

บทที่ 5

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 การเริ่มต้นการทดลอง

การเริ่มต้นทดลองใช้งาน (Start-up) ของระบบกรองน้ำช็อกซิเจนดำเนินการภายหลังจากก่อสร้างระบบเสร็จโดยการเจือจางน้ำเสียเข้าระบบกรองน้ำช็อกซิเจนจากข้างล่างขึ้นสู่ข้างบน (upflow) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบน้ำช็อกซิเจนใช้เวลาเริ่มต้นระบบนาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียที่น้ำช็อกซิเจนเจริญเติบโตช้า ทำให้ระบบบำบัดต้องใช้เวลาในการเริ่มต้นนาน กองควบคุมสิ่งแวดล้อมโรงงาน (2520) แนะนำให้เริ่มเลี้ยงแบคทีเรียในระบบกรองน้ำช็อกซิเจน โดยใช้น้ำทิ้งจากถังส้วม 1 ปีบ ผสมรวมกับน้ำทิ้งของโรงงานในถังตกตะกอน โดยทำติดต่อกันเฉพาะ 2 สัปดาห์แรกตั้งแต่เริ่มระบบบำบัดน้ำเสียเท่านั้นเพื่อลดระยะเวลาในการเริ่มเลี้ยงแบคทีเรีย หรืออาจใช้มูลสัตว์ เช่น วัว ควายใส่ลงไปในถัง หรือปัจจุบันอาจใช้ผลิตภัณฑ์ที่ขายในท้องตลาดเร่งการเริ่มต้นทดลองใช้งานได้ในการเริ่มเลี้ยงแบคทีเรียจะทำการตรวจสอบสภาวะการทำงานของระบบโดยพิจารณาจากคุณลักษณะของน้ำเสียที่ออกจากระบบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีซึ่งถือว่าระบบเข้าสู่สภาพสมดุล (Steady state) (Song และ Young, 1986) จากการศึกษาครั้งนี้ระบบบำบัดที่ทดลองใช้เวลาเริ่มต้น 50 วัน โดยปล่อยน้ำเสียไหลเข้าระบบได้ 45 วันจึงวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการบำบัดค่าซีโอดีของระบบจากภาพที่ 7 จะเห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในช่วงแรกไม่คงที่จนถึงครั้งที่ 5 หรือครบ 50 วันของการเริ่มต้นการทดลอง ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดีจึงคงที่ ซึ่งถือว่าระบบเข้าสู่สภาพสมดุล จากรายงานของ Raman และ Chakladar (1972) ถ้าไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย (Seed) ให้ระบบต้องใช้เวลา 4-6 สัปดาห์ ในการเริ่มต้นระบบที่อุณหภูมิ 25-32 องศาเซลเซียส โดยระบบเข้าสู่สภาพสมดุลเมื่อระยะเวลา 3 เดือน ระยะเวลาเริ่มต้นทดลอง

โรงงานของระบบเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของตะกอนแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียในถังกรองที่ไม่ได้เติมเชื้อแบคทีเรีย แบคทีเรียจะกระจายอยู่ทั่วถัง และถูกชะล้างออกไปจากถังพร้อมน้ำเสียที่บำบัดแล้ว ในขณะที่ถังที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย จะเกิดการจับตะกอน (Flocculation) ได้เร็วมากเป็นสาเหตุให้มวลชีวภาพยังอยู่ในถังกรอง

5.2 ลักษณะของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรองน้ำให้ออกซิเจน

น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงงาน ในการผลิตขนมจีนรวมทั้งน้ำเสียจากการล้างภาชนะอุปกรณ์ และการล้างพื้น โรงงานมีกำลังการผลิต 100 กิโลกรัมต่อวัน ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยวันละ 1.804 ลบ.ม. น้ำเสียจะมีสารอินทรีย์จากพวกแป้ง ซึ่งมาจากขั้นตอนการล้างเมล็ดข้าวเป็นส่วนใหญ่ น้ำเสียไหลเข้าสู่ระบบตามสภาพจริงของการผลิตขนมจีนไหลเข้าเป็นช่วงๆไม่สม่ำเสมอ ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบไม่คงที่ (ภาพที่ 15) เข้าถึงตกตะกอน ซึ่งมีถังเดียวและมีขนาดเล็ก ทำหน้าที่ตกตะกอนน้ำเสียไม่เพียงพอ น้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงจึงไหลเข้าสู่ถังกรอง ปริมาณสารอินทรีย์ที่สูงขึ้นการทำงานของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรด จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์และเพิ่มจำนวนได้เร็ว จึงผลิตกรดและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามากโดยแบคทีเรียที่สร้างขึ้นมีเอนไซม์ที่สามารถที่จะเพิ่มจำนวนและย่อยสลายกรดอินทรีย์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ทัน จึงทำให้เกิดสภาพเป็นกรดเพิ่มขึ้น ทำให้พีเอชลดลงได้อีก สำหรับแบคทีเรียทั่วไปช่วงพีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.6-7.8 (Gray, 1989) แต่สำหรับแบคทีเรียที่สร้างกรดเวลาโทสจะมีช่วงพีเอชอยู่ต่ำกว่า โดยค่าพีเอชที่มีค่าต่ำไม่มีผลจนถึงกับสามารถฆ่าแบคทีเรียที่สร้างก๊าซมีเทนได้ซึ่ง Keefer และ Urtes (1962) เป็นผู้ยืนยันผลการทดลองดังกล่าว โดยทำการศึกษาการมีชีวิติอยู่ของแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างก๊าซมีเทนเป็นเวลา 5 เดือนที่พีเอชต่ำกว่า 5 ดังนั้นเมื่อสภาพพีเอชที่ไม่เหมาะสมเหล่านั้นถูกปรับให้กลับมาสู่ค่าที่เหมาะสมแบคทีเรียจะสามารถฟื้นสภาพกลับมาได้ ในการศึกษานี้ค่าพีเอชของน้ำก่อนเข้าสู่ระบบมีค่าเฉลี่ย 4.13 และค่าพีเอชของน้ำออกจากระบบมีค่าประมาณ 7 (ภาพที่ 9) โดยค่าพีเอชของน้ำเข้าและออกจาก

ระบบมีความสัมพันธ์กันคือ ถ้าค่าพีเอชของน้ำเสียเข้าสู่ระบบต่ำจะทำให้พีเอชน้ำเสียที่ออกจากระบบต่ำตามด้วย เป็นที่น่าสังเกตว่าค่าพีเอชของน้ำเสียมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยเสมอ เมื่อผ่านระบบตามขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่ถังตกตะกอน ถังกรอง 1 และถังกรอง 2 ตามลำดับเพราะน้ำเสียเมื่อเข้าสู่ถังกรองจะถูกสภาพความเป็นด่างในถังกรองทำให้พีเอชสูงขึ้น จะเห็นว่า ในถังกรอง 2 พีเอชจะเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับ 7 ได้ด้วยตัวของมันเอง เนื่องจากเกิดความสัมพันธ์ในการทำงานของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรดและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน สำหรับอุณหภูมิซึ่งมีอิทธิพลต่อแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจน ควรควบคุมให้อยู่ในช่วง $20-45^{\circ}\text{C}$. เนื่องจากมีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงและแบคทีเรียสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี (สุเมธ, 2529) น้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดที่อุณหภูมิเฉลี่ย 30°C . และอุณหภูมิในถังตกตะกอนและถังกรองจะสูงขึ้นอีก $4-5^{\circ}\text{C}$. เนื่องจากปฏิกิริยาความร้อนที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ เพื่อพลังงานในการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย ดังนั้นในถังตกตะกอนและถังกรองมีอุณหภูมิที่คงที่ที่เหมาะสมอยู่แล้วคือมีอุณหภูมิเฉลี่ย 35°C . ไม่ว่าอุณหภูมิอากาศจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร (ภาพที่ 8) ในการศึกษาครั้งนี้ ความร้อนจึงไม่น่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้ระบบทำงานไม่ได้ตามปกติ

สำหรับค่าความเป็นด่างและกรดรวมเวลาพีเอช มีความสัมพันธ์ต่อกันที่จะทำหาค่าพีเอชของน้ำเสียอยู่ในช่วงที่เหมาะสม กรดรวมเวลาพีเอชที่เกิดขึ้นจะทำให้ค่าพีเอชของน้ำเสียลดต่ำลง แต่ถ้าค่าความเป็นด่างของน้ำเสียมีค่าสูงพอก็จะสามารถรักษาสมดุลของระบบไว้ได้โดยค่าพีเอชของน้ำเสียอยู่ในช่วงปานกลางเป็นผลให้แบคทีเรียที่สร้างมีเทนเติบโตและทำงานได้ดี สามารถเปลี่ยนกรดรวมเวลาพีเอชให้เป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ได้เร็ว จึงกำจัดความสกปรกได้มากจากการศึกษาค่าความเป็นด่างของน้ำเข้าและออกจากถังตกตะกอน ถังกรอง 1 และถังกรอง 2 จะมีค่าความเป็นด่างเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ น้ำก่อนเข้าสู่ระบบ น้ำออกจากถังตกตะกอน ถังกรอง 1 และถังกรอง 2 มีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยเท่ากับ 211, 398, 730 และ 884 มก/ล. ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนตตามลำดับ การเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์จะมีผลกระทบต่อความเป็นกรดของระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจน ทั้งนี้เพราะว่าแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนได้รับผลกระทบจาก

สารอินทรีย์ที่มีอยู่มากในน้ำเสียเป็นผลให้กรตรวจหาโทสในน้ำเสียสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ สุรพล (2518) ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณน้ำเสียที่สูงขึ้นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรดจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์และเพิ่มจำนวนได้เร็วจึงผลิตกรดออกมา โดยที่แบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนไม่สามารถที่จะเพิ่มจำนวนและย่อยสลายกรดอินทรีย์ได้ทัน ส่วนค่าความเป็นด่างภายในระบบจะลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในทางปฏิบัติความเป็นด่าง กรตรวจหาโทสและพีเอชจะเป็นตัวควบคุมการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งปัจจัยทั้งสามนี้มีความสัมพันธ์กัน ตามธรรมชาติการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะให้ไฮโดรเจนอีนอนแก่น้ำเสมอ ดังนั้นถ้าไม่มีสภาพความเป็นด่างเพียงพอแล้วพีเอชของน้ำเสียจะลดลงต่ำจนการย่อยสลายเกิดขึ้นช้า ๆ หรือหยุดเลยในการศึกษาครั้งนี้จึงเติมปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ซึ่งมีความเข้มข้น 1,000 มก/ล ลงในน้ำเสียก่อนเข้าระบบทุกวัน วันละ 2 กิโลกรัม เพื่อเพิ่มค่าความเป็นด่างของระบบในการเพิ่มความเป็นด่างในรูปของปูนขาวทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในสารละลายเป็นเหมือนไบคาร์บอเนต (Young และ Yang, 1989) ทำให้ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับความไม่สมดุลของความเป็นกรดเป็นด่างโดยมีอัตราส่วนของกรดตรวจหาโทสต่อค่าความเป็นด่างไม่เกินกว่า 0.8 ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งชี้ว่าเสถียรภาพของระบบอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (McCarty, 1964) อัตราส่วนกรดตรวจหาโทสต่อค่าความเป็นด่างในถังกรอง 1 มีค่าเฉลี่ย 0.88 และในถังกรอง 2 มีค่าเฉลี่ย 0.48 แสดงว่าถังกรอง 2 แบคทีเรียมีการทำงานที่สมดุลกว่าถังกรอง 1 ระบบจึงมีเสถียรภาพมากกว่าด้วย ในระยะเวลาที่ค่าความเป็นด่างในถังกรอง 1 ต่ำ จะมีปริมาณกรดตรวจหาโทสอยู่สูงผิดปกติเพราะกรดตรวจหาโทสเกิดขึ้น ถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซในอัตราที่เหมือนกัน แสดงว่าแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนทำงานได้ไม่เต็มที่ เมื่อมีค่าความเป็นด่างต่ำมาก ระบบยังรักษาเสถียรภาพไว้ได้หลายวันติดต่อกัน ตรงกับการศึกษาของไพพรรณ และมันสิน (2524) ซึ่งรายงานไว้ว่า ถังกรองสามารถรับน้ำเสียที่มีพีเอชต่ำกว่า 6 เป็นเวลาติดต่อกันถึง 40 วันโดยค่าความเป็นด่างของน้ำในขณะเดียวกันนี้มีค่าตั้งแต่ 400 ลดลงมาถึง 0 ในการทดลองนี้ ค่าความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าไม่คงที่ (ภาพที่ 10) มีบางช่วงค่าความเป็นด่างของน้ำเข้าระบบมีค่าลดลง

เป็น 0 ซึ่งขึ้นอยู่กับขบวนการผลิตขมขื่นในขั้นตอนการหมักข้าว โรงงานจะหมักข้าวไว้ทุก 3 วันและรดน้ำข้าวในเวลาเช้าและเย็นทุกวัน ค่าความเป็นด่างจึงมีความสัมพันธ์กับการหมักข้าว คือถ้าอยู่ในช่วงวันแรกที่หมักข้าว ข้าวยังไม่ได้ถูกย่อยสลายเปลี่ยนไนโตรเจนในเมล็ดข้าวเป็นแอมโมเนีย อาจทำให้ไม่มีสภาพด่างได้ค่าความเป็นด่างจึงน้อยกว่าวันต่อมา ค่าความเป็นด่างและกรดเวลาไหลของน้ำเสียเป็นสิ่งสำคัญ สำหรับการทางานของจุลินทรีย์ในระบบมาก เพราะกรดเวลาไหลที่เกิดจากแบคทีเรียที่สร้างกรด ทำให้เกิดสภาพเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน ดังนั้นจะเกิดการสะสมของกรดเวลาไหลขึ้นในระบบทำให้พีเอชต่ำลงจึงรบกวนการทางานของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียของระบบกรองไม่ใช้ออกซิเจนจึงลดลง ดังมีรายงานว่าถ้าปริมาณกรดเวลาไหลอยู่ในช่วง 50-500 มก/ล ในรูปของกรดอะซิติกระบบกรองไม่ใช้ออกซิเจนจะทางานได้ดี แต่ถ้าปริมาณกรดเวลาไหลเกิน 2,000 มก/ล ในรูปของกรดอะซิติกแล้วการทางานของระบบจะลดลง (McCarty, 1969) จากการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณกรดเวลาไหลเฉลี่ยจนถึงตกตะกอน ถึงกรอง 1 และถึงกรอง 2 เท่ากับ 849, 642 และ 411 มก/ล ในรูปของกรดอะซิติกตามลำดับจะเห็นว่าน้ำเสียจนถึงตกตะกอนมีปริมาณกรดเวลาไหลสูงสุด มีสภาพเป็นกรด ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากผลผลิตของกรดอินทรีย์โมเลกุลสั้นๆซึ่งไม่เหมาะสมของสภาพพีเอชต่ำที่เกิดขึ้นกับปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน เพราะว่ากรดอินทรีย์เหล่านี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นยังมีตัวรับสภาพ จึงไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อพีเอชจนถึงตกตะกอน ในถึงกรอง 2 แบคทีเรียมีการทางานที่สมดุลจึงเปลี่ยนกรดเวลาไหลไปเป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้เร็วปริมาณกรดจึงลดลงเรื่อย ๆ การทางานของระบบกรองไม่ใช้ออกซิเจนถูกยับยั้งได้โดยดูจากการผลิตก๊าซมีเทนลดลง มีกรดเวลาไหลเพิ่มขึ้นการควบคุมพีเอชล้มเหลวและการควบคุมการกำจัดชีโรคลิ้มเหลว

สำหรับค่า Oxidation-Reduction potential (ORP) จากรายงานส่วนใหญ่พบว่าจะมีค่าเป็นลบเมื่อระบบอยู่ในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบคทีเรียที่สร้างมีเทนเป็นแบคทีเรียที่นำ

ต้องการออกซิเจนอิสระในการดำรงชีวิต ดังนั้นหากมีออกซิเจนอิสระในระบบ บำบัด จะก่อให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของแบคทีเรียเหล่านี้ ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบลดลง จากการทดลองครั้งนี้ค่า ORP จะเริ่มมีค่าเป็นลบเมื่อพีเอชเป็นกลางและมีค่าเป็นลบมากขึ้นเมื่อพีเอชเป็น ค่าเพิ่มขึ้น (ดูภาคผนวก) มีบางช่วงที่ค่า ORP เป็นลบแสดงว่าระบบยังทำงานได้คืออยู่ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Henry (1968) ที่สรุปว่า แนวน้ำ ของค่า ORP มีความสัมพันธ์กับการสะสมของกากและความเป็นกรดที่เกิดขึ้น ในการย่อยสลาย จากภาพที่ 12 ค่าเฉลี่ย ORP ของน้ำที่ไหลออกจากระบบ วัดได้ 28.62 มิลลิโวลท์ จะเห็นว่าค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงไม่เหมาะสม (-200 ถึง -420 มิลลิโวลท์) ที่จะเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสร้างกากมีเทนได้ ถึงแม้ว่าค่า ORP จะเป็นค่าบวกระบบยังทำงานได้ปกติ สอดคล้องกับการทดลองของ Novaes (1986) ที่สรุปไว้ว่ายังไม่มีการยืนยันว่าแบคทีเรียที่สร้างมีเทน เมื่อ อยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนแล้วจะทำให้ตายเสมอไปและอ้างจากการทดลองของ Huser และคณะ (1982) โดยแยกแบคทีเรีย Methanothrix มาอยู่ใน อากาศที่มีออกซิเจนอิสระปรากฏว่าแบคทีเรียนี้ยังสามารถเจริญเติบโตและ แพร่พันธุ์ได้

ค่า ORP ใช้สำหรับแสดงปริมาณของแวนไดมานในการรับอิเล็กตรอนและ ถูกรีดิวส์ (reduced) สารที่ถูกรีดิวส์มากจะมีพลังงานมากและมีค่า ORP ต่ำ นั่นคือ มีแวนไดมานที่จะให้อิเล็กตรอนสูง สารอินทรีย์ถือเป็นสารอาหารซึ่งเป็นพลังงานที่มี ให้อจุลินทรีย์จะเป็นสัดส่วนกับระดับของสภาพออกซิเดชันของสารนั้น สารที่มีค่า ORP ต่ำ จะให้พลังงานแก่อจุลินทรีย์ได้มากกว่าและมีความต้องการสารตัวสุดท้าย ที่รับอิเล็กตรอนมากกว่าสารที่มีค่า ORP สูง เมื่อสารทั้งสองชนิดมีปริมาณเท่ากัน สารที่มีค่า ORP ต่ำกว่านับได้ว่าเป็นสารที่ทำความสกปรกให้กับแหล่งน้ำได้มาก กว่าสารที่มีค่า ORP สูง เมื่อปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ

5.3 ประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจนในการกำจัดชีโรคิ

ผลการศึกษาปรากฏว่า ระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพในการ บำบัดน้ำเสียโดยมีค่าเฉลี่ยชีโรคิลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นร้อยละ

ของค่าเฉลี่ยที่ลดลง 80.51 (ภาพที่ 16) เมื่อพิจารณาแยกตามขั้นตอนการบำบัด จะเห็นว่าประสิทธิภาพการบำบัดมีความแตกต่างกันกล่าวคือ เมื่อน้ำเสียผ่าน ถังตกตะกอน ถังกรอง 1 และถังกรอง 2 จะมีประสิทธิภาพการบำบัด ร้อยละ 36.22, 38.35 และ 50.44 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าระบบมีการกำจัดชีโรดี ได้มากเพราะมีถังตกตะกอนซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากเป็นส่วนแยกของแข็งที่มีน้ำหนักมากกว่าน้ำที่ออกไปจากน้ำเสีย โดยน้ำหนักตามธรรมชาติของของแข็งนั้นเองจึงลดปัญหาการอุดตันของถังกรอง ได้ช่วยให้ น้ำเสียไหลเข้าระบบด้วยอัตราสม่ำเสมอ ช่วยแยกตะกอน และ ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียชั้นหนึ่งก่อนเข้าถังกรอง ปริมาณสารแขวนลอยจึง น้อย ทำให้ถังกรองมีประสิทธิภาพดีขึ้น ในการศึกษาคั้งนี้ น้ำเสียไหลเข้า ระบบตามสภาพจริงของการผลิตขนมจีน ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ที่วัดออกมาใน รูปของค่าชีโรดีมีความแปรปรวนสูง การเพิ่มขนาดถังตกตะกอนให้ใหญ่ขึ้นหรือ เพิ่มจำนวนอีก 1 ถัง เพื่อเพิ่มระยะเวลาให้น้ำเสียอยู่ในระบบได้นานขึ้น ทำให้เกิด การย่อยสลายชั้นแรกในถังตกตะกอนก่อน นอกจากนั้นการมีถังตกตะกอน 2 ถัง ยังช่วยทำให้ น้ำเสียไหลเข้าระบบด้วยอัตราสม่ำเสมออีกด้วย ทำให้แบคทีเรียที่ อยู่ในระบบบำบัดทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งตรงกับการศึกษา ของ Landine และคณะ (1983) ได้ใช้ระบบหมักและถังกรองมาใช้ออกซิเจน บำบัดน้ำเสียจากการทำมันฝรั่งผลการศึกษาบรากว่าถังหมักซึ่งทำหน้าที่ยกถ่ายถึง ถังตกตะกอนมีประสิทธิภาพการกำจัดชีโรดีร้อยละ 73.5 - 86.8 ในการศึกษา คั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำเสียของถังตกตะกอนในการลดชีโรดีได้น้อยเมื่อ ทดสอบทางสถิติพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดชีโรดีของถังตกตะกอนไม่มีความ แตกต่างกันและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของถังกรองในการลดชีโรดีได้ น้อยกว่าการศึกษาที่ผ่านมา อาจเป็นเพราะว่าสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายได้รับการ ย่อยสลายไปแล้วในถังตกตะกอนนอกจากนั้นระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียใน ถังกรองที่ก่อสร้างในระบบนี้น้อย ดังนั้นจึงทำให้เห็นประโยชน์ของการสร้าง ถังกรอง 2 ถังต่อกัน คือ เป็นการเพิ่มระยะเวลาให้น้ำเสียอยู่ในระบบได้ นานขึ้น สำหรับในช่วงการศึกษาที่ 22-24 ตรงกับเทศกาลออกพรรษาโรงงาน เพิ่มผลผลิตจากวันละ 100 กิโลกรัม เป็น 150 กิโลกรัม และมีปริมาณน้ำเสีย

เฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากวันละ 1,804 ลิตร เป็น ประมาณ 2,000 ลิตร มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง และการเพิ่มปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ถังกรองนี้ ทำให้ตะกอนแบคทีเรียมีโอกาสดูดซับกับน้ำเสียเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ระยะเวลาที่ตกตะกอน (SRT) ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Young และ Dehab (1982) ที่กล่าวว่าระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในถังกรองไม่ใช่ออกซิเจนจะสัมพันธ์กับประสิทธิภาพของการกำจัดชีวมวลในการศึกษาระบบนี้มีประสิทธิภาพการกำจัดชีวมวลได้ร้อยละ 80.51 เมื่อนำประสิทธิภาพการบำบัดนี้ไปคำนวณตามสูตรของ Young และ McCarty (1969) จาก $E = 100 (1 - 1.8/T)$ เมื่อ E = ประสิทธิภาพในการกำจัดชีวมวล และ T = ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย เมื่อแทนค่าด้วยระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 45 ชั่วโมง ที่ใช้ในการทดลองนี้ ประสิทธิภาพในการกำจัดชีวมวลจะลดลงร้อยละ 96 ดังนั้นแสดงว่านอกจากระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายปัจจัย ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบกรองไม่ใช้ออกซิเจน เช่น ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ สารอาหารในน้ำเสีย จุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบ ปริมาตรตัวกรองชนิดของตัวกรอง เป็นต้น

5.4 ประสิทธิภาพของระบบกรองไม่ใช้ออกซิเจนในการกำจัดสารแขวนลอย

จากผลการศึกษาพบว่าระบบกรองไม่ใช้ออกซิเจน มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย โดยมีค่าเฉลี่ยสารแขวนลอยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ยที่ลดลง 89.68 (ภาพที่ 17) กล่าวคือสารแขวนลอยในน้ำเสียลดลงจาก 2,821 มก/ล เป็น 291 มก/ล คือลดลง 2,530 มก/ล ซึ่งลดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) วนการศึกษาทดลองที่น้ำก่อนเข้าระบบมีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำจะมีปริมาณสารแขวนลอยที่ออกจากระบบต่ำด้วย แสดงว่ามีการเพิ่มจำนวนแบคทีเรียที่เติบโตน้อย สำหรับในถังตกตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์สูงจะมีตะกอนเกิดขึ้นมาก ทำให้ปริมาณสารแขวนลอยสูงกว่า ถังกรอง 1 และ ถังกรอง 2 ตามลำดับ เมื่อมีการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ให้สูง โดยมีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 100 กิโลกรัม เป็น 150 กิโลกรัม เป็นการลดระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย (HRT) จะทำให้ปริมาณสารแขวนลอยหลุดออกมากับน้ำเสียที่ออกจากถังกรองคือ ปริมาณการรับน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด ซึ่งถ้าเพิ่มมากขึ้น

ทำให้สารแขวนลอยซึ่งเป็นตะกอนจุลินทรีย์และตะกอนสารอินทรีย์หลุดลอยออกมา
 มากับน้ำเสียเป็นจำนวนมาก การที่มีตะกอนติดออกมามากทำให้วัดค่าซีโรไดต์
 สูงผิดปกติ เมื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ลงค่าซีโรไดต์ก็ค่อย ๆ ลดลงมาจนถึงปกติ
 เหตุการณ์อันนี้ทำให้เห็นได้ชัดถึงประโยชน์อันหนึ่งของถังกรอง 2 กล่าวคือ
 ทำหน้าที่คล้ายเป็นถังตกตะกอนน้ำให้กับถังกรองตัวแรก นอกจากปริมาณน้ำเสีย
 แล้วปริมาณสารอินทรีย์ยังมีอิทธิพลต่อปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียที่ออกจาก
 ระบบอีกด้วยคือถ้าปริมาณสารอินทรีย์ในระบบต่ำ น้ำที่ออกจากระบบก็มีปริมาณ
 สารแขวนลอยต่ำด้วย (บุญส่ง และปรีชา, 2527) ทัศนะเป็นไปตามรายงาน
 ของบุญส่ง (2519) ซึ่งกล่าวว่าเนื่องจากการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์จะทำให้
 ปริมาณก๊าซเกิดเพิ่มขึ้น ซึ่งก๊าซที่เกิดขึ้นมากกว่าปกติ นั้นจะไปรบกวนและพัฒนา
 ให้ตะกอนของจุลินทรีย์พวกที่มีน้ำหนักเบาและมีขนาดตะกอนเล็กลอยขึ้นส่วนบนของ
 ถังหลุดออกมากับน้ำเสียได้ทำให้ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียสูงขึ้น หลังจาก
 จากนั้นเมื่อปริมาณก๊าซที่เกิดอยู่ในสภาพที่คงที่แล้วสารแขวนลอยที่หลุดออกมากับ
 น้ำเสียก็จะลดปริมาณลงอยู่ในสภาพที่คงที่ต่อไป การกำจัดสารแขวนลอยมีผลต่อ
 การลดค่าซีโรไดต์เพราะว่าตะกอนของสารอินทรีย์ที่แขวนลอยมาในน้ำเสียได้ถูก
 กำจัดออกไปแล้วเป็นบางส่วน อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าหากปล่อยให้น้ำ
 น้ำเสียอยู่ในระบบนานเท่าใด (โดยมีปริมาณรับน้ำเสียต่อวันน้อย) ประสิทธิภาพ
 ในการกำจัดสารแขวนลอยก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

5.5 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจน

เมื่อเปรียบเทียบราคาดังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปกับระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจน
 ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยคำนวณถึงแอมพิลท์ รุ่น AM-3 (AS-3+
 AF-3) ของบริษัท วอร์ม อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด (ภาคผนวก ข) จะเห็นว่า
 ระบบบำบัดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีราคาถูกกว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดอยู่
 ณขั้นที่น่าพอใจตัวกรองที่เลือกใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ หินบด ซึ่งเป็นวัสดุที่
 นิยมใช้เป็นตัวกรอง (สุรพล, 2518), บุญส่ง และปรีชา (2527) บุญสิน
 (2521) บุญถ้วนและคณะ (2532) นิตยา และคณะ (2531) เนื่องจากมีราคาถูก
 หาได้ง่ายคงทน เมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น แต่มีข้อเสียคือ มีพื้นที่ผิวน้อย มี

ความพรุนน้อยและมีน้ำหนักมาก . ส่วนตัวกรองที่ใช้น้ำถึงบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปผลิตจากวัสดุจำพวกพลาสติกพีวีซีและในสื่อน ทำให้น้ำหนักเบา มีพื้นที่ผิวและความพรุนมาก เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีราคาแพง จึงทำให้ตัวกรองเหล่านี้มีราคาแพงกว่าหินมาก วีระศักดิ์ (2537) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดของตัวกรองต่างชนิดกัน ปรากฏว่า หินบดเบอร์ 2 และตัวกรองพลาสติกกราฟีโอเทซิน แบบ Cross flow มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียไม่แตกต่างกัน

จากการศึกษาค่าซีรอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่าเฉลี่ย 9,507 มก/ล เมื่อน้ำผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยซีรอดีเหลือ 1,852 มก/ล ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง แต่ผู้ศึกษามีความพอใจเพราะสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มาก โดยลดปริมาณสารอินทรีย์ ความขุ่นและตะกอน เมื่อบดปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ทำให้ลดปัญหาเรื่องกลิ่น การเน่าเหม็นและการตื่นเงินของแหล่งน้ำ ปัญหาเกี่ยวกับแมลงและแหล่งเพาะพันธุ์ของพาหะโรคได้ นอกจากนั้นยังมียุทธวิธีที่จะนำใบพืชต่อเพื่อป้องกันระบบสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่นการนำใบชาขึ้นมอดปลาเพื่อบำบัดต่อไป น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์สำหรับการเกษตรและทำเป็นปุ๋ย น้ำจากตะกอนมาปรับปรุงดิน น้ำผลิตผล เช่น แอมโมเนียซัลเฟต กลับคืนมาใช้ เพราะฉะนั้นจึงสามารถที่จะรักษาทรัพยากรธรรมชาติไว้ได้ หากต้องการให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งน่าจะมีการศึกษาถึงวิธีการบำบัดเพิ่มเติมต่อระบบนี้ โดยเป็นการบำบัดรวมระหว่างถังกรองไม่ใช้ออกซิเจนและระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนที่เหมาะสม จะเป็นแนวทางการบำบัดที่มีประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่ายในการบำบัด

5.6 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบกรองไม่ใช้ออกซิเจนสำหรับบำบัดน้ำเสียจากโรงงานนมจืด สรุปได้ดังนี้

5.6.1 การออกแบบระบบบำบัดโดยการสร้างถังตกตะกอนและถังกรอง 2 ถังต่อเนื่องกัน คือ

5.6.1.1 ถังตกตะกอนปริมาตร 1.97 m^3 มีระยะพักตัวของน้ำเสีย 26 ชั่วโมง รับปริมาณสารอินทรีย์ 8.706 กก.ซีรอดี/ m^3 /วัน

5.6.1.2 ดังกรองน้ำช้ออกซิเจน 1 ปริมาตร 0.72 ลบ.ม
มีระยะพักตัวของน้ำเสีย 9.5 ชั่วโมงรับปริมาณสารอินทรีย์ 15.26 กก.ชีโรดี/
ม³/วัน

5.6.1.3 ดังกรองน้ำช้ออกซิเจน 2 ปริมาตร 0.70 ลบ.ม
มีระยะพักตัวของน้ำเสีย 9.5 ชั่วโมง รับปริมาณสารอินทรีย์ 9.62 กก.ชีโรดี/
ม³/วัน ภายใต้งดกรองทั้ง 2 ถึง บรรจุหินขนาด 25-35 มม. เป็นตัวกรอง
มีความสูง 1.2 ม. ปริมาตรช่องว่างภายในตัวกรองรวมทั้ง 2 ถึง 1.43 ม³
ช่องว่างตัวกรองร้อยละ 49

5.6.2 ระบบกรองน้ำช้ออกซิเจน ทำให้น้ำเสียมีคุณภาพดีขึ้นโดยมี
ประสิทธิภาพการบำบัดชีโรดีที่ลดลงได้จาก 9,507 มก/ล เหลือ 1,852 มก/ล

5.6.3 มีประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอยของระบบกรองน้ำช้อ
ออกซิเจนลดลงได้จาก 2,821 มก/ล เหลือ 291 มก/ล

5.6.4 เมื่อพิจารณาถึงการออกแบบระบบบำบัดโดยการสร้างถังตกตะกอน
และดังกรอง 2 ถึง ต่ออนุกรมกัน

5.6.4.1 ถังตกตะกอน ดังกรอง 1 และดังกรอง 2 มี
ประสิทธิภาพในการบำบัดชีโรดีแตกต่างกันโดยที่ดังกรอง 2 มีประสิทธิภาพ
การบำบัดชีโรดีดีที่สุด รองลงมาคือดังกรอง 1 และถังตกตะกอน โดยมี
ประสิทธิภาพการบำบัดชีโรดีลดลงร้อยละ 50.44, 38.35 และ 36.22
ตามลำดับ และถังตกตะกอนมีประสิทธิภาพในการบำบัดชีโรดีไม่แตกต่างกัน

5.6.4.2 ถังตกตะกอน ดังกรอง 1 และดังกรอง 2 มี
ประสิทธิภาพในการบำบัดสารแขวนลอยแตกต่างกัน ถังตกตะกอนมีประสิทธิภาพ
ในการบำบัดสารแขวนลอยดีที่สุดรองลงมาคือ ดังกรอง 2 และดังกรอง 1 โดย
มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารแขวนลอยลดลงร้อยละ 75.43, 40.63 และ
29.26 ตามลำดับ

5.6.5 ระบบกรองน้ำช้ออกซิเจน ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบมี
ราคาถูกและเป็นการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปประยุกต์ใช้กับโรงงานนมจืด

5.7 ข้อเสนอแนะ

5.7.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจนไปใช้

5.7.1.1 ควรมีการเพิ่มถังตกตะกอนต่อจากถังกรองอีก 1 ถัง ก่อนปล่อยน้ำเสียออกสู่ภายนอก เพื่อช่วยตกตะกอนสารแขวนลอยในน้ำเสียไม่ให้ ออกไปกับน้ำทิ้ง เนื่องจากน้ำทิ้งมีสารแขวนลอยสูง

5.7.1.2 ควรเลือกใช้ระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจนควบคู่กับระบบ บำบัดที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสภาพพื้นที่ เพื่อบำบัดต่อไป

5.7.1.3 น้ำก่อนเข้าระบบบำบัดควรมีการตกตะกอนแยก เอลापิ้งออกก่อน โดยสร้างถังตกตะกอนเพิ่มอีก

5.7.1.4 ควรก่อสร้างถังกรองเพิ่มในระบบบำบัดอีกโดยต่อ อนุกรมกันเพื่อเพิ่มระยะเวลาเก็บน้ำเสีย ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น

5.7.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาวิจัยต่อไป

5.7.2.1 ควรมีการศึกษาเพื่อหาแนวทางการลดกลิ่นเหม็น ในน้ำทิ้ง โดยอาจเพิ่มถังบรรจุถ่าน เพื่อดูดซับกลิ่นเหม็นในน้ำทิ้งก่อนปล่อยออก

5.7.2.2 ควรศึกษาถึงรูปแบบของระบบบำบัดที่จะเพิ่มเติมจาก ระบบกรองน้ำใช้ออกซิเจนซึ่งำใช้ในการวิจัย เพื่อจะำให้ได้น้ำทิ้งที่ำก้ล้ ำก้ยกับ มาตรฐานน้ำทิ้ง

5.7.2.3 ควรมีการศึกษาระยะเวลาการทำงานของระบบเพื่อ ศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมการบำรุงรักษาระบบและระยะเวลาการอุดตัน ของตัวกรอง

5.7.2.4 ควรมีการศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและ ปริมาณของน้ำเสียจากโรงงานขมจีน