บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองในการบำบัดน้ำเสียชีวภาพด้วยเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด โดยการศึกษาทางด้านชนิดตัวกลางที่มีความเหมาะสมและอัตราการไหลของน้ำเสีย สรุปได้ดังนี้

1. ในการทดลองนี้ระบบบำบัดเป็นแบบ ภาวะคงตัวเทียม (pseudo steady–state) อัตราการไหลของน้ำเสียกำหนดให้คงที่ได้ แต่ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะมีค่าไม่คงที่ ส่วนภายในเครื่องปฏิกรณ์ ปริมาณสารอินทรีย์จะเป็นตัวกำหนดปฏิกิริยา มีการเติมอากาศให้มากเกินพอ

2. ความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดซ์เบดสามเฟส โดยขนาดตัวกลาง ที่เป็นอิฐ และอิฐผสม เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.42 มิลลิเมตรทั้งสองตัวกลางที่ใช้ ความสูงของเบดขณะที่เบดนิ่ง 40 เซนติเมตร สำหรับตัวกลางที่เป็นอิฐผสม และ 38 เซนติเมตรสำหรับตัวกลางที่เป็น อิฐ ใช้สมการของ Koide et at (1984) $\frac{Umf}{w_t} = 2.46\varepsilon_s^{0.72}\left(\frac{w_t\mu}{\sigma}\right)^{-1.18} Mo^{0.30}$ หาความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดซ์เบดของตัวกลางที่เป็น อิฐ และ อิฐผสม มีค่า 2.44 และ 2.37 เมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ ส่วนการทดลองจากการวัดความดันตกได้ความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดซ์เบด 2.91 และ 2.8 เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ความเร็วน้ำไหลเริ่มทำการทดลองที่ 4.06 เมตรต่อชั่วโมงทั้งสองตัวกลาง การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบนี้จึงเกิดฟลูอิไดซ์เบดภายในเครื่อง

3. อัตราการไหลของอากาศ มีการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมโดยคำนวณจากค่าบีโอดี และอัตราการไหลของน้ำเสียน้ำเสียก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด นำมาสร้างเป็นสมการได้เป็น $Y = 2243.2 X - 90.27$ ที่ค่า $R^2 = 0.99$ โดยที่ค่า Y คือ อัตราการไหลของอากาศ และค่า X คือ อัตราการไหลของน้ำเสีย

4. ปริมาณธาตุอาหารเสริมสำหรับจุลินทรีย์ สุเมธ (2535) ค่าที่เหมาะสมมีอัตราส่วน BOD : N :P เท่ากับ 100 : 5 : 1ในการทดลองนี้ค่าอัตราส่วนโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 100 : 6.12 : 4.45 จึงไม่จำเป็นต้องเติมธาตุอาหารเสริมลงในระบบบำบัดน้ำเสีย

5. ออกซิเจนละลายน้ำ น้ำเสียก่อนเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร Nguyen, T.Q.(1986) ในระบบบำบัดน้ำเสียฟลูอิไดซ์เบดควรมีค่าออกซิเจนละลายน้ำ 1 – 5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียด้านล่างของเครื่องปฏิกรณ์มีค่าเฉลี่ย 7.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำเสียด้านบนของเครื่องปฏิกรณ์มีค่าเฉลี่ย 1.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนดจึงไม่มีผลต่อจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์

6. ระยะเวลาการเริ่มเดินเครื่องครั้งแรกใช้เวลาประมาณ 30 วัน Forster, C. F. (1981) ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ เริ่มทำการบำบัดน้ำเสียได้ Traverso, P.G. and Gecchi, F. (1989) ได้กล่าวว่าในระยะเวลา 3-4 สัปดาห์ระบบจะเข้าสู่ภาวะคงตัว (Steady state)

7. ปริมาณจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด มีค่าอยู่ในช่วง 9000 - 12000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าอยู่ในช่วงสูง เปรียบเทียบกับระบบเลี้ยงตะกอนเร่งจะเป็นแบบบำบัดขั้นสูง นั่นคือสามารถนำระบบนี้ไปใช้ประโยชน์ในกรณี มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของจุลินทรีย์สูง (shock load) ได้ดี

8. ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเปรียบเทียบกับระยะเวลากักเก็บ พบว่าสามารถกำจัดค่าบีโอดี 93.07 และ 91.38 เปอร์เซ็นต์ BOD_5 ปริมาตรบรรทุก 15.26 และ 14.95 kg $BOD_5/m^3.d$ ที่ระยะเวลากักเก็บ 40.8 นาที สำหรับตัวกลางชนิดอิฐ และ อิฐผสม ตามลำดับ และอัตราการไหลของน้ำเสียที่เหมาะสมประมาณ 0.2 – 0.3 ลูกบาศก์เมตร ต่อชั่วโมง

9. ปริมาณอาหารต่อปริมาณจุลินทรีย์ในเครื่องปฏิกรณ์ ผลจากการทดลองนี้อยู่ในช่วง 0.29-0.35 kgBOD_5/kgVS.d สำหรับตัวกลาง อิฐ และอิฐผสม เปรียบเทียบกับระบบเลี้ยงตะกอนเร่งอยู่ระหว่างการบำบัดแบบขั้นธรรมดากับการบำบัดแบบขั้นสูง

10. ตัวกลางที่มีความพรุนสูงจะให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสูงกว่าที่มีความพรุนต่ำ ในการทดลองโดยดูลักษณะผิวหน้าของเม็ดตัวกลางจากเครื่อง SEM พบว่าตัวกลางชนิด อิฐ มีความพรุนสูงและให้ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสูงกว่าตัวกลางชนิดอิฐผสม

11. การเปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนเร่งพบว่าความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ภายในเครื่องของระบบฟลูอิไดซ์เบดมีค่าสูง (12500 มิลลิกรัมต่อลิตร) กว่าระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง (4000 – 10000 มิลลิกรัมต่อลิตร) สุเมธ (2535) ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพการบำบัดได้ดีกว่าหรือระยะเวลากักเก็บสั้นกว่า นั่นคือถ้าอัตราการไหลของน้ำเสียเท่ากัน ระบบฟลูอิไดซ์เบดจะมีปริมาตร 1/5 – 1/10 เท่าของถังเติมอากาศ และจากการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าและสารเคมีของทั้งสองระบบพบว่าระบบเลี้ยงตะกอนเร่งของบริษัทบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด ค่าไฟฟ้าและสารเคมี 6.1 บาท ต่อลูกบาศก์เมตร และระบบฟลูอิไดซ์เบดค่าบำบัดน้ำเสียประมาณ 2.52 บาท ต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสีย

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยเพิ่มเติม

ในการทดลองนี้ศึกษาเฉพาะบางส่วนของระบบบำบัดน้ำเสียฟลูอิไดซ์เบด ถ้าต้องการให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงกว่านี้ควรมีการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียเป็นขั้นตอนย่อย ๆ อย่างชัดเจน เช่น ขั้นก่อนการบำบัด ขั้นบำบัดขั้นแรก เพื่อที่น้ำเสียมีการรบกวนจากสิ่งที่ไม่ต้องการน้อยที่สุด ทำให้มองเห็นปัญหาและสิ่งต่าง ๆ ที่ควรทำการศึกษาทดลองเกี่ยวกับกระบวนการฟลูอิไดซ์เบด ดังต่อไปนี้

1. เป็นระบบที่ใช้เติมอากาศแล้วปล่อยเข้าเครื่องปฏิกรณ์ อากาศส่วนใหญ่ลอยขึ้นข้างบนอย่างรวดเร็วทำให้ต้องสิ้นเปลืองพลังงานสูง ควรจะมีการออกแบบส่วนเติมอากาศของระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ออกแบบเหมือนกับระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง ระบบ deep shaft process ทำโดยการผสมน้ำเสียกับอากาศที่ความดันสูงก่อนแล้วค่อยปล่อยเข้าเครื่องพบว่าระบบนี้มีออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่าการเติมด้วยอากาศประมาณ 4 เท่า สุเมธ (2535)

2. ศึกษาการใช้ระบบแบบหมุนวนน้ำกลับเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยน้ำที่นำกลับมีส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง ทำให้ระบบมีค่า MLVSS เพิ่มสูงขึ้น

3. น้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดควรมีการควบคุมปริมาณไขมันให้ดีพอ เนื่องจากระบบนี้มีตะกอนไขมันบางส่วนเข้าเครื่องทำให้เกิดการอุดตันของท่อ และส่วนที่ใช้วัดอัตราการไหลของน้ำ

4. ศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายในการออกแบบระบบ และนำไปเปรียบเทียบกับระบบอื่น ๆ ได้แก่ ระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง โปรยกรอง จานหมุนชีวภาพ

5. หาค่าที่เหมาะสมที่สุด(Optimization)ทั้งระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพฟลูอิไดซ์เบด แบบใช้อากาศ
6. ศึกษาการกำจัดไนโตรเจน โดยกระบวนการฟลูอิไดซ์เบด ซึ่งจะเป็นทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

7. ศึกษาการออกแบบระบบให้เป็นตัวเลข (design criteria) เพื่อให้มีความง่ายในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสามารถนำไปใช้กับน้ำเสียชนิดอื่น ๆ ได้

8. เปลี่ยนตัวกลางให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ใช้ resin ที่มีความพรุนสูงและ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ ทำให้การคำนวณมีความผิดพลาดน้อยและตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่ำใกล้เคียงกับน้ำ เพื่อใช้พลังงานทำให้เกิดฟลูอิไดซ์ น้อย

9. ศึกษาตัวกลางที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

10. ศึกษาระยะเวลากักเก็บตะกอนจุลินทรีย์ (Solid Retention Time)ของระบบเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณการออกแบบ ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ใช้ร่วมกับเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด

11. เมื่อออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียฟลูอิไดซ์เบดควรมีการออกแบบให้มีความยืดหยุ่น และมีระบบควบคุมเครื่องที่มีประสิทธิภาพ