บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความสามารถของระบบเอเอ็มบีอาร์ ในการกำจัดมลพิษอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลโดยผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สรุปผลการศึกษา

1.1 ขั้นตอนเตรียมการทดลอง

1.1.1 การเตรียมระบบเอเอ็มบีอาร์

การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดมลพิษต่อสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โรงงานผลิตเอทานอลที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบของระบบเอเอ็มบีอาร์ ได้มีการตรวจ ทดสอบเดินระบบก่อนการทดลองจริง เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วซึม

1.1.2 การเตรียมเม็ดตะกอนจุลินทรีย์

เม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง เป็นเม็ดตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอเอสบี ของบริษัทเสริมสุข จำกัด (มหาชน) จังหวัดปทุมธานี มีความเข้มข้น MLVSS เท่ากับ 57,200 มิลลิกรัม/ลิตร ก่อนที่จะเริ่มการทดลองต้องเตรียมเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ให้มีความพร้อมในการบำบัดและคุ้นเคยกับน้ำเสีย โดยกำหนดให้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์มีค่า MLVSS เท่ากับ 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร ลงในถังปฏิกิริยา พร้อมทั้งเติมสารอาหารเสริมสูตร Vanderbilt Media Solution ให้ได้ปริมาตร 22.5 ลิตร

1.1.3 การเตรียมน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบ

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง เป็นน้ำเสียจาก โรงงานไทยแอลกอฮอล์ จำกัด (มหาชน) เป็นน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของตะกอนของแข็งปนเปื้อนสูง และมี ค่าพีเอช ต่ำประมาณ 4 ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสม และอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ได้ จึงมีการปรับค่าพีเอช ของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต เพื่อให้น้ำเสียมีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 6.8-7.2 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ชนิดสร้างกรด และจุลินทรีย์สร้างมีเทน

1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1.2.1 ผลการศึกษา

จากการศึกษาประสิทธิภาพของระบบเอเอ็มบีอาร์ ที่ HRT 144 ชั่วโมง ในการกำจัดมลพิษอินทรีย์ในรูปของ TCOD, SCOD, BOD, SS และ VSS ตลอดการดำเนินระบบ พบว่า มีประสิทธิภาพในการกำจัด TCOD, SCOD เฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 80 ที่ OLR 0.83 เมื่อเพิ่มค่าOLR ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัด TCOD เฉลี่ยลดลงเหลือร้อยละ 57.33, 55.84, 56.11 และ 55.43 ที่ OLR 1.67, 2.50, 3.75 และ 5.83 gTCOD/L-day ตามลำดับ และประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีสูงสุดที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.83, 1.67, 2.50, 3.75 และ 5.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน เท่ากับ 92.48, 92.21, 88.44, 84.39 และ 85.77% ตามลำดับ

จากการศึกษาสภาวะในการดำเนินระบบ เอเอ็มบีอาร์ พบว่า อุณหภูมิของระบบตลอดการบำบัดน้ำเสียที่มีการเจือจางจะอยู่ในช่วง 25.0-37.0°C และอุณหภูมิโดยเฉลี่ยตลอดการดำเนินระบบเท่ากับ 31.19°C เป็นช่วงการทำงานของ Mesophilic Range ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ชนิดสร้างกรดและจุลินทรีย์สร้างมีเทน ที่น้ำเสียเข้าสู่ระบบมีค่าพีเอช 6.5-7.2 ในขณะที่น้ำที่ออกจากระบบมีค่าพีเอช สูงกว่าคือมีค่าเท่ากับ 7.5-8.6 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VFAs ในน้ำเสียที่ออกจากระบบจะมีค่าต่ำกว่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VFAs ในน้ำเสียเข้าสู่ระบบ และปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ ALK ในน้ำเสียที่ออกจากระบบจะมีค่าสูงกว่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ ALK ในน้ำเสียเข้าสู่ระบบ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง pH, VFAs และ ALK พบว่า ค่า VFAs/ALK ในน้ำที่ออกจากระบบมีค่าน้อยกว่า 0.47 แสดงว่าระบบมีกำลังในการสะเทินกรดสูง ถึงแม้ในน้ำเข้าสู่ระบบมีค่าการสะเทินกรดต่ำมากอย่างชัดเจน แต่เมื่อพิจารณาค่าพีเอช พบว่า ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบ มีค่าต่างกันไม่มากนัก และยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการทำงานของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์

1.2.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์

การศึกษาลักษณะทางกายภาพจากภาพถ่ายเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ด้วยเครื่อง SEM พบว่าก่อนการทดลองผิวของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์มีลักษณะค่อนข้างเรียบเป็นปุยเล็กน้อย เมื่อหลังการทดลองผิวมีลักษณะค่อนข้างเรียบสีเข้มขึ้นขนาดเล็กลงมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นเส้นใย มีจำนวนลดลงแต่จุลินทรีย์ที่มีลักษณะแบบท่อนมีจำนวนมากขึ้น สังเกตุได้จากภาพถ่ายส่วนขอบด้านนอกของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ก่อนการทดลองมีจุลินทรีย์ชนิดท่อนสั้นและท่อนยาวจับกันเป็นกลุ่มปะปนกันและมีเศษเซลล์กระจายอยู่ทั่วไป แต่หลังการทดลองมีจุลินทรีย์ชนิดท่อนยาวเท่านั้นลักษณะคล้ายกับที่พบในผิวด้านนอกแต่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

และจุลินทรีย์ในแกนกลางของตะกอนจุลินทรีย์หลังการทดลองมีความพรุนมากกว่าจุลินทรีย์ก่อนการทดลอง คาดว่าเป็นผลเนื่องจากจุลินทรีย์ในแกนกลางเป็นจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทนเป็นหลัก

บริเวณผิวของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ พบจุลินทรีย์กลุ่มที่มีรูปร่างทรงกลมซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นจุลินทรีย์ที่มีชื่อว่า *Methanosacina* แสดงให้เห็นว่าเป็นกลุ่มที่มีความต้องการสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงจึงพบได้จำนวนมากบริเวณผิวของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสน้ำเสียที่มีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง และพบกลุ่มที่มีรูปร่างลักษณะเป็นท่อนยาวที่คาดว่าน่าจะเป็นจุลินทรีย์ที่มีชื่อเรียกว่า *Methanotrix* ในบริเวณขอบด้านนอกของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ชนิดนี้เจริญได้ดีในน้ำเสียที่มีสภาพสารอาหารต่ำ

1.2.3 ปริมาณก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย

ผลการศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทน เมื่อระบบบำบัดเข้าสู่สภาวะคงที่ พบว่าที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 144 ชั่วโมง ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.83, 1.67, 2.50, 3.75 และ 5.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน โดยมีปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยเกิดขึ้นตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 8.63-35.65 ลิตร-วัน และมีปริมาณก๊าซมีเทนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.92-24.45 ลิตร-วัน และการผลิตก๊าซชีวภาพก็จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ และปริมาตรของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละความเข้มข้นจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.5 ลิตรต่อกรัมของซีโอดีที่ถูกกำจัดต่อวัน และตลอดการทดลองมีก๊าซมีเทนในระบบบำบัดเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.361 ลิตรต่อกรัมของซีโอดีที่ถูกกำจัดต่อวัน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าที่ R.E. Speece กล่าวเอาไว้ว่าในระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ 1 กรัมซีโอดีจะถูกนำไปสร้างมีเทนได้เท่ากับ 0.395 ลิตร

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 จากการทดลอง ค่า SS และ VSS ในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดมีค่าสูงกว่าในน้ำเสียที่นำเข้าระบบบำบัดเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากระบบเอเอ็มบีอาร์เป็นระบบที่ดำเนินระบบโดยมีการกวนและนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบแบบต่อเนื่อง และการใช้เครื่องกวนพร้อมกับการสูบน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์เกิดการหลุดและลอยขึ้นไปติดขอบบนของแผ่นกั้นแล้วไหลล้นออกนอกระบบได้ ผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรจะมีการเว้นช่วงการกวนและการสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบ โดยกำหนดเวลาในการกวนสลับกับการสูบน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดคนละช่วงเวลาเพื่อให้จุลินทรีย์เกิดการตกตะกอน

2.2 ระบบเอเอ็มบีอาร์ ไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เนื่องจากการกำจัด TKN ต้องมีออกซิเจนอิสระในระบบมารับอิเลคตรอน เพื่อให้ไนโตรเจนถูกกำจัดออกจากระบบในรูปของก๊าซ

ไนโตรเจน แต่ในระบบเอเอ็มบีอาร์ เป็นระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จึงไม่สามารถกำจัดไนโตรเจนได้ด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ซึ่งเป็นกระบวนการออกซิไดซ์แอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์ และไนเตรท โดยอาศัยการทำหน้าที่ของแบคทีเรีย 2 ขั้นตอนย่อย ขั้นตอนย่อยแรกคือ ไนไตรเตชัน (Nitritation) โดยแบคทีเรียกลุ่ม Ammonium Oxidizing Bacteria (AOB) มีหน้าที่ออกซิไดซ์แอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์ ส่วนขั้นตอนย่อยที่สองคือ ไนเตรเตชัน (Nitratation) โดยแบคทีเรียกลุ่ม Nitrite Oxidizing Bacteria (NOB) ทำหน้าที่ออกซิไดซ์ไนไตรท์เป็นไนเตรท ในขณะที่แบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มออกซิไดซ์แอมโมเนียเป็นไนไตรท์ (NO_2) และไนเตรท (NO_3) ระบบบำบัดจะอยู่ในสภาวะแอโรบิค (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2545) ซึ่งก่อผลเสียต่อจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างก๊าซมีเทน แต่ในบางกระบวนการ เช่น กระบวนการ Anamox ที่มีการเติมไนไตรท์ลงไปในระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน เพื่อใช้เป็นตัวรับอิเลคตรอนแทนออกซิเจนได้ ผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรจะมีการศึกษาการดำเนินระบบเอเอ็มบีอาร์ร่วมกับกระบวนการ Anamox