ผลและวิจารณ์

การศึกษานี้เริ่มทำการเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ โดยนำตะกอนจุลินทรีย์จากบ่อหมักของโรงงานบุญรอดบริเวอรี่ มาพักไว้ในถังฝาปิดป้อนน้ำเสียเข้าระบบที่ซีโอดีประมาณ 5000 มิลลิกรัมต่อลิตรปริมาณ1ลิตรและถ่ายออกทุกวันในปริมาณที่เท่ากัน โดยน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิต ชำระล้างอุปกรณ์และพื้นโรงงานส่วนของการผลิต ติดตามค่าซีโอดีของน้ำในถังปฏิกิริยาจนค่าซีโอดีค่อนข้างคงที่ แล้วจึงถ่ายตะกอนจุลินทรีย์เข้าระบบจำลองแอนแอร์โรบิคคอนแทคแล้วจึงปรับอัตราการเติมน้ำเสียตามชุดการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 6 ชุดการทดลอง โดยกำหนดจากค่าซีโอดีเฉลี่ยของโรงงานขนมจีนซึ่งอยู่ในช่วง 2,500-6,000 มิลลิกรัมต่อลิตรและเลือกใช้ F/M ratio ในช่วงที่เหมาะสมตามทฤษฎีคือที่ 0.5 และ 1 นำมาคำนวณหาค่าระยะเวลาเก็บกักได้ 0.625 0.83 และ1.25 วัน ตามลำดับ คิดเป็นภาระบรรทุกสารอินทรีย์เชิงปริมาตรได้ 1 และ 2 Kg-COD/m^3-d ติดตามตัวแปรต่อไปนี้คือ COD, SS, Temp, pH, VFA, ALK และ ORP เพื่อประเมินประสิทธิภาพ การดำเนินระบบจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous Flow)

1. ลักษณะทั่วไปของระบบที่สภาวะการทดลองต่างๆ

1.1 ลักษณะทางกายภาพ

การศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนซึ่งมีความขุ่นมากเนื่องจากปริมาณตะกอนแป้งที่ปนอยู่ดังแสดงในภาพที่ 18 น้ำเสียจะถูกเจือจางให้ได้ค่าภาระบรรทุกเชิงปริมาตรตามที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นน้ำเสียถูกสูบเข้าถังปฏิกิริยาตามอัตราการไหลและมีระยะเวลาเก็บกักตามแต่ละชุดการทดลอง ระบบสามารถทำงานได้ดีทุกชุดการทดลอง น้ำออกจากระบบมีลักษณะค่อนข้างใสดังแสดงในภาพที่ 19 เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพและประกอบกับระบบมีถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์และของแข็งแขวนลอยต่างๆออกก่อน ก่อนปล่อยสู่ภายนอกดังแสดงในภาพที่ 20 โดยมีรายละเอียดของแต่ละชุดการทดลองดังนี้

1.1.1 ชุดการทดลองที่ 1 ภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 1 KgCOD/m^3-d ที่ระยะเวลากักเก็บที่ 0.625 วัน

ลักษณะการทำงานของชุดการทดลองที่ 1 ระบบสามารถทำงานได้ดี โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 88.84 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างทำการทดลองมีสลัดจ์เล็กๆ บางส่วน แขวนลอยอยู่บริเวณผิวน้ำในถังตกตะกอน และระหว่างการเดินระบบจะมีฟองคล้ายผงซักฟอก แต่มีความเหนียวมากกว่า เกิดขึ้นเป็นบางครั้งและก็จะไหลล้นออกจากถังตกตะกอนหรือแตกหายไปเอง

1.1.2 ชุดการทดลองที่ 2 ภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 2 KgCOD/m^3-d ที่ระยะเวลากักเก็บที่ 0.625 วัน

ลักษณะการทำงานของชุดการทดลองที่ 2 ระบบสามารถทำงานได้ดี โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 87.67 เปอร์เซ็นต์ และเริ่มมีสกัมสีขาวเกาะอยู่ที่ผนังของถังปฏิกิริยาบริเวณผิวน้ำ ในส่วนของถังตกตะกอนจะเกิดฟองเล็กๆเกิดขึ้นบ้างและมีสลัดจ์เล็กๆ บางส่วนที่ลอยขึ้นมากับฟองก๊าซที่เกิดภายในถังตกตะกอน จึงทำให้สลัดจ์ส่วนนั้นไหลล้นออกจากถังตกตะกอนบ้างเล็กน้อย

1.1.3 ชุดการทดลองที่ 3 ภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 1 KgCOD/m^3-d ที่ระยะเวลากักเก็บที่ 0.83 วัน

ลักษณะการทำงานของชุดการทดลองที่ 3 ระบบสามารถทำงานได้ดี โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 91.40 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเดินระบบจะมีฟองเกิดขึ้นในถังตกตะกอนคล้ายกับที่เกิดขึ้นในชุดการทดลองที่ 2 มีสกัมสีขาวเกาะอยู่ที่ผนังของถังปฏิกิริยาบริเวณผิวน้ำเช่นกัน ในส่วนของถังตกตะกอนจะเกิดฟองเล็กๆคล้ายกับชุดการทดลองที่ 2 มีสลัดจ์บางส่วนที่ลอยขึ้นมากับฟองก๊าซที่เกิดภายในถังตกตะกอน จึงทำให้สลัดจ์ส่วนนั้นไหลล้นออกจากถังตกตะกอนบ้าง

1.1.4 ชุดการทดลองที่ 4 ภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 2 KgCOD/m^3-d ที่ระยะเวลากักเก็บที่ 0.83 วัน

ลักษณะการทำงานของชุดการทดลองที่ 4 ระบบสามารถทำงานได้ดี โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 89.30 เปอร์เซ็นต์ในช่วงเดินระบบจะมีฟองเกิดขึ้นในถัง

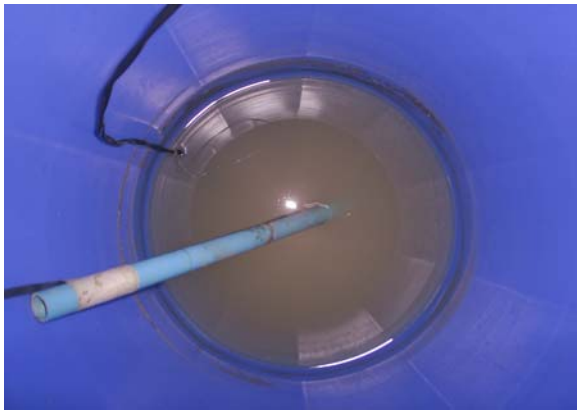
ตกตะกอนคล้ายกับที่เกิดขึ้นในชุดการทดลองที่ 2 แต่จะมีสกัมสีขาวเกาะอยู่ที่ผนังของถังปฏิกิริยาบริเวณผิวน้ำเพิ่มมากขึ้นและมีสกัมบางส่วนที่หลุดลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ และถูกกวนผสมอยู่ในถังปฏิกิริยา

1.1.5 ชุดการทดลองที่ 5 ภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 1 KgCOD/m^3-d ที่ระยะเวลากักเก็บที่ 1.25 วัน

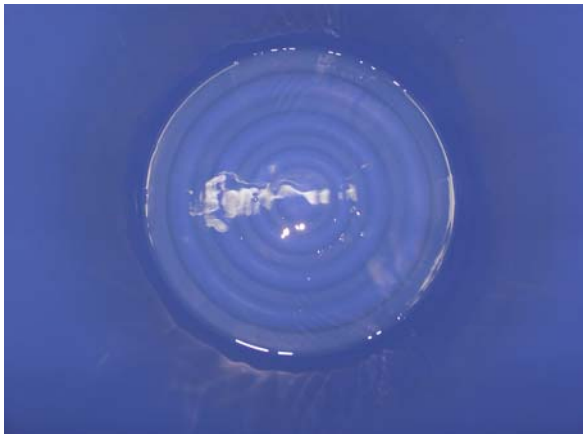
ลักษณะการทำงานของชุดการทดลองที่ 5 ระบบสามารถทำงานได้ดี โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 92.21 เปอร์เซ็นต์ จะมีฟองเล็กๆเกิดขึ้นในถังตกตะกอนคล้ายกับ ชุดการทดลองที่ผ่านมา แต่จะมีสกัมสีขาวเกาะอยู่ที่ผนังของถังปฏิกิริยาบริเวณผิวน้ำเพิ่มมากขึ้น บางส่วนที่หลุดลอยอยู่บริเวณผิวน้ำก็ถูกกวนผสมอยู่ในถัง ในส่วนของถังตกตะกอนจะเกิดฟองเล็กๆคล้ายกับชุดการทดลองที่ผ่านมามีสลัดจ์บางส่วนที่ลอยขึ้นมากับฟองก๊าซที่เกิดภายในถังตกตะกอน

1.1.6 ชุดการทดลองที่ 6 ภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 2 KgCOD/m^3-d ที่ระยะเวลากักเก็บที่ 1.25 วัน

ลักษณะการทำงานของชุดการทดลองที่ 6 ระบบสามารถทำงานได้ดี โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 91.29 เปอร์เซ็นต์ จะมีฟองเล็กๆเกิดขึ้นในถังตกตะกอนคล้ายกับที่เกิดขึ้นในชุดการทดลองทั้ง 5 ชุดการทดลองที่ผ่านมา และมีสกัมสีขาวเกาะอยู่ที่ผนังของถังปฏิกิริยาบริเวณผิวน้ำเพิ่มมากขึ้นด้วย บางส่วนที่หลุดลอยอยู่บริเวณผิวน้ำก็ถูกกวนผสมอยู่ในถัง ในส่วนของถังตกตะกอนจะเกิดฟองเล็กๆคล้ายกับชุดการทดลองที่มีสลัดจ์บางส่วนที่ลอยขึ้นมากับฟองก๊าซที่เกิดภายในถังตกตะกอน จึงทำให้สลัดจ์ส่วนนั้นไหลล้นออกจากถังตกตะกอนบ้างเพียงเล็กน้อย



ภาพที่ 18 น้ำเข้าระบบแอนแอร์โรบิคคอนแทค



ภาพที่ 19 น้ำออกจากระบบแอนแอร์โรบิคคอนแทค

ภาพที่ 20 น้ำออกจากถังตกตะกอนของระบบแอนแอร์โรบิคคอนแทค

1.2 สภาวะแวดล้อมของระบบ

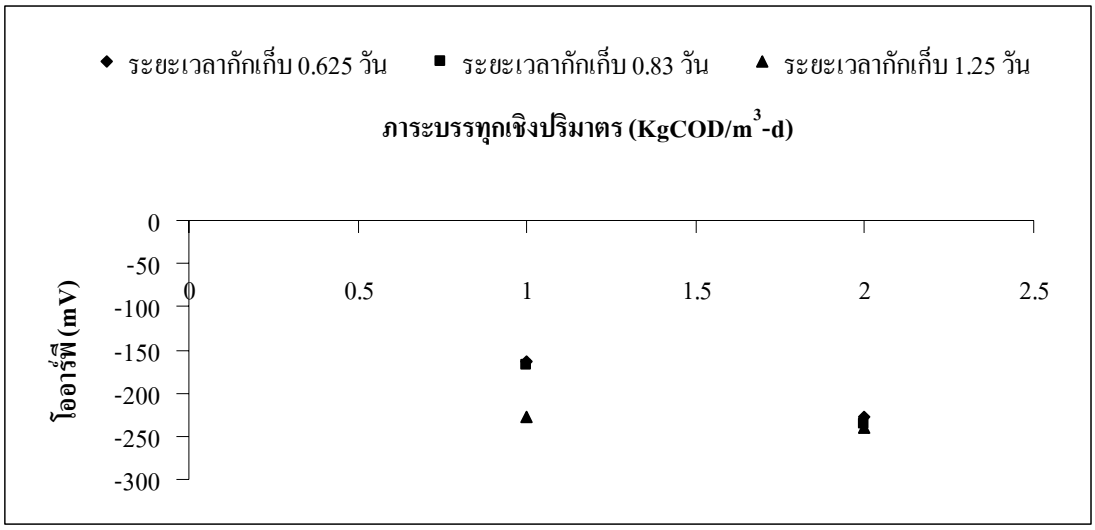
ทุกชุดการทดลองระบบจะถูกควบคุมให้อยู่ในสภาวะไร้อากาศตลอดการทดลอง โดยยืนยันจากค่าโออาร์พีและต้องมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สำคัญคือ อุณหภูมิ พีเอช และค่า VFA/ALK ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.2.1 ค่า ORP (Oxidation Reduction Potential)

ค่าโออาร์พีที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงในตารางที่ 10 และภาพที่ 21 จากผลการศึกษาพบว่าค่า ORP ในน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 55.85 ถึง 191.14 มิลลิโวลท์ ถังปฏิกิริยามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง -163.71 ถึง -240.14 มิลลิโวลท์ และน้ำออกมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง -73.71 ถึง -168.28 มิลลิโวลท์ ซึ่งค่าที่ได้ในแต่ละการทดลองจากระบบที่มีภาระบรรทุกสารอินทรีย์เชิงปริมาตร เดียวกันมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน และการที่ค่า ORP มีค่าที่เป็นลบนี้แสดงให้เห็นว่าระบบเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน ซึ่งสอดคล้องกับ มั่นสิน (2542) กล่าวว่า ถ้าค่า ORP เป็นบวกย่อมแสดงว่าปฏิกิริยาการย่อยแบบไร้ออกซิเจนเกิดขึ้นน้อยหรือไม่เกิดขึ้นแต่ถ้าโออาร์พีมีค่าเป็นลบแสดงว่า ปฏิกิริยาย่อยไร้ออกซิเจนเกิดขึ้นได้ดี โออาร์พีจะแสดงถึงความสามารถในการรับอิเล็คตรอนของสารละลายหรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน พารามิเตอร์นี้วัดปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากการถ่ายเทอิเล็คตรอนที่เกิดขึ้นในน้ำ ค่าโออาร์พีที่ได้อาจเป็นบวกหรือลบก็ได้ โดยทั่วไปจะวัดค่าโออาร์พีได้ค่าบวกในน้ำที่มีออกซิเจนหรือไนเตรตและวัดโออาร์พีได้ค่าลบในน้ำเสียที่ปราศจากออกซิเจน เช่น ถ้าโออาร์พีวัดได้ค่าบวกแสดงว่าสารละลายนี้มีสารรับอิเล็คตรอนได้ดี เช่น มีออกซิเจนละลายน้ำเป็นต้น แต่ถ้าวัดโออาร์พีได้ค่าเป็นลบแสดงว่าสารละลายมีความสามารถรับอิเล็คตรอนได้น้อยหรือมีความสามารถในการให้อิเล็คตรอนได้ดี ถ้าโออาร์พีมีค่าเป็นบวกแสดงว่า ปฏิกิริยาย่อยไร้ออกซิเจนเกิดขึ้นได้น้อยหรือไม่เกิดขึ้นแต่ถ้าโออาร์พีมีค่าเป็นลบแสดงว่า ปฏิกิริยาย่อยไร้ออกซิเจนเกิดขึ้นได้ดี จากการศึกษาจะมีค่าที่เข้าใกล้ -300 มิลลิโวลท์ ซึ่งแสดงว่าระบบเกิดการย่อยแบบไร้ออกซิเจน ถึงแม้มีค่าที่ต่ำกว่าคำแนะนำแต่ระบบยังมีเสถียรภาพในการบำบัดน้ำเสีย จากการทดลองพบว่า โออาร์พีในถังปฏิกิริยามีค่าเป็นลบมากกว่าในน้ำทิ้ง เห็นได้ชัดว่าค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์มีผลต่อโออาร์พีในถังปฏิกิริยาและในน้ำทิ้ง เห็นได้ว่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าโออาร์พีของถังปฏิกิริยาและในถังน้ำทิ้งมีแนวโน้มเป็นลบเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 10 ค่าโออาร์พีในน้ำเสียเข้าสู่ระบบ ถังปฏิกิริยาและที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ

ระยะเวลากักเก็บ (วัน)	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (KgCOD/m^3-d)	ORP (mV)		
		น้ำเข้า	ถังปฏิกิริยา	น้ำออก
0.625	1	55.85	-163.71	-73
0.625	2	165.85	-228.42	-151
0.83	1	67	-166.85	-68.14
0.83	2	184.71	-235.28	-164.71
1.25	1	68.85	-228.14	-111.85
1.25	2	191.14	-240.14	-168.28

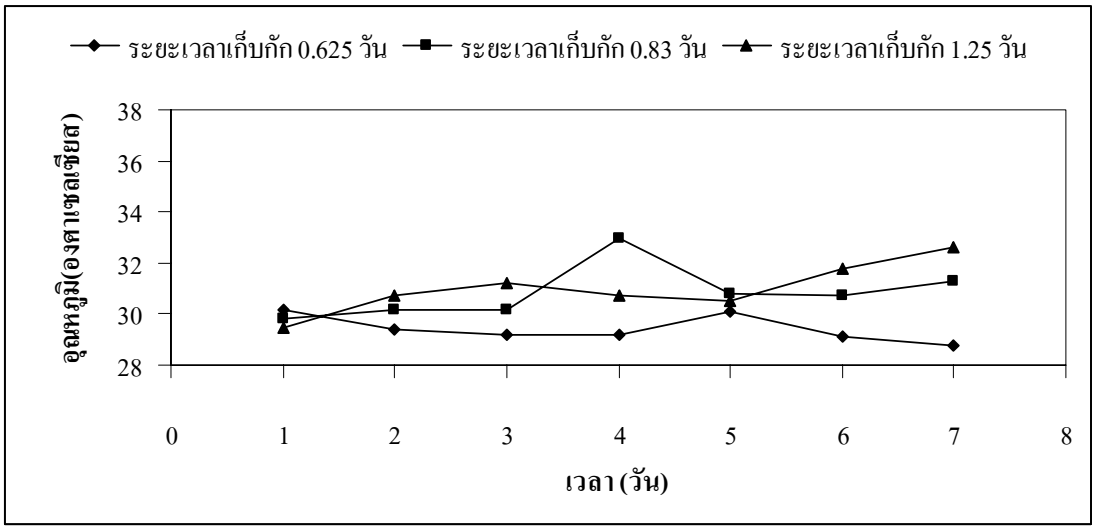


ภาพที่ 21 ค่าโออาร์พีที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆในถังปฏิกิริยา

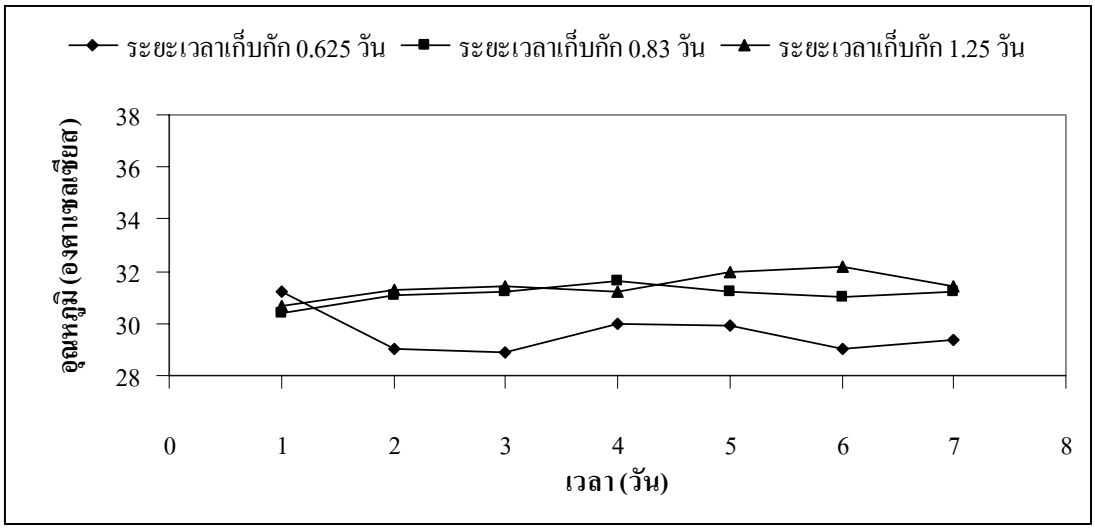
1.2.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบ ถังปฏิกิริยา และในน้ำทิ้งที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เชิงปริมาตร (Volumetric Loading) 1 และ 2 kg-COD/m^3-d ดังแสดงในภาพที่ 22 และ 23 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบ (Influent) ในถังปฏิกิริยา (Reactor)

และอุณหภูมิในน้ำทิ้ง (Effluent) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.75-27.87, 29.42-31.45 และ 28-29.02 °C ตามลำดับ จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า ระบบมีค่าอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันทุกการทดลองและอยู่ในช่วง Mesophilic คือ ระหว่าง 30 – 40 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่ค่อนข้างเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในถังหมักและช่วงนี้มีอัตราการย่อยสลายสูงกว่าช่วง Psychrophilic จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าค่าของอุณหภูมิไม่ได้รับผลกระทบแต่อย่างใดจากการเพิ่มขึ้นของอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Volumetric Loading) หรือลดระยะเวลาเก็บกับน้ำ (HRT) ซึ่งอุณหภูมิขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมมากกว่า



ภาพที่ 22 อุณหภูมิในถังปฏิกิริยาที่ F/M ratio 0.5



ภาพที่ 23 อุณหภูมิในถังปฏิกิริยาที่ F/M ratio 1

1.2.3 พีเอช (pH)

พีเอชในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบ ถังปฏิกิริยาและในน้ำทิ้งจากระบบ แสดงในตารางที่ 11 น้ำเสียก่อนเข้าระบบจะถูกปรับพีเอชให้มีพีเอชเท่ากับ 7 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมแก่การทำงานของแบคทีเรียที่สร้างกรดอินทรีย์และแบคทีเรียที่สร้างมีเทน จากการทดลองพบว่า พีเอชในถังปฏิกิริยาอยู่ในช่วง 6.80-6.86 ซึ่งสอดคล้องกับ เสริมพล (2524) กล่าวว่า ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนอยู่ในช่วงระหว่าง 6.6-7.6 ถ้าพีเอชสูงหรือต่ำกว่านี้ ประสิทธิภาพของระบบจะลดลง ที่ค่าพีเอชต่ำกว่า 6.2 ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างรวดเร็ว เพราะสภาวะเป็นกรดนั้นจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างมีเทน จากการทดลองพบว่าพีเอชจะลดลงเล็กน้อยเนื่องจากการย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศสารอินทรีย์ต่างๆจะถูกย่อยโดยแบคทีเรียสร้างกรดให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งถ้ากรดอินทรีย์เหล่านี้ไม่สามารถนำไปใช้โดยแบคทีเรียสร้างมีเทนได้ทันก็จะเกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ขึ้น กรดเหล่านี้จะทำให้พีเอชของระบบลดลง ถ้าระบบไร้ออกซิเจนมีกำลังบัฟเฟอร์พอเพียง อิทธิพลของกรดอินทรีย์ก็ปรากฏเพียงเล็กน้อยคือพีเอชจะลดลงไม่มาก แต่ถ้าระบบมีกำลังบัฟเฟอร์ไม่พอเพียง กรดอินทรีย์จะลดพีเอชของระบบ ทำให้เกิดการชะลออัตราการเติบโตของแบคทีเรียสร้างมีเทน และเมื่อปล่อยให้ให้สภาวะเช่นนี้เกิดขึ้นต่อไปอีก พีเอชก็ยิ่งลดลงเพราะกรดอินทรีย์สะสมตัวเพิ่มขึ้นอีกจนในที่สุดถังย่อยจะไม่ให้ก๊าซมีเทนเลยจนทำให้ระบบล้มเหลว

ตารางที่ 11 พีเอชในน้ำเสียเข้าสู่ระบบ ถังปฏิกิริยาและน้ำทิ้งจากระบบที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ

ระยะเวลาเก็บกัก (วัน)	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เชิงปริมาตร (kg-COD/m^3-d)	พีเอช		
		น้ำเข้า	ถังปฏิกิริยา	น้ำออก
0.625	1	7	6.81	7.24
0.625	2	7	6.80	7.23
0.83	1	7	6.82	7.26
0.83	2	7	6.81	7.26
1.25	1	7	6.86	7.32
1.25	2	7	6.85	7.29

1.2.4 อัตราส่วนระหว่างกรดอินทรีย์ระเหยง่ายกับค่าความเป็นด่าง (VFA/ALK)

ค่าความเป็นด่างที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงดังตารางที่ 12 จากผลการศึกษาพบว่าในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบ (Influent) มีค่าความเป็นด่างโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 172.5-212.5 mg/l as$CaCO_3$ และในถังปฏิกิริยา (Reactor) มีค่าความเป็นด่างโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 300-537.5 mg/l as$CaCO_3$ จะเห็นได้ว่าระบบมีค่าความเป็นด่างที่ใกล้เคียงกันที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เดียวกัน แม้ว่าค่าความเป็นด่างที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าที่ต่ำกว่าคำแนะนำสำหรับการควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ คือ 1,500–2,000 mg/l as$CaCO_3$ (มั่นสิน, 2542) แต่ระบบสามารถดำเนินไปได้โดยไม่ล้มเหลว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยที่สำคัญกว่าสภาพความเป็นด่าง คืออัตราส่วนระหว่างกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพความเป็นด่าง (VFA/ALK)

ตารางที่ 12 ALK ในน้ำเสียเข้าสู่ระบบและถังปฏิกิริยาที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ

ระยะเวลาเก็บกัก (วัน)	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ($KgCOD/m^3$-d)	สภาพด่าง (mg/l as$CaCO_3$)	
		น้ำเข้า	ถังปฏิกิริยา
0.625	1	177.50	316.42
0.625	2	186.78	442.85
0.83	1	180.35	327.14
0.83	2	193.21	455.35
1.25	1	183.21	484.28
1.25	2	197.14	530

เมื่อพิจารณาค่า VFA/ALK ของระบบจะพบว่า อัตราส่วนระหว่างกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพความเป็นด่างมีค่าน้อยกว่า 0.4 ทุกชุดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 13 ซึ่งสอดคล้องกับ มั่นสิน (2542) กล่าวว่า ระบบจะจัดว่าระบบมีกำลังบัฟเฟอร์สูงเมื่อค่า VFA/ALK มีค่าต่ำกว่า 0.4 เมื่อค่า VFA/ALK สูงเกิน 0.4 ระบบเข้าสู่สภาวะที่เสียสมดุลกำลังบัฟเฟอร์ของระบบที่มีอยู่เริ่มลดลงและอาจไม่เพียงพอ

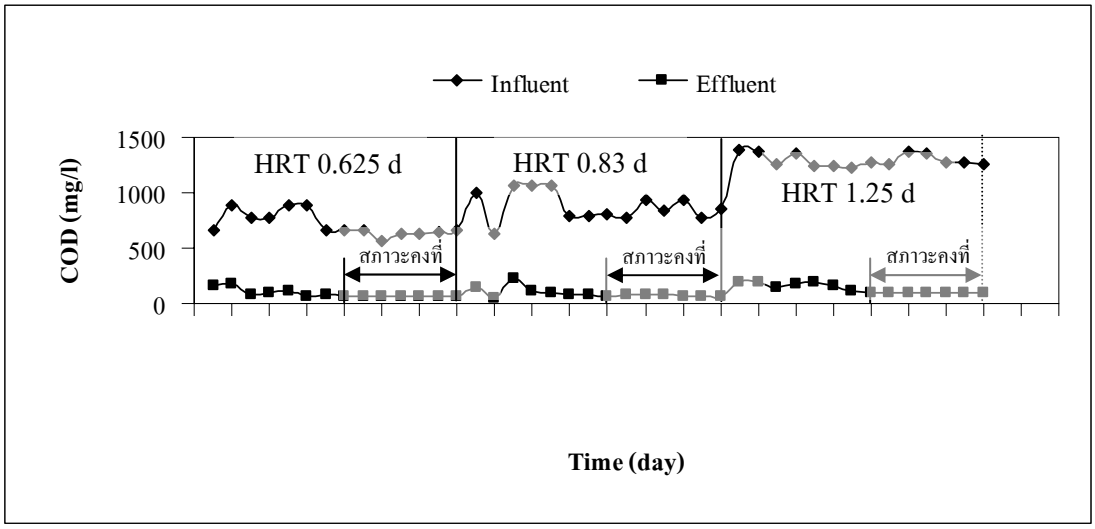
ตารางที่ 13 VFA/ALK ในน้ำเสียเข้าสู่ระบบและถังปฏิกิริยาที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ

ระยะเวลาเก็บกัก (วัน)	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ($KgCOD/m^3$-d)	VFA/ALK	
		น้ำเข้า	ถังปฏิกิริยา
0.625	1	0.61	0.15
0.625	2	0.64	0.28
0.83	1	0.61	0.12
0.83	2	0.64	0.21
1.25	1	0.61	0.06
1.25	2	0.67	0.17

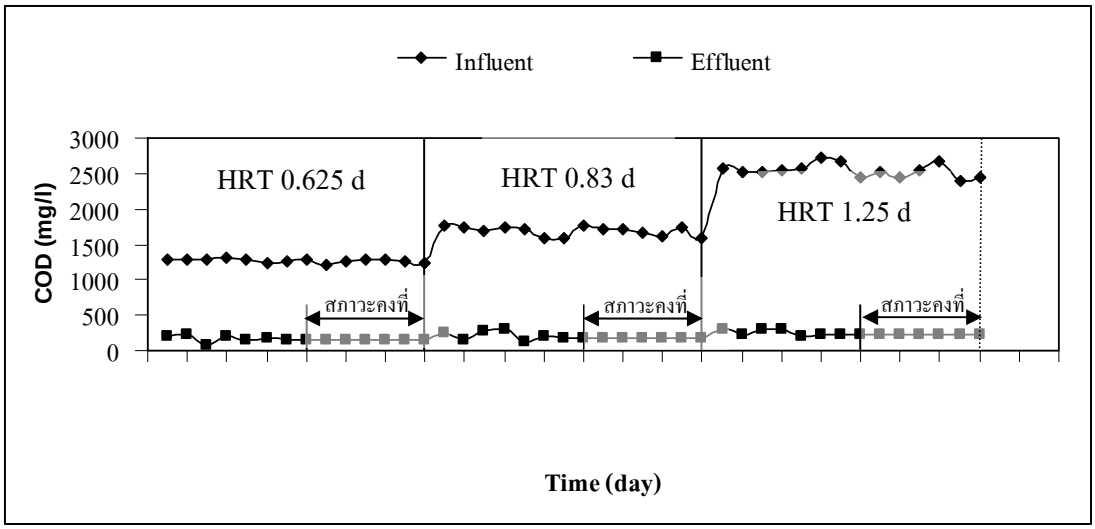
2. การบำบัดน้ำเสียโดยระบบแอนแอร์โรบิคคอนแทค

2.1 การกำจัดซีโอดี

ระบบจำลองแอนแอร์โรบิคคอนแทคที่ใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงงานผลิตเส้นขนมจีน สามารถกำจัดสารอินทรีย์ โดยติดตามในรูปค่าซีโอดี (COD) พบว่าที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เชิงปริมาตร 1 KgCOD/m^3-d หรือ F/M เท่ากับ 0.5 สามารถลดค่าซีโอดีจาก 634.05, 842.82 และ 1297.06 mg/l เหลือ 70.57, 72.05 และ 100.88 mg/l ตามลำดับ และเมื่อปรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์เชิงปริมาตรเป็น 2 KgCOD/m^3-d หรือ F/M เท่ากับ 1 สามารถลดค่าซีโอดีจาก 1254.39, 1686.15 และ 2491.99 mg/l เหลือ 154.54, 180.26 และ 217.26 mg/l ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 24 และ 25



ภาพที่ 24 ซีโอดีในน้ำเข้าและน้ำออกของระบบที่ภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 1 KgCOD/m^3-d ที่เวลาเก็บกัก 0.625 0.83 และ 1.25 วัน



ภาพที่ 25 ซีโอดีในน้ำเข้าและน้ำออกของระบบที่ภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 2 KgCOD/m^3-d ที่เวลาเก็บกัก 0.625 0.83 และ 1.25 วัน

2.1.1 ผลของระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

จากการทดลองพบว่า ที่ F/M ratio เดียวกันเมื่อระยะเวลาเก็บกักเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีจะเพิ่มขึ้น เช่นที่อัตราภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 1 KgCOD/m^3-d เมื่อค่าซีโอดีเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ระบบสามารถกำจัดซีโอดีได้จนเหลือซีโอดีใกล้เคียงกันโดยการปรับระยะเวลาเก็บกักเพิ่มตามด้วย กล่าวคือ ในการกำจัดซีโอดีที่ 634.05, 842.82 และ 1297.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 0.625, 0.83 และ 1.25 วันตามลำดับ ซึ่งเมื่อคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 88.84 เป็นร้อยละ 91.40และร้อยละ 92.21 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาเก็บกักเพิ่มขึ้น ทั้งนี้มีแนวโน้มเดียวกันทั้งสองชุด เนื่องจากจุลินทรีย์กับสารอินทรีย์มีเวลาสัมผัสกันนานขึ้นผลที่ได้คือความสามารถในการถ่ายเทมวลสารมากขึ้นทำให้สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากกว่า ระบบจึงมีประสิทธิภาพดีกว่า ประกอบกับระยะเวลาเก็บกักอยู่ในช่วงที่เหมาะสมซึ่งสอดคล้องกับ Metcalf and Eddy (2004) กล่าวว่า ระบบบำบัดไร้อากาศแบบกวนสมบูรณ์ ควรมีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 0.5-5 วัน ที่อัตราภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 1.0-8.0 KgCOD/m^3-d และ มั่นสิน (2542) กล่าวว่าโดยธรรมชาติของการบำบัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ไร้อากาศ สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ประเภทสร้างกรดไปเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่ายก่อนที่จะย่อยต่อโดยจุลินทรีย์ประเภทสร้างมีเทน ไปเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งในกระบวนการที่สารอินทรีย์ถูกย่อยไปเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่ายนี้ค่าซีโอดี (COD) ของระบบยังไม่ลดลงเนื่องจาก

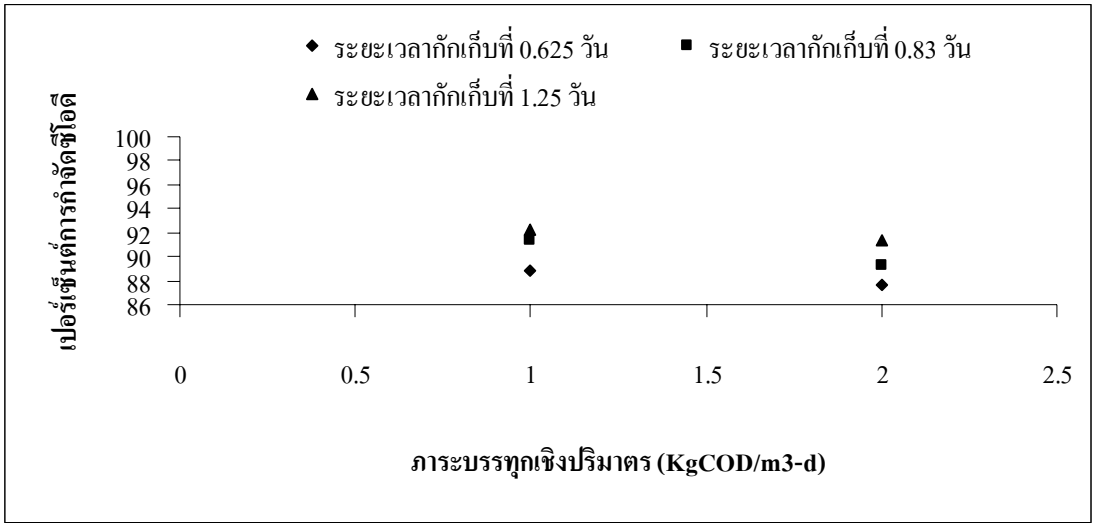
กรดอินทรีย์คือสารอินทรีย์เช่นกัน โดยค่าซีโอดี (COD) จะมีค่าลดลงก็ต่อเมื่อมีการใช้กรดอินทรีย์ระเหยง่ายเหล่านั้น ย่อยต่อไปเป็นก๊าซมีเทนและหนีออกนอกระบบ ถ้ากรดอินทรีย์ระเหยง่ายเหล่านั้นไม่สามารถถูกย่อยหรือย่อยได้ไม่ทันให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพหรือก๊าซมีเทนได้ ทำให้ค่าของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายเหลือตกค้างในระบบมากขึ้น ส่งผลให้ค่าซีโอดีในน้ำทิ้งจากระบบไม่ลดลงหรือลดลงได้น้อย จึงทำให้ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT) นานๆส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่ามากกว่าที่ระยะเวลาเก็บกักสั้นๆ

2.1.2 ผลของอัตราภาระบรรทุกเชิงปริมาตรต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

จากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่า เมื่ออัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Volumetric Loading) เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD) มีแนวโน้มลดลงดังแสดงในภาพที่ 26 เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาเก็บกักเดียวกันคือที่ 0.625 วัน เมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 1 เป็น 2 KgCOD/m^3-d ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยลดลงจากร้อยละ 88.84 เป็น 87.67 และเมื่อปรับระยะเวลาเก็บกักเป็น 0.83 และ 1.25 วัน พบว่าผลการทดลองมีแนวโน้มเดียวกันคือประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีลดลงจากร้อยละ 91.4 และ 92.21 เป็นร้อยละ 89.3 และ 91.29 ตามลำดับ เนื่องจากการเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบมากขึ้น ก็คือการเพิ่ม F/M ratio นั่นเอง ดังแสดงในตารางที่ 14 ในขณะที่จุลินทรีย์เท่าเดิม ทำให้จุลินทรีย์ประเภทสร้างกรดได้รับสับสเตรตเพิ่มมากขึ้น การตอบสนองต่อการเพิ่มสับเตรตก็คือการเพิ่มการเจริญเติบโตให้สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถสร้างกรดอินทรีย์ต่างๆและผลปฏิกิริยาอื่นๆเพิ่มขึ้น สิ่งเหล่านี้จะเร่งให้แบคทีเรียสร้างมีเทนต้องการ การเจริญเติบโตของตัวเองเพื่อให้สามารถทำลายกรดอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นโดยแบคทีเรียสร้างกรดได้ทัน แต่เนื่องจากความสามารถการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสร้างมีเทนมีค่าต่ำกว่าของแบคทีเรียสร้างกรดและเป็นแบคทีเรียที่ต้องการสารอินทรีย์เพียงบางชนิดอย่างเจาะจงทำให้อัตราการย่อยกรดอินทรีย์ต่ำกว่าอัตราการสร้างกรดอินทรีย์ และมีการสะสมตัวของกรดอินทรีย์เกิดขึ้น ทำให้แบคทีเรียสร้างมีเทนไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นได้ทันในช่วงเวลาที่กำหนดโดยทั่วไปแล้วจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยง่ายก่อน หลังจากนั้นจึงทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยยากซึ่งต้องใช้ระยะเวลานาน และถ้าระบบย่อยสลายไม่ทันของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กที่ไม่ถูกย่อยสลายจะถูกน้ำพัดพาไหลรวมไปกับน้ำทิ้งออกนอกระบบทำให้ค่า COD ในน้ำทิ้งมีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 14 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ค่า F/M ratio และค่าภาระบรรทุกเชิงปริมาตรต่างๆ

ระยะเวลาเก็บกัก day	F/M ratio 1/day	ภาระบรรทุกเชิงปริมาตร KgCOD/m^3-day	ประสิทธิภาพการกำจัด (%) COD
0.625	0.5	1	88.84
0.83	0.5	1	91.40
1.25	0.5	1	92.21
ค่าเฉลี่ย	0.5	1	90.84
0.625	1	2	87.67
0.83	1	2	89.30
1.25	1	2	91.29
ค่าเฉลี่ย	1	2	89.42



ภาพที่ 26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีกับค่าภาระบรรทุกเชิงปริมาตร

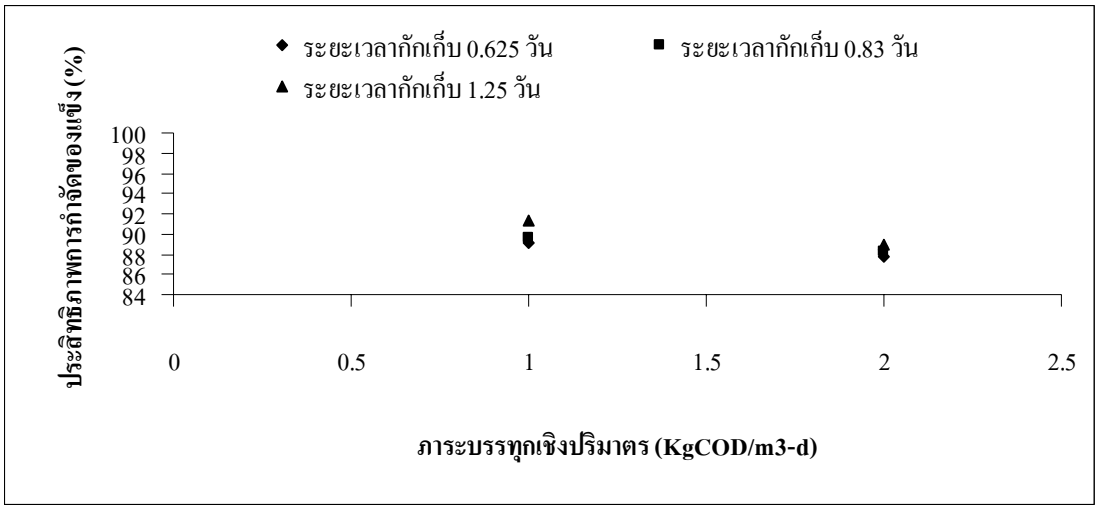
ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเทียบผลของระยะเวลาเก็บกักกับ F/M ratio จะเห็นว่าการแปรผันระยะเวลาเก็บกักส่งผลชัดเจนกว่าการแปรผัน F/M ratio เนื่องจาก F/M ratio ในการทดลองนี้แปรผันในช่วงแคบๆ คือ 0.5 ถึง 1 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

2.2 การกำจัดค่าของแข็งแขวนลอย

น้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนเป็นน้ำเสียที่มีความขุ่นมากเนื่องจากปริมาณตะกอนแป้งที่ปนเปื้อนอยู่ สามารถวัดได้ในรูปของของแข็งแขวนลอย(SS) เมื่อน้ำเสียผ่านกระบวนการบำบัดแล้วพบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงดังแสดงในตารางที่ 15 และมีแนวโน้มเดียวกันกับการกำจัดซีโอดี คือแปรผันกับระยะเวลาเก็บกักและอัตราภาระบรรทุกเชิงปริมาตร (Volumetric Loading) ในลักษณะเดียวกันดังแสดงในภาพที่ 27 การลดลงของของแข็งแขวนลอย อาจมาจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กโดยแบคทีเรียที่สร้างกรด ก่อนที่จะนำสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กไปใช้ในการเจริญเติบโตและอีกส่วนจะเปลี่ยนเป็นแก๊สชีวภาพโดยแบคทีเรียสร้างมีเทน มั่นสิน (2542) กล่าวว่าสารประกอบโมเลกุลใหญ่ เช่น แป้งหรือคาร์โบไฮเดรดจะถูกย่อยโดยแบคทีเรียที่สร้างกรดให้กลายเป็นสารประกอบโมเลกุลเล็กเช่นน้ำตาลจากนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดอะเซติก เมื่อถึงขั้นตอนนี้กรดอะเซติกจะถูกแบคทีเรียสร้างมีเทนย่อยสลายต่อไปกลายเป็นแก๊สมีเทน นอกจากนี้ประกอบกับระบบมีถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์และของแข็งแขวนลอยต่างๆที่ลอยอยู่ในน้ำ ทำให้สารเหล่านี้มีระยะเวลาเพียงพอที่จะตกตะกอนลง ก่อนปล่อยสู่ภายนอก ทำให้มีอัตราการกำจัดของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูงแต่ก็มีส่วนของสารอินทรีย์แขวนลอยที่ย่อยยากที่ยังไม่ได้รับการบำบัด

ตารางที่ 15 การกำจัดของแข็งแขวนลอยที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Volumetric Loading) 1 และ 2 kgCOD/m^3-d

เวลาเก็บกัก	**ภาระบรรทุกเชิงปริมาตร**	**ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย**		
(day)	**(kg-COD/m^3-d)**	**SS in (mg/l)**	**SS out (mg/l)**	**%**
0.625	1	271.21	29.64	89.05
0.625	2	360.5	44	87.78
0.83	1	316.78	32.5	89.70
0.83	2	412.21	48.28	88.26
1.25	1	370.71	32.14	91.34
1.25	2	535.28	58.92	88.97



ภาพที่ 27 การกำจัดของแข็งแขวนลอยกับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เชิงปริมาตร (Volumetric Loading)

2.3 การเปลี่ยนแปลงกรดอินทรีย์ระเหยง่าย

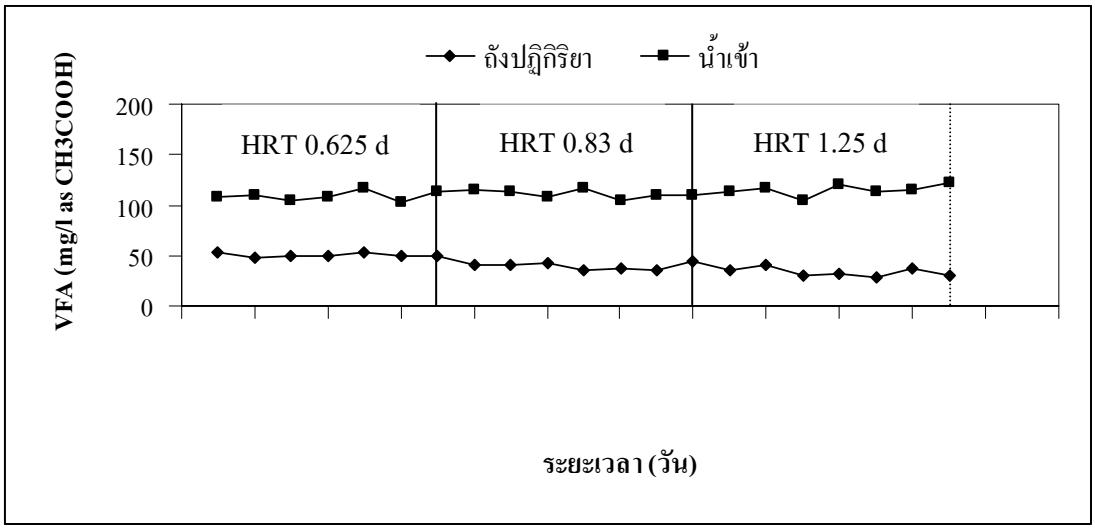
กรดอินทรีย์ระเหยง่ายมีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมการทำงานของระบบบำบัดแบบไร้อากาศ (Anaerobic Process) เนื่องจากค่าของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายที่เหลืออยู่ในถังปฏิกิริยาจากระบบบำบัดแบบไร้อากาศ จะบ่งชี้ถึงสภาพการทำงานของระบบ ว่าระบบสามารถทำงานได้ดีหรือไม่ ค่าของกรดอินทรีย์ระเหยในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบและในถังปฏิกิริยาดังแสดงในตารางที่ 16

จากผลการทดลองพบว่า ในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบในแต่ละการทดลองทุกชุดมีค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่ายค่อนข้างสูงดังแสดงในตารางที่ 16 อาจเนื่องจากน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้มีการหมักเกิดขึ้นในขณะที่ถูกเก็บไว้ในบ่อพักน้ำเสียของโรงงานก่อนเข้าสู่กระบวนการบำบัดทำให้จุลินทรีย์ต่างๆในธรรมชาติมีเวลาในการย่อยสารอินทรีย์บางส่วนก่อนในขั้นแรก ทำให้มีปริมาณกรดอินทรีย์ค่อนข้างมากซึ่งก็ส่งผลทำให้น้ำเสียมีพีเอชต่ำด้วย และจากผลการทดลองพบว่าในถังปฏิกิริยามีค่ากรดอินทรีย์ระเหยลดลงและมีค่าใกล้เคียงกันที่อัตราภาระบรรทุกเชิงปริมาตรเดียวกันดังแสดงในภาพที่ 28 และ 29 และไม่มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติ อาจเป็นเพราะว่าเกิดการเจือจางของน้ำเสียเมื่อเข้าสู่ถังปฏิกิริยา แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าซีโอดีพบว่าซีโอดีน้ำเสียทุกการทดลองมีค่าลดลงเมื่อผ่านระบบบำบัดแล้วแสดงว่าแบคทีเรียสร้างมีเทนมีการย่อยกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนไปเป็นแก๊สชีวภาพ Metcalf and Eddy (2004) กล่าวว่า ระบบบำบัดไร้อากาศแบบ

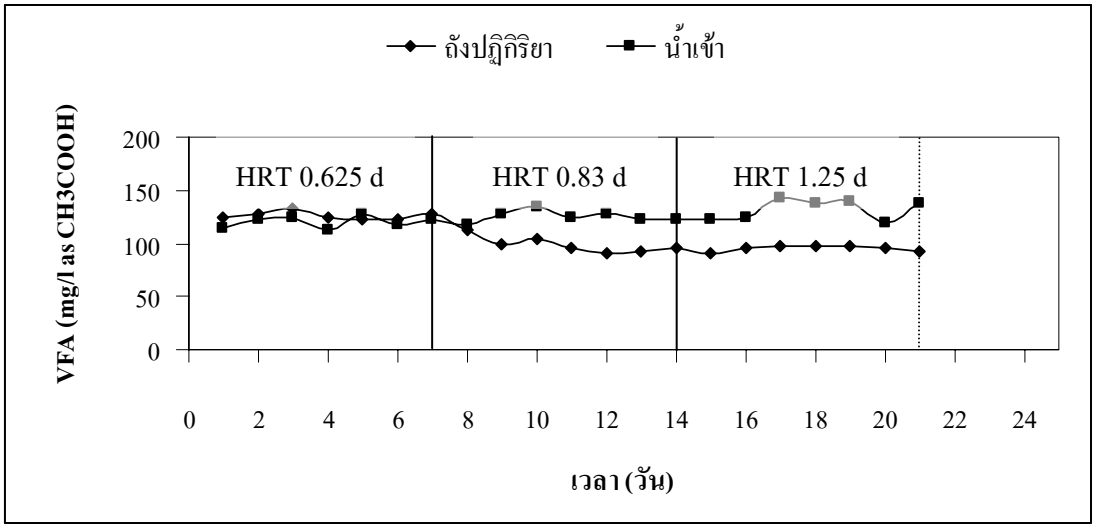
กวนสมบูรณ์ ควรมีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 0.5-5 วัน ที่อัตราภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 1.0-8.0 KgCOD/m^3-d ระบบจึงสามารถเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้กลายเป็นแก๊สมีเทนได้ การที่ค่ากรดอินทรีย์ระเหยมีค่าที่ไม่สูงมากนักนี้ ทำให้ไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อการทำงานของจุลินทรีย์ประเภทสร้างมีเทนในย่อยสลายแบบไร้อากาศ ดังนั้นระบบสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีเสถียรภาพ และจากผลการศึกษาพบว่าในถังปฏิกิริยาที่มีอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เดียวกันจะมีปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยที่ใกล้เคียงกัน การที่ค่ากรดอินทรีย์ระเหยมีค่าที่ไม่สูงมากนักนี้และไม่มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติ แสดงให้เห็นว่าระบบขณะนั้นทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ และปริมาณของกรดอินทรีย์มีค่าแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บกักเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับความสามารถในการกำจัดซีโอดีพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ต่ำลง และการที่ระบบมีบัฟเฟอร์ที่สูงขึ้นนี้ทำให้ค่าพีเอชของระบบมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง

ตารางที่ 16 VFA ในน้ำเสียเข้าสู่ระบบและถังปฏิกิริยาจากระบบที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ

ระยะเวลาเก็บกัก (วัน)	**ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (KgCOD/m3-d)**	**กรดไขมันระเหย (mg/l asCH_3COOH)**	
		น้ำเข้า	**ถังปฏิกิริยา**
0.625	1	108.9	50.35
0.625	2	120.35	126.07
0.83	1	111.07	40
0.83	2	125.35	98.57
1.25	1	115	33.21
1.25	2	132.14	93.57



ภาพที่ 28 กรดอินทรีย์ระเหยง่ายที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เชิงปริมาตร 1 kg-COD/m^3-d ที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆ



ภาพที่ 29 กรดอินทรีย์ระเหยง่ายที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เชิงปริมาตร 2 kg-COD/m^3-d ที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาทดลองการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (Anaerobic) โดยระบบแอนแอร์โรบิคคอนแทคในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีนที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์และมีปริมาณของแข็งแขวนลอยสูง โดยการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Volumetric Loading) 2 ระดับ คือ 1 และ 2 kg-COD/m^3-d และที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT) 3 ระดับ คือ 0.625, 0.83 และ 1.25 วัน ตามลำดับ ในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab Scale) ภายใต้อุณหภูมิห้อง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบ การดำเนินระบบเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous Flow) วิเคราะห์ตัวอย่างตามวิธีมาตรฐาน ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอนแอร์โรบิคคอนแทคสามารถรองรับการกำจัดสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศได้โดยมีสภาวะที่เหมาะสม ดังนี้

1.1 ในถังปฏิกิริยาของทุกการทดลองมีค่าโออาร์พีเฉลี่ยอยู่ในช่วง -163.71 ถึง -240.14 มิลลิโวลท์ การที่ค่า ORP มีค่าที่เป็นลบนี้แสดงให้เห็นว่าสารละลายมีความสามารถรับอิเล็คตรอนได้น้อยหรือมีความสามารถในการให้อิเล็คตรอนได้ดีจะเกิดขึ้นในน้ำเสียที่ปราศจากออกซิเจน แสดงว่าระบบเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน

1.2 อุณหภูมิและพีเอชในการทำงานของระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 29.42-31.45°C และ 6.80-6.86 ตามลำดับ ระบบมีค่าอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันทุกการทดลองและใกล้เคียงช่วง Mesophilic มีค่าอยู่ระหว่าง 30 – 40 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่ค่อนข้างเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในถังหมัก น้ำเสียก่อนเข้าระบบจะถูกปรับพีเอชให้มีพีเอชเท่ากับ 7 และในถังปฏิกิริยาอยู่ในช่วง 6.80-6.86 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมแก่การทำงานของแบคทีเรียที่สร้างกรดอินทรีย์และแบคทีเรียที่สร้างมีเทน

1.3 สภาพด่างในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบ (Influent) มีค่าความเป็นด่างโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 172.5-212.5 mg/l as$CaCO_3$ และในถังปฏิกิริยา (Reactor) มีค่าความเป็นด่างโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 300-537.5 mg/l as$CaCO_3$ สำหรับการควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศมี

ปัจจัยที่สำคัญกว่าสภาพความเป็นด่าง คืออัตราส่วนระหว่างกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพความเป็นด่าง (VFA/ALK) ควรมีอัตราส่วนที่น้อยกว่า 0.4 (มั่นสิน, 2542) จึงจะจัดว่าระบบมีกำลังบัฟเฟอร์สูง การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนระหว่างกรดอินทรีย์ระเหยง่ายกับค่าความเป็นด่าง จะแสดงให้เห็นว่าระบบกำลังจะเสียสมดุลกำลังบัฟเฟอร์ของระบบที่มีอยู่เริ่มลดลงและอาจไม่เพียงพอ จากการศึกษาพบว่าค่าอัตราส่วนระหว่างกรดอินทรีย์ระเหยง่ายกับค่าความเป็นด่าง (VFA/ALK) ในถังปฏิกิริยาทุกชุดการทดลองมีค่าน้อยกว่า 0.4 แสดงว่า ระบบมีกำลังบัฟเฟอร์สูง

1.4 จากการควบคุมระบบให้มีสภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายแบบไร้อากาศ พบว่าระบบแอนแอร์โรบิคคอนแทคที่ศึกษาประสิทธิภาพสูงในการกำจัดซีโอดี โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 88.84, 91.40 และ 92.21ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1 kg-COD/m^3-d และระยะเวลากักเก็บ 0.625, 0.83 และ 1.25 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 87.67, 89.3 และ 91.29 ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2 kg-COD/m^3-d ที่ระยะเวลากักเก็บ 0.625, 0.83 และ 1.25 วัน ตามลำดับ จากช่วงของค่าทั้งสองที่แปรผันในการศึกษานี้พบว่า ระยะเวลาเก็บกักส่งผลชัดเจนกว่า F/M ratio เนื่องจาก F/M ratio ที่ศึกษาเป็นช่วงใกล้กันมากโดยอยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามทฤษฎี

2. ระยะเวลาเก็บกักและค่า F/M ratio เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดซีโอดี

2.1 ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD) มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาเก็บกัก คือเมื่อระยะเวลาเก็บกักเพิ่มขึ้นค่าความสกปรกในรูปซีโอดีเฉลี่ยของระบบจะลดลง ประสิทธิภาพของระบบจะเพิ่มขึ้นเช่น ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เชิงปริมาตร 1 KgCOD/m^3-d และระยะเวลากักเก็บที่ 0.625 0.83และ1.25วัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 88.84, 91.40 และ 92.21 ตามลำดับและที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2 kg-COD/m^3-d ระยะเวลากักเก็บ 0.625, 0.83 และ 1.25 วัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 87.67, 89.3 และ 91.29

2.2 ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เชิงปริมาตร (Volumetric Loading) และ F/M ratio (Food-To-Microbe Ratio) จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD) มีความสัมพันธ์กับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เชิงปริมาตร โดยมีลักษณะแปรผกผันกัน คือ เมื่ออัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Volumetric Loading) เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD) มีแนวโน้มลดลงเช่น เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลากักเก็บเดียวกันคือที่ 0.625 วัน เมื่อเพิ่มภาระบรรทุกเชิง

ปริมาตรจาก 1 เป็น 2 KgCOD/m^3-d ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยลดลงจากร้อยละ 88.84 เป็น 87.67 และเมื่อปรับระยะเวลากักเก็บเป็นที่ 0.83 และ 1.25 วัน พบว่าผลการทดลองมีแนวโน้มเดียวกันคือประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีลดลงจากร้อยละ 91.4 และ 92.21 เป็นร้อยละ 89.3 และ 91.29 ตามลำดับ เนื่องจากการเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบมากขึ้น ก็คือการเพิ่ม F/M ratio นั่นเอง เมื่อสารอินทรีย์มีมากเกินไป แบคทีเรียไม่สามารถย่อยได้ทัน ทำให้เหลือออกไปในน้ำออกจากระบบ

3. ระบบไร้อากาศแบบแอนแอร์โรบิคคอนแทคสามารถลดของแข็งแขวนลอย (SS) ได้โดยการกำจัดของแข็งแขวนลอย (SS) ที่อัตราภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 1 kg-COD/m^3-d ที่ระยะเวลาเก็บกัก 0.625, 0.83 และ 1.25 วันเฉลี่ยร้อยละ 89.05, 89.70 และ 91.34 ตามลำดับและที่อัตราภาระบรรทุกเชิงปริมาตร 2 kg-COD/m^3-d ที่ระยะเวลาเก็บกัก 0.625, 0.83 และ 1.25 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 87.78, 88.26 และ 88.97 ตามลำดับและมีแนวโน้มเดียวกันกับการกำจัดซีโอดี

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการผลิตก๊าซชีวภาพต่อสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดของแต่ละระบบ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไรกับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น และควรมีการศึกษาถึงสัดส่วนขององค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

2. ทดลองเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์เชิงปริมาตรให้มากกว่า 2 กก.ซีโอดี ต่อ ลบ.ม.-วัน เพื่อหาค่าสูงสุดที่ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ทดลองเปลี่ยนชนิดของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง เช่น น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ประเภทโปรตีน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบ

4. ทดลองแบ่งแยกถังปฏิกิริยาออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของถังสร้างกรด และส่วนของถังสร้างมีเทนเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบ