

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่นเอทานอลจากกากน้ำตาล เพื่อใช้เป็นกระบวนการบำบัดขั้นหลัง ด้วยระบบ ดีเอชเอส ซึ่งบรรจุด้วยตัวกลาง 2 ชนิด คือ ตัวกลางชนิดฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัด ในสถานะที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิของระบบ และไม่มีการปรับสภาพค่าคงตลอดการทดลองเดินระบบ ด้วยระยะเวลาทั้งสิ้น 218 วันเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอันเนื่องมาจากตัวกลางที่ต่างกันและความแตกต่างอันเนื่องมาจากการป้อนน้ำเสียที่ต่างกัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วงการทดลองตามลักษณะการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ คือ ช่วงที่ 1 เดินระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง ระหว่างวันที่ 1 - 110 ของการทดลอง (1A และ 1B) และช่วงที่ 2 เดินระบบแบบต่อเนื่องระหว่างวันที่ 111 – 218 ของการทดลอง (2A และ 2B)

การเริ่มต้นเดินระบบโดยกำหนดอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบที่ 110 ล./วัน โดยค่าความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นที่ 500 มก./ล. ด้วยอัตราภาระบรรทุกอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน เมื่อระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่หลังจากนั้นเดินระบบต่อเนื่องด้วยสภาวะเดียวกันนี้ โดยเพิ่มค่าความเข้มข้นซีโอดีเป็น 1,000 มก./ล. อัตราภาระบรรทุกอินทรีย์ 20 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน ทั้ง 2 ช่วงการทดลองโดยมีสรุปลักษณะการทดลองในแต่ละช่วงการทดลองในตารางที่ 4.1 และสภาวะการทดลองในแต่ละช่วงการทดลองในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ลักษณะการทดลองในแต่ละช่วงการทดลอง

ช่วงการทดลอง	ความเข้มข้นซีโอดีที่กำหนด(มก./ล.)	ลักษณะการป้อนน้ำเสีย	วันที่ในการทดลอง
1A	500	กึ่งต่อเนื่อง	1-53
1B	1,000	กึ่งต่อเนื่อง	54-110
2A	500	ต่อเนื่อง	111-176
2B	1,000	ต่อเนื่อง	177-218

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยสภาวะการทดลองในแต่ละช่วงการทดลอง

	1A	1B	2A	2B
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.29 (0.69)	28.2 (0.68)	25.5 (1.61)	29.3 (1.3)
พีเอช	5.9 (0.3)	5.8 (0.4)	6.7 (0.5)	6.6 (0.7)
ซีโอดี (มก. /ล.)	528 (158)	922 (110)	534 (171)	1,247 (373)
ภาระบรรทุกอินทรีย์ (กก. ซีโอดี/ลบ.ม. -วัน)	10	18	10.3	24
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี				
ระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ (%)	28 (13)	23 (5)	53 (18)	44 (17)
ระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด (%)	30 (12)	26 (8)	29 (15)	22 (16)

หมายเหตุ: () แสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.1 อุณหภูมิ

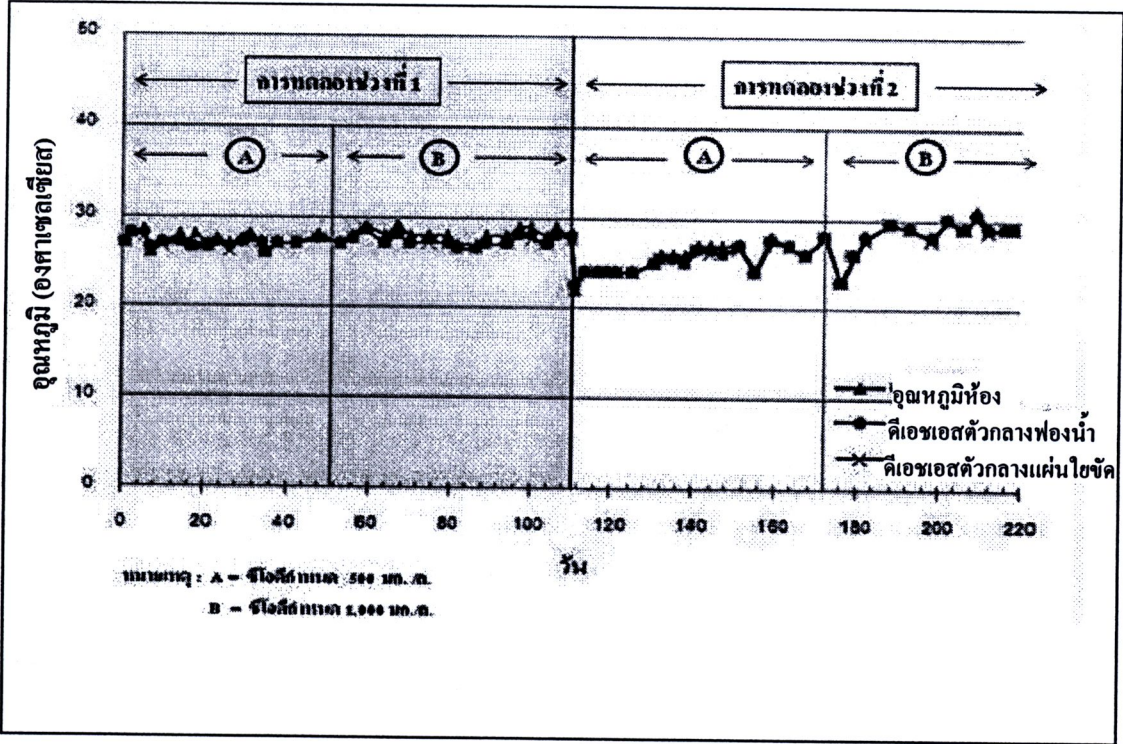
การศึกษครั้งนี้ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิในการทดลองทั้ง 2 ช่วงการทดลอง อุณหภูมิในการทดลองทั้ง 2 ช่วงการทดลองจึงมีค่าไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม

การทดลองช่วงที่ 1 อุณหภูมิห้องเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ 27.6°C ค่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงเพียง $1-3^{\circ}\text{C}$ อยู่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบดีเอชเอสทั้งสองชนิดตัวกลาง โดยช่วงการทดลองที่ 1A มีอุณหภูมิห้องเฉลี่ย 27.3 และช่วงการทดลองที่ 1B มีอุณหภูมิห้องเฉลี่ย 28.2 จากภาพที่ 4.1 สังเกตได้ว่าอุณหภูมิในระบบดีเอชเอสทั้งสองชนิดตัวกลางมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยจะอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิห้องเพียงเล็กน้อย คือ $0.5-1^{\circ}\text{C}$ ตลอดการทดลอง

การทดลองช่วงที่ 2 มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ 26.9°C การทดลองในช่วงที่ 2 นี้มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิถึง 4°C โดยค่าเฉลี่ย ในการทดลองช่วงที่ 2A อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 25.6 องศาเซลเซียส และการทดลองช่วงที่ 2B อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 29.3 องศาเซลเซียส ในช่วงการทดลองที่ 2B นี้เป็นช่วงที่อุณหภูมิมีการแปรปรวนขึ้นลงอย่างเฉียบพลันในช่วงวันที่ 150-180 ของการทดลอง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีของระบบดีเอชเอสชนิดตัวกลางแผ่นใยขัดมีค่าต่ำลง (ดังแสดงในภาพที่ 4.5)

ทั้งนี้ความแปรปรวนของอุณหภูมิในการทดลองช่วงที่ 2 เกิดมาจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงช่วงเปลี่ยนฤดูกาลตามธรรมชาติระหว่างเดือน มกราคม – มีนาคม ในประเทศไทย คือ เปลี่ยนจากฤดูหนาวไปเป็นฤดูร้อน ทำให้อุณหภูมิในช่วงท้ายของการทดลองมีค่าสูงขึ้น

พิจารณาตลอดการทดลองรวมทั้ง 2 ช่วง รวมระยะเวลา 218 วัน มีอุณหภูมิห้อง, อุณหภูมิน้ำออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และอุณหภูมิน้ำออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่าเฉลี่ย 27.3 , 26.9 และ 26.8 ตามลำดับ เห็นได้ว่าอุณหภูมิน้ำออกจากระบบดีเอชเอสทั้งสองชนิดตัวกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากันและต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจัดกับช่วงเวลาในการทดลอง

4.2 ฟิเอช

งานศึกษาวิจัยครั้งนี้ไม่มีการปรับค่าฟิเอชของน้ำเสียก่อนป้อนเข้าสู่ระบบในการทดลอง ดังนั้นค่าฟิเอชของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบจึงมีค่าไม่คงที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าฟิเอชของน้ำเสียจริงที่นำมาเจือจางด้วยน้ำประปา ก่อนป้อนเข้าสู่ระบบ

การทดลองช่วงที่ 1 มีค่าฟิเอชน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ 5.9 โดยที่ช่วงการทดลองที่ 1A ค่าฟิเอชน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 6.0 ช่วงการทดลองที่ 1B ค่าฟิเอชน้ำเสียเข้าระบบ เฉลี่ย 5.9 และตลอดการทดลอง ในช่วงที่ 1 ค่าฟิเอชน้ำเสียเข้าระบบมีค่าสูงสุดที่ 7.3 ในช่วงการทดลองที่ 1B วันที่ 75 ของการทดลอง และมีค่าฟิเอช น้ำเสียเข้าระบบต่ำสุดที่ 5.5 ซึ่งอยู่ในช่วงการทดลองที่ 1B เช่นเดียวกัน โดยค่าต่ำสุดอยู่ในวันที่ 67 ของการทดลอง ตลอดการทดลองจะสังเกตได้ว่าค่า ฟิเอช จะอยู่ในช่วง 5.5 – 6.5 จะมีเพียงบางวันเท่านั้นที่มีค่า ฟิเอช สูงผิดปกติ คือ สูงจนถึง 7.3 ในวันที่ 75 ของการทดลอง

การทดลองช่วงที่ 1A ค่าฟิเอชน้ำเสียเข้าระบบ, น้ำเสียออกจากระบบคีโอเอสตัวกลางฟองน้ำ และ น้ำเสียออกจากระบบคีโอเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่าเฉลี่ย 5.9, 6.7 และ 6.8 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 1B ค่าฟิเอชน้ำเสียเข้าระบบ, น้ำเสียออกจากระบบคีโอเอสตัวกลางฟองน้ำ และ น้ำเสียออกจากระบบคีโอเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่าเฉลี่ย 5.8, 6.6 และ 6.8 ตามลำดับ

พิจารณาการทดลองช่วงที่ 1 ค่าฟิเอชเฉลี่ย น้ำเสียเข้าระบบ, น้ำเสียออกจากระบบคีโอเอสตัวกลาง ฟองน้ำ และน้ำเสียออกจากระบบคีโอเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 5.9, 6.7 และ 6.8 สังเกตได้ว่าน้ำเสียที่ผ่าน



การบำบัดด้วยระบบคิเอชเอสทั้ง 2 ชนิดตัวกลาง มีค่าพีเอชสูงขึ้นประมาณ 0.8-0.9 โดยค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6-7.5 ดังแสดงในภาพที่ 4.2

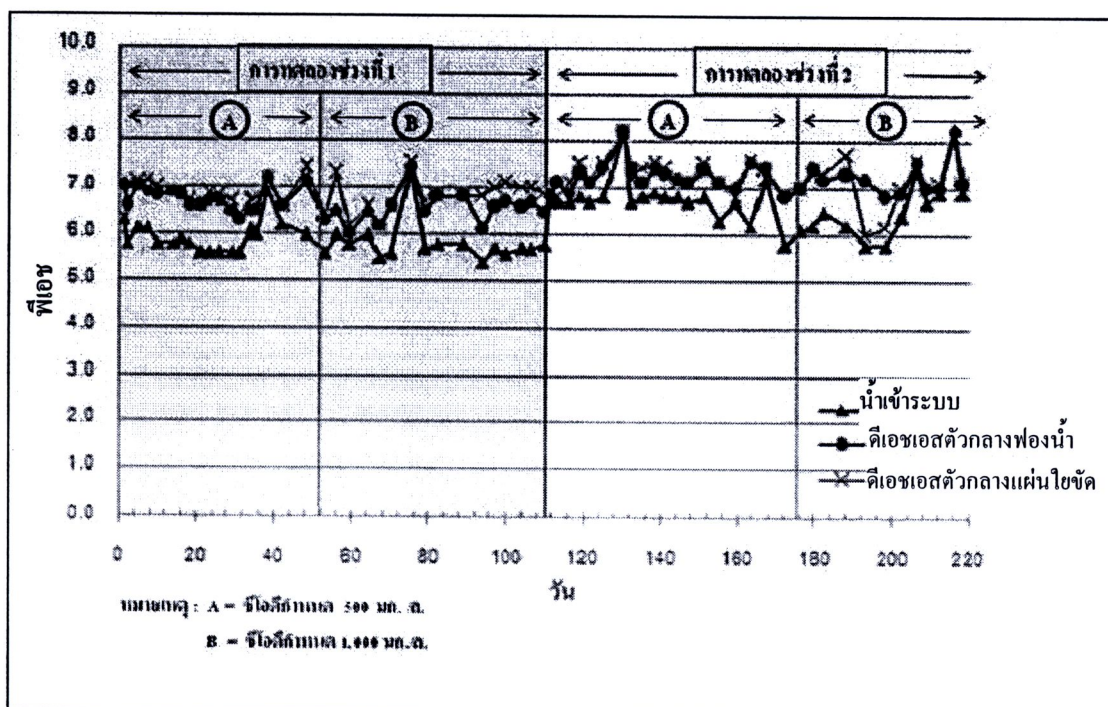
การทดลองช่วงที่ 2 มีค่าพีเอชน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ 6.68 โดยในช่วงการทดลองที่ 2A และ 2B มีค่าพีเอช น้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ยเท่ากันที่ 6.7 โดยค่าพีเอชน้ำเสียเข้าระบบสูงสุดมีค่า 8.3 ในช่วงการทดลองที่ 2B ในวันที่ 216 ของการทดลอง และมีค่า พีเอชน้ำเสียเข้าระบบ ต่ำสุดที่ 5.8 อยู่ในช่วงการทดลองที่ 2A และ 2B คือ วันที่ 62, 83 และ 88 ของการทดลองตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2A ค่าพีเอชน้ำเสียเข้าระบบ, น้ำเสียออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และ น้ำเสียออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่าเฉลี่ย 6.7, 7.2 และ 7.3 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2B ค่าพีเอชน้ำเสียเข้าระบบ, น้ำเสียออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และ น้ำเสียออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่าเฉลี่ย 6.6, 7.2 และ 7.1 ตามลำดับ

พิจารณาตลอดการทดลองช่วงที่ 2 ค่าพีเอชเฉลี่ย น้ำเสียเข้าระบบ, น้ำเสียออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และน้ำเสียออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 6.7, 7.2 และ 7.2 สังเกตได้ว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบคิเอชเอสทั้ง 2 ชนิดตัวกลาง มีค่าพีเอชสูงขึ้นประมาณ 0.5

จากการทดลองทั้ง 2 ช่วงการทดลอง ระยะเวลา 218 วัน ค่าพีเอชเฉลี่ย น้ำเสียเข้าระบบ, น้ำเสียออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และน้ำเสียออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 6.3, 6.9 และ 7.0 ตามลำดับ พิจารณาได้ว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบคิเอชเอสที่มีตัวกลางแตกต่างกัน 2 ชนิดนี้มีค่าพีเอชโดยเฉลี่ยสูงขึ้นใกล้เคียงกัน คือ ระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำมีค่าพีเอชเฉลี่ยสูงขึ้น 0.6 และระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีค่าพีเอชเฉลี่ยสูงขึ้น 0.7 จากค่าเฉลี่ยของพีเอชน้ำเข้าระบบ



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับช่วงเวลาในการทดลอง

4.3 ความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าสู่ระบบและภาระระบบทุกอินทรีย์

การทดลองช่วงที่ 1A ค่าความเข้มข้นซีโอติน้ำเสียเข้าสู่ระบบเฉลี่ย 528 มก./ล. และ อัตราภาระระบบทุกอินทรีย์เฉลี่ย 10 กก.ซีโอติ/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน

การทดลองช่วงที่ 1B ค่าความเข้มข้นซีโอติน้ำเสียเข้าสู่ระบบเฉลี่ย 922 มก./ล. และอัตราภาระระบบทุกอินทรีย์เฉลี่ย 18 กก.ซีโอติ/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน รวมระยะเวลาการทดลองในช่วงที่ 1 ทั้งหมด 110 วัน

การทดลองช่วงที่ 2A ค่าความเข้มข้นซีโอติน้ำเสียเข้าสู่ระบบเฉลี่ย 534 มก./ล. และอัตราภาระระบบทุกอินทรีย์เฉลี่ย 10.3 กก.ซีโอติ/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน

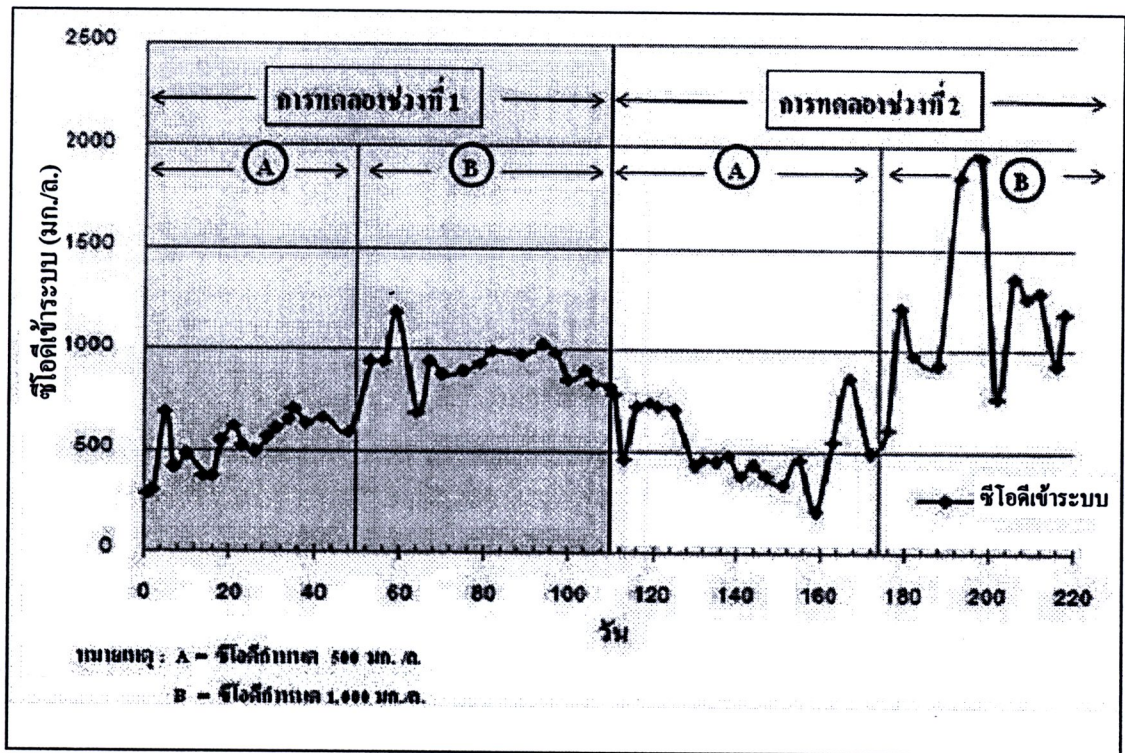
การทดลองช่วงที่ 2B ค่าความเข้มข้นซีโอติน้ำเสียเข้าสู่ระบบเฉลี่ย 1,247 มก./ล. และอัตราภาระระบบทุกอินทรีย์เฉลี่ย 24 กก.ซีโอติ/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน รวมระยะเวลาการทดลองในช่วงที่ 2 ทั้งหมด 108 วัน

ทั้งนี้ อัตราภาระระบบทุกอินทรีย์คำนวณได้จากการนำค่าความเข้มข้นซีโอติ่น้ำเสียเข้าสู่ระบบคูณด้วย อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบ นำผลลัพธ์ที่ได้หารด้วยปริมาตรถึงปฏิกรณ์ ดังสมการที่ 4-1

$$OLR = \frac{COD_{inf} \times Q}{V} \quad \text{-----} \quad (4-1)$$

โดย	OLR	คือ	อัตราภาระระบบทุกอินทรีย์ (kg.cod/m ³ -d)
	COD inf	คือ	ความเข้มข้นซีโอติของน้ำเสียเข้าสู่ระบบ (kg.cod/m ³)
	Q	คือ	อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบ (m ³ /d)
	V	คือ	ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ (m ³)

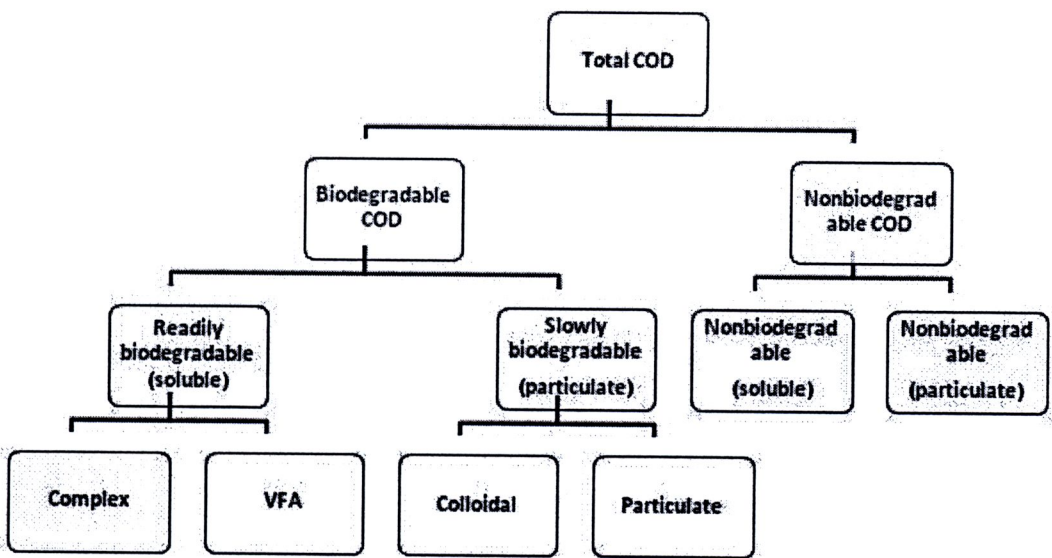
ภาพที่ 4.3 แสดงได้ว่าความเข้มข้นซีโอติมีค่าไม่คงที่ เนื่องมาจากการใช้น้ำเสียจริงในการทดลองนำมาเจือจางด้วยน้ำประปา ก่อนป้อนเข้าสู่ระบบ แต่อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นซีโอติเฉลี่ยในการทดลองทั้ง 2 ช่วงการทดลอง ที่กำหนดค่าความเข้มข้นซีโอติ 500 มก./ล. มีค่าใกล้เคียงกันคือ 528 มก./ล. และ 534 มก./ล. ตามลำดับจากภาพที่ 4-3 สังเกตได้ว่า ในช่วงการทดลองที่ 2B ค่าความเข้มข้นซีโอติในระบบมีค่าสูงขึ้นมาก อาจเกิดมาจากน้ำเสียจริงที่นำมาใช้เจือจางในการทดลอง เป็นน้ำเสียที่อยู่ก้นถังเก็บน้ำเสียทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นผิดปกติ



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียในระบบกับช่วงเวลาในการทดลอง

4.4 ความเข้มข้นชีโอดีน้ำในระบบและประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีทั้งหมด

ในระหว่างการศึกษาชีโอดีทั้งหมด สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำโดยไม่เกี่ยงว่าสารอินทรีย์สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ดีเพียงใด ชีโอดีทั้งหมดจึงไม่ได้บอถึงความสะดวกง่ายในการถูกย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ ดังแสดงในภาพที่ 4-4 ดังนั้นค่าความสกปรกของน้ำที่วัดได้ในรูปของชีโอดีทั้งหมดอาจย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายหรือยากก็ได้



ภาพที่ 4.4 การแบ่งประเภทของซีโอดีในน้ำเสีย (Metcalf & Eddy, 2003)

การทดลองนี้ใช้น้ำเสียจากกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล ซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ยาก คือ สีของน้ำกากส่า (Molasses wastewater color) (สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2006) เป็นองค์ประกอบ ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีทั้งหมดในการทดลองทั้ง 2 ช่วงจึงมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีคำนวณได้โดยนำค่าซีโอดีน้ำเข้าระบบลบด้วยค่าซีโอดีน้ำออกจากระบบแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้หารด้วยค่าซีโอดีน้ำเข้าระบบ จากนั้นคูณด้วยหนึ่งร้อยเพื่อทำให้เป็นร้อยละ (%) ดังสมการที่ 4-2 ดังนี้

$$COD_{removal}(\%) = \frac{(COD_{in} - COD_{out})}{COD_{influent}} \times 100$$

----- (4-2)

- โดย
- คือ

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในรูปร้อยละ
- คือ

ความเข้มข้นซีโอดีน้ำก่อนเข้าสู่ชุดถังปฏิกรณ์นั้นๆ
- คือ

ความเข้มข้นซีโอดีน้ำออกจากชุดถังปฏิกรณ์นั้นๆ
- คือ

ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าระบบเริ่มต้น

การทดลองช่วงที่ 1A ค่าความเข้มข้นซีโอดีออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำและระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดเฉลี่ย คือ 378 และ 367 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยได้ร้อยละ 28 และ 30 ตามลำดับการทดลองช่วงที่ 1B ค่าความเข้มข้นซีโอดีออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำและระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดเฉลี่ย คือ 706 และ 685 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยได้ร้อยละ 23 และ 36 ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบมีค่าไม่คงที่ เนื่องมาจากค่าไม่คงที่ของค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีการขึ้นลง สังเกตได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในช่วงแรกมีค่าสูง เพราะช่วงแรกของการทดลองตัวกลางที่ใช้ในระบบเป็นตัวกลางใหม่ทั้ง 2 ชนิด ยังไม่มีตะกอนแขวนลอยติดตัวกลาง ช่องว่างภายในตัวกลางยังมีอยู่มาก ทำให้เมื่อน้ำเสียผ่านระบบจึงเกิดกระบวนการเกาะติด (Adsorption) ความสกปรกไว้ภายในตัวกลาง (A.Tawfik et al., 2006) จึงทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ในช่วงแรกมีค่าสูง

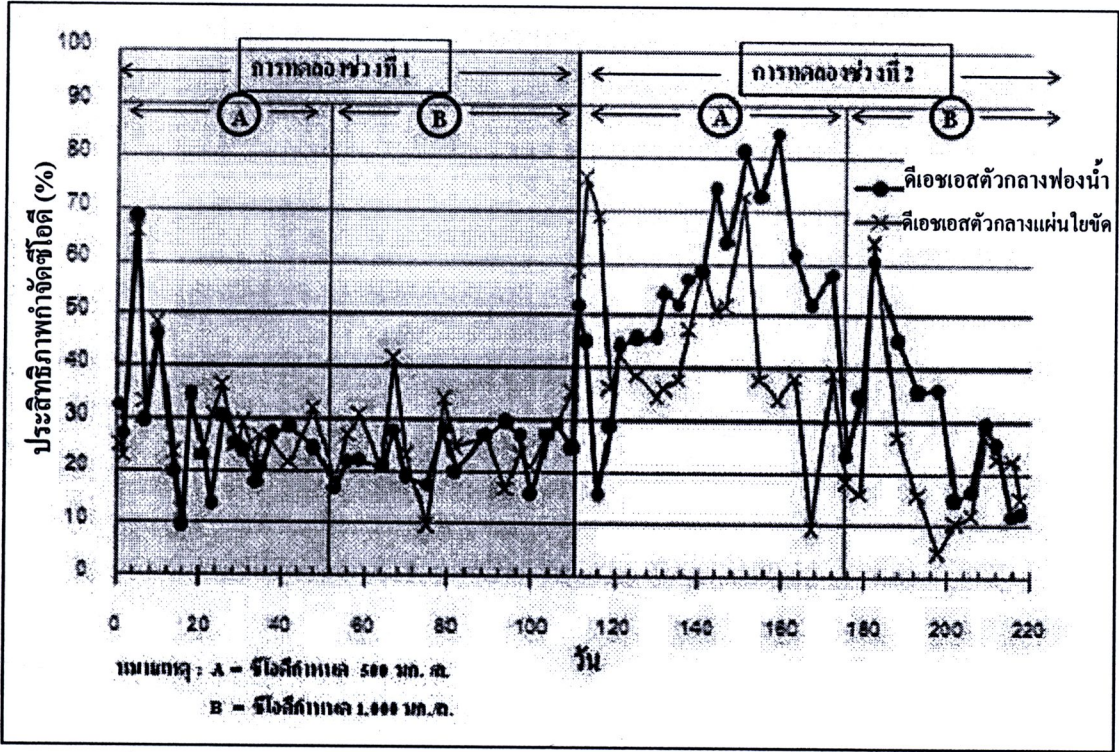
การทดลองช่วงที่ 2A ค่าความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ยออกจากระบบคือเฮกเซตตัวกลางฟองน้ำและระบบคือเฮกเซตตัวกลางแผ่นใยขัด คือ 268 และ 305 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยได้ร้อยละ 54 และ 44 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2B ค่าความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ยออกจากระบบคือเฮกเซตตัวกลางฟองน้ำและระบบคือเฮกเซตตัวกลางแผ่นใยขัด คือ 876 และ 1,000 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยได้ร้อยละ 29 และ 22 ตามลำดับ

จากผลการทดลองทั้ง 2 ช่วงการทดลองเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีทั้งหมดมีค่าค่อนข้างต่ำ เป็นเพราะสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นสารอินทรีย์ชนิดย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก โดยดูจากอัตราส่วนระหว่างบีโอดีต่อซีโอดี (BOD/COD) ในน้ำเสียเท่ากับ 0.4 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.5 (จากคุณลักษณะสมบัติของน้ำเสียในตารางที่ 3.1) จัดน้ำเสียชนิดนี้เป็นน้ำเสียที่บำบัดทางชีวภาพได้ยาก (Metcalf & Eddy, 2003)

นอกจากนี้การทดลองในช่วงที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีความแปรปรวนมาก เนื่องมาจากอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลตามธรรมชาติ นอกจากนี้ในการทดลองช่วง 2B น้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเข้มข้นซีโอดีสูงมากจนเกิดสภาวะที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Organics shock load) ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบในช่วงทำการทดลองมีค่าต่ำ ดังแสดงในภาพที่ 4.5





ภาพที่ 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติในการทดลอง

4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี

งานวิจัยระบบดีเอสเอสที่ผ่านมาใช้ น้ำเสียชุมชนในการทดลองแสดงไว้ว่า ระบบดีเอสเอสมีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีอยู่ที่ร้อยละ 96 ของบีโอดีทั้งหมด (A. Tawfik et al., 2006) ซึ่งถึงประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีในน้ำเสียชุมชนของระบบดีเอสเอสว่ามีประสิทธิภาพสูง แต่ในการทดลองครั้งนี้ใช้น้ำเสียจากอุตสาหกรรมในการทดลอง ซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นดังตารางที่ 4-3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความเข้มข้นบีโอดีในการทดลอง

การทดลอง	บีโอดีทั้งหมดในน้ำเสียเข้าระบบ (มก./ล.)	บีโอดีทั้งหมดในน้ำเสียผ่านระบบดีเอสเอสตัวกลางฟองน้ำ (มก./ล.)	บีโอดีทั้งหมดในน้ำเสียผ่านระบบดีเอสเอสตัวกลางแผ่นใยขัด (มก./ล.)	ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของระบบดีเอสเอสตัวกลางฟองน้ำ (%)	ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของระบบดีเอสเอสตัวกลางแผ่นใยขัด (%)
1A	160 (42)	46 (8)	23 (4)	71 (3)	85 (4)
1B	235 (116)	45 (12)	14 (4)	79 (6)	93 (4)
2A	49 (11)	15 (8)	20 (4)	70 (9)	59 (8)
2B	74 (47)	16 (13)	24 (16)	79 (4)	67 (3)

หมายเหตุ: () แสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองช่วงที่ 1A ค่าความเข้มข้นบีโอดีเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และ ออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 160, 46 และ 23 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด บีโอดีได้ร้อยละ 71 และ 85 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 1A ค่าความเข้มข้นบีโอดีเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และ ออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 235, 45 และ 14 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด บีโอดีได้ร้อยละ 79 และ 93 ตามลำดับ

พิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีในการทดลองช่วงที่ 1 รวมทั้ง 2 ช่วง คือ 1A และ 1B พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของระบบดีเอชเอสชนิดตัวกลางแผ่นใยขัดสูงกว่าประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของ ระบบดีเอชเอสชนิดตัวกลางฟองน้ำ เฉลี่ย ร้อยละ 14

การทดลองช่วงที่ 2A ค่าความเข้มข้นบีโอดีเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และ ออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 49, 15 และ 20 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด บีโอดีได้ร้อยละ 70 และ 58 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2B ค่าความเข้มข้นบีโอดีเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และ ออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 74, 16 และ 24 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด บีโอดีได้ร้อยละ 79 และ 67 ตามลำดับ

พิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีในการทดลองช่วงที่ 2 รวมทั้ง 2 ช่วง คือ 2A และ 2B พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของระบบดีเอชเอสชนิดตัวกลางฟองน้ำสูงกว่าประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของ ระบบดีเอชเอสชนิดตัวกลางแผ่นใยขัด เฉลี่ย ร้อยละ 26.5

4.6 ปริมาณออกซิเจนละลายของระบบ

การทดลองช่วงที่ 1A ปริมาณออกซิเจนละลายในระบบ ของระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำและตัวกลาง แผ่นใยขัด มีค่าเฉลี่ย 4.2 มก./ล. เท่ากันทั้งสองชนิดตัวกลาง

การทดลองช่วงที่ 1B ปริมาณออกซิเจนละลายในระบบ ของระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำและตัวกลาง แผ่นใยขัด มีค่าเฉลี่ย 4.1 และ 4.3 มก./ล. ตามลำดับ

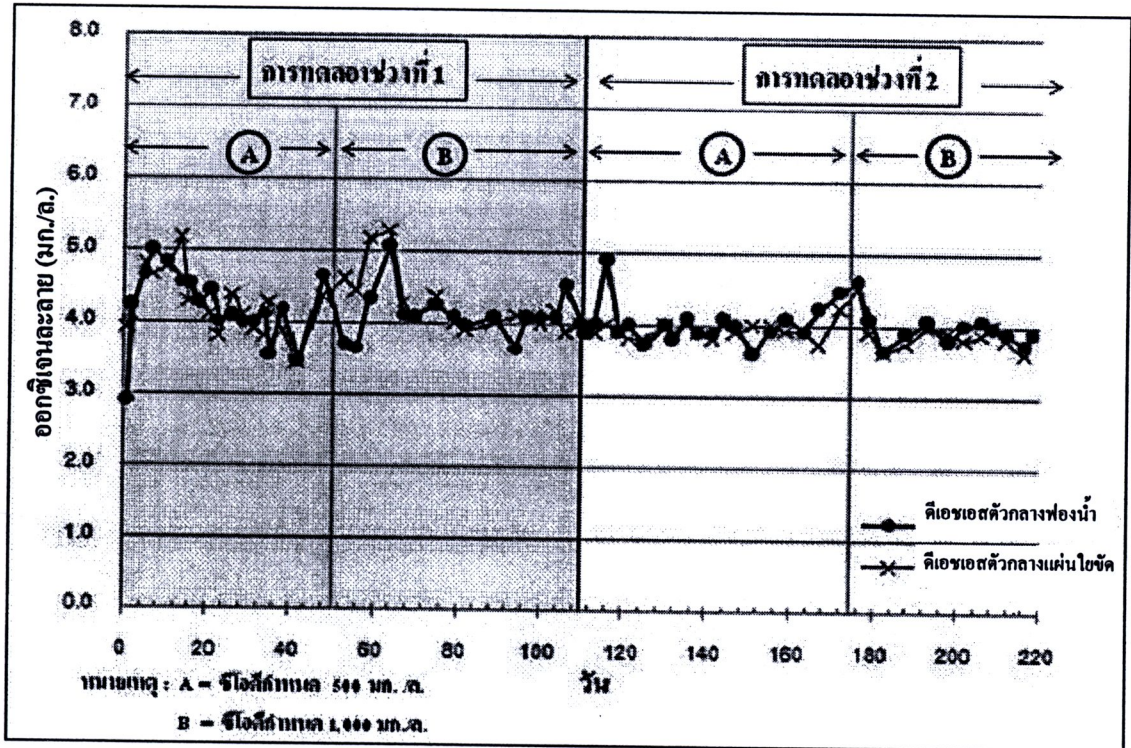
ในภาพที่ 4.6 แสดงปริมาณออกซิเจนในระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำและระบบดีเอชเอสตัวกลาง แผ่นใยขัด เห็นได้ว่าปริมาณออกซิเจนละลายในระบบทั้งสองชนิดตัวกลางที่แตกต่างกันมีปริมาณออกซิเจน ละลายเฉลี่ยที่ 4.2 มก./ล.

การทดลองช่วงที่ 2A ปริมาณออกซิเจนละลายในระบบ ของระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำและตัวกลาง แผ่นใยขัด มีค่าเฉลี่ย 4.1 และ 4.0 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2B ปริมาณออกซิเจนละลายในระบบ ของระบบดีเอชเอส ตัวกลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่าเฉลี่ย 3.9 และ 3.8 มก./ล. ตามลำดับ

จากการทดลองในช่วงที่ 2 เห็นได้ว่าระบบดีเอชเอสทั้ง 2 ชนิดตัวกลางมีปริมาณออกซิเจนละลาย ในระบบค่อนข้างสูง โดยทั้งสองช่วงการทดลอง คือ ช่วงการทดลอง 2A และ ช่วงการทดลอง 2B ระบบดีเอชเอส

ตัวกลางฟองน้ำและระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีปริมาณออกซิเจนละลายในระบบเฉลี่ย 4.0 และ 3.9 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญ



ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นออกซิเจนละลายกับช่วงเวลาในการทดลอง

จากผลการทดลองทั้ง 2 ช่วงเห็นได้ว่า ระบบดีเอชเอสมีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในปริมาณสูงทั้ง 2 ชนิดตัวกลาง โดยทั้ง 2 ช่วงการทดลอง ระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีปริมาณออกซิเจนละลายในระบบเฉลี่ย 4.3 และ 4.1 มก./ล. สูงเกินความต้องการออกซิเจนของระบบบำบัดแบบใช้อากาศเพื่อให้ระบบบำบัดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่มีความต้องการออกซิเจนละลายที่ 2 มก./ล. (Droste et al., 1997) ซึ่งถือเป็นข้อได้เปรียบของระบบดีเอชเอสเมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัดแบบใช้อากาศรูปแบบอื่น เช่น ระบบตะกอนเร่ง ที่ต้องมีการเติมออกซิเจนเข้าสู่ระบบเป็นปริมาณมาก เพื่อให้สอดคล้องกับอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

4.7 ค่าความต่างศักย์โออาร์พี

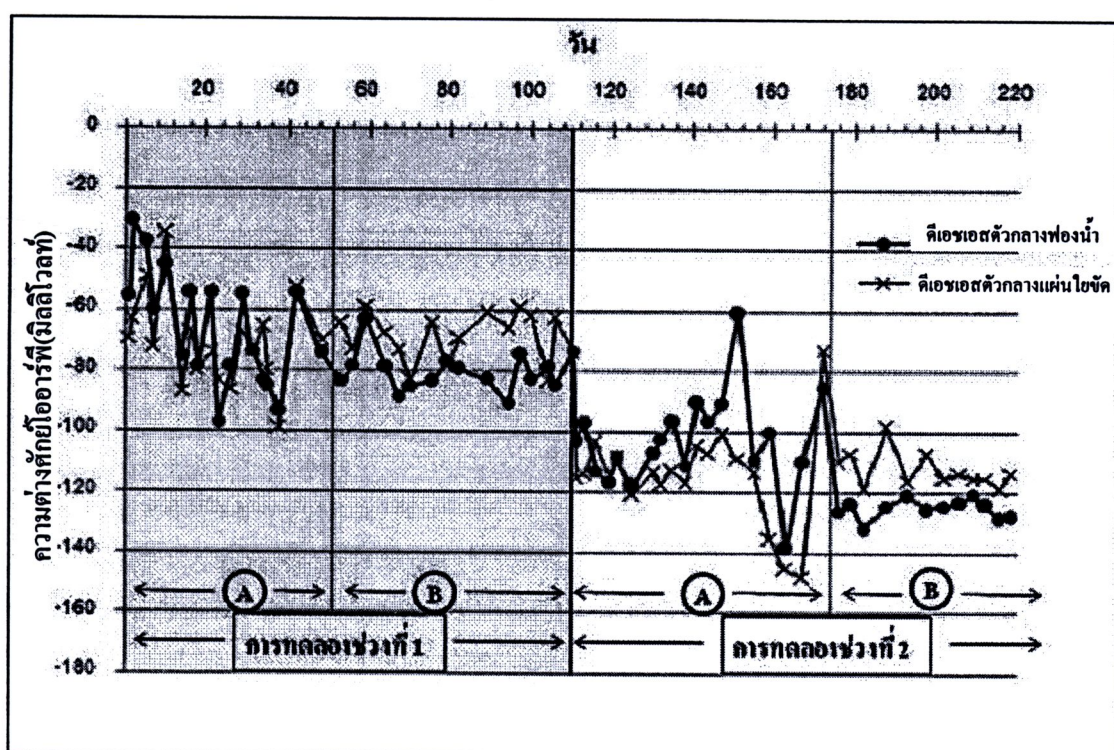
ค่าความต่างศักย์โออาร์พีในระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และค่าความต่างศักย์โออาร์พีในระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดในการทดลองทั้ง 2 ช่วงการทดลอง มีค่าความต่างศักย์โออาร์พีเป็นลบ (ภาพที่ 4.7) อาจเนื่องมาจากน้ำเสียมีค่าความสกปรกทางอินทรีย์สูงทำให้มีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยารีดักชันสูง (มันสิน ตันจุลเวศม์, 2547) ผลการทดลองที่ได้ ดังนี้

การทดลองช่วงที่ 1A ค่าความต่างศักย์โออาร์ทีเฉลี่ยของระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำและระบบคิเอชเอสชนิดตัวกลางแผ่นใยขัด คือ -67 และ -70 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 1B ค่าความต่างศักย์โออาร์ทีเฉลี่ยของระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำและระบบคิเอชเอสชนิดตัวกลางแผ่นใยขัด คือ -80 และ -69 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2A ค่าความต่างศักย์โออาร์ทีเฉลี่ยของระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำและระบบคิเอชเอสชนิดตัวกลางแผ่นใยขัด คือ -104 และ -114 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2B ค่าความต่างศักย์โออาร์ทีเฉลี่ยของระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำและระบบคิเอชเอสชนิดตัวกลางแผ่นใยขัด คือ -125 และ -113 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ



หมายเหตุ : A - ซีโอดีค่าเฉลี่ย 500 มก./ล.

B - ซีโอดีค่าเฉลี่ย 1,000 มก./ล.

ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์โออาร์ทีกับช่วงเวลาในการทดลอง

จากผลการทดลองทั้ง 2 ช่วง สังเกตได้ว่า การทดลองช่วงที่กำหนดความเข้มข้นซีโอดีเข้าน้ำเสียแรก ของทั้ง 2 ช่วงการทดลอง คือ ช่วงการทดลอง 1A และ 2A ระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีค่าความต่างศักย์โออาร์ทีติดลบสูงกว่าระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำเฉลี่ย -3 และ -10 ตามลำดับ ในขณะที่ ช่วงการทดลอง 1B และ 2B ระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำมีค่าความต่างศักย์โออาร์ทีติดลบมากกว่าระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดเฉลี่ย -11 และ -12 ตามลำดับ แสดงว่าตัวกลางฟองน้ำมีการเก็บสะสมความสกปรกทางอินทรีย์ไว้ภายในตัวกลางมากกว่าตัวกลางแผ่นใยขัด

นอกจากนี้ยังสังเกตได้อีกว่า เมื่อระยะเวลาการทดลองมากขึ้น ค่าความต่างศักย์โออาร์พีของระบบ ดีเอชเอสทั้ง 2 ชนิดตัวกลาง มีค่าความต่างศักย์โออาร์พีติดลบมากขึ้น ซึ่งผลที่ได้นี้อาจเนื่องมาจากตัวกลาง (Media) ภายในระบบดีเอชเอสทั้ง 2 ชนิดตัวกลาง มีการเก็บสะสมความสกปรกทางอินทรีย์ไว้ภายในตัวกลางเอง มีผลให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันสูงขึ้น ค่าโออาร์พีที่ได้ตรวจวัดได้จึงติดลบมากขึ้นตาม

4.8 ปริมาณสารแขวนลอย

ระบบดีเอชเอสในงานวิจัยที่ผ่านมาใช้น้ำเสียชุมชนในการทดลอง ผลการทดลองพบว่า มีความสามารถในการกำจัดสารแขวนลอยได้ดี โดยประสิทธิภาพการกำจัดสารแขวนลอยอยู่ที่ร้อยละ 96 (M.Tandukar et al., 2007) แต่ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำเสียอุตสาหกรรมในการทดลอง ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดสารแขวนลอยต่ำมาก และในบางช่วงการทดลอง ปริมาณสารแขวนลอยออกจากระบบ ยังมีค่าสูงกว่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียเข้าระบบ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบค่อนข้างสูง ทำให้การไหลของน้ำเสีย ไหลชะเอาสารแขวนลอยที่ติดอยู่ที่ตัวกลาง (Media) ไหลปะปน ออกมากับน้ำเสียที่ผ่านระบบดีเอชเอสด้วย ซึ่งผลการทดลอง แสดงในภาพที่ 4.8 และสรุปได้ดังนี้

การทดลองช่วงที่ 1A ปริมาณสารแขวนลอยเฉลี่ยเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีค่า 113, 100 และ 121 มก./ล. ตามลำดับ

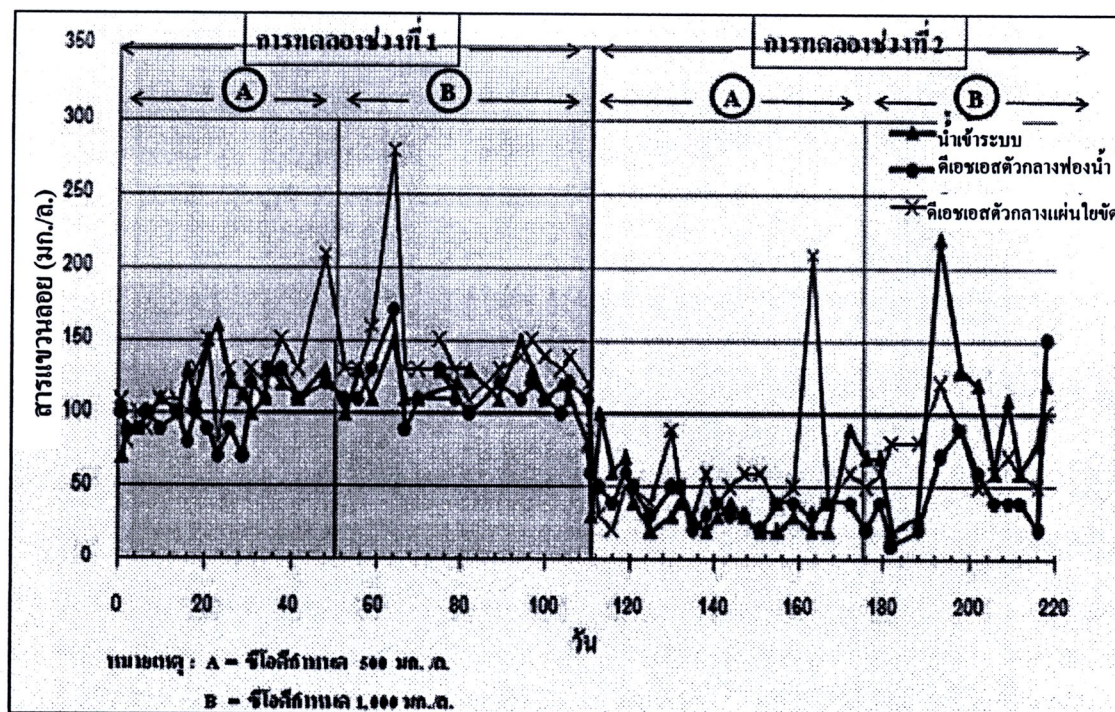
การทดลองช่วงที่ 1B ปริมาณสารแขวนลอยเฉลี่ยเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีค่า 120, 116 และ 145 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2A ปริมาณสารแขวนลอยเฉลี่ยเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีค่า 41, 39 และ 59 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2B ปริมาณสารแขวนลอยเฉลี่ยเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีค่า 88, 53 และ 69 มก./ล. ตามลำดับ

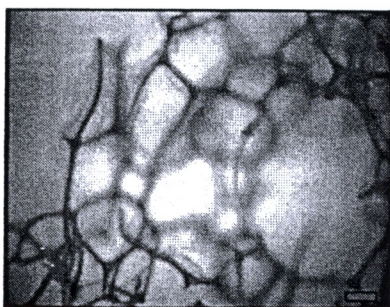
ความแตกต่างของปริมาณสารแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบดีเอชเอสทั้ง 2 ชนิดตัวกลางนี้ เกิดจาก ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพที่แตกต่างกันของวัสดุที่ใช้เป็นตัวกลางภายในระบบดีเอชเอส ซึ่งจากผลการทดลองทั้ง 2 ช่วงการทดลอง ระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดวัสดุใช้ทำตัวกลางมีลักษณะ โครงสร้างทางกายภาพเป็นเส้นใยไขว้กันไปมาดังภาพที่ 4.9 (B) มีปริมาณสารแขวนลอยหลุดออกจากระบบเฉลี่ยสูงกว่าปริมาณ สารแขวนลอยหลุดออกจากระบบดีเอชเอส ตัวกลางฟองน้ำที่วัสดุใช้ทำตัวกลางมีลักษณะ โครงสร้างทางกายภาพ เป็นรูเรียงต่อกันและซ้อนเป็นชั้นดังภาพที่ 4.9 (A)

ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพที่แตกต่างกันของวัสดุที่ใช้เป็นตัวกลางภายในระบบดีเอชเอส ส่งผลให้ การเกาะติดของตะกอนจุลินทรีย์ในตัวกลางแตกต่างกันดังภาพที่ 4.9 (A) และ (B) ตะกอนจุลินทรีย์ในตัวกลาง แผ่นใยขัดจะเกิดการหลุดออกจากตัวกลางได้ง่ายกว่าตะกอนจุลินทรีย์ในตัวกลางฟองน้ำ ทำให้ปริมาณสารแขวนลอยหลุดออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีความเข้มข้นสูงกว่าปริมาณสารแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ

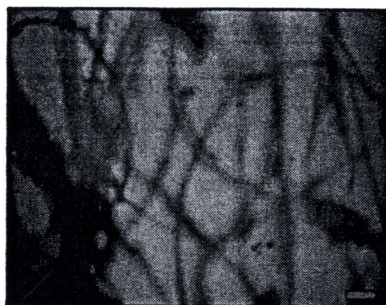


ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารแขวนลอยกับช่วงเวลาในการทดลอง

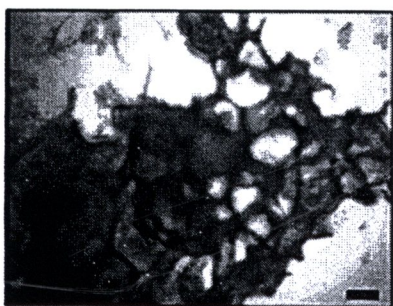
จากประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในการทดลองช่วงที่ 1 วันที่ 44 และ 62 ของการทดลองสังเกตได้ว่าระบบคิโอเซตตัวกลางแผ่นใยขัดมีประสิทธิภาพกำจัดซีโอดีสูงขึ้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับปริมาณสารแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน เห็นได้ว่าระบบคิโอเซตตัวกลางแผ่นใยขัดมีปริมาณสารแขวนลอยออกจากระบบ สูงกว่าปกติ จากผลการทดลองทั้งสองนี้อาจกล่าวได้ว่าเมื่อจุลินทรีย์ที่เกาะติดกับแผ่นใยขัดเจริญเติบโตหนาขึ้นจนมีน้ำหนักรวมมากจนทนต่อแรงเฉือนจากการไหลของน้ำเสียไม่ไหวหรือจุลินทรีย์ชั้นในสุดตายเนื่องจากขาดสารอาหาร จนหลุดออกไปปะปนกับน้ำเสีย (Droste et al., 1997) เมื่อจุลินทรีย์กลุ่มเก่าเกิดการหลุดออกจากตัวกลาง ทำให้เหลือจุลินทรีย์กลุ่มใหม่เกาะติดอยู่กับตัวกลาง ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มใหม่นี้จะอยู่ในระยะเจริญเติบโต (Growth phase) ดังภาพที่ 4.10 (Metcalf & Eddy, 2003) ที่ระยะนี้ จุลินทรีย์จะมีอัตราการใช้สารอินทรีย์ในน้ำเสียปริมาณมากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต จึงอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงขึ้นตาม



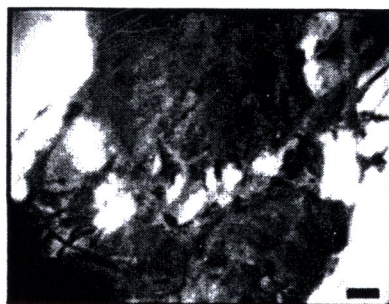
(A)



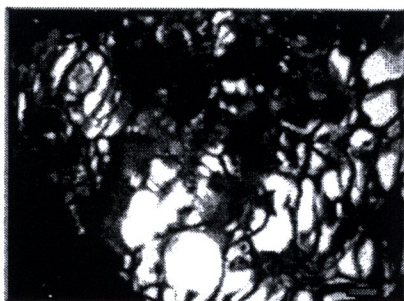
(B)



(C)



(D)



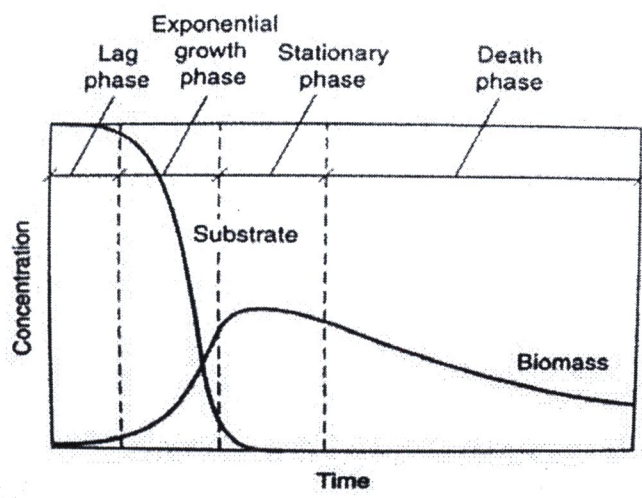
(E)



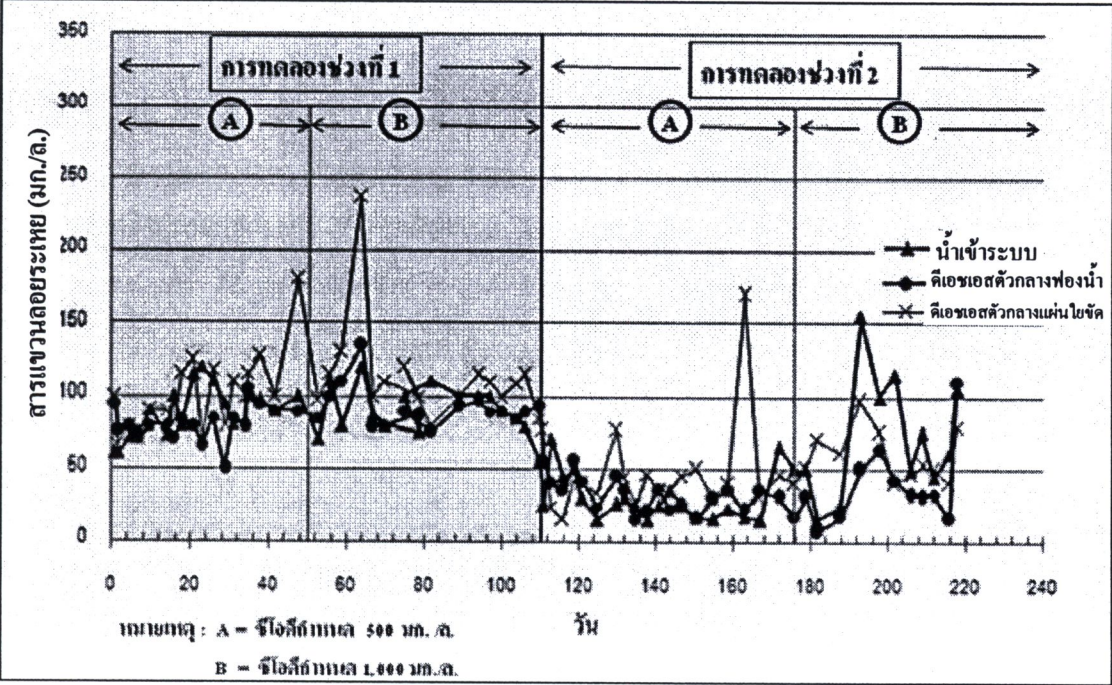
(F)

* หมายถึง $\text{—} = 1$ ไมโครเมตร

ภาพที่ 4.9 ภาพถ่ายกำลังขยาย 40 เท่า โครงสร้างทางกายภาพ (A) ฟองน้ำ (B) แผ่นใยขัด, ลักษณะการเกาะติดของตะกอนจุลินทรีย์บน (C) ฟองน้ำ (D) แผ่นใยขัด ในการทดลองช่วงที่ 1, ลักษณะการเกาะติดของตะกอนจุลินทรีย์บน (E) ฟองน้ำ (F) แผ่นใยขัด ในการทดลองช่วงที่ 2



ภาพที่ 4.10 ลำดับระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กับการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารเมื่อเทียบกับเวลา (Metcalf & Eddy, 2003)



ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารแขวนลอยระเหยกับช่วงเวลาในการทดลอง

4.9 อัตราส่วนสารแขวนลอยกับสารแขวนลอยระเหย

จากผลการทดลองด้านสารแขวนลอยข้างต้น ได้นำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารแขวนลอยระเหยต่อเพื่อนำมาคำนวณหาอัตราส่วนในการจำแนกประเภทของสารแขวนลอยที่หลุดออกมาในน้ำเสียผ่านระบบ ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4-11 และมีค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงที่ได้ ดังนี้

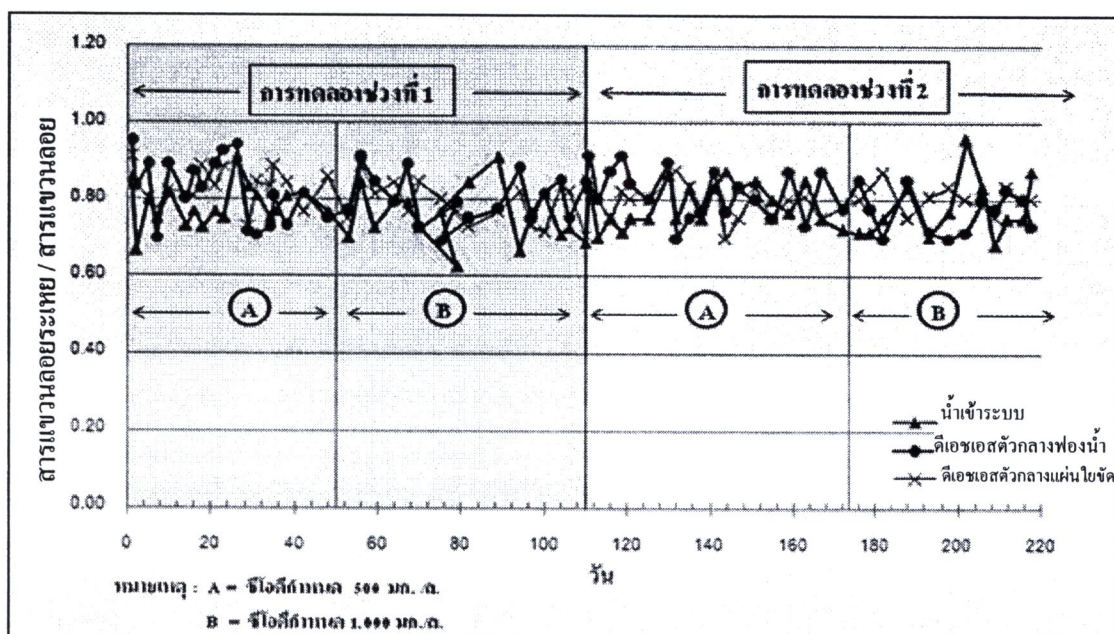
การทดลองช่วงที่ 1A อัตราส่วนสารแขวนลอยกับสารแขวนลอยระเหยในน้ำเสียเข้าระบบ น้ำออกจากระบบคือเอสตัวกลางฟองน้ำ และน้ำออกจากระบบคือเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีค่าเฉลี่ย 0.78, 0.82 และ 0.83 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 1B อัตราส่วนสารแขวนลอยกับสารแขวนลอยระเหยในน้ำเสียเข้าระบบ น้ำออกจากระบบคือเอสตัวกลางฟองน้ำ และน้ำออกจากระบบคือเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีค่าเฉลี่ย 0.76, 0.80 และ 0.79 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2A อัตราส่วนสารแขวนลอยกับสารแขวนลอยระเหยในน้ำเสียเข้าระบบ น้ำออกจากระบบคือเอสตัวกลางฟองน้ำ และน้ำออกจากระบบคือเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีค่าเฉลี่ย 0.78, 0.82 และ 0.80 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 1B อัตราส่วนสารแขวนลอยกับสารแขวนลอยระเหยในน้ำเสียเข้าระบบ น้ำออกจากระบบคือเอสตัวกลางฟองน้ำ และน้ำออกจากระบบคือเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีค่าเฉลี่ย 0.78, 0.76 และ 0.73 ตามลำดับ

ค่าอัตราส่วนสารแขวนลอยกับสารแขวนลอยระเหยในน้ำเสียที่ออกมาจากระบบคือเอสทั้งสองชนิดตัวกลาง มีค่าอัตราส่วนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.7-0.8 ซึ่งแสดงว่า สารแขวนลอยในน้ำเสียออกมาจากระบบคือเอสทั้งสองชนิดตัวกลางส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์



ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยในการทดลอง



4.10 ปริมาณตะกอนแขวนลอยติดตัวกลางและปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยติดตัวกลาง

การทดลองครั้งนี้ได้ทำการตรวจหาปริมาณตะกอนแขวนลอยและปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยติดตัวกลางในแต่ละระบบคิเอชเอส เพื่อเปรียบเทียบการเกาะติดของตะกอนในวัสดุที่แตกต่างกันในการใช้ทำตัวกลางภายในระบบคิเอชเอส ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4.13 เป็นดังนี้

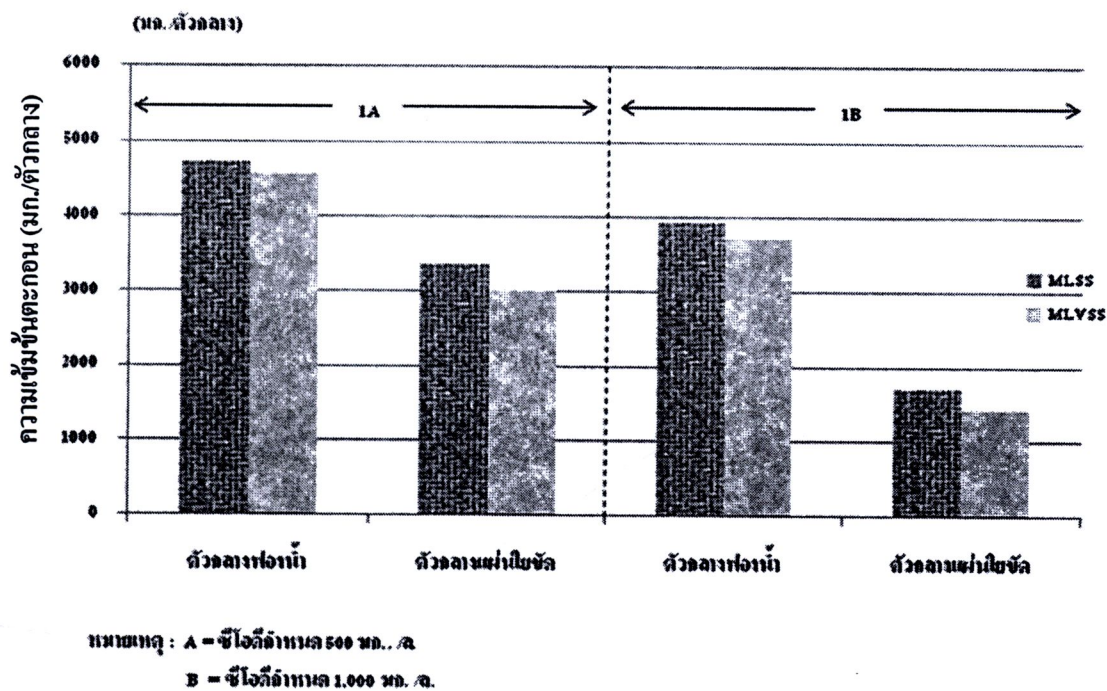
การทดลองช่วงที่ 1A ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ติดตัวกลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัดในระบบมีค่า 4,717 และ 3,367 มก. เอ็มแอลเอสเอส ตามลำดับ และมีปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยติดตัวที่กลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัดในระบบมีค่า 4,560 และ 3,007 มก. เอ็มแอลเอสเอส ตามลำดับ อัตราส่วนระหว่างตะกอนแขวนลอยติดตัวกลางกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยติดตัวกลางของตัวกลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัดในระบบมีค่าเฉลี่ย 0.97 และ 0.89 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 1B ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ติดตัวกลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัดในระบบมีค่า 3,938 และ 1,710 มก. เอ็มแอลเอสเอส ตามลำดับ และมีปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยติดตัวที่กลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัดในระบบมีค่า 3,722 และ 1,438 มก. เอ็มแอลเอสเอส ตามลำดับ อัตราส่วนระหว่างตะกอนแขวนลอยติดตัวกลางกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยติดตัวกลางของตัวกลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัดในระบบมีค่าเฉลี่ย 0.95 และ 0.84 ตามลำดับ

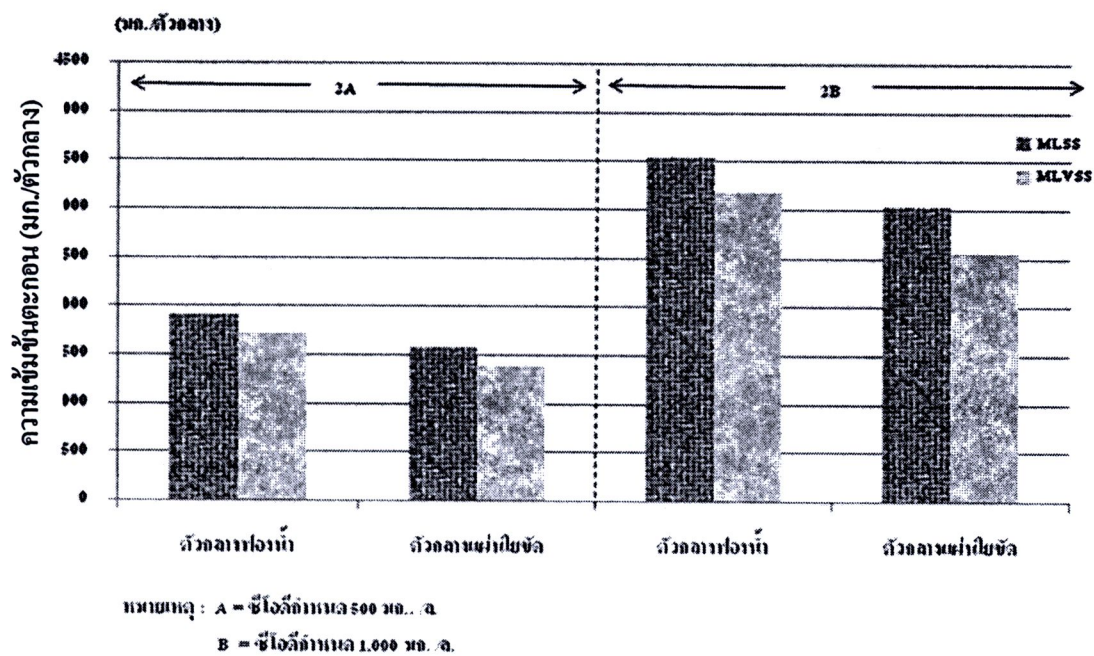
การทดลองช่วงที่ 2A ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ติดตัวกลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัดในระบบมีค่า 1,907 และ 1,570 มก. เอ็มแอลเอสเอส ตามลำดับ และมีปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยติดตัวที่กลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัดในระบบมีค่า 1,720 และ 1,390 มก. เอ็มแอลเอสเอส ตามลำดับ อัตราส่วนระหว่างตะกอนแขวนลอยติดตัวกลางกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยติดตัวกลางของตัวกลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัดในระบบมีค่าเฉลี่ย 0.90 และ 0.89 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2B ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ติดตัวกลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัดในระบบมีค่า 3,540 และ 3,030 มก. เอ็มแอลเอสเอส ตามลำดับ และมีปริมาณตะกอนแขวนลอยระเหยติดตัวที่กลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัดในระบบมีค่า 2,707 และ 2,553 มก. เอ็มแอลเอสเอส ตามลำดับ อัตราส่วนระหว่างตะกอนแขวนลอยติดตัวกลางกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยติดตัวกลางของตัวกลางฟองน้ำและตัวกลางแผ่นใยขัดในระบบมีค่าเฉลี่ย 0.82 และ 0.84 ตามลำดับ

โครงสร้างทางกายภาพที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดการเกาะติดของตะกอนจุลินทรีย์ในตัวกลางที่แตกต่างกันดังภาพที่ 4.9 (C) และ (D) การเกาะติดของจุลินทรีย์ในตัวกลางฟองน้ำมีลักษณะเป็นเมือกหนาแข็งแรงกว่าการเกาะติดของจุลินทรีย์ในตัวกลางแผ่นใยขัดที่มีลักษณะเป็นแผ่น และมีปริมาณการเกาะติดของตะกอนที่ต่างกันอย่างชัดเจน โดยจากผลการทดลองตัวกลางฟองน้ำจะมีตะกอนแขวนลอยติดตัวกลางมากกว่าตัวกลางแผ่นใยขัดและจากอัตราส่วนระหว่างตะกอนแขวนลอยติดตัวกลางกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยติดตัวกลางของตัวกลางในระบบ มีค่าอัตราส่วนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.8- 0.9 ซึ่งแสดงว่า ตะกอนแขวนลอยติดตัวกลางในระบบ มีค่าสารอินทรีย์ในปริมาณที่มากกว่าปริมาณสารอนินทรีย์



(A)



(B)

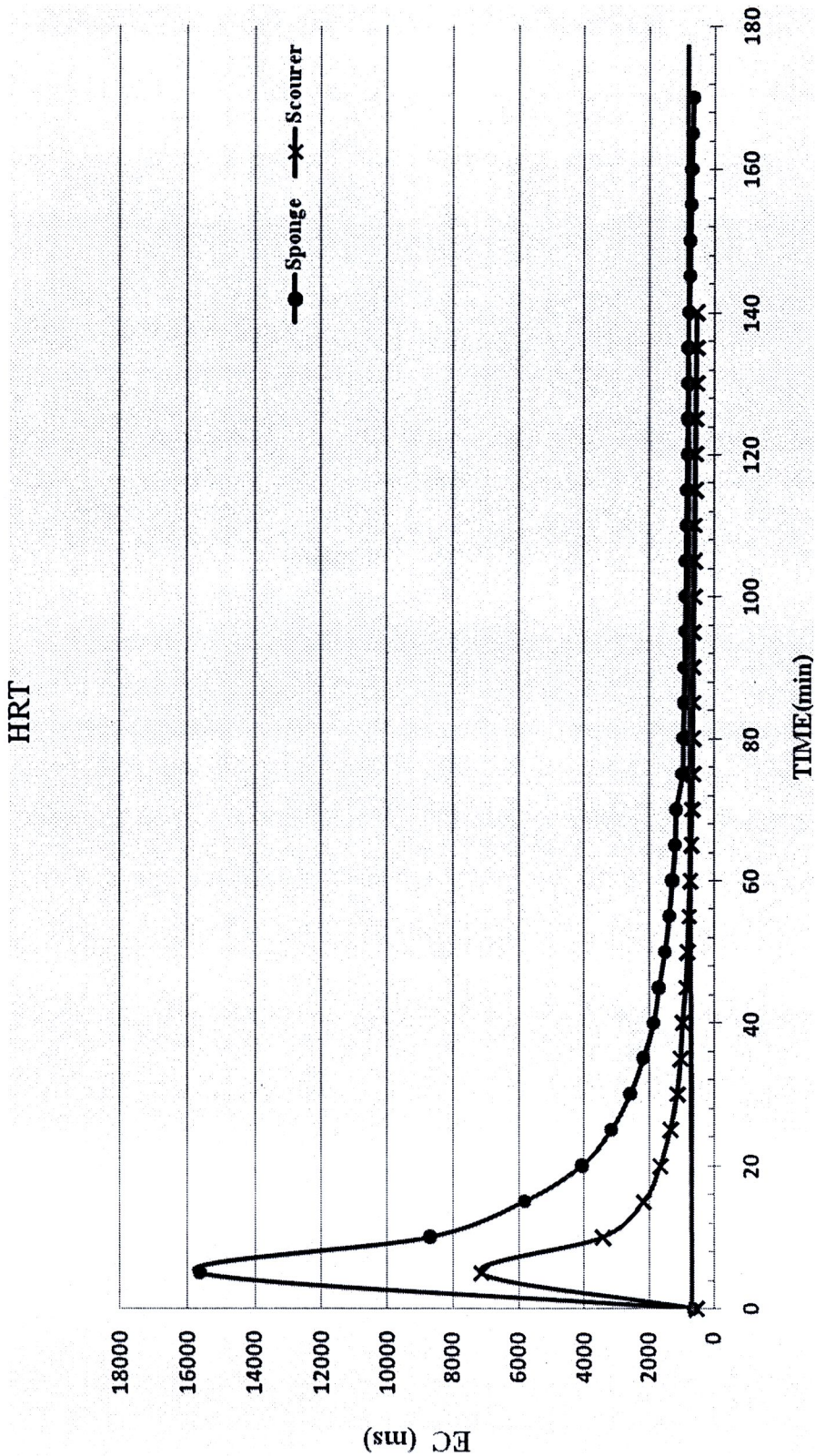
ภาพที่ 4.13 ปริมาณตะกอนแขวนลอยคิดตัวกลางในการทดลอง (A) การทดลองช่วงที่ 1 (B) การทดลองช่วงที่ 2

4.11 ระยะเวลาเก็บน้ำในระบบดีเอสเอส

ระบบดีเอสเอสที่ใช้ตัวกลางผลิตจากวัสดุแตกต่างกัน มีระยะเวลากักเก็บน้ำที่แตกต่างกันเป็นไปตามลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของวัสดุใช้ทำตัวกลางที่แตกต่างกัน ตัวกลางฟองน้ำที่ผลิตจากโพลียูรีเทนมีลักษณะโครงสร้างทางกายภาพลักษณะรูพรุนซ้อนทับกันเป็นระเบียบช่องว่างมีขนาดใกล้เคียงกันประมาณ 0.2-0.3 มม. ตัวกลางแผ่นใยขัดที่ผลิตจากโพลีเอสเตอร์มีลักษณะโครงสร้างทางกายภาพลักษณะเส้นใยไม่สม่ำเสมอจัดเรียงตามทิศทางเดียวกันไม่เป็นระเบียบช่องว่างมีขนาดแตกต่างกันชัดเจน ช่องว่างมีขนาดประมาณ 0.7 มม. ขนาดช่องว่างในโครงสร้างของวัสดุที่ต่างกันนี้ ทำให้ฟองน้ำที่ผลิตจากโพลียูรีเทนมีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำได้ดีกว่าแผ่นใยขัดที่ผลิตจากโพลีเอสเตอร์

จากการทดลองหาระยะเวลากักเก็บน้ำในระบบดีเอสเอสทั้ง 2 ชนิดตัวกลางดังรูปภาพที่ 4.13 ได้ผลว่าระบบดีเอสเอสตัวกลางฟองน้ำมีระยะเวลากักเก็บน้ำ 1.9 ชั่วโมง และระบบดีเอสเอสตัวกลางแผ่นใยขัดมีระยะเวลากักเก็บน้ำ 1.0 ชั่วโมง

จากคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำได้ดีกว่าของฟองน้ำโพลียูรีเทน ทำให้ระบบดีเอสเอสตัวกลางฟองน้ำมีระยะเวลากักเก็บน้ำได้นานกว่าระบบดีเอสเอสตัวกลางแผ่นใยขัดโพลีเอสเตอร์



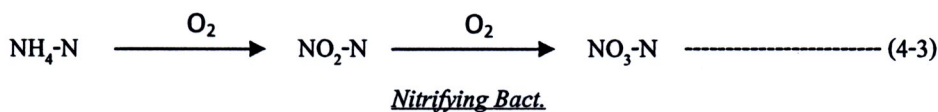
ภาพที่ 4.14 แสดงการหาระยะเวลากักเก็บน้ำ (HRT)

4.12 ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจน

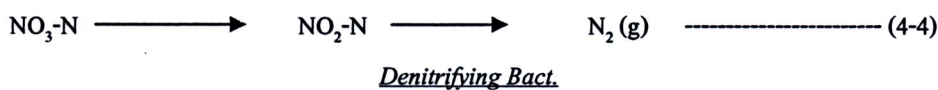
งานวิจัยระบบคีโอเอสซึ่งใช้น้ำเสียชุมชนในการทดลองที่ผ่านมา แสดงไว้ว่าระบบคีโอเอสสามารถกำจัดไนโตรเจนได้ ด้วยการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน และดีไนตริฟิเคชัน โดยแบคทีเรียกลุ่มไนตริฟายเออร์ (Nitrifier) ที่อาศัยอยู่ในตัวกลาง (M.Tandukar et al., 2007)

ปฏิกิริยาของไนโตรเจนในน้ำเสีย

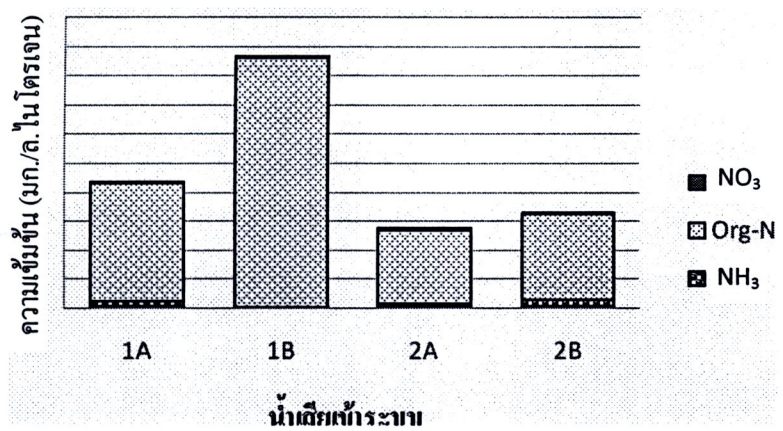
ไนตริฟิเคชัน (Nitrification)



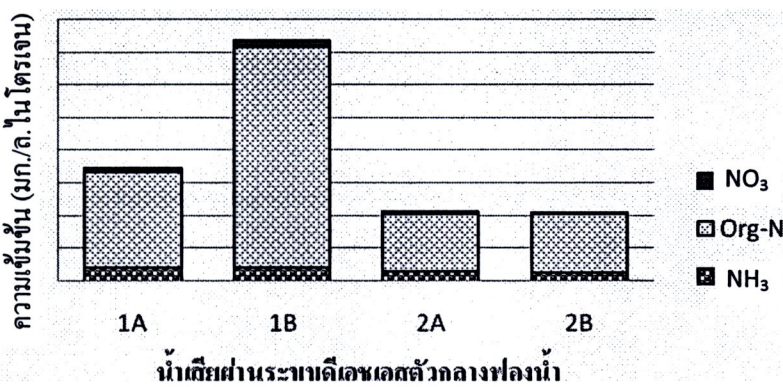
ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification)



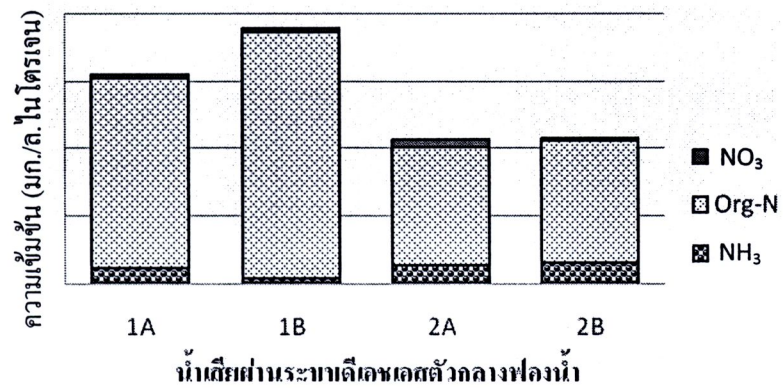
การทดลองครั้งนี้ ได้ทำการพิจารณาไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น, แอมโมเนียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน ไม่มีการพิจารณาไนไตรต์ไนโตรเจน เนื่องจากไนไตรต์ไนโตรเจนไม่คงรูป โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในการทดลองได้ผลดังสรุปไว้ในตารางที่ 4.4, 4.5, 4.6 และ 4.7 และแสดงเป็นกราฟในภาพที่ 4.15



(A)



(B)



(C)

ภาพที่ 4.15 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในการทดลอง (A) น้ำเสียเข้าระบบ (B) น้ำเสียผ่านระบบคีโอเอสตัวกลางฟองน้ำ และ (C) น้ำเสียผ่านระบบคีโอเอสตัวกลางแผ่นใยขัด

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณทีเคเอ็น (TKN) ในการทดลอง

การทดลอง	น้ำเสียเข้าระบบ (มก./ล.ไนโตรเจน)	น้ำเสียผ่านระบบดีเอชเอสตัวกลาง ฟองน้ำ (มก./ล.ไนโตรเจน)	น้ำเสียผ่านระบบดีเอชเอสตัวกลาง แผ่นใยขัด (มก./ล.ไนโตรเจน)
1A	21.63 (2.31)	16.74 (1.63)	15.22 (1.64)
1B	43.06 (13.26)	35.84 (6.16)	18.67 (5.05)
2A	13.32 (2.32)	10.31 (1.27)	10.09 (0.68)
2B	16.24 (2.8)	10.45 (2.82)	10.64 (0.56)

หมายเหตุ: () แสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (NH₃-N) ในการทดลอง

การทดลอง	น้ำเสียเข้าระบบ (มก./ล.ไนโตรเจน)	น้ำเสียผ่านระบบดีเอชเอสตัวกลาง ฟองน้ำ (มก./ล.ไนโตรเจน)	น้ำเสียผ่านระบบดีเอชเอสตัวกลาง แผ่นใยขัด (มก./ล.ไนโตรเจน)
1A	1.07 (1.06)	2.15 (0.43)	1.17 (0.31)
1B	0.25 (0.18)	2.17 (0.34)	0.49 (0.24)
2A	0.81 (0.74)	1.57 (0.29)	1.39 (0.80)
2B	1.41 (0.41)	1.35 (0.29)	1.62 (0.86)

หมายเหตุ: () แสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณไนเตรทไนโตรเจน (NO₃-N) ในการทดลอง

การทดลอง	น้ำเสียเข้าระบบ (มก./ล.ไนโตรเจน)	น้ำเสียผ่านระบบดีเอชเอสตัวกลาง ฟองน้ำ (มก./ล.ไนโตรเจน)	น้ำเสียผ่านระบบดีเอชเอสตัวกลาง แผ่นใยขัด (มก./ล.ไนโตรเจน)
1A	0.17 (0.42)	0.61 (0.96)	0.28 (0.50)
1B	0.13 (0.18)	1.03 (0.34)	0.29 (0.24)
2A	0.39 (0.74)	0.38 (0.29)	0.63 (0.80)
2B	0.13 (0.41)	0.13 (0.29)	0.13 (0.86)

หมายเหตุ: () แสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (T-N)

การทดลอง	น้ำเสียเข้าระบบ (มก./ล.ไนโตรเจน)	น้ำเสียผ่านระบบดีเอชเอสตัวกลาง ฟองน้ำ (มก./ล.ไนโตรเจน)	น้ำเสียผ่านระบบดีเอชเอสตัวกลาง แผ่นใยขัด (มก./ล.ไนโตรเจน)
1A	22.38 (2.22)	19.39 (1.5)	16.44 (1.46)
1B	43.62 (13.63)	40.32 (6.23)	19.94 (5.09)
2A	15.01 (2.19)	11.95 (1.23)	12.83 (0.5)
2B	16.8 (2.71)	11.01 (2.75)	11.2 (0.38)

หมายเหตุ : () แสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ 3 รูปแบบ ดังได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ เป็นดังนี้

4.12.1 ปริมาณความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสีย

การทดลองช่วงที่ 1A ที่ค่าความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 1.07, 2.15 และ 1.17 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 1B ค่าความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 0.25, 2.17 และ 0.49 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียผ่านระบบคิเอชเอสทั้ง 2 ชนิดตัวกลางมีค่าสูงกว่าปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียก่อนเข้าระบบ แสดงว่ามีปฏิกิริยาแอมโมไนฟิเคชั่นเกิดขึ้นภายในระบบคิเอชเอส โดยดูจากปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น บอกได้ว่าการทดลองช่วงที่ 1 นี้ระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำมีปฏิกิริยาแอมโมไนฟิเคชั่นเกิดขึ้นมากกว่าระบบคิเอชเอสชนิดตัวกลางแผ่นใยขัด

การทดลองช่วงที่ 2A ค่าความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 0.81, 1.57 และ 1.39 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2B ค่าความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 1.41, 1.35 และ 1.62 มก./ล. ตามลำดับ

ในการทดลองช่วงที่ 2 ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียผ่านระบบคิเอชเอสทั้ง 2 มีค่าสูงกว่าปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ทั้งนี้เนื่องจากภายในระบบคิเอชเอสมีการเกิดปฏิกิริยาแอมโมไนฟิเคชั่น และปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่น (M.Tandukar et al., 2007) ขึ้นภายในระบบ

4.12.2 ปริมาณความเข้มข้นทีเคเอ็น

การทดลองช่วงที่ 1A ที่ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 21.63, 16.74 และ 15.22 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นได้ร้อยละ 22.60 และ 29.63 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 1B ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 43.06, 35.84 และ 18.67 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นได้ร้อยละ 16.76 และ 56.64 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2A ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 13.32, 10.31 และ 10.09 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นได้ร้อยละ 22.59 และ 24.25 ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2B ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบคิเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 16.24, 10.45 และ 10.64 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นได้ร้อยละ 35.65 และ 34.48 ตามลำดับ

4.12.3 ปริมาณความเข้มข้นไนเตรทไนโตรเจนในน้ำเสีย

การทดลองช่วงที่ 1A ที่ค่าความเข้มข้นไนเตรทไนโตรเจนเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบดีเอชเอส ตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 0.17, 0.61 และ 0.28 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 1B ค่าความเข้มข้นไนเตรทไนโตรเจนเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบดีเอชเอส ตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 0.13, 1.03 และ 0.29 มก./ล. ตามลำดับ

จากการทดลองช่วงที่ 1 สังเกตได้ว่าปริมาณความเข้มข้นของไนเตรทไนโตรเจนในน้ำเสียผ่านระบบดีเอชเอสทั้ง 2 ชนิดตัวกลางมีค่าสูงกว่าปริมาณความเข้มข้นของไนเตรทไนโตรเจนในน้ำเสียก่อนเข้าระบบ แสดงว่า มีปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นภายในระบบดีเอชเอส (M.Tandukar et al., 2007) โดยดูจากปริมาณความเข้มข้นของไนเตรทไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น บอกได้ว่าการทดลองช่วงที่ 1 นี้ระบบดีเอชเอสตัวกลางฟองน้ำ มีปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นมากกว่าระบบดีเอชเอสชนิดตัวกลางแผ่นใยขัด

การทดลองช่วงที่ 2A ค่าความเข้มข้นไนเตรทไนโตรเจนเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบดีเอชเอส ตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 0.39, 0.38 และ 0.63 มก./ล. ตามลำดับ

การทดลองช่วงที่ 2B ค่าความเข้มข้นไนเตรทไนโตรเจนเข้าสู่ระบบ ออกจากระบบดีเอชเอส ตัวกลางฟองน้ำ และออกจากระบบดีเอชเอสตัวกลางแผ่นใยขัด มีค่า 0.13, 0.13 และ 0.13 มก./ล. ตามลำดับ

ในการทดลองช่วงที่ 2 ปริมาณความเข้มข้นของไนเตรทไนโตรเจนในน้ำเสียผ่านระบบดีเอชเอส ทั้ง 2 ชนิดตัวกลาง มีความเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากภายในระบบดีเอชเอสมีการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันขึ้นภายในระบบ (M.Tandukar et al., 2007) และปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันในการทดลองช่วงที่ 2 นี้มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาใกล้เคียงกับปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันภายในระบบ