บทที่ 4

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการหมักกรดมะนาวในการทดลองนี้ได้ใช้ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบบยูเอเอสบี โดยน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการหมักกรดมะนาวจากโครงการวิจัยเกี่ยวกับการหมักกรดมะนาว ของสถาบันเทคโนโลยีทางชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งน้ำเสียนี้จะมีค่าซีโอดีสูงมาก คืออยู่ในช่วง 35,000 - 80,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 4.5 - 5.2 มีกรดไขมันระเหยในปริมาณสูงคือ 3,000 - 8,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสภาพความเป็นด่างอยู่ในช่วง 700 - 1,400 มิลลิกรัม/ลิตร มีน้ำตาลกลูโคสประมาณ 0 - 20 กรัม/ลิตร ไม่มีสารประกอบไนโตรเจนและมีแคลเซียมในปริมาณสูงคือ 2,800 - 3,200 มิลลิกรัม/ลิตร

ในช่วงแรกของการทดลองจะใช้ระบบบำบัดยูเอเอสบีชนิดสองขั้นตอนที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.53 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน พบว่าในถังหมักกรดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์ 75 % และในถังหมักมีเทนมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์ 88 % และประสิทธิภาพรวมในการลดปริมาณสารอินทรีย์ของระบบประมาณ 97 % ระบบหมักมีเสถียรภาพสูง ซึ่งสภาพการทำงานภายในถังหมักกรดคล้ายในถังหมักมีเทน คือ มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์สูง ค่าความเป็นกรด-ด่างในระบบเป็นกลาง และมีปริมาณกรดไขมันระเหยที่ออกมาจากระบบต่ำ ประกอบกับน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณกรดไขมันระเหยสูงและมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสต่ำ จึงไม่จำเป็นต้องทำให้เกิดปฏิกิริยาการสร้างกรดอินทรีย์ในถังหมักกรดก่อน ดังนั้นจึงทำการทดลองต่อไปโดยใช้ระบบบำบัดยูเอเอสบีแบบขั้นตอนเดียวเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ การวิเคราะห์ ติดตามและควบคุมดูแลระบบ

การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบยูเอเอสบีแบบขั้นตอนเดียวจะทำการทดลองในช่วงอัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.62 - 21.27 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน โดยในช่วงแรกจะใช้น้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์และอัตราการไหลของน้ำเสียต่ำ ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียในระบบสูง เพื่อให้เชื้อแบคทีเรียในถังหมักคุ้นเคยกับน้ำเสียและภาวะในการทดลองก่อน หลังจากนั้นจึงเพิ่มอัตราการป้อนสารอินทรีย์ให้สูงขึ้นโดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียและอัตราการไหลของน้ำเสีย พบว่าเสถียรภาพและประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์

และประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพดีมากกล่าวคือ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่ออกจากระบบจะสูงกว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบที่ทุกอัตราการป้อนสารอินทรีย์ และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่ออกจากระบบมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนสารอินทรีย์ให้สูงขึ้นเนื่องจากมีกรดไขมันระเหยสะสมอยู่ในระบบมากขึ้น ระบบมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดกรดไขมันระเหยคือประมาณ 97 - 98 % ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปในสภาพปกติปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำเสียที่ออกจากระบบจะต่ำกว่าปริมาณกรดไขมันระเหยที่ป้อนเข้าสู่ระบบมาก ค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบไม่แตกต่างกันมากนักและมีค่าไม่สูงมาก แต่ก็สามารถรักษาระดับค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบให้มีค่าเป็นกลางไว้ได้ และสังเกตพบตะกอนแบคทีเรียลักษณะเม็ดที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 6.61 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 - 3.0 มิลลิเมตร ซึ่งส่วนใหญ่จะมีสีดำ แต่ก็มีตะกอนแบคทีเรียลักษณะเม็ดสีเทาและสีขาวบ้างเล็กน้อย ถึงแม้ว่าน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบจะมีค่าซีโอดีสูงแต่ระบบก็สามารถที่จะกำจัดได้โดยมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์ประมาณ 90 % ขึ้นไป และระบบมีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสูง โดยพบว่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจะสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนสารอินทรีย์ สัดส่วนของมีเทนในก๊าซชีวภาพประมาณ 67-68 % และสัดส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพประมาณ 20-22 %

ช่วงอัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการทำงานของระบบบำบัดนี้อยู่ในช่วง 1.99 - 17.06 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน ภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการหมักกรดมะนาวในการทดลองนี้คือ ที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 12.55 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน ซึ่งมีอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบ 2.88 ลิตร/วัน ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียในระบบ 4.97 ลิตร/วัน อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ 87,078 มิลลิลิตร/วัน ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์ 96.72 % ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.4876 ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัมซีโอดีที่ป้อนเข้าสู่ระบบ หรือ 0.5075 ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด หรือ 6.0898 ลูกบาศก์เมตร/ลูกบาศก์เมตรของถังหมัก-วัน และมีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.3308 ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัมซีโอดีที่ป้อนเข้าสู่ระบบ หรือ 0.3443 ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด หรือ 4.1320 ลูกบาศก์เมตร/ลูกบาศก์เมตรของถังหมัก-วัน โดยมีสัดส่วนของมีเทนในก๊าซชีวภาพเท่ากับ 67.84 % และมีสัดส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพเท่ากับ 22.28 % อัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่สูงสุดสำหรับระบบนี้คือ 21.27 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน ซึ่งในช่วงนี้ระบบเข้าสู่ภาวะเสียสมดุล คือ มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์และ

การผลิตก๊าซชีวภาพต่ำลง เสถียรภาพของระบบต่ำ มีปริมาณกรดไขมันระเหยสะสมอยู่ในระบบสูง ค่าความกรด-ด่างลดลงอย่างมาก สัดส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพเพิ่มสูงขึ้น

ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดยูเอเอสบีชนิดขั้นตอนเดียวที่ทำการทดลองนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการคือ ปริมาณตะกอนแบคทีเรียในถังหมัก และปริมาณกรดไขมันระเหยที่สะสมอยู่ในระบบ ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของแบคทีเรียในระบบเป็นสำคัญ ส่วนปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ อัตราการไหลของน้ำเสีย และระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียในระบบเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญรองลงมา ดังนั้นเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์และประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพสูง จึงควรมีการควบคุมภาวะต่าง ๆ ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของระบบอยู่เสมอ โดยดูจากค่าดรรชนีต่าง ๆ ที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพของระบบ

โดยสรุปแล้วการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบบยูเอเอสบีชนิดขั้นตอนเดียวนี้มีความเหมาะสมอย่างมากในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการหมักกรดมะนาวนี้ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์สูง คืออยู่ในช่วง 91 - 97 % สามารถลดปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำเสียลงได้อย่างมากเช่นกันคือประมาณ 97 - 98 % น้ำเสียที่บำบัดแล้วมีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสูง สัดส่วนของมีเทนในก๊าซชีวภาพประมาณ 67 % ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนสูง รวมทั้งสามารถทำให้เกิดตะกอนแบคทีเรียลักษณะเม็ดซึ่งมีขนาดประมาณ 1.0 - 4.0 มิลลิเมตร ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้มีประโยชน์อย่างมากในการทำการทดลองในระดับขยายส่วนต่อไป

<u>อุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินการทดลอง</u>

1. น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้มีองค์ประกอบและลักษณะจำเพาะต่าง ๆ ไม่คงที่ เนื่องจากความแตกต่างกันของภาวะต่าง ๆ ที่ใช้ในการหมัก
2. น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้ถ้าเก็บไว้นาน ๆ จะมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งจะทำให้องค์ประกอบและลักษณะจำเพาะต่าง ๆ ของน้ำเสียเปลี่ยนแปลงไป
3. เกิดตะกอนของสารประกอบแคลเซียมซึ่งจะไปสะสมอยู่ทางด้านล่างของถังหมักในชั้น sludge bed และส่วนใหญ่จะติดอยู่ตามผนังของถังหมักและกรวยแยกตะกอน เนื่องจากน้ำเสียมีแคลเซียมในปริมาณสูง ซึ่งจะมีผลทำให้ปริมาตรการใช้งานของถังหมักลดลง และอาจมีผลทำให้เกิดปัญหาการอุดตันของท่อต่างๆ ตามมาในภายหลัง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการบำบัดในเบื้องต้นเพื่อกำจัดสารประกอบแคลเซียมออกไปให้ได้มากที่สุด ซึ่งอาจจะใช้วิธีการบำบัดทางเคมีหรือทางฟิสิกส์ก็ได้
2. เติมบัฟเฟอร์ เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนตลงไปในน้ำเสีย หรืออาจจะใช้วิธีการรีไซเคิลน้ำเสียที่บำบัดแล้วกลับมาในระบบ เพื่อเป็นการเพิ่มค่าสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียให้สูงขึ้น
3. ศึกษาถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบนี้โดยทำการบำบัดที่อุณหภูมิสูง หรือทำการบำบัดโดยใช้ถังหมักหลายถังต่ออนุกรมกัน
4. ทำการศึกษาระบบบำบัดในระดับขยายส่วนต่อไป