บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1. ความสำคัญทางด้านวิศวกรรม (Engineering significance)

จากผลการวิจัยพบว่า เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคเครื่องที่ 1 มีความสูง 120 เซ็นติเมตร ภายในถังกรองบรรจุหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-$1\frac{1}{4}$ นิ้ว เมื่อทดลองกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง ใช้ความเข้มข้นของน้ำทิ้งตั้งแต่ 1,250-7,500 มก. COD /ล. ภายใต้ Organic loading 0.56-4.50 กก. COD /$ม^3$/วัน (0.35-281.25 ปอนด์ COD /1,000 $ฟ^3$/วัน) หรือเท่ากับ 0.4-3.11 กก. BOD_5 /$ม^3$/วัน (24.12-193.78 ปอนด์ BOD_5 /1,000 $ฟ^3$/วัน) ปรากฏว่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD ร้อยละ 71 ถึงร้อยละ 92 และประสิทธิภาพในการกำจัด BOD_5 ร้อยละ 80 ถึงร้อยละ 96 เครื่องกรองที่ 2 ซึ่งภายในบรรจุหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $1\frac{3}{4}$ - $2\frac{1}{4}$ นิ้วมี Organic loading เช่นเดียวกับเครื่องกรองที่ 1 มีประสิทธิภาพการกำจัด COD ร้อยละ 20 ถึงร้อยละ 84 และมีประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ร้อยละ 42 ถึงร้อยละ 93 จากประสิทธิภาพของเครื่องกรองที่ 1 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการกำจัดน้ำทิ้งระบบแอคติเวทเต็ดสลัจ (Activated sludge) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้งตั้งแต่ร้อยละ 60 ถึงร้อยละ 95 โดยมี Organic loading ตั้งแต่ 20-150 ปอนด์ BOD_5 /1,000 $ฟ^3$/วัน (0.32-2.40 กก. BOD_5 /$ม^3$/วัน) (Stewart, 1964) จะเห็นว่าเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD_5 ที่ใกล้เคียงกับระบบแอคติเวทเต็ดสลัจ ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้กันอยู่

แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองครั้งนี้กระทำจากห้องปฏิบัติการ ซึ่งก็คงจะไม่เหมือนกับการที่นำไปใช้งานจริง ๆ คือประสิทธิภาพการกำจัดน้ำทิ้งอาจจะลดลงไปจากประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากการไหลลัดทาง (Short-circuit) ของน้ำทิ้ง Taylor,(1971) ได้ใช้เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคขนาดที่

ใช้งาน (Full-scale) ในการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำแป้ง (wheat starch-gluten waste) โดยถังกรองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ฟุตสูงถึง 20 ฟุต ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัด COD เพียงร้อยละ 64 ภายใต้ Organic loading 237 ปอนด์COD /1,000 ฟ^3/วัน

6.2. ข้อดีของระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค

จากผลการทดลองพบว่าระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค มีข้อดีอยู่หลายประการ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบอื่น ๆ ทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

1. เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้อุณหภูมิปกติ (Room temperature) หากเทียบกับระบบการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนระบบอื่น ๆ โดยไม่ต้องใช้ความร้อนเข้าช่วยเร่งปฏิกริยา

2. ระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคมีระยะเวลาการเก็บกักตะกอนของจุลินทรีย์ (Biological solids) ยาวนาน (Long-SRT) โดยไม่ต้องการแยกเอาตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำทิ้งกลับมาใช้หมุนเวียนในระบบอีก

3. ระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค สามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพถึงแม้ว่าน้ำทิ้งจะมีสารที่เป็นพิษต่อแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระอยู่ปริมาณสูงก็ตาม ทั้งนี้เพราะระบบนี้มีระยะเวลาการเก็บกักตะกอน (SRT) ที่ยาวนาน

4. ความดันที่จะต้องใช้สำหรับระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคน้อยมากจะมีแรงดันสูญเสียคิดเทียบเป็นความสูงของน้ำเพียง 6 เซ็นติเมตรเท่านั้น หลังจากเครื่องกรองถูกใช้งานเป็นเวลา 150 วัน

5. ระบบนี้มีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นน้อยมาก และตะกอนจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะอยู่ตามช่องว่างของหิน ซึ่งสามารถจะกำจัดออกได้ง่ายเมื่อมีปริมาณมากเกินความต้องการ ทำให้ช่วยลดปัญหาการกำจัดตะกอนจุลินทรีย์

6. จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ซึ่งเป็นแบคทีเรียในเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคสามารถที่จะปรับตัวของมันเองได้ เมื่อมีการเพิ่ม Organic loading อย่างกระทันหัน (Shock-load) โดยไม่ต้องปรับปรุงสิ่งใดทั้งสิ้น แต่ทั้งนี้จะต้องมีระยะเวลาการเก็บกักน้ำทิ้ง (HRT) ที่พอเหมาะเพื่อป้องกันตะกอนจุลินทรีย์หลุดออกไปกับน้ำทิ้งที่ออกจากเครื่องกรอง

7. สารอาหารเสริมที่จำเป็นสำหรับแบคทีเรียในระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค น้อยกว่าระบบกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนอิสระ

6.3. ข้อเสียของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค

ระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค ถึงแม้จะมีข้อดีหลายประการ แต่ก็มีข้อเสียก็คือ

1. น้ำทิ้งที่ออกจากเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค มีปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS.) มาก ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการกำจัดก่อนที่จะปล่อยทิ้งลงสู่แม่น้ำลำคลอง

2. น้ำทิ้งจากเครื่องกรองมีสีดำ, มีกลิ่นเหม็นและกัดกร่อน เนื่องจากในน้ำทิ้งมีซัลเฟต ($SO_4^=$) และแบคทีเรียแบบที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ เปลี่ยนซัลเฟตไปเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

3. ระยะเวลาการกักน้ำทิ้ง (HRT) จะมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคมากที่สุด เพราะถ้ามีระยะเวลาการกักเก็บน้ำทิ้งที่ต่ำเกินไปแล้วจะทำให้มีตะกอนแขวนลอยหลุดออกมากับน้ำทิ้งที่ออกมาจากเครื่องกรองมาก

6.4. การออกแบบระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค (Process Design)

จากผลการทดลองและวิจัยเกี่ยวกับการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง ด้วยระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก ถ้าจะนำระบบนี้ไปใช้งานจริง ๆ (Full-scale) สามารถจะกระทำได้โดยนำข้อมูลจากการศึกษาและทดลองเหล่านี้ไปใช้

Organic loading	1.12-1.50	Kg.COD/cu.m/day
Minimum HRT	24	hrs.
Filter height	1.20-1.50	meters

Treatment Efficiency 85 percent

Crushed stone media 1-1$\frac{1}{4}$ inches

นอกจากจะนำระบบกำจัดน้ำทิ้ง ระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคไปใช้กำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋องจริง ๆ แล้วยังสามารถที่จะนำไปใช้กับน้ำทิ้งจากโรงงานชนิดอื่น ๆ ที่มีลักษณะน้ำทิ้งคล้ายคลึงกับน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง แต่ในทางที่ดีแล้วควรจะมีการทำการศึกษาและทดลองเสียก่อน เพื่อที่จะได้ทราบถึงประสิทธิภาพ, Organic loading ที่เหมาะสมสำหรับลักษณะของน้ำทิ้งแต่ละชนิดเสียก่อน

6.5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองและวิจัยครั้งนี้ สามารถที่จะสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. น้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง สามารถที่จะกำจัดได้โดยใช้ระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค ภายใต้สภาวะธรรมชาติ

2. เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค สามารถกำจัด COD ได้มากกว่าร้อยละ 84 สำหรับ Organic loading ตั้งแต่ 0.56-2.25 กก. COD/$ม^3$/วัน และมีความเข้มข้นของน้ำทิ้งตั้งแต่ 1,250-5,000 มก./ล. หรือมากกว่าร้อยละ 87 สำหรับ BOD_5 loading 0.39-3.1 กก./$ม^3$/วัน

3. เครื่องกรองซึ่งใช้หินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-1$\frac{1}{4}$ นิ้ว มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD สูงสุดร้อยละ 92 ภายใต้ Organic loading 1.12 กก COD/$ม^3$/วัน ระยะเวลาการเก็บกักน้ำทิ้ง (HRT) 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD ต่ำสุดร้อยละ 71 ภายใต้ Organic loading 4.50 กก.COD/$ม^3$/วัน ระยะเวลาการเก็บกักน้ำทิ้ง 12 ชั่วโมง และมีระยะเวลาการเก็บกักตะกอน (SRT) เท่ากับ 424 วัน

4. เครื่องกรองที่ใช้หินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1$\frac{3}{4}$ - 2$\frac{1}{4}$ นิ้ว มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD สูงสุดร้อยละ 84 ภายใต้ Organic loading 1.12 กก.COD/$ม^3$/วัน ระยะเวลาการเก็บกักน้ำทิ้ง (HRT) 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD

ต่ำสุดร้อยละ 20 เมื่อมี Organic loading 4.50 กก. COD/ม^3/วัน ระยะเวลาการเก็บกักน้ำทิ้ง 12 ชั่วโมง และมีระยะเวลาการเก็บกักตะกอน (SRT) 68 วัน

5. เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคมีประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ได้มากกว่าการกำจัด COD ในน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง แต่ไม่สามารถที่จะกำจัด BOD_5 ในน้ำทิ้งให้เหลือ 20 มก./ล. เท่ากับมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรมได้ โดยสามารถกำจัด BOD_5 ในน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋องให้เหลือ 28 มก./ล. สำหรับ BOD_5 loading 0.4 กก./ม^3/วัน และ 484 มก./ล. สำหรับ BOD_5 loading 3.1 กก./ม^3/วัน

6. คุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ผ่านการกำจัดแล้ว โดยเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคมีปริมาณของตะกอนแขวนลอย (SS.) อยู่สูงตั้งแต่ 82-446 มก./ล. ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำทิ้งอีกครั้งหนึ่ง

7. ตลอดระยะเวลาการทดลองทั้งสิ้น 150 วัน ไม่ต้องมีการกำจัดตะกอนจุลินทรีย์ออกจากเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค เนื่องจากมีการสะสมของตะกอนจุลินทรีย์ในเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคเพียง 0.107 กรัม SS. /1 กรัม COD ที่ถูกกำจัดไป

8. แบคทีเรียในเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค สามารถที่จะทนต่อพิษของ Na^+ ที่มีความเข้มข้นถึง 34,000 มก./ล, โดยไม่ตายเป็นเพียงยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียเท่านั้น

9. การใช้เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค ในการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง จะต้องคำนึงถึงกลิ่นของ H_2S เนื่องจากการสลายซัลเฟต ($SO_4^=$) ของแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ

6.6. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำการวิจัยที่น่าจะทำต่อไป

เนื่องจากการทำการวิจัยครั้งนี้มีระยะเวลาจำกัด ดังนั้นจึงยังมีสิ่งต่าง ๆ ที่ควรจะได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค ในการกำจัดน้ำทิ้งเช่น

1. ควรจะทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการนำระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค ไปใช้ร่วมกับระบบการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนโดยพิจารณา

ในแง่ของประสิทธิภาพและการลงทุน เพื่อเปรียบเทียบกับระบบกำจัดน้ำทิ้งแบบอื่น ๆ

2. ศึกษาถึงประสิทธิภาพของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค ขนาดใช้งานจริง (Full-scale)

3. ศึกษาถึงประสิทธิภาพของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคที่ใช้ชนิดของตัวกรอง (Filter media) ชนิดอื่น ๆ นอกจากหิน

4. ควรจะศึกษาถึงระยะเวลาการหยุดทำงานของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค ที่สามารถจะหยุดทำงานได้โดยไม่ต้องมีการเริ่มเลี้ยงแบคทีเรีย (Start-up) ใหม่

5. ควรจะพัฒนาวิธีการทำระบบจ่ายน้ำทิ้ง (Distribution system) เข้าสู่ถังกรองของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค เพื่อสามารถนำเอาระบบนี้ไปใช้กับงานจริงอย่างได้ผล.