฉลี่ย 29.92±8.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มที่กำหนดไว้ในขององค์การอนามัยโลก (WHO 1984) การประปานครหลวง กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2524) กระทรวงอุตสาหกรรม (2521) และสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (2521) ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 45 มิลลิกรัมไนเทรตไนโตรเจนต่อลิตร เพื่อป้องกันการเกิดโรคตัวเขียว หรือ blue baby นอกจากนั้นคุณภาพน้ำยังผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการหมุนเวียนใช้ใหม่ขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (ยูเอส อีพีเอ) โดยคุณภาพน้ำทิ้งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในทุกเกณฑ์ทุกระดับคุณภาพน้ำที่แบ่งแยกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับเอ บี ซีและ ดี ดังนั้นน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วนี้จึงสามารถนำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ได้ ทั้งทางการเกษตร เช่น การใช้เพาะปลูกพืชมีหัวใต้ดิน ใช้เพื่อการอุปโภคในครัวเรือน เช่นนำมาใช้รดสนามหญ้า ผักผลไม้และเป็นน้ำดับเพลิง และการนำกลับมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น การล้างพื้นและการรดน้ำต้นไม้ เป็นต้น

4.2 ข้อเสนอแนะ

1) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบถังแอน็อกซิกร่วมกับถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนแบบเมมเบรนจมตัวระดับห้องปฏิบัติการ ให้ประสิทธิภาพสูงทั้งการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน และสารประกอบไนโตรเจน ดังนั้นเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์จริงต่อไปในอนาคต จึงควรพัฒนาการทดลองเป็นแบบระบบบำบัด ฯ ในระดับโรงงานนำร่อง (Pilot plant) เพื่อการบำบัดน้ำเสียรวมของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ (ซูริมิ) และโรงงานอาหารทะเลประเภทอื่น ๆ ที่มีลักษณะน้ำเสียใกล้เคียงกัน โดยนำผลของสภาวะการเดินระบบฯ ที่เหมาะสมของการศึกษานี้ไปใช้เพื่อกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน และสารประกอบไนโตรเจน

2) จากแนวทางการนำน้ำเพอมิเอทที่มีคุณภาพดี ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำหลายประเภทที่สามารถนำมาหมุนเวียนใช้ใหม่ภายในโรงงานได้ จึงควรทำการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดย เปรียบเทียบการประเมินมูลค่าต้นทุนจากการจัดการระบบบำบัด ฯ แบบระบบเอเอสที่นิยมใช้กันทั่วไปในโรงงานประเภทนี้รวมกับต้นทุนการซื้อ/ผลิตน้ำใช้ เปรียบเทียบกับมูลค่าต้นทุนการจัดการระบบถังแอน็อกซิกร่วมกับถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนแบบเมมเบรนจมตัว เพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้ถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนเป็นทางเลือกในอนาคต

3) การวิจัยในครั้งนี้เดินระบบกรองน้ำสลัดจ์ผ่านเมมเบรนแบบต่อเนื่องที่ค่าฟลักซ์คงที่ที่ต่ำกว่าค่าฟลักซ์วิกฤติร้อยละ 75 ซึ่งจากผลศึกษาหาค่าอัตราเร็วการเกิดฟาวลิ่ง และค่าความต้านทานเชิงชลศาสตร์ของเมมเบรน พบว่าค่าฟลักซ์ที่ใช้เดินระบบ ฯ ไม่มีผลเชิงลบต่อสมรรถนะการกรองของเมมเบรน คือ ไม่เกิดฟาวลิ่งแบบฉับพลันหรือรวดเร็วบนผิวหน้าเมมเบรน ทั้งนี้มีบาง

รายงานวิจัยพบว่า การเดินระบบกรองด้วยค่าฟลักซ์ต่ำกว่าค่าฟลักซ์วิกฤตินั้นจะเกิดฟาวลิ่งแบบปิดทับหรือสะสมภายในรูเปิดของเมมเบรน ส่งผลให้เกิดฟาวลิ่งแบบฟื้นคืนสภาพไม่ได้ และค่าฟลักซ์วิกฤติเริ่มต้นลดลง ดังนั้นอาจทำการเดินระบบกรองน้ำสลัดจ์ผ่านเมมเบรน และตรวจสอบค่าฟลักซ์วิกฤติที่ระยะเวลาต่าง ๆ เพื่อการเดินระบบกรองผ่านเมมเบรนด้วยค่าฟลักซ์วิกฤติที่แท้จริงต่อไป นอกจากนั้นสำหรับกรณีเพื่อรองรับค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในปริมาณที่สูงกว่าปกติ อาจทำการเดินระบบกรองน้ำสลัดจ์ผ่านเมมเบรนแบบต่อเนื่องที่ค่าฟลักซ์อื่น ๆ เช่น ค่าฟลักซ์ที่ต่ำกว่าค่าฟลักซ์วิกฤติ หรือค่าฟลักซ์ที่สูงกว่าค่าฟลักซ์วิกฤติในบางช่วงเวลา