# บทที่ 4
# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

## 4.1 บทสรุป

ในการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัด ABR ที่เดินระบบโดยใช้น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นที่ปรับพีเอชด้วย NaOH (ABR-NaOH) และ Ash (ABR-Ash) ให้มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.6±0.1 ที่ควบคุมสภาวะการทำงานที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ใช้ถังปฏิกรณ์จำนวน 2 ชุดทำด้วยพลาสติกอะคลิลิคใสรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีปริมาตรการใช้งาน 23 ลิตร โดยภายในถังปฏิกรณ์มีแผ่นกั้นแบ่งออกเป็น 4 หน่วยย่อย การทดลองระบบ ABR เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ แบ่งการทดลองเป็น 2 ระยะ คือ การทดลองระยะที่ 1 เป็นการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยระบบ ABR-NaOH และABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ส่วนการทดลองระยะที่ 2 เป็นการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยระบบ ABR-NaOH และABR-Ash เมื่อทำการสูบกลับน้ำทิ้ง พร้อมกับเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการใช้ NaOH และ Ash ในการปรับพีเอชน้ำเสีย ได้ผลการทดลองสามารถสรุปได้ ดังนี้

### 4.1.1 การศึกษาคุณสมบัติความเป็นด่างของ Ash และปริมาณการใช้ NaOH กับ Ash ต่อการปรับพีเอชน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นให้มีค่า 7.6±0.1

Ash มีคุณสมบัติเป็นด่าง โดยมีค่าพีเอชเฉลี่ยอยู่ที่ 13.11 และเมื่อทดสอบปริมาณการใช้ NaOH กับ Ash ในการปรับพีเอชน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น 4.75 ให้มีค่า 7.6±0.1 ต่อปริมาตรน้ำเสีย 1,000 มล. ด้วยวิธีจาร์เทส พบว่า ใช้ NaOH 1.13 ก. และ Ash 7.55 ก. ซึ่งมากกว่าปริมาณ NaOH ถึง 6.68 เท่า

### 4.1.2 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ

1) ระบบทั้ง 2 สามารถรักษาระดับพีเอชให้เป็นกลางได้ตลอดการทดลอง โดยไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการสะสมของกรดไขมันระเหยง่ายที่เป็นสาเหตุให้ระบบล้มเหลว ทั้งนี้เพราะน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นได้มีการปรับพีเอชให้มีค่า 7.6±0.1 จึงทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ต้านความเป็นกรดได้และสามารถเพิ่มสภาพด่างให้กับระบบมากขึ้น แต่ถ้าหากจำเป็นต้องมีการปรับพีเอชน้ำเสียอาจทำการปรับพีเอชประมาณ 6.8 ก็เพียงพอที่ระบบบำบัดไร้อากาศทำงานได้ เพราะเมื่อน้ำเสียผ่านการบำบัดทำให้สภาพด่างของระบบเพิ่มขึ้นได้

2) สภาวะการทำงานที่ระบบทั้ง 2 สามารถบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียในในน้ำเสียในรูปของซีโอดีทั้งหมดเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทนได้สูงสุดคือ ที่ HRT 10 วัน

3) โดยภาพรวมการเดินระบบ ABR ที่บำบัดน้ำเสียปรับพีเอชด้วย NaOH และ Ash มีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีทั้งหมดใกล้เคียงกัน โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4) Ash สามารถใช้เป็นวัสดุแทน NaOH ในการปรับพีเอชน้ำเสียให้มีค่าเพิ่มขึ้นได้

**4.1.3 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash เมื่อมีการสูบกลับน้ำทิ้งที่อัตราส่วน (Effluent Recycle Ratio ; R) ต่างๆ**

1) เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของทั้ง 2 ระบบเมื่อมีการสูบกลับน้ำทิ้ง ระบบสามารถรักษาเสถียรภาพการทำงานได้ดี โดยสามารถรักษาระดับพีเอชให้เป็นกลางได้ตลอดการทดลอง โดยไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการสะสมของกรดไขมันระเหยง่ายที่เป็นสาเหตุให้ระบบล้มเหลว ทั้งนี้เนื่องจากมีการปรับพีเอชน้ำเสียก่อนเข้าระบบให้มีค่า 7.6±0.1 จึงส่งผลให้น้ำเสียมีค่าสภาพด่างสูงและเมื่อน้ำเสียเมื่อผ่านการบำบัดสภาพด่างมีค่าเพิ่มขึ้นจากหน่วยย่อยที่ 1-4 ตามลำดับ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนและผลจากปฏิกิริยาซัลเฟตรีดักชั่น น้ำในระบบจึงมีค่าสภาพด่างสูงเกินพอที่จะรักษาเสถียรภาพของระบบให้ทำงานได้ ดังนั้นจึงไม่มีจำเป็นต้องทำการสูบกลับน้ำทิ้งก็ได้

2) สภาวะการทำงานที่ระบบทั้ง 2 เมื่อสูบกลับน้ำทิ้งสามารถบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปของซีโอดีทั้งหมดเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทนได้น้อยกว่าไม่มีการสูบกลับน้ำทิ้ง (R เท่ากับ 0)

3) เมื่อมีการสูบกลับน้ำทิ้งทำให้เพิ่มภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ (HRT ลดลง และ OLR เพิ่มขึ้น) ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง

4) โดยภาพรวมการทำงานของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash เมื่อทำการสูบกลับน้ำทิ้ง มีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีทั้งหมดใกล้เคียงกันตลอดระยะการทดลอง โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**4.1.5 การเปรียบเทียบค่าสารเคมีระหว่างการใช้ NaOH และ Ash ในการปรับพีเอชน้ำเสียและความเหมาะสมในการนำระบบ ABR ไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น**

จากการศึกษานำ Ash ที่เป็นของเสียจากอุตสาหกรรมมาใช้ในการปรับพีเอชน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น พบว่า Ash มีคุณสมบัติสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุแทนการใช้สารเคมีในการปรับพีเอชน้ำเสียให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นได้ และเมื่อประเมินค่าสารเคมีระหว่างการใช้ NaOH และ Ash ในการปรับพีเอชน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น 4.75 ให้มีค่า 7.6±0.1 ต่อน้ำเสีย 1 ลบ.ม. พบว่า การใช้ Ash แทนสารเคมี NaOH มีค่าสารเคมีถูกกว่าถึง 14.62 เท่า ซึ่งหากผู้ประกอบการโรงงานนำมาใช้งานจริงจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการปรับพีเอชน้ำเสียลงได้มาก

จากการศึกษาและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย ABR ทั้ง 2 ระบบ ตลอดการทดลอง พบว่า ระบบ ABR มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นระบบที่มีโครงสร้างทางกายภาพ แบ่งแยกหน่วยบำบัดออกเป็นหลายหน่วยย่อย สามารถแบ่งหน้าที่ในการกำจัดซัลเฟตในหน่วยย่อยแรก และผลิตก๊าซชีวภาพได้ในหน่วยย่อยถัดมา ซึ่งเป็นการบำบัดมลสารในน้ำเสียได้ภายในระบบบำบัดเดียว นอกจากนี้ระบบ ABR ยังสามารถนำไปใช้หรือประยุกต์ใช้ในการบำบัดโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ ได้อีกเช่นกัน

**4.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยเพิ่มเติม**

1) การศึกษาในครั้งนี้ พบว่าเมื่อปรับพีเอชน้ำเสียให้มีค่าเท่ากับ 7.6±0.1 ระบบทั้ง 2 มีสภาพด่างมากเกินพอที่สามารถรักษาเสถียรภาพของระบบได้ดี สังเกตได้จากค่าพีเอชในน้ำทิ้งสูงกว่าน้ำเสียตลอดการทดลอง ดังนั้นไม่จำเป็นต้องปรับพีเอชให้สูงถึง 7.6±0.1 แต่จึงควรมีการศึกษาความสามารถของระบบ ABR ในการบำบัดน้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำกว่าหรือน้ำเสียที่ไม่ผ่านการปรับพีเอช และควรติดตามปัญหาของระบบในระยะยาว โดยเฉพาะเรื่องการสะสมของกรดไขมันระเหยง่ายและสภาพด่างของระบบ

2) จากการทดลองระบบ ABR เมื่อมีการสูบกลับน้ำทิ้ง พบว่า ทั้ง 2 ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลง เนื่องจากการเพิ่ม R จะทำให้อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบสูงขึ้นทำให้ภายในระบบเกิด Hydraulic Dead Space น้ำเสียบางส่วนอาจมุดลอดผ่านรอยแยกได้ ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาสูบกลับน้ำทิ้งที่ HRT สูง (OLR ต่ำ) และทำการเดินระบบที่ R เริ่มต้นต่ำๆ ก่อน เพื่อป้องกันการเกิด Hydraulic Dead Space ภายในระบบเพื่อให้ได้มาถึงประสิทธิภาพการบำบัดที่ R สูงสุด

3) จากการทดลองโดยการปรับพีเอชน้ำเสียด้วย Ash พบว่า สามารถนำ Ash มาใช้เป็นวัสดุแทนการใช้สารเคมีปรับพีเอชน้ำเสียได้ แต่เกิดตะกอน Ash ของเสียขึ้น ดังนั้นจึงน่าจะมี

การศึกษาถึงวิธีการจัดการหรือกำจัดตะกอน Ash ที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะสามารถใช้เป็นแนวทางให้กับผู้ประกอบการโรงงานนำ Ash ไปใช้งานได้จริงต่อไป

4) ควรประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการก่อสร้างระบบบำบัด ABR การจัดการของเสียตะกอน Ash และพลังงาน (ก๊าซมีเทน) ที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียว่ามีความคุ้มค่าในการก่อสร้างและคุ้มทุนในการนำ Ash มาใช้เป็นวัสดุปรับพีเอชแทนสารเคมี และก๊าซมีเทนสำหรับใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงหรือไม่ก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง

5) ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากระบบ ABR ทั้ง 2 ระบบ ตลอดระยะการทดลอง มีค่าสูงกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งมาก จึงควรมีการศึกษารูปแบบการบำบัดขั้นต่อไป เช่น การบำบัดสารประกอบไนโตรเจน ซัลไฟด์ เพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ตามกฎกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2539