

ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิจัยนี้ ใช้น้ำเสียสดจากกระบวนการผลิตของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ทำการเจือจางเพื่อสร้างกรด โดยใช้ระยะเวลาพักทางชีวศาสตร์ 14 วัน ตามผลการทดลองไฮโดรไลซิส น้ำเสียเบื้องต้น เมื่อถึงสร้างกรดสามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยได้อย่างคงที่แล้วจึงทดลองแปรผันระยะเวลาพักทางชีวศาสตร์ เป็นระยะเวลา 10 และ 20 วัน ตามลำดับ

จากนั้นนำน้ำเสียที่ออกจากถังสร้างกรดมาทำการเจือจางให้มีอัตราการป้อนสารอินทรีย์เริ่มต้นตั้งแต่ 0.2 ไปจนถึง 1.25 กรัมซีโอดีต่อกรัมของแข็งแขวนลอยระเหยต่อวัน (g COD/ g VSS-d) หรือ 4 ไปจนถึง 25 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ใช้ระยะเวลาพักทางชีวศาสตร์ 24 ชั่วโมง คงที่ตลอดการทดลอง ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนอัตราการป้อนสารอินทรีย์เมื่อถึงปฏิกิริยาสร้างก๊าซมีเทนมีประสิทธิภาพคงที่ โดยช่วงการคงที่มีค่าต่ำสุดและสูงสุดต่างกัน ไม่เกินร้อยละ 10

เมื่อตะกอนจุลินทรีย์ที่เติมลงในถังสร้างก๊าซมีเทนแบบยูเอเอสบี จากการทดลองพบว่า ค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหย เท่ากับ 62,780 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการกำหนดค่าเอ็มแอลวีเอสเอส (MLVSS) เมื่อตะกอนจุลินทรีย์ที่เติมลงในถังสร้างก๊าซมีเทน เท่ากับ 20,000 มิลลิกรัมของแข็งแขวนลอยระเหยต่อลิตรของถังปฏิกิริยา ดังนั้น จึงเติมเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ปริมาตร 1 ลิตรลงในถังสร้างก๊าซมีเทนเพื่อใช้ในการบำบัด (ภาคผนวก ข)

สาเหตุที่ต้องทำการป้อนน้ำเสียโดยไม่ใช้ปั๊มเข้าสู่ถังสร้างก๊าซมีเทนโดยตรง เนื่องจากน้ำเสียที่ออกจากถังสร้างกรดมีปริมาณน้ำเสียไม่เพียงพอในการป้อนเข้าสู่ถังสร้างก๊าซมีเทนสำหรับอัตราการป้อนสารอินทรีย์ในบางอัตรา เพราะระยะเวลาพักทางชีวศาสตร์ของถังปฏิกิริยาทั้งสองขั้นตอนแตกต่างกันมาก ทำให้อัตราการไหลของน้ำที่เข้าและออกจากถังปฏิกิริยาแตกต่างกันมากด้วยเช่นกัน และนอกจากนี้ น้ำเสียที่ออกจากถังสร้างกรดยังคงมีความเข้มข้นของพารามิเตอร์ต่างๆ สูงอยู่อีกด้วย

สำหรับการอภิปรายผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 อภิปรายผลการทดลองไฮโดรไลซิส

ส่วนที่ 2 อภิปรายผลการทดลองที่เกี่ยวข้องกับถังสร้างกรด

ส่วนที่ 3 อภิปรายผลการทดลองที่เกี่ยวข้องกับถังสร้างก๊าซมีเทน

#### 4.1 การทดลองไฮโดรไลซิสตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง เพื่อการทดสอบเบื้องต้นหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเดินระบบถึงสร้างกรด

##### 4.1.1 ค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของน้ำเสียในกระบวนการไฮโดรไลซิสเพื่อกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย และสร้างกรดไขมันระเหย

ในการทดลองเพื่อหาค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซิสตัวอย่างน้ำเสียเพื่อกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย ได้จัดชุดทดลองโดยแปรผันค่าพีเอชเริ่มต้นของตัวอย่างน้ำเสีย 3 ชุด การทดลอง ได้แก่

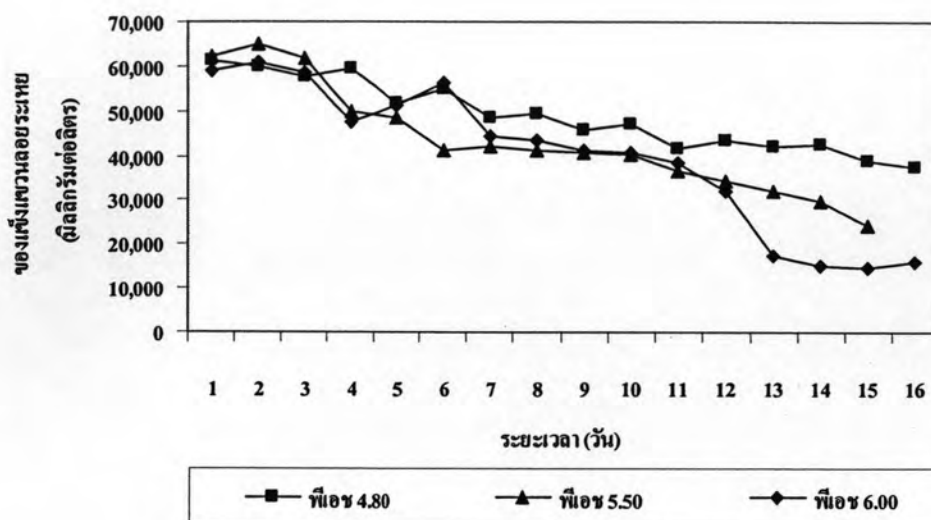
ชุดทดลองที่ 1 ที่ค่าพีเอชจริงของน้ำเสีย (ค่าพีเอช ประมาณ 4.80)

ชุดทดลองที่ 2 ที่ค่าพีเอช เท่ากับ 5.50

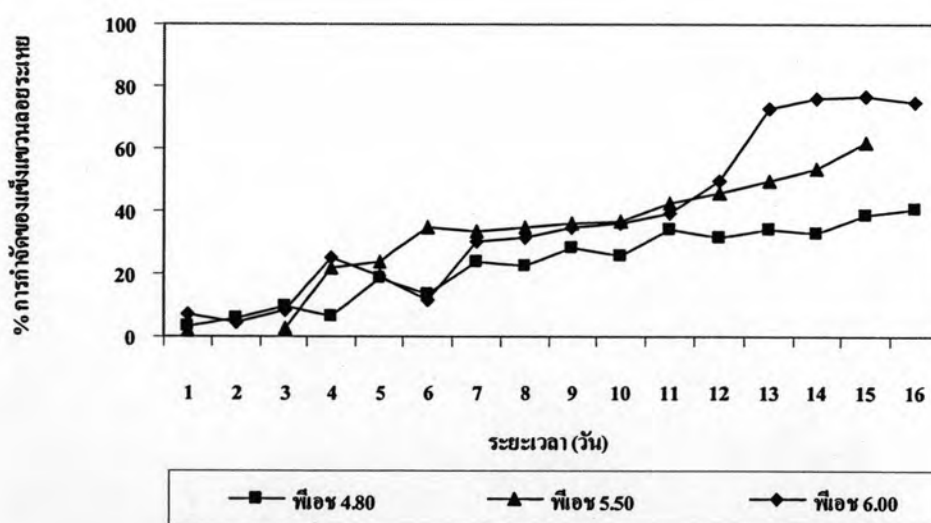
ชุดทดลองที่ 3 ที่ค่าพีเอช เท่ากับ 6.00

ชุดการทดลองทั้ง 3 ชุด แสดงดังภาพที่ 3.7 การดำเนินการทดลองจะทำการกวนตัวอย่างน้ำเสียซึ่งมีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหย เท่ากับ 63,600 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วรอบเท่ากันทั้ง 3 ชุดทดลอง ผลการทดลองพบว่า ตั้งแต่วันแรกของการทดลอง ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย เพิ่มขึ้นทีละน้อยโดยมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 ชุดทดลอง จนกระทั่งวันที่ 12 ของการทดลอง ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย เริ่มมีค่าแตกต่างกัน จนกระทั่งวันที่ 13 ของการทดลอง ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยของชุดทดลองที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงกว่าชุดทดลองที่ 1 และ 2 อย่างชัดเจน โดยมีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหยเหลืออยู่ เท่ากับ 17,400 , 42,000 และ 32,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.1) และมีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยร้อยละ 72.67 , 33.96 และ 49.69 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยของชุดการทดลองที่ 3 เริ่มคงที่ในวันที่ 14 ของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.2 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยประมาณร้อยละ 75.94 ซึ่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดและสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยประมาณร้อยละ 33.02 และ 53.30 ตามลำดับ

สำหรับผลการทดลองประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหย พบว่า ชุดการทดลองทั้ง 3 ชุด มีประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหยเฉลี่ยร้อยละ  $91.18 \pm 6.98$  ,  $89.49 \pm 5.47$  และ  $93.13 \pm 3.87$  ที่ค่าพีเอชเริ่มต้น 4.80, 5.50 และ 6.00 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.3)



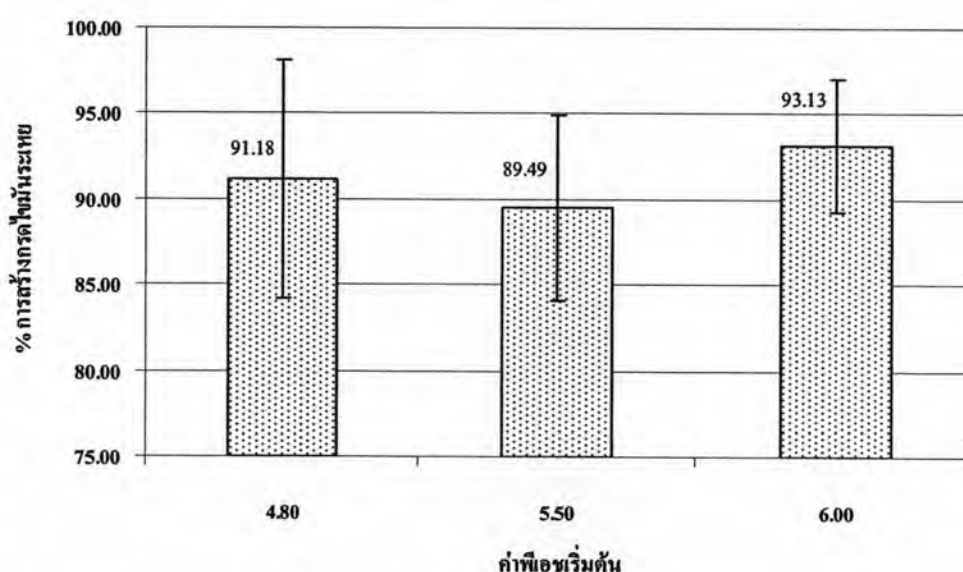
ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณของแรงแวนลอยระยะเหຍของชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับประสิทธิภาพการกำจัดของแรงแวนลอยระยะเหຍของการทดลองไฮโดรไลซิสชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3

ตารางที่ 4.1 ปริมาณและประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหยเฉลี่ยตลอดการทดลองไฮโดรไลซิส

ชุดทดลองที่	ค่าพีเอช		ค่าเฉลี่ยกรดไขมันระเหย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพการสร้างกรด ไขมันระเหย
	เริ่มต้น	เฉลี่ย		
1	4.80	4.33	111,589.30±114,129.13	91.18 ± 6.98
2	5.50	5.18	73,200.00±56,225.10	89.49 ± 5.47
3	6.00	5.78	99,482.14±41,729.71	93.13 ± 3.87



ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเฉลี่ยของการสร้างกรดไขมันระเหยของการทดลองไฮโดรไลซิส ของชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3

จากผลการทดลองข้างต้น จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองทั้ง 3 ชุด มีประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหยใกล้เคียงกันซึ่งอาจเป็นผลจากการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ภายในระบบปิดและมีการเกาะตัวเป็นฟิล์มชีวภาพที่บริเวณผนังขวดของชุดทดลองแต่ละชุดซึ่งสังเกตจากคราบตะกอนที่เกาะบนผนังขวดทดลองทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้มากและเร็วขึ้น และที่ระดับพีเอชทั้งสามค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทน จึงมีการเปลี่ยนรูปของกรดไขมันระเหยไปเป็นก๊าซมีเทนน้อยมาก ทำให้มีการสะสมของกรดไขมันระเหยภายในระบบขึ้น นอกจากนี้จุลินทรีย์สร้างกรดยังใช้กรดไขมันระเหยเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเซลล์จุลินทรีย์ ด้วยเช่นกัน ดังนั้น อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่เท่ากันที่ค่าพีเอชต่างกันจึงทำให้มีปริมาณการบริโภคกรดไขมันระเหยต่างกัน ชุด

การทดลองที่จุลินทรีย์มีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่าจะบริโภคกรดไขมันระเหยน้อยกว่า จึงทำให้เหลือปริมาณกรดไขมันระเหยสะสมมากกว่าชุดการทดลองที่จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้เร็วกว่า เป็นเหตุให้ทั้ง 3 ชุดการทดลองมีการสร้างกรดไขมันระเหยได้ใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย พบว่าชุดการทดลองที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ในขณะเดียวกันมีค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 จึงเลือกสถานะของชุดทดลองที่ 3 ซึ่งมีค่าพีเอชเริ่มต้น 6.00 และระยะเวลาพักทางชีวศาสตร์ 14 วัน ไปใช้ในการทดลองเดินระบบถังสร้างกรดต่อไป

#### 4.2 ผลของระยะเวลาพักทางชีวศาสตร์ต่อประสิทธิภาพการเดินระบบถังสร้างกรด

การเดินระบบถังสร้างกรดใช้ค่าพีเอชเริ่มต้น 6.00 ที่ระยะเวลาพักทางชีวศาสตร์ 14 วัน แล้วจึงเดินระบบถังสร้างกรดที่ระยะเวลาพักทางชีวศาสตร์ 10 และ 20 วัน ตามลำดับ เพื่อทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ระหว่างที่ทำการเดินระบบนั้นจะทำการทิ้งตะกอนออกจากระบบ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เพื่อทิ้งตะกอนส่วนเกินบางส่วนที่เกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สร้างกรดซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว และอาจเพิ่มปริมาณตะกอนในน้ำออกจากถังสร้างกรด ดังนั้นจึงต้องพยายามรักษาสมดุลภายในระบบระหว่างสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบกับปริมาณจุลินทรีย์เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพ และระหว่างการเดินระบบจุลินทรีย์จะสร้างก๊าซขึ้นมาซึ่งจะเกิดการสะสมภายในชั้นตะกอนจนทำให้เกิดการยกตัวของชั้นตะกอนได้ เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีลักษณะขุ่นและหนืดจากสารแขวนลอยต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบจึงเป็นเหตุให้ก๊าซไม่สามารถผ่านชั้นตะกอนดังกล่าวออกมาได้สะดวกจึงต้องมีการกวนเป็นระยะเพื่อไล่ก๊าซดังกล่าว และยังส่งผลดีต่อการสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์และสารอินทรีย์ในระบบด้วย

##### 4.2.1 การกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย

จากการทดลองเดินระบบถังสร้างกรด พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ที่ระยะเวลาพักทางชีวศาสตร์ 14, 10 และ 20 วัน มีช่วงความเข้มข้นเฉลี่ย  $51,903.70 \pm 2,630.51$ ,  $45,940.74 \pm 4,315.29$  และ  $49,723.68 \pm 4,747.88$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เริ่มทำการทดลองที่ระยะเวลาพักทางชีวศาสตร์ 14 วัน เดินระบบเป็นระยะเวลา 27 วัน แสดงดังภาพที่ 4.4 จากการวิเคราะห์ ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำออกจากระบบ ช่วงเริ่มต้นการเดินระบบ วันที่ 1-8 หรือประมาณ 1 สัปดาห์ มีช่วงความเข้มข้นระหว่าง 41,000 – 49,900 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งยังคงมีความเข้มข้นสูงใกล้เคียงกับน้ำเข้าระบบ ที่มีช่วงความเข้มข้นระหว่าง 49,200 – 50,100 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยต่ำ น้อยกว่าร้อยละ 15 อธิบายได้ว่า การปรับตัวของจุลินทรีย์ภายในระบบยังไม่เข้าสู่สภาวะที่

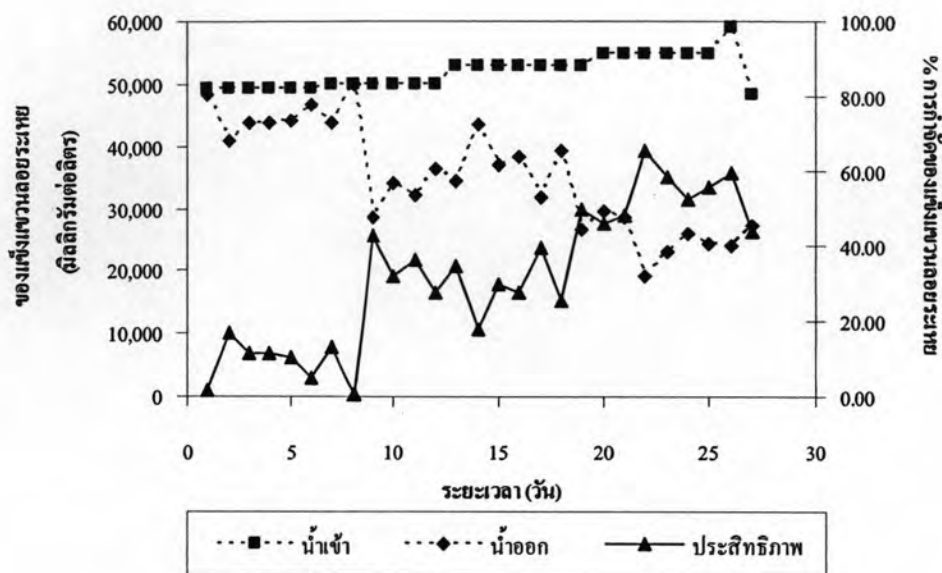
สมดุลระหว่างปริมาณสารอินทรีย์กับจำนวนประชากรจุลินทรีย์จึงต้องอาศัยระยะเวลาในการปรับตัวระยะหนึ่งเพื่อให้คุ้นเคยกับสภาวะแวดล้อมด้วยเช่นกัน หลังผ่านระยะเวลาปรับตัวแล้วพบว่า วันที่ 9 – 21 ของการเดินระบบ ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยสูงขึ้นกว่าช่วงที่ผ่านมา สูงกว่าร้อยละ 20 แต่ยังคงต่ำกว่าร้อยละ 50 ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำเข้าระบบ และน้ำออกจากระบบ มีช่วงความเข้มข้นเฉลี่ย  $52,315.38 \pm 1,668.26$  และ  $33,892.31 \pm 5,001.08$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงการทำงานที่ดีขึ้นของจุลินทรีย์ภายในระบบ เป็นสัญญาณที่บอกรถึงปรับตัวเข้าสู่สภาวะการทำงานที่สมดุลขึ้นจึงส่งผลให้การทำงานของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และวันที่ 22 – 26 ของการเดินระบบ รวมระยะเวลา 5 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยสูงกว่าร้อยละ 50 ค่าเฉลี่ยร้อยละ  $58.21 \pm 4.69$  และมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำเข้าระบบ และน้ำออกจากระบบ มีช่วงความเข้มข้นเฉลี่ย  $55,540.00 \pm 1,878.30$  และ  $23,000.00 \pm 2,581.67$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบที่เข้าสู่สภาวะสมดุลหรือสภาวะคงที่

หลังจากระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 วันแล้ว จึงลดระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ลงเหลือ 10 วัน เดินระบบเป็นระยะเวลา 27 วัน แสดงดังภาพที่ 4.5 พบว่า ช่วง 9 วันแรกของการเดินระบบประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยยังคงสูงกว่าร้อยละ 50 หลังจากนั้นประสิทธิภาพเริ่มลดลงซึ่งมีระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 สาเหตุที่ประสิทธิภาพลดลงนี้อาจเนื่องมาจากตอนแรกเป็นช่วงรอยต่อของการเดินระบบที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 วัน จึงเป็นเหตุให้จุลินทรีย์ภายในระบบมีปริมาณที่มากพอที่จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เมื่อทำการทิ้งตะกอนส่วนเกินแล้วเดินระบบต่อไปทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มที่จะเข้าสู่สมดุลกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบที่สภาวะใหม่ และเนื่องจากการลดระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ลงจึงทำให้จุลินทรีย์มีระยะเวลาสัมผัสสารอินทรีย์ลดลง ดังนั้นการย่อยสลายสารอินทรีย์จึงเกิดขึ้นน้อยลง ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยจึงลดลงตามไปด้วย เมื่อติดตามผลการเดินระบบต่อไปพบว่า ช่วงวันที่ 20 – 24 ของการเดินระบบ รวมระยะเวลา 5 วัน ระบบปรับเข้าสู่สมดุลใหม่ พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ  $33.93 \pm 3.09$  และมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำเข้าระบบ และน้ำออกจากระบบ มีความเข้มข้นเฉลี่ย  $38,560.00 \pm 3,711.87$  และ  $25,560.00 \pm 3,690.93$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบที่เข้าสู่สภาวะสมดุลหรือสภาวะคงที่

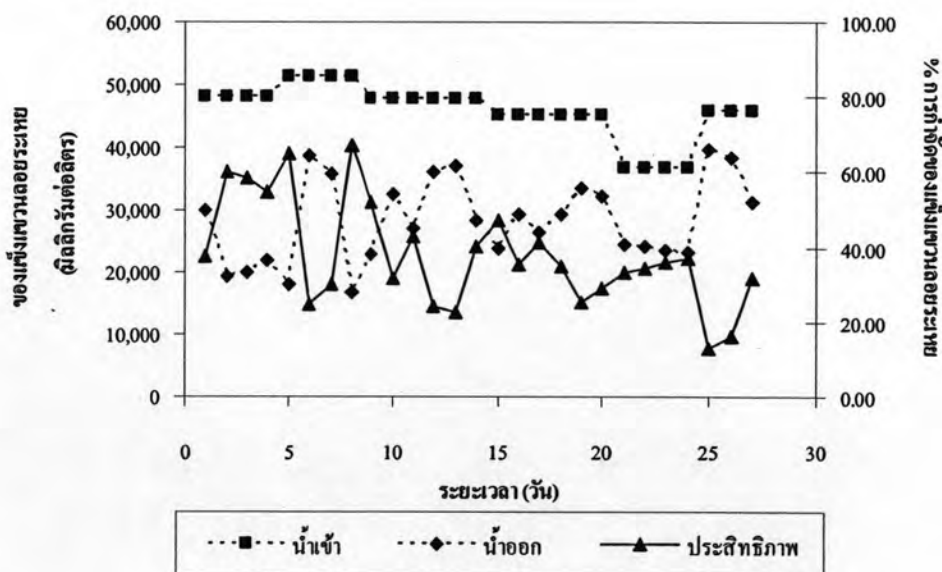
หลังจากระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 10 วันแล้ว จึงเพิ่มระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ขึ้นเป็น 20 วัน เพื่อทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการเดินระบบที่ผ่านมา เดินระบบเป็นระยะเวลา 38 วัน แสดงดังภาพที่ 4.6 พบว่า ในช่วงแรกของการเดินระบบผลการทดลองที่ได้จะคล้ายกับการเดินระบบช่วงแรกที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 10 วัน โดยประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยต่ำกว่าร้อยละ 50 อยู่ในช่วงประมาณร้อยละ

22.28 -47.70 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการเดินระบบที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 10 วัน ก่อนที่จะเปลี่ยนระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ อธิบายได้ว่าระบบอยู่ในช่วงปรับสมดุลเช่นเดียวกับการเดินระบบที่ผ่านมา ซึ่งช่วงที่มีการปรับสมดุลนี้อยู่ในช่วงวันที่ 1 - 11 รวมระยะเวลา 11 วันหลังจากนั้นประสิทธิภาพเริ่มเพิ่มสูงขึ้นซึ่งมีระดับสูงกว่าร้อยละ 50 สาเหตุที่ประสิทธิภาพสูงขึ้นนี้เกิดจากระยะเวลาสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์กับสารอินทรีย์ยาวนานขึ้น จึงทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้นด้วย จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย ที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 20 วันนี้ เมื่อเข้าสู่สภาวะที่เหมาะสมของระบบแล้วจะมีประสิทธิภาพสูงมาก แต่ค่าที่ได้นั้นมีการขึ้นลง ไม่มีแนวโน้มคงที่ มีค่าสูงสุดร้อยละ 89.18

จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น กล่าวได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 20 วัน ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 และ 10 วัน และที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 วัน มีประสิทธิภาพที่สภาวะคงที่เฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 50 ซึ่งอยู่ในระดับที่น่าพอใจ ขณะที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 10 วัน มีประสิทธิภาพที่สภาวะคงที่เฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 แสดงดังภาพที่ 4.7 และจากภาพที่ 4.8 - 4.13 แสดงการเปรียบเทียบการแยกชั้นของน้ำที่เข้าและออกจากระบบที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 , 10 และ 20 วัน สังเกตได้ว่าที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 20 และ 14 วัน มีการแยกชั้นระหว่างชั้นตะกอนกับชั้นของเหลวอย่างชัดเจน ขณะที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 10 วัน สังเกตการแยกชั้นไม่ชัดเจนซึ่งแสดงถึงสัดส่วนของตะกอนมีปริมาณใกล้เคียงสัดส่วนของของเหลว ดังนั้น การพิจารณาความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ยังคงต้องพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบด้วย เช่น ปริมาตรถังปฏิริยาที่ใช้เดินระบบ และพื้นที่ในการติดตั้งระบบ เป็นต้น สำหรับความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหยที่อยู่ภายในถังปฏิริยาก่อนเดินระบบมีค่า 48,778 , 46,517 และ 42,590 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังเดินระบบ 47,523 , 51,613 และ 48,109 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 , 10 และ 20 วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหยที่ป้อนเข้าสู่ระบบแสดงให้เห็นว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยดังกล่าวถูกย่อยสลายและเปลี่ยนรูปไปทำให้เหลือตะกอนส่วนเกินในปริมาณที่สมดุล

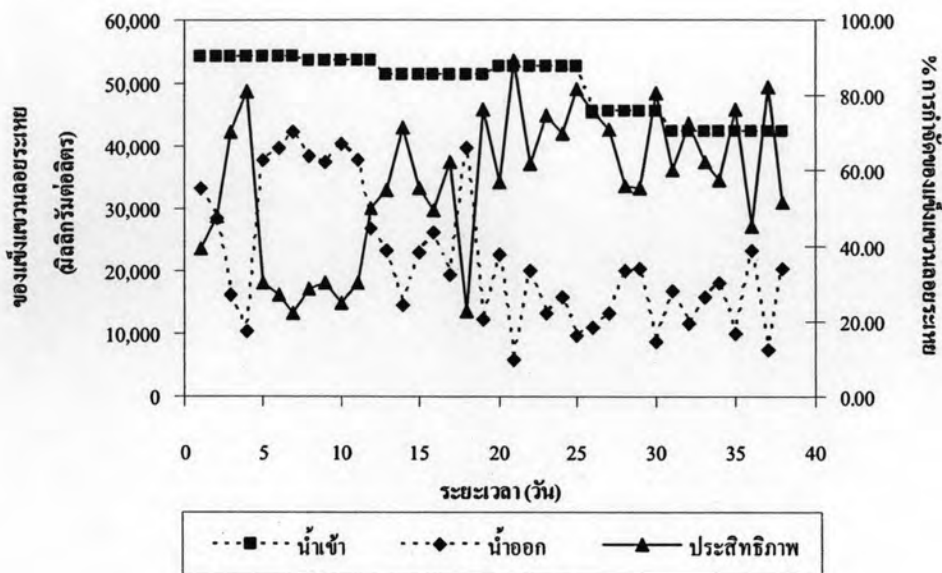


ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 14 วัน

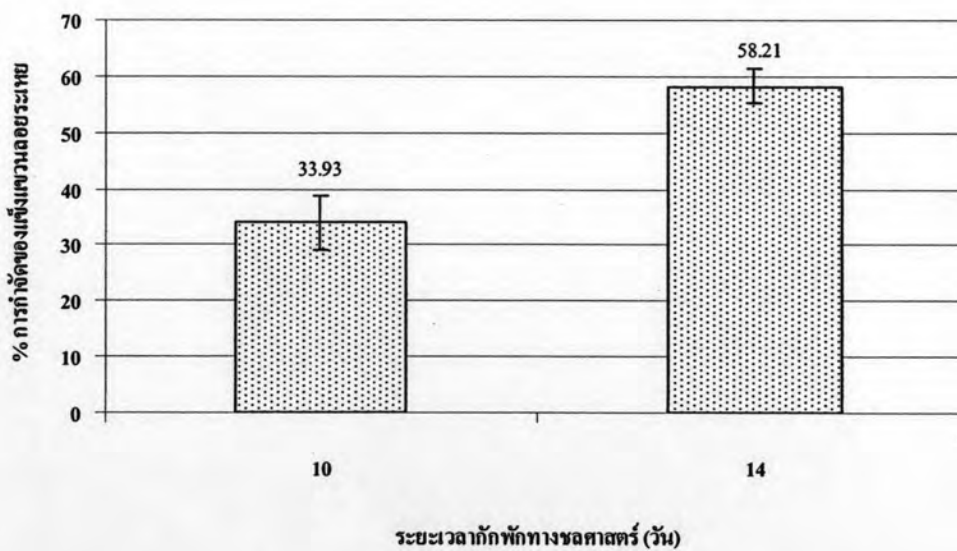


ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 10 วัน



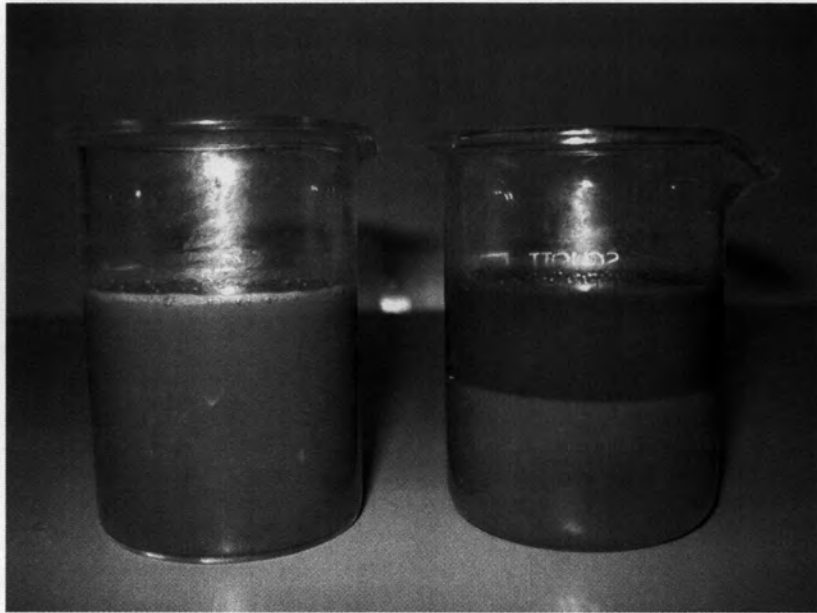


ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 20 วัน

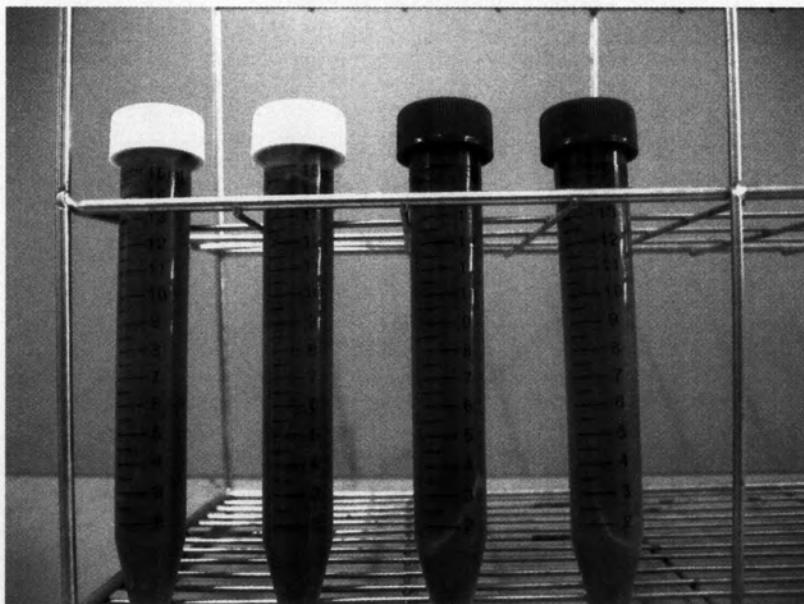


ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 10 และ 14 วัน





ภาพที่ 4.8 การแยกชั้นของตะกอนและของเหลว ที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 วัน  
 (ซ้าย) น้ำเข้าระบบ (ขวา) น้ำออกจากระบบ



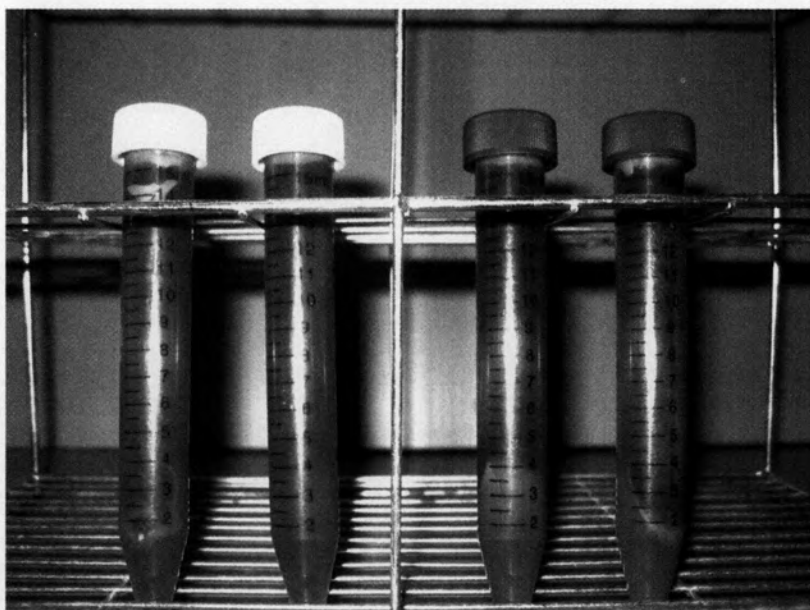
ภาพที่ 4.9 การแยกชั้นของตะกอนและของเหลวหลังผ่านการตกตะกอนด้วยการหมุนเหวี่ยง ที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 วัน

(ซ้าย-ฟาสีขาว) น้ำเข้าระบบ

(ขวา-ฟาสีน้ำเงิน) น้ำออกจากระบบ



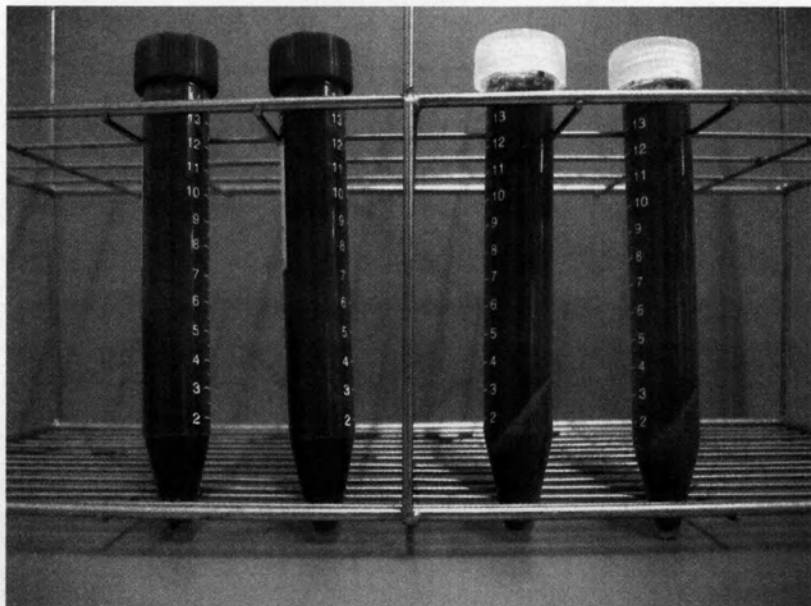
ภาพที่ 4.10 การแยกชั้นของตะกอนและของเหลว ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 10 วัน  
 (ซ้าย) น้ำเข้าระบบ (ขวา) น้ำออกจากระบบ



ภาพที่ 4.11 การแยกชั้นของตะกอนและของเหลวหลังผ่านการตกตะกอนด้วยการหมุนเหวี่ยง ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 10 วัน  
 (ซ้าย-ฝาสีขาว) น้ำเข้าระบบ (ขวา-ฝาสีน้ำเงิน) น้ำออกจากระบบ



ภาพที่ 4.12 การแยกชั้นของตะกอนและของเหลว ที่ระยะเวลาพักทางชีวศาสตร์ 20 วัน  
 (ซ้าย) น้ำเข้าระบบ (ขวา) น้ำออกจากระบบ

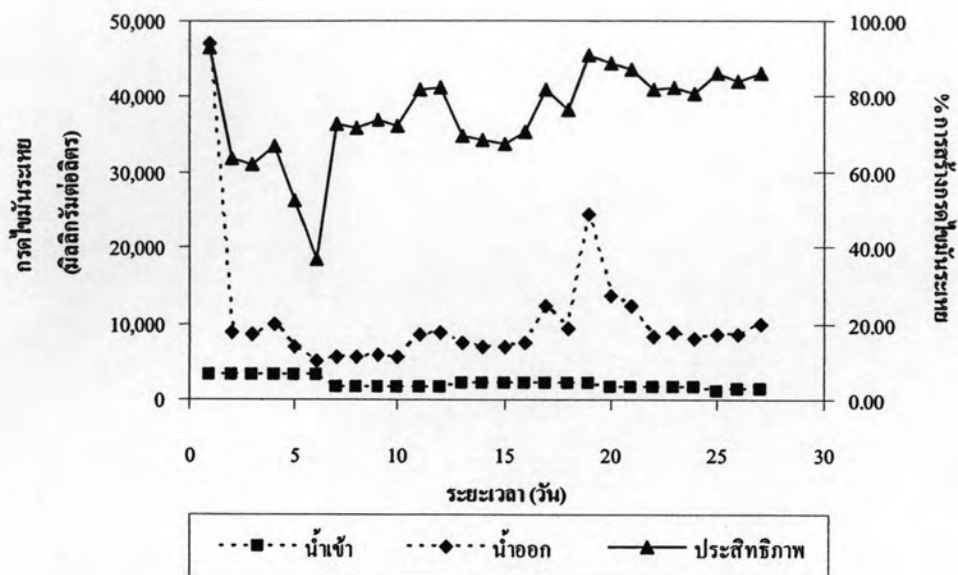


ภาพที่ 4.13 การแยกชั้นของตะกอนและของเหลวหลังผ่านการตกตะกอนด้วยการหมุนเหวี่ยง  
 ที่ระยะเวลาพักทางชีวศาสตร์ 20 วัน  
 (ซ้าย-ฝาสีแดง) น้ำเข้าระบบ (ขวา-ฝาสีขาว) น้ำออกจากระบบ

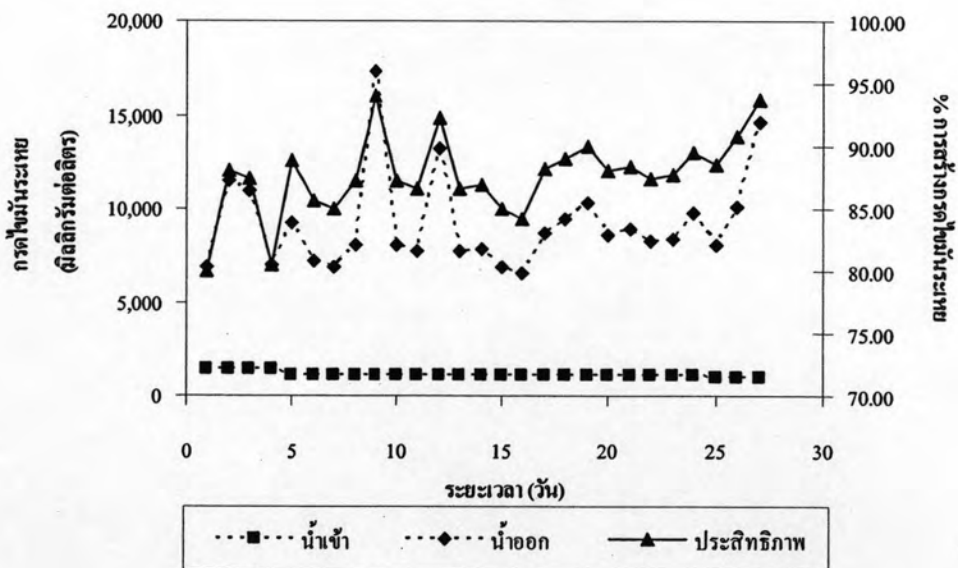
#### 4.2.2 การสร้างกรดไขมันระเหย

ผลการวิเคราะห์การสร้างกรดไขมันระเหยจากการเดินระบบที่ระยะเวลาพักพักทางชลศาสตร์ 14, 10 และ 20 วัน พบว่า ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยในน้ำเข้าระบบที่สภาวะแนวโน้มค่อนข้างคงที่มีค่าเฉลี่ย  $1,457.15 \pm 129.59$ ,  $1,000.52 \pm 48.05$  และ  $2,914.29 \pm 0.00$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และความเข้มข้นในน้ำออกจากระบบที่สภาวะแนวโน้มค่อนข้างคงที่มีค่าเฉลี่ย  $9,771.43 \pm 2,073.41$ ,  $9,553.25 \pm 1,828.90$  และ  $9,685.72 \pm 289.77$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหยที่สภาวะแนวโน้มค่อนข้างคงที่เฉลี่ยร้อยละ  $84.64 \pm 2.87$ ,  $89.23 \pm 1.78$  และ  $69.89 \pm 0.93$  ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 4.14 – 4.16 สังเกตพบว่า เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ดังกล่าว ที่ระยะเวลาพักพักทางชลศาสตร์ 10 วันซึ่งเป็นระยะเวลาสั้นที่สุด มีประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหยสูงที่สุด และที่ระยะเวลาพักพักทางชลศาสตร์ 20 วันซึ่งเป็นระยะเวลายาวนานที่สุดมีประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหยต่ำที่สุด กล่าวได้ว่าระยะเวลาพักพักทางชลศาสตร์มีผลต่อประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหยโดยอธิบายได้ว่า กรดไขมันระเหยที่สร้างขึ้นจะถูกนำไปใช้(บริโภค)จาก จุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบด้วยเช่นกัน ดังนั้นเมื่อกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นถูกกักเก็บอยู่ในระบบหรือถึงปฏิกิริยาเป็นระยะเวลานานจึงถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ได้มากเป็นเหตุให้เหลือกรดไขมันระเหยที่ออกจากระบบลดลง ในทางตรงข้ามเมื่อระยะเวลาที่กรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นถูกกักเก็บอยู่ในระบบต่ำลงจุลินทรีย์จึงมีโอกาใช้กรดไขมันระเหยน้อยลงเป็นเหตุให้เหลือกรดไขมันระเหยที่ออกจากระบบเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันระเหยที่ออกจากระบบ พบว่า มีปริมาณไม่แตกต่างกันที่ทุกระยะเวลาพักพักทางชลศาสตร์ ดังนั้น ในการนำไปประยุกต์ใช้นั้นที่ระยะเวลาพักพักทางชลศาสตร์ 14 วัน จากการทดลองนี้มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยที่ระยะเวลาพักพักทางชลศาสตร์นี้อยู่ในระดับที่สูงกว่าร้อยละ 50 และมีระยะเวลาพักพักทางชลศาสตร์ต่ำกว่าที่ 20 วัน ซึ่งมีผลต่อขนาดของถังปฏิกิริยาที่ใช้ในการเดินระบบ

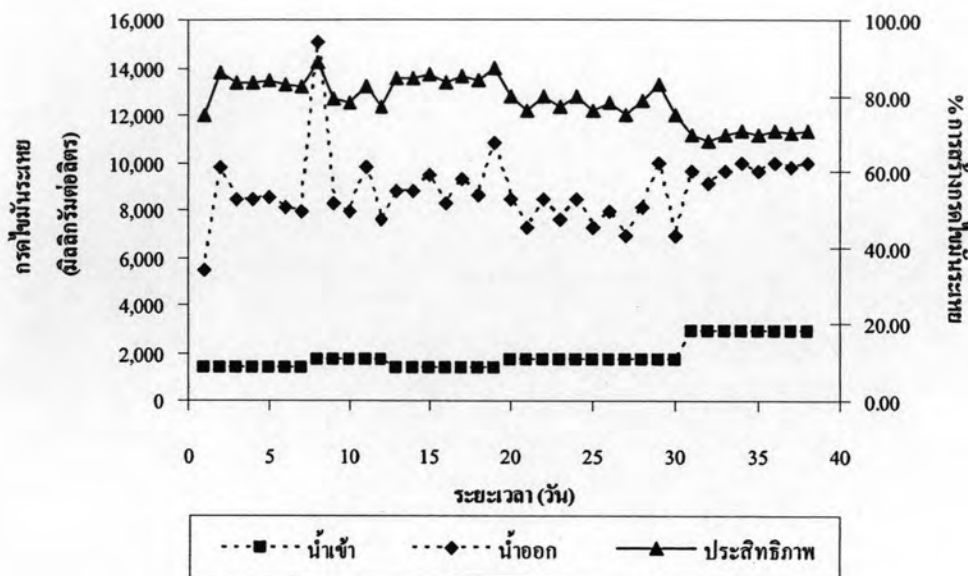
ข้อสังเกตจากการเดินระบบที่ระยะเวลาพักพักทางชลศาสตร์ 14 วัน พบว่า วันแรกของการเดินระบบมีความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยที่ออกจากระบบสูงมาก 46,971.43 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากนั้นจึงลดลงและอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน สาเหตุดังกล่าวเกิดจากการปรับสภาพในช่วงเริ่มต้นเดินระบบถึงสร้างกรดเพื่อให้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากมูลวัวคุ่นชินกับน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เป็นระยะเวลา 7 วัน ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวไม่มีการถ่ายเทน้ำเสียเข้าและออกจากระบบ จึงทำให้เกิดการสะสมของกรดไขมันระเหยภายในถังปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อเริ่มป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ จึงส่งผลให้น้ำที่ออกจากระบบเป็นน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยสูงจากการถูกกักพักในถังปฏิกิริยา



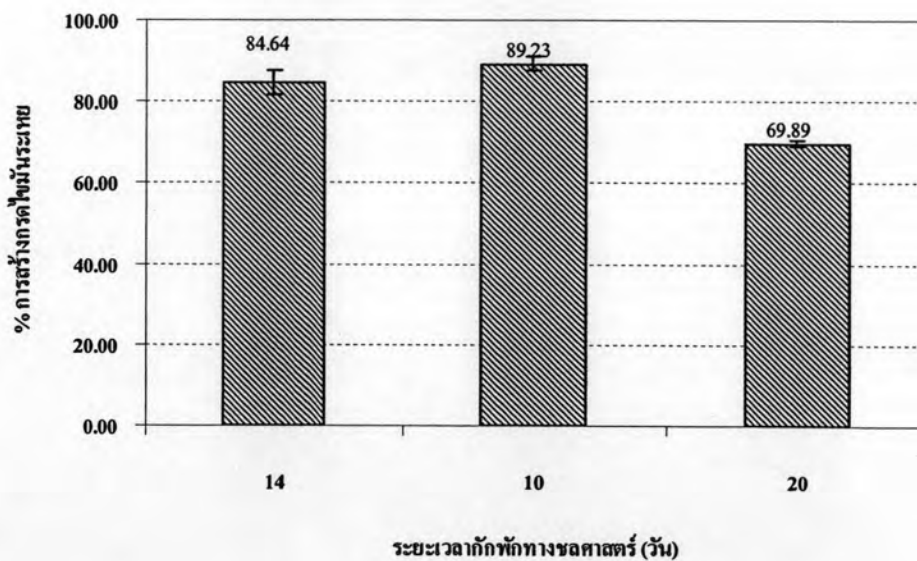
ภาพที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณและประสิทธิภาพการสร้างกรดไข้มีนระเหย ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 14 วัน



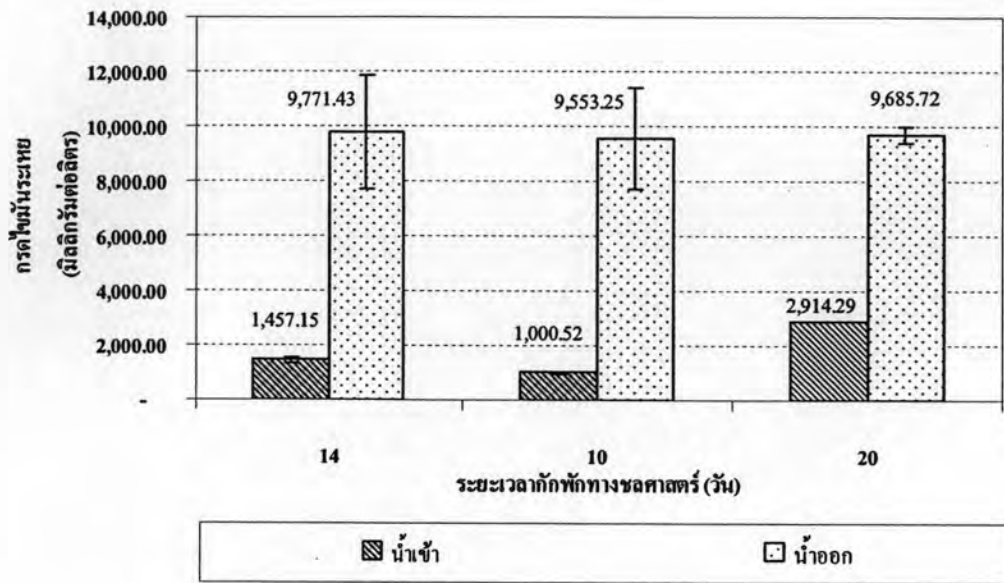
ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณและประสิทธิภาพการสร้างกรดไข้มีนระเหย ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 10 วัน



ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณและประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหย ที่ระยะเวลากักพักทางเซลล์ 20 วัน



ภาพที่ 4.17 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหย ที่สภาวะแนวโน้มน้ำก่อนข้างคงที่ ที่ระยะเวลากักพักทางเซลล์ 14, 10 และ 20 วัน



ภาพที่ 4.18 การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยเฉลี่ย ของน้ำเข้าและออกจากระบบ ที่สถานะแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ที่ระยะเวลาพักพิงทางชลศาสตร์ 14 , 10 และ 20 วัน

#### 4.2.3 ค่าพีเอชและสภาพค่า

ข้อมูลค่าพีเอชและสภาพค่าของถังสร้างกรดจากการทดลองเดินระบบแสดงดังภาพที่ 4.19 – 4.21 น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังสร้างกรดที่ระยะเวลาพักพิงทางชลศาสตร์ทั้ง 3 ค่า สำหรับการทดลองนี้ใช้น้ำเสียสดที่ไม่มีการปรับค่าพีเอชก่อนเข้าสู่ถังสร้างกรด ดังนั้นจึงเป็นค่าพีเอชจริงของน้ำเสีย มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง ประมาณ 4.10– 5.10 ซึ่งมีสถานะเป็นกรด ประกอบกับถึงปฏิกิริยาที่ใช้เป็นถังสร้างกรดมีการปล่อยให้อากาศถ่ายเทได้บ้างหรือมีสถานะแบบแฟคัลทีฟ (facultative) จึงช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทน และมีส่วนช่วยรักษาภาวะกรด ส่งผลให้เกิดการแยกชั้นตอนสร้างกรดอย่างแท้จริงด้วย มีค่าพีเอชในน้ำออกจากระบบเฉลี่ย  $4.36 \pm 0.19$  ,  $4.94 \pm 0.03$  และ  $4.98 \pm 0.13$  ที่ระยะเวลาพักพิงทางชลศาสตร์ 14 , 10 และ 20 วัน ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าว แสดงให้เห็นได้ว่าระบบของถังสร้างกรดรักษาภาวะของชั้นตอนสร้างกรดไว้ได้ ซึ่งชั้นตอนแรกของการบวกรวมสองชั้นตอน ช่วงค่าพีเอชที่เหมาะสมที่สุดอยู่ระหว่างค่าพีเอช 4.00-6.50 (Speece, 1996) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ใช้ทดลองนี้มีค่าพีเอชที่เหมาะสมกับกระบวนการสองชั้นตอนที่ทำการทดลอง

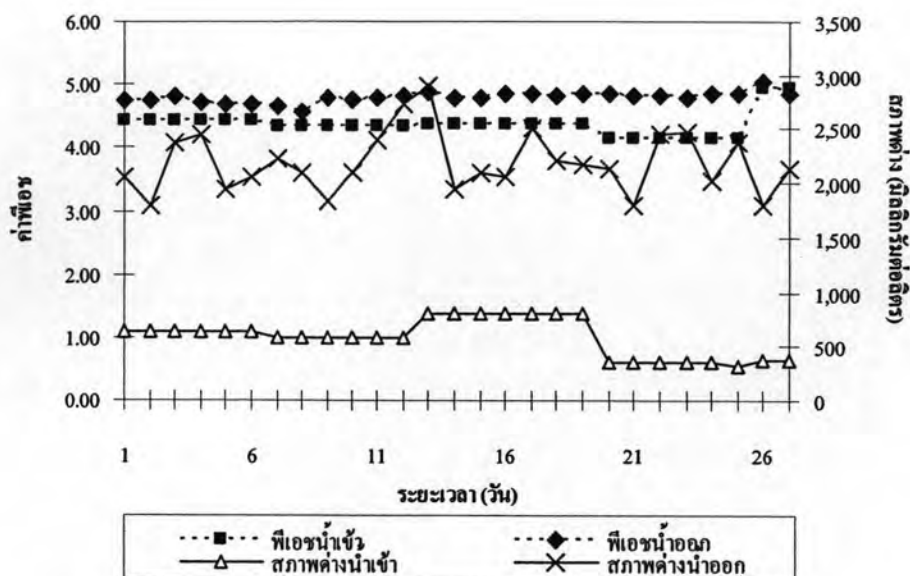
จากการสังเกตสภาพค่าในน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบ แสดงดังตารางที่ 4.2



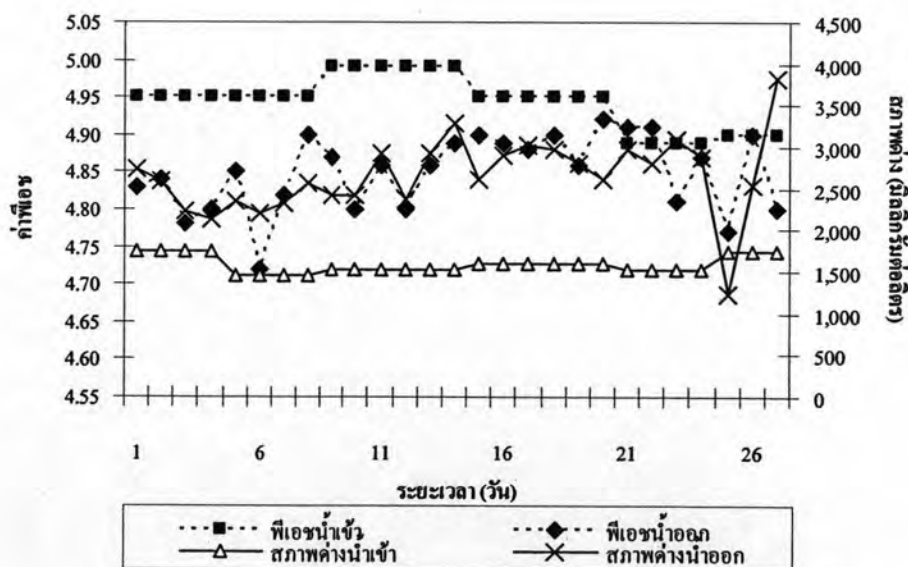
ตารางที่ 4.2 ปริมาณสภาพต่างเฉลี่ยในน้ำเข้าและออกจากระบบของถังสร้างกรด ที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 , 10 และ 20 วัน

ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ (วัน)	ค่าเฉลี่ยสภาพต่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	น้ำเข้า	น้ำออก
14	580.93 ± 172.16	2,189.63 ± 279.34
10	1,588.89 ± 107.49	2,659.26 ± 470.33
20	1,567.76 ± 90.78	2,757.76 ± 236.17

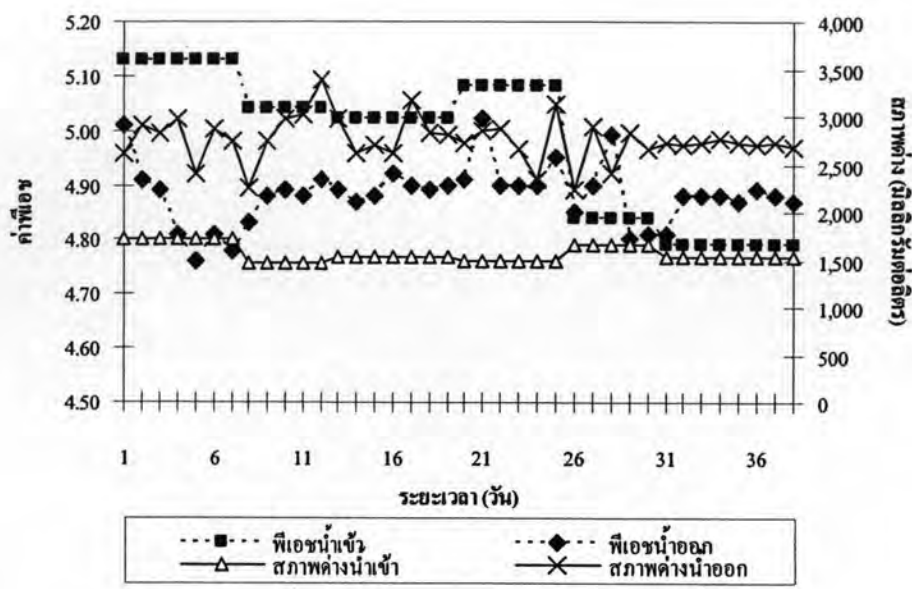
จากตารางดังกล่าวข้างต้น ที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 , 10 และ 20 วัน ระบบสามารถสร้างสภาพต่างเพิ่มขึ้นเฉลี่ย ประมาณ 3.77 , 1.67 และ 1.67 เท่า ตามลำดับ ซึ่งช่วงความเข้มข้นของสภาพต่างในน้ำออกจากระบบดังกล่าว ที่อยู่ในช่วงประมาณ 2,000 – 2,700 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงพอที่จะเป็นบัฟเฟอร์เพื่อรักษาสมดุลสภาพกรด-ด่าง ภายในระบบไร้อากาศ ซึ่งโดยทั่วไปความเข้มข้นของสภาพต่างที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 2,000 – 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (Tchobanoglous, Burton และ Stensel, 2004) ค่าความเข้มข้นของสภาพต่างที่ค่อนข้างสูงนี้ เนื่องมาจากการปลดปล่อยอ็อกซิเจนจากการ เมแทบอลิซึมสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้วปลดปล่อยอ็อกซิเจน เช่น โปรตีน จะเป็นตัวกำหนดสภาพต่าง (Speece, 1996) และการย่อยสลายสารอินทรีย์ในโตรเจนในน้ำเสีย หรือจากการย่อยตัวเองของแบคทีเรียในถังปฏิบัติการทำให้เกิดแอมโมเนียซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของสภาพต่างแอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>) สามารถละลายน้ำและเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสทำให้เกิดอ็อกซิเจนแอมโมเนียม (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) และอ็อกซิไฮดรอกไซด์ (OH<sup>-</sup>) และคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์สามารถละลายน้ำได้กลายเป็น H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เมื่อทำปฏิกิริยากับ OH<sup>-</sup> ได้ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ซึ่งทั้ง OH<sup>-</sup> และ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ล้วนแต่เป็นส่วนประกอบของสภาพต่างในน้ำ (มันลิน ดันจุลเวศม์ และ มันรัช ดันจุลเวศม์, 2545)



ภาพที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับค่าฟิโอส และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสภาพต่าง ในน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบ ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 14 วัน



ภาพที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับค่าฟิโอส และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสภาพต่าง ในน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบ ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 10 วัน



ภาพที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับค่าพีเอช และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสภาพต่าง ในน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบ ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 20 วัน

4.2.4 การกำจัดซีโอดี

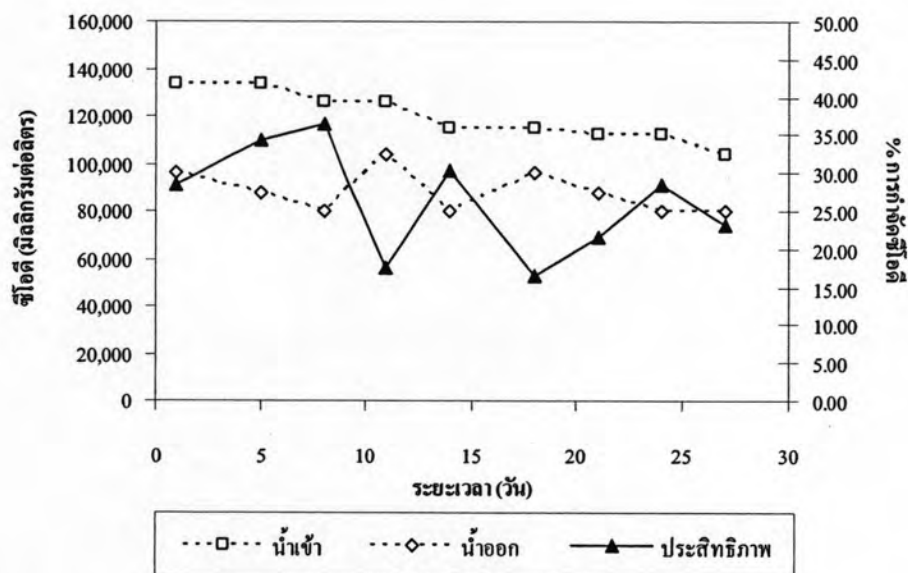
ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าและออกจากระบบของถังสร้างกรควิเคราะห์ด้วยค่าซีโอดีรวมทั้งหมด (ภาพที่ 4.22 -4.24) เนื่องจากน้ำเสียมีความเข้มข้นสูงและมีส่วนประกอบที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น เซลลูโลส รวมอยู่ด้วย พบว่า ความเข้มข้นของซีโอดีในน้ำเข้าและออกจากระบบเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณซีโอดีในน้ำเข้าและออกจากระบบ และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ย ของถังสร้างกรที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 14 , 10 และ 20 วัน

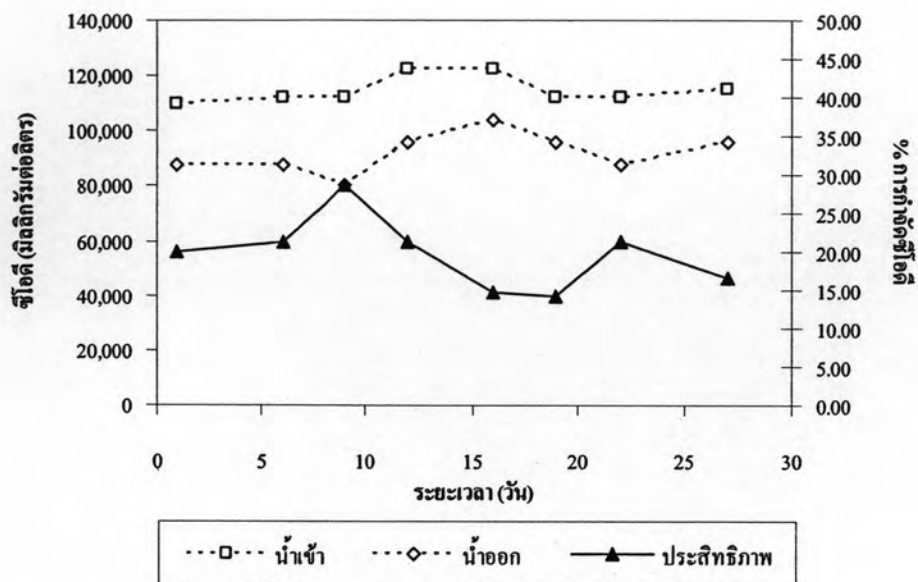
ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ (วัน)	ค่าเฉลี่ยซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)		ประสิทธิภาพการกำจัด
	น้ำเข้า	น้ำออก	
14	119,777.78±10,592.19	88,000.00±8,944.27	26.30±7.10
10	114,625.00±4,749.06	92,000.00±7,406.56	19.79±4.65
20	113,589.69±11,527.93	84,102.56±11,856.69	25.44±12.07

และจากตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยร้อยละ  $26.30 \pm 7.10$  ,  $19.76 \pm 19.79$  และ  $25.44 \pm 12.07$ ตามลำดับ สำหรับขั้นตอนการสร้างกรจะเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปของสารอินทรีย์อนุภาคใหญ่กลายเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กลงเป็นหลัก ดังนั้นจะสังเกตได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัด

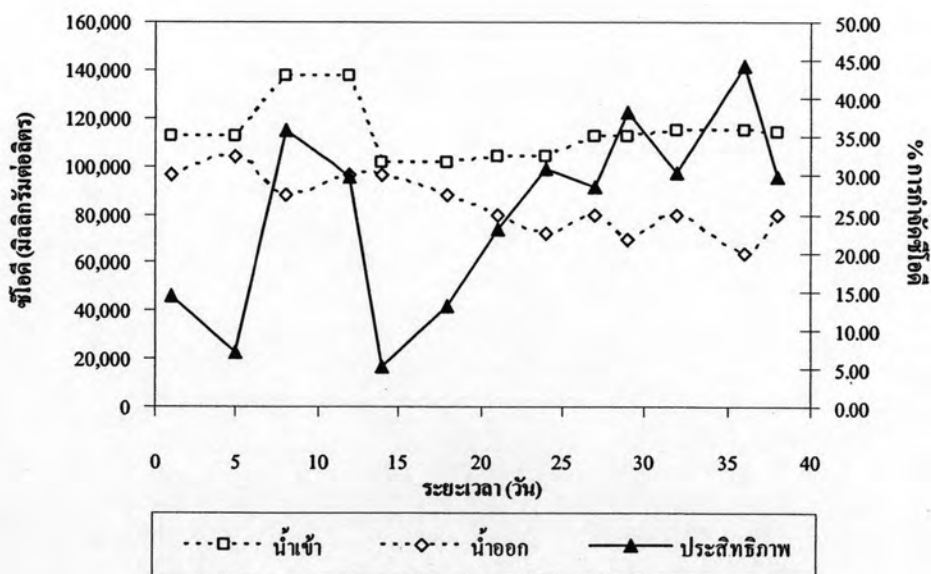
ซีโอดีหรือการใช้สารอินทรีย์ในรูปซีโอดีอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งการกำจัดซีโอดีจะเกิดขึ้นในขั้นตอนที่สองที่จุลินทรีย์สร้างมีเทนจะบริโภคซีโอดีในรูปที่สามารถบริโภคได้จากขั้นตอนแรก ได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นก๊าซมีเทน และที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 และ 20 วัน มีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 10 วัน เนื่องจากที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 และ 20 มีการสร้างกรดไขมันระเหยง่ายซึ่งเป็นซีโอดีรูปหนึ่งที่อยู่ในซีโอดีรวมทั้งหมดสูงกว่าที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 10 วัน จึงเกิดการสูญเสียจากการระเหยร่วมกับการบริโภคไปบางส่วนของจุลินทรีย์ในระบบ ซึ่งไม่ได้เกิดจากการบริโภคเพียงอย่างเดียวเหมือนที่เกิดขึ้นกับการสร้างกรดในขั้นตอนที่สอง เนื่องจากถังสร้างกรดที่ใช้ทำการทดลองไม่ได้ปิดสนิทอากาศสามารถผ่านเข้าออกได้



ภาพที่ 4.22 ความสัมพันธ์ของปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 14 วัน



ภาพที่ 4.23 ความสัมพันธ์ของปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่ระยะเวลาดักพักทางชลศาสตร์ 10 วัน



ภาพที่ 4.24 ความสัมพันธ์ของปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่ระยะเวลาดักพักทางชลศาสตร์ 20 วัน

### 4.3 ประสิทธิภาพการเดินระบบถังสร้างก๊าซมีเทน

การเดินระบบถังสร้างก๊าซมีเทนใช้ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 24 ชั่วโมง การป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบในสัปดาห์ (7 วัน) แรกทำการปรับสภาพด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพื่อให้ระบบมี pH เพียงพอเพื่อรักษาค่าพีเอชให้อยู่ในระดับที่เป็นกลางลดความเสี่ยงของการล้มเหลวของระบบ เพราะในระยะแรกต้องใช้ระยะเวลาเพื่อปรับสมดุลของระบบ และน้ำเสียที่เจือจางด้วยน้ำประปาเพียงอย่างเดียวทำให้สภาพต่างไม่เพียงพอต่อความต้องการของระบบ หลังจากนั้นจึงเจือจางน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบด้วยน้ำที่ออกจากระบบซึ่งมีสภาพต่างเหลืออยู่จึงช่วยรักษาปริมาณสภาพต่างให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้

#### 4.3.1 การกำจัดซีโอดี

ผลการเดินระบบถังสร้างก๊าซมีเทนที่ค่าการระสารอินทรีย์ 0.20, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.25 กรัมซีโอดีต่อกรัมของแข็งแขวนลอยระเหยต่อวัน หรืออัตราการระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20 และ 25 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน แสดงดังภาพที่ 4.25 – 4.29 จากการทดลองเดินระบบพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งวิเคราะห์ในรูปของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ร้อยละ  $84.70 \pm 5.13$ ,  $82.48 \pm 3.99$ ,  $89.19 \pm 3.48$ ,  $83.33 \pm 0.00$  และ  $80.90 \pm 3.92$  ตามลำดับ จากประสิทธิภาพดังกล่าวพบว่า ถังสร้างก๊าซมีเทนมีประสิทธิภาพสูงสุดที่อัตราการระสารอินทรีย์ 15 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน แสดงดังภาพที่ 4.30 สังเกตได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมทั้งหมดทุกอัตราการระสารอินทรีย์มีค่าสูงกว่าร้อยละ 80 อาจเนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองเดินระบบเป็นเชื้อตะกอนแบบเม็ดทำให้ระบบสามารถรักษามวลจุลินทรีย์ได้มาก และอุณหภูมิระหว่างเดินระบบอยู่ในช่วงประมาณ 30 - 36 องศาเซลเซียส ส่งผลให้จุลินทรีย์สามารถทำงานได้ดี จึงสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ปริมาณมาก และอุณหภูมิในการเดินระบบดังกล่าวอยู่ระหว่างช่วงการทำงานแบบมีโซฟิลิก ดังนั้นจึงช่วยสนับสนุนให้เกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพสูงสุด

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่อัตราการระสารอินทรีย์ 4, 15, 20, 25 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ภาพที่ 4.30) พบว่า มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่ที่อัตราการระสารอินทรีย์ 10 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ประสิทธิภาพต่ำกว่าที่อัตราการระสารอินทรีย์อื่นๆ อาจมีสาเหตุจากอัตราการระสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า ของการระสารอินทรีย์ที่ใช้เดินระบบก่อนเปลี่ยนอัตราการระสารอินทรีย์ จุลินทรีย์จึงอาจอยู่ในช่วงปรับตัวต่อสารอาหารที่เพิ่มขึ้นปริมาณมากจึงทำให้ประสิทธิภาพลดลง

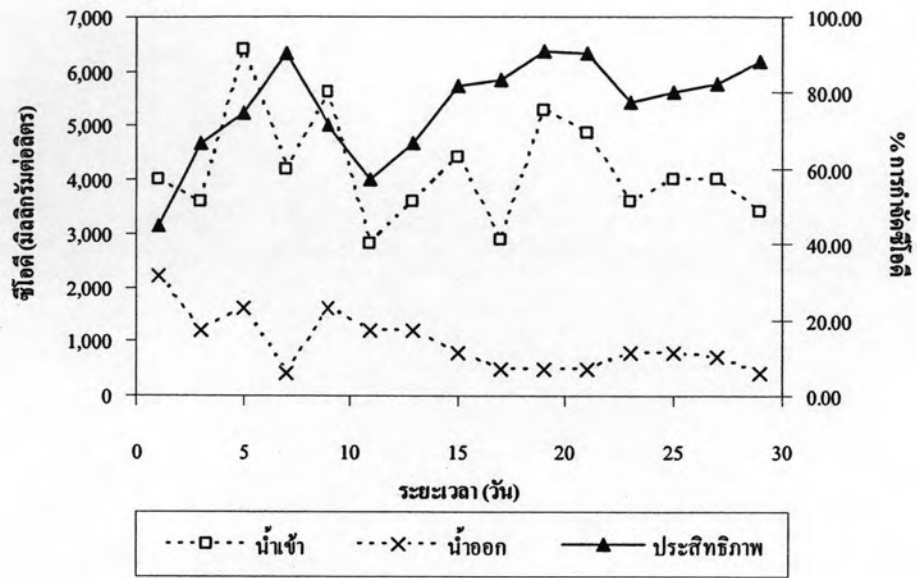
ถึงแม้ว่าที่อัตราการระสารอินทรีย์ 20 และ 25 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมทั้งหมดสูงกว่าร้อยละ 80 ก็ตาม แต่เริ่มเกิดความผิดปกติในการเดินระบบขึ้น ได้แก่ ชั้นตะกอนเม็ดจุลินทรีย์เกิดการยกตัวขึ้นด้านบน และเกิดแรงดัน

ด้านทานการสูบน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบ แสดงดังภาพที่ 4.31 เนื่องจากตะกอนแขวนลอยในน้ำเสียมีปริมาณความเข้มข้นเพิ่มขึ้น(รายงานผลการวิเคราะห์ในหัวข้อต่อไป) เมื่อบ่อน้ำเสียเข้าไปเรื่อยๆ ตะกอนแขวนลอยดังกล่าวจึงเข้าไปอุดตันบริเวณช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนจุลินทรีย์เมื่อช่องว่างถูกอุดจนเต็มแล้วน้ำเสียที่ป้อนเข้าไปใหม่จึงไม่สามารถไหลผ่านขึ้นสู่ด้านบนของถังปฏิกริยายูเอเอสบีได้ชั้นตะกอนจึงยกตัวลอยขึ้น และเมื่อแรงดันภายในถังปฏิกริยายูเอเอสบีสูงกว่าแรงดันของปั๊มที่ใช้ป้อนน้ำเสียจึงไม่สามารถป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบได้ในเบื้องต้นแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นโดยใช้แรงดันสะท้อนให้กับถังปฏิกริยายูเอเอสบีโดยการเคาะด้วยค้อนยาง ถ้าไม่ทำการเคาะจะไม่สามารถเดินระบบได้ซึ่งกล่าวได้ว่าระบบเข้าใกล้สภาวะล้มเหลว ดังนั้นการทดลองที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 20 และ 25 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันจึงเพิ่มความถี่ในการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยทำการวิเคราะห์ทุกวัน เมื่อการเคาะดังกล่าวเริ่มมีความถี่และใช้เวลานานขึ้น จึงยุติการทดลองที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 25 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน และสรุปว่าที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 15 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเดินระบบถึงสร้างก๊าซมีเทน ที่ระยะเวลาพักทางชลศาสตร์ 24 ชั่วโมง

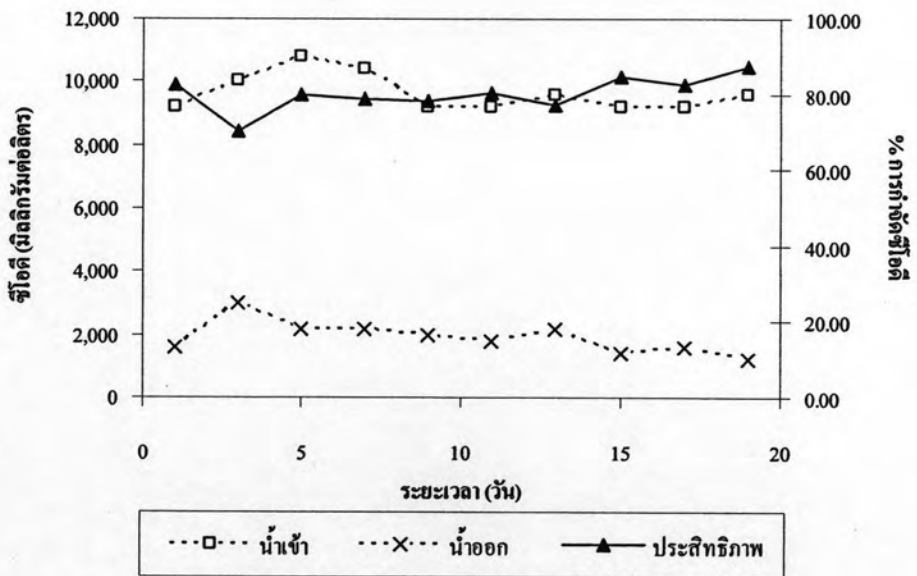
เมื่อทราบสภาวะที่เหมาะสมในการเดินระบบถึงสร้างก๊าซมีเทนแล้วจึงใช้น้ำเสียจริงป้อนเข้าสู่ระบบด้วยอัตราภาระสารอินทรีย์ดังกล่าว และมีอัตราส่วนระหว่างน้ำเสียสดต่อน้ำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่(ไม่ผสมน้ำประปา) เท่ากับ 1:5 ได้อัตราภาระสารอินทรีย์ประมาณ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมทั้งหมดเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ มีค่าร้อยละ  $79.54 \pm 2.77$  แสดงดังภาพที่ 4.32 สังเกตได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมทั้งหมดลดลง สาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพลดลงน่าจะมีสาเหตุจากตะกอนแขวนลอยที่เพิ่มขึ้นคือส่วนที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ทัน และส่วนที่ย่อยสลายยากปะปนอยู่ปริมาณสูง ซึ่งที่อัตราภาระสารอินทรีย์นี้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเดินระบบทุกวันเช่นกัน

จากปัญหาการเดินระบบที่ผ่านมา ที่เกิดขึ้นจากตะกอนแขวนลอยเข้าไปอุดตันภายในชั้นตะกอนทำให้เกิดการยกตัวของชั้นตะกอนขึ้น เนื่องจากถังปฏิกริยาที่ใช้มีขนาดเล็กและมีพื้นที่หน้าตัดแคบ ประกอบกับช่องป้อนน้ำเสียมีขนาดเล็กและมีเพียงจุดเดียว จึงทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว ซึ่งตามปกติการเดินระบบระดับเต็มมาตราส่วน (full-scale) ที่อัตราภาระสารอินทรีย์สูงกว่า 6 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ต้องใช้หัวป้อนน้ำ 1 หัวต่อพื้นที่หน้าตัด 7-10 ตารางเมตร จึงจะมีประสิทธิภาพที่ดี (Lin และ Yang, 1991)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณการกำจัดซีโอดี (ภาพที่ 4.33) ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่า ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ถึงแม้จะมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด (ภาพที่ 4.34) แต่มีปริมาณการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ สูงที่สุด ดังนั้น ในการนำไปประยุกต์ใช้กับระบบจริงจึงน่าจะมีความเหมาะสมสำหรับการเดินระบบที่สุด

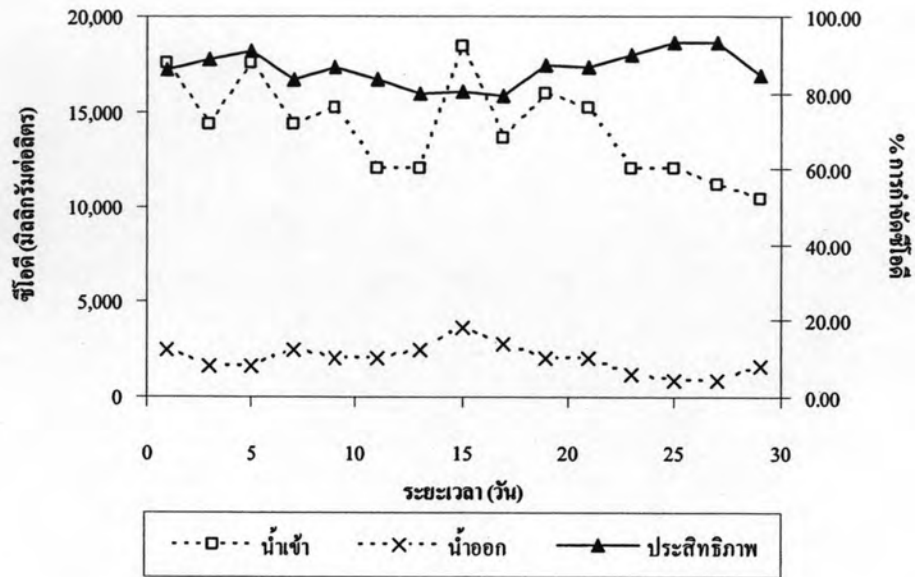


ภาพที่ 4.25 ความสัมพันธ์ของปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่อัตราสารอินทรีย์ 4 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

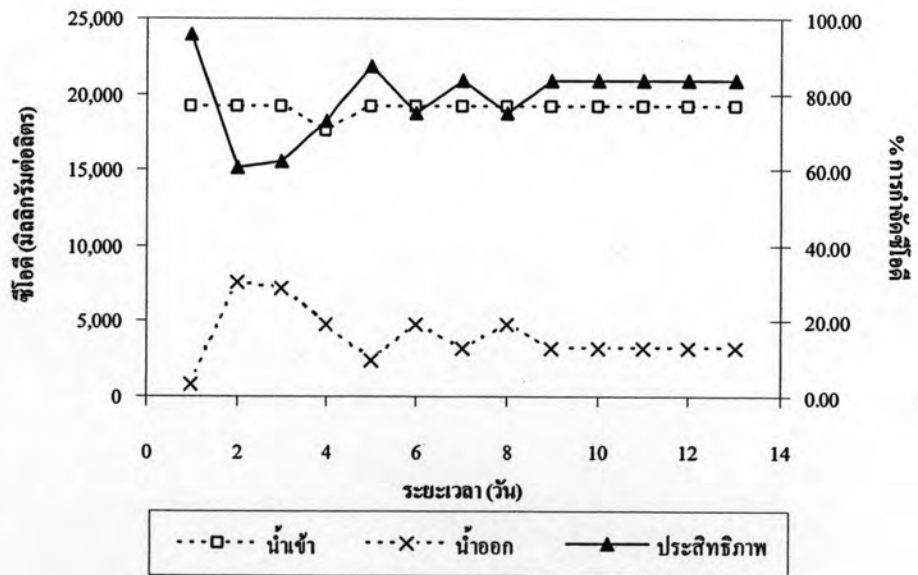


ภาพที่ 4.26 ความสัมพันธ์ของปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่อัตราสารอินทรีย์ 10 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

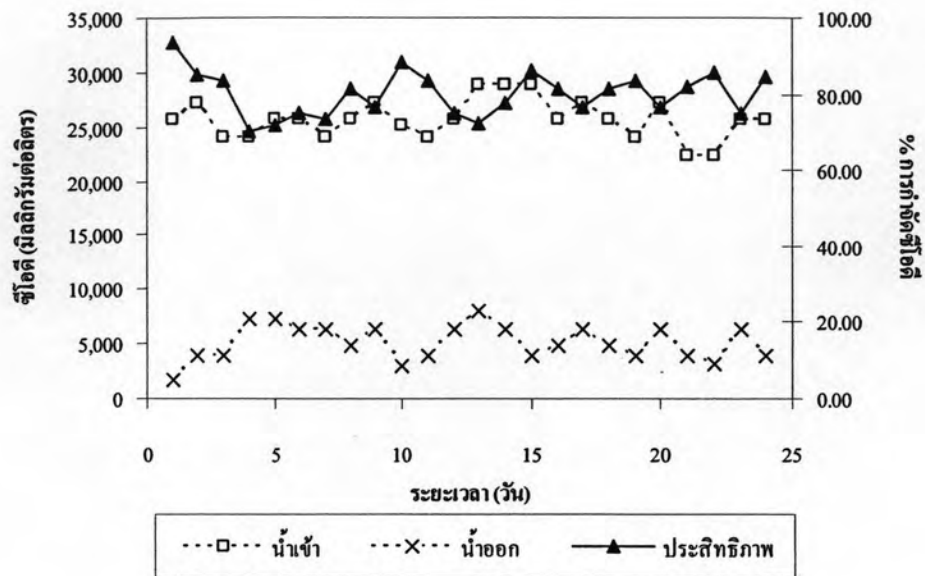




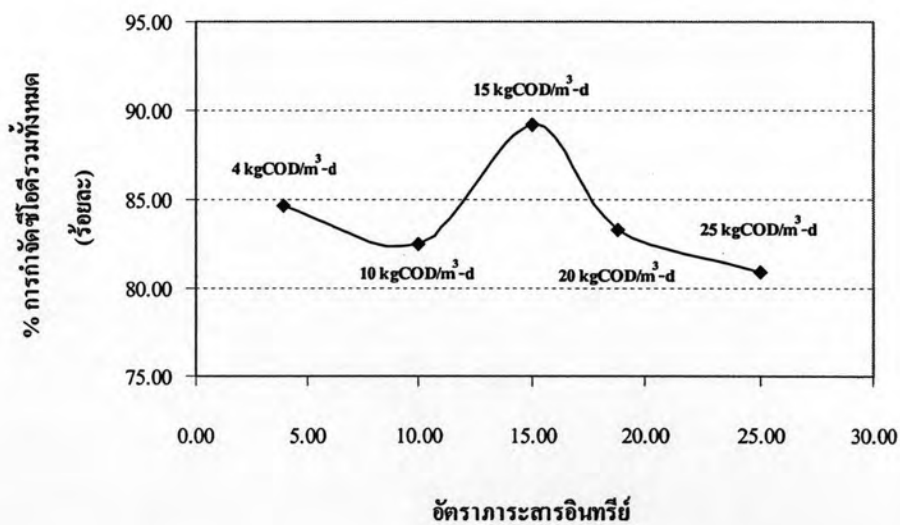
ภาพที่ 4.27 ความสัมพันธ์ของปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 15 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4.28 ความสัมพันธ์ของปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 20 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน



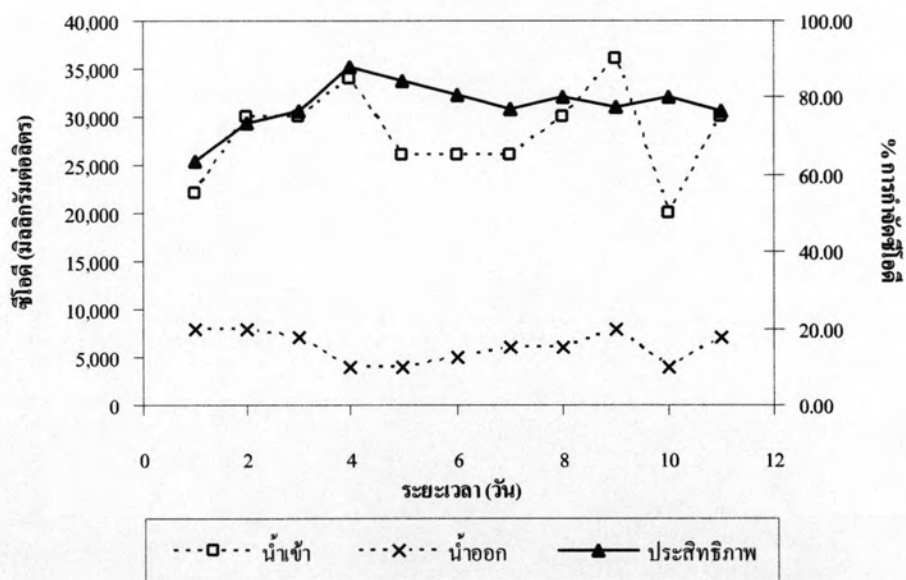
ภาพที่ 4.29 ความสัมพันธ์ของปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 25 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4.30 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20 และ 25 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน



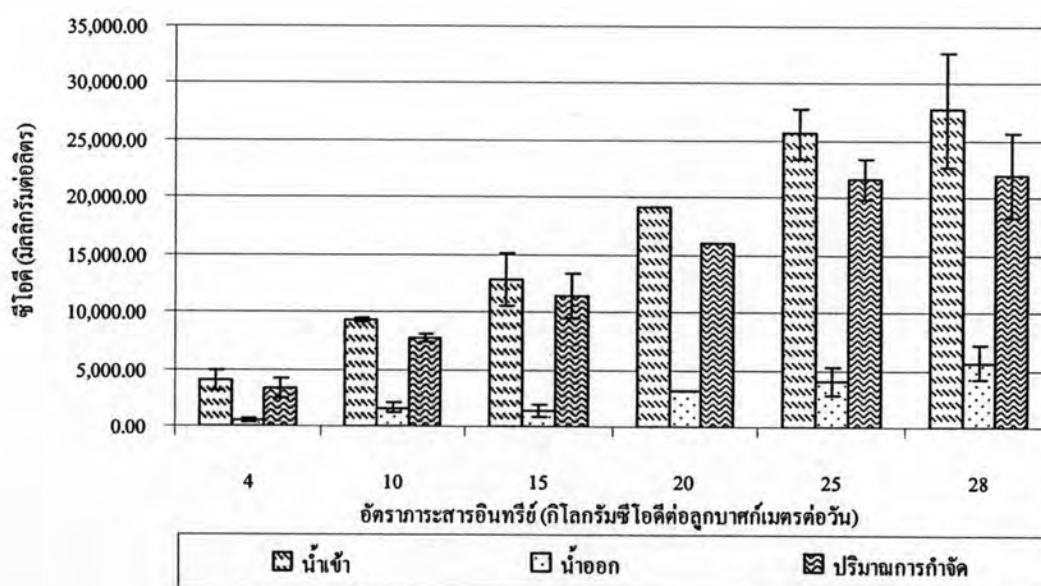
ภาพที่ 4.31 การยกตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ภายในถังสร้างก๊าซมีเทนแบบยูเอสบี



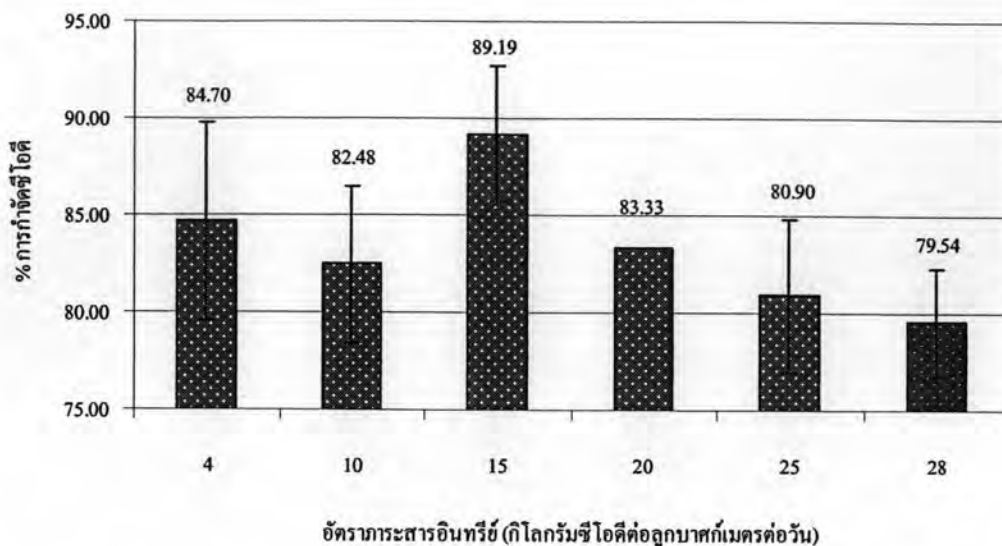
ภาพที่ 4.32 ความสัมพันธ์ของปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอไลต์ เมื่อเดินระบบด้วยน้ำเสียจริง ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 28 กิโลกรัมซีโอไลต์ต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการกำจัดชีโอดีและประสิทธิภาพเฉลี่ย ที่อัตราการระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่

อัตราการระสารอินทรีย์ (kgCOD/m <sup>3</sup> -d)	ค่าเฉลี่ยชีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	น้ำเข้า	น้ำออก	ปริมาณการกำจัด	ประสิทธิภาพ
4	4,005.71±835.36	591.43±169.65	3,414.29±868.77	84.70± 5.13
10	9,360.00±219.09	1,640.00±384.71	7,720.00±414.73	82.48±3.99
15	12,800.00±2,262.74	1,400.00±551.36	11,400.00±1,905.78	89.19±3.48
20	19,200.00±0.00	3,200.00±0.000	16,000.00±0.00	83.33±0.00
25	25,600.00±2,200.17	4,000.00±1,229.93	21,600.00±1,752.71	80.90±3.92
28	27,714.29±4,956.96	5,714.29± 1,496.03	22,000.00±3,696.85	79.54±2.77



ภาพที่ 4.33 เปรียบเทียบปริมาณการกำจัดชีโอดีเฉลี่ย ที่อัตราการระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่



ภาพที่ 4.34 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดไนเตรต ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมไนเตรตต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคง

#### 4.3.2 การกำจัดบีโอดี

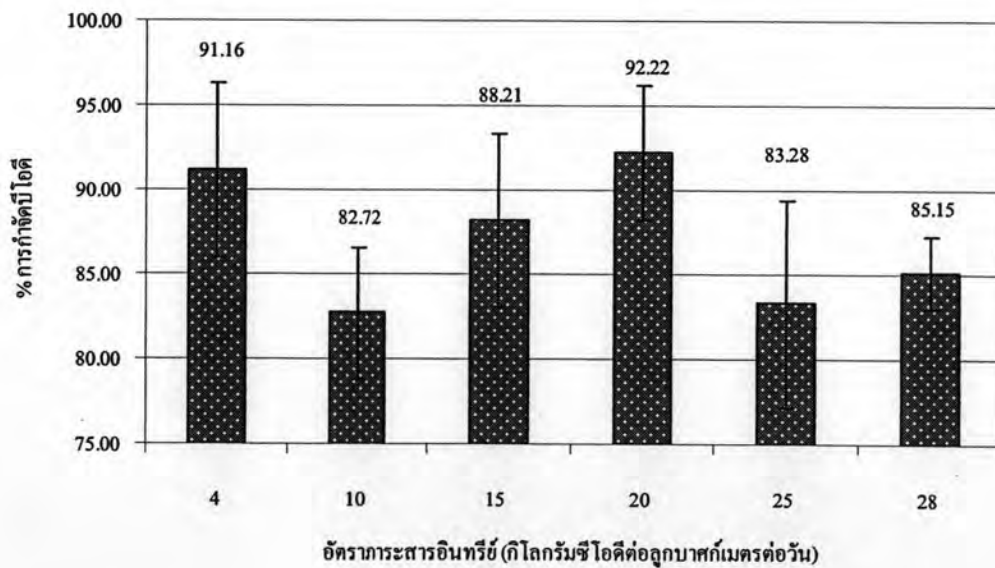
ผลการเดินระบบถังสร้างก๊าซมีเทนที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมไนเตรตต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันพบว่า ปริมาณการกำจัดและประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งวิเคราะห์ในรูปของประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีรวมทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4.5 จากผลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า ถังสร้างก๊าซมีเทนมีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีรวมทั้งหมดสูงกว่าร้อยละ 80 (ภาพที่ 4.35) ซึ่งแสดงถึงความสามารถของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ทางชีวภาพในน้ำเสียได้ดีและน้ำเสียมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายสูงเมื่อพิจารณาอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดีของน้ำเข้าสู่ระบบทุกอัตราภาระสารอินทรีย์อยู่ในช่วงประมาณ 0.30 – 0.90 ซึ่งอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดี ถ้ามีค่าเท่ากับ 0.5 หรือมากกว่าแล้ว จะสามารถพิจารณาได้ว่าน้ำเสียนั้นบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพได้ง่าย แต่ถ้าอัตราส่วนต่ำกว่าประมาณ 0.30 อาจมีสารประกอบที่เป็นพิษปะปนอยู่ หรือต้องการจุลินทรีย์ที่มีความคุ้นเคยเพื่อให้เกิดความเสถียร (Tchobanoglous, Burton และ Stensel, 2004)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการกำจัดบีโอดีเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมไนเตรตต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ภาพที่ 4.36) พบว่า ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 28 กิโลกรัมไนเตรตต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีความเข้มข้นบีโอดีในน้ำเข้าระบบสูงที่สุดประมาณ  $15,747.86 \pm 2,478.67$  มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่น้ำออกมีความเข้มข้นบีโอดีประมาณ  $2,366.43 \pm 638.31$  มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าใกล้เคียงกับอัตราภาระสารอินทรีย์อื่น และมีปริมาณการกำจัดบีโอดีสูงสุดประมาณ  $13,381.43 \pm 1,906.88$  มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับ

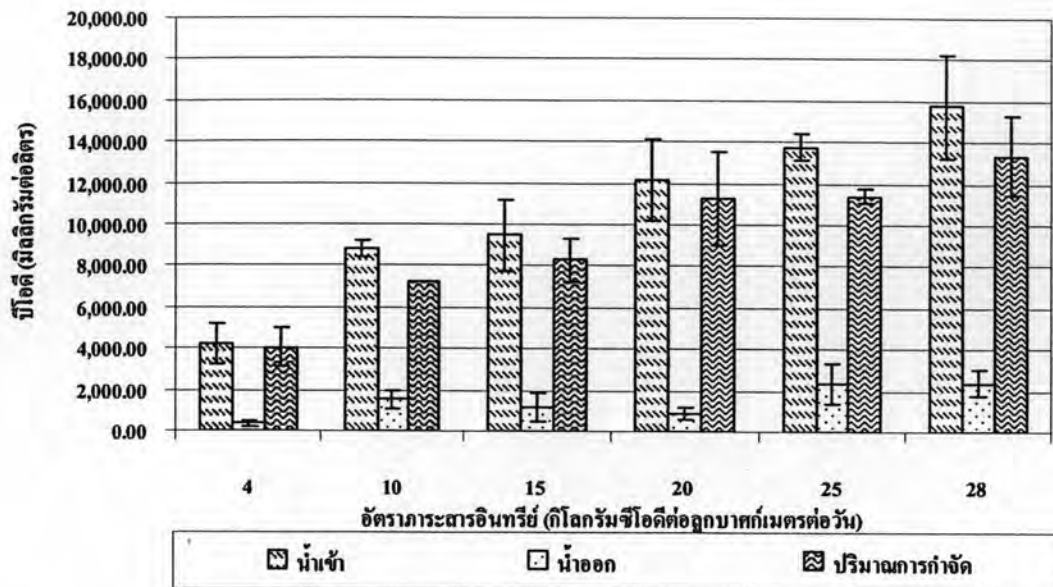
อัตราภาระสารอินทรีย์อื่น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการกำจัดชีโอดี ดังนั้น ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน จึงมีความเหมาะสมในการกำจัดชีโอดี สำหรับการทดลองนี้

ตารางที่ 4.5 ปริมาณการกำจัดชีโอดีและประสิทธิภาพเฉลี่ย ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่

อัตราภาระสารอินทรีย์ (kgCOD/m <sup>3</sup> -d)	ค่าเฉลี่ยชีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	น้ำเข้า	น้ำออก	ปริมาณการกำจัด	ประสิทธิภาพ
4	4,262.50±981.22	370.50±161.93	4,045.79±925.66	91.16±5.19
10	8,837.50±413.66	1,535.00±413.66	7,302.50±0.00	82.72±3.87
15	9,490.00±1,725.34	1,163.25±691.90	8,326.75±1,033.44	88.21±5.15
20	12,166.67±1,962.99	895.83±309.05	11,270.83±2,241.77	92.22±4.02
25	13,740.00±649.52	2,322.50±964.85	11,417.50±382.43	83.28±6.13
28	15,747.86±2,478.67	2,366.43± 638.31	13,381.43±1,906.88	85.15±2.12



ภาพที่ 4.35 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดี ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคง



ภาพที่ 4.36 เปรียบเทียบปริมาณการกำจัดบีโอดีเฉลี่ย ที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคง

#### 4.3.3 การกำจัดกรดไขมันระเหย

ผลการเดินระบบถังสร้างก๊าซมีเทนที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่า มีปริมาณและประสิทธิภาพการกำจัดกรดไขมันระเหยที่สภาวะคงที่ แสดงดังตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการกำจัดกรดไขมันระเหยที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่างๆ ที่สภาวะคงที่ (ภาพที่ 4.37) พบว่า ที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำเข้าระบบประมาณ  $2,130.61 \pm 134.88$  มิลลิกรัมต่อลิตร ต่ำกว่าที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 15, 20 และ 25 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งค่าดังกล่าว ไม่สอดคล้องกับปริมาณบีโอดีในน้ำเข้าระบบ อาจมีสาเหตุมาจากน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจนดังกล่าวมีองค์ประกอบที่มีสัดส่วนของกรดไขมันระเหยต่ำกว่าอัตราปุ๋ยชนิดอื่นที่เป็นองค์ประกอบ เช่น เซลล์จากผลปาล์มที่ยังไม่เปลี่ยนรูปไปเป็นกรดไขมันระเหย และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4 กับ 10 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่า ที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำเข้าระบบต่ำกว่า ซึ่งอธิบายได้ในทำนองเดียวกันกับที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

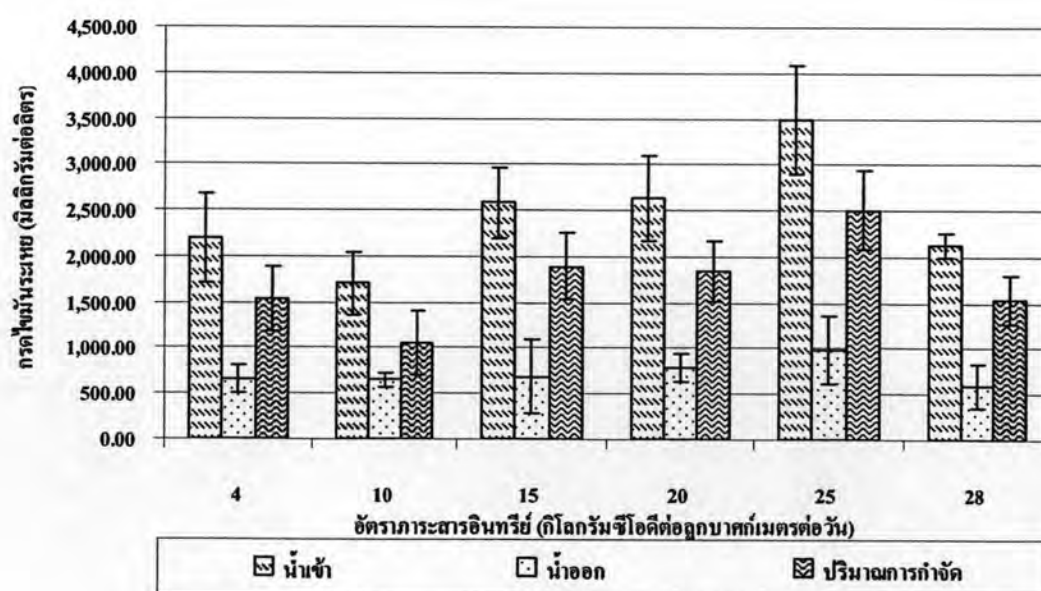
เมื่อพิจารณาด้านประสิทธิภาพการกำจัดกรดไขมันระเหย พบว่า ที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันประมาณร้อยละ 70 (ภาพที่ 4.38) แต่ที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 10 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์

เมตรต่อวัน ประสิทธิภาพต่ำประมาณร้อยละ 60 อาจมีสาเหตุจากอัตราการระสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า ของการระสารอินทรีย์ที่ใช้เดินระบบก่อนเปลี่ยนอัตราการระสารอินทรีย์จุลินทรีย์จึงอาจอยู่ในช่วงปรับตัวจึงทำให้ประสิทธิภาพลดลง สอดคล้องกับประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีและบีไอดี

ดังนั้น เมื่อพิจารณาผลของการกำจัดซีไอดีและบีไอดีร่วมด้วย กล่าวได้ว่า การกำจัดกรดไขมันระเหย ที่อัตราการระสารอินทรีย์ 28 กิโลกรัมซีไอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ยังคงมีความเหมาะสมสำหรับการเดินระบบดังกล่าว

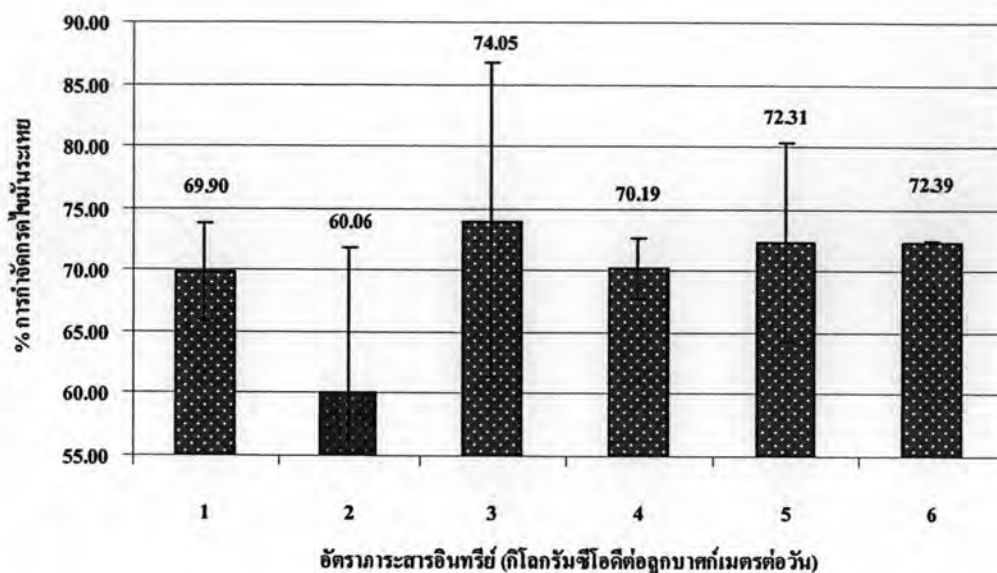
ตารางที่ 4.6 ปริมาณการกำจัดกรดไขมันระเหยและประสิทธิภาพเฉลี่ย ที่อัตราการระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีไอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่

อัตราการระสารอินทรีย์ (kgCOD/m <sup>3</sup> -d)	ค่าเฉลี่ยกรดไขมันระเหย (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	น้ำเข้า	น้ำออก	ปริมาณการกำจัด	ประสิทธิภาพ
4	2,195.92±478.78	661.32±154.24	1,534.70±357.13	69.90±3.99
10	1,702.86±343.81	651.43±76.66	1,051.43±353.64	60.06±11.81
15	2,581.72±391.60	685.71±402.04	1,896.00±364.38	74.05±12.60
20	2,639.96±463.18	788.57±153.33	1,851.39±329.77	70.19±2.51
25	3,490.91±600.11	981.82±368.40	2,509.09±428.73	72.31±7.99
28	2,130.61±134.88	587.76± 239.53	1,542.85±261.86	72.39±0.10



ภาพที่ 4.37 เปรียบเทียบปริมาณการกำจัดกรดไขมันระเหยเฉลี่ย ที่อัตราการระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีไอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคง





ภาพที่ 4.38 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดครดไขมันระเหยเฉลี่ย ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคง

#### 4.3.4 ค่าพีเอชและสภาพด่าง

เมื่ออัตราการป้อนสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น สภาพด่างของน้ำเสียที่เข้าระบบมีความเข้มข้นของสภาพด่างสูงขึ้น และขณะเดียวกันน้ำเสียที่ออกจากระบบมีความเข้มข้นของสภาพด่างสูงขึ้นด้วยเช่นกัน และพบว่าความเข้มข้นสภาพด่างของทั้งน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละอัตราภาระสารอินทรีย์ ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ภาพที่ 4.39 – 4.44) สภาพด่างดังกล่าวในน้ำเข้าระบบมิได้เติมสารเคมีเพื่อเพิ่มสภาพด่าง ยกเว้นช่วงวันที่ 1 - 7 ของอัตราภาระสารอินทรีย์ 4 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่ใช้สารเคมีโซเดียมไฮดรอกไซด์เติมลงในน้ำเข้าสู่ระบบจนกระทั่งค่าพีเอชมีค่าประมาณ 6.8 เพื่อเป็นการสำรองบัฟเฟอร์ภายในระบบเพื่อรักษาระดับพีเอชที่เหมาะสมของจุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทน เนื่องจากระยะแรกของการเดินระบบจุลินทรีย์จะต้องปรับตัวกับสภาวะแวดล้อมใหม่ จึงเป็นการป้องกันการขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ที่อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชที่ไม่เหมาะสมภายในระบบ

จากผลการทดลองเดินระบบ กล่าวได้ว่า ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อพิจารณาจากความเข้มข้นของสภาพด่างที่สภาวะคงที่แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่า ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ดังกล่าว ระบบการทำงานของจุลินทรีย์ภายในถังสร้างก๊าซมีเทนแบบยูเอเอสบี อยู่ในสภาวะที่สมดุลเพราะมีความเข้มข้นของสภาพด่างในน้ำเข้า

และออกจากระบบใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงประมาณ 3,000 – 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร(ภาพที่ 4.45) มีค่าพีเอชเฉลี่ยประมาณ 7.47 – 8.94 ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.8 ซึ่งระบบไร้อากาศที่ส่งเสริมให้จุลินทรีย์มีประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต และ การทำงานควรมีความเข้มข้นของสภาพต่างอยู่ระหว่างช่วง 2,000 – 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต (Tchobanoglous, Burton และStensel, 2004) และระบบไร้อากาศที่ปิดฝาควรมีความเข้มข้นของสภาพต่างประมาณ 1,500 – 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (มันสิน ตันกุลเวศม์, 2542) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเพื่อรักษาระดับค่าพีเอชให้อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงระดับที่เป็นกลางช่วงประมาณ 6.5 – 9.2 ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทนเจริญเติบโตและทำงานได้ดี ดังนั้น จึงมีความเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังสังเกต พบว่าที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 20 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีความเข้มข้นของสภาพต่างในน้ำออกจากระบบสูงกว่าในน้ำเข้าระบบ อาจเนื่องมาจากมีปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเข้าระบบสูง เมื่อเกิดการย่อยสลายจึงทำให้มีความเข้มข้นของสภาพต่างสูงขึ้นด้วย ส่วนที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีความเข้มข้นของสภาพต่างในน้ำออกจากระบบมีปริมาณต่ำ เนื่องจากที่อัตราภาระสารอินทรีย์นี้มีความเข้มข้นของชีโอดีและกรดไขมันระเหยในน้ำเข้าระบบสูง จึงใช้สภาพต่างในการรักษาสมดุลกรด-ด่างของระบบสูงด้วยจึงทำให้สภาพต่างในน้ำออกจากระบบลดลงค่อนข้างมาก

ขณะที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10 และ 15 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ถึงแม้ว่าจะมีความเข้มข้นของสภาพต่างในน้ำเข้าและออกจากระบบต่ำกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีเพียงน้ำเข้าระบบที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 10 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่มีความเข้มข้นของสภาพต่างสูงกว่า 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ก็ตาม แต่ค่าพีเอชในน้ำเข้าและออกจากระบบยังคงมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 7.74 – 8.57 ซึ่งยังคงเป็นช่วงที่จุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทนมีประสิทธิภาพในการทำงานได้ดี และสังเกตพบว่าในวันที่ 7 และ 9 ของการเดินระบบที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 10 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่ามีความเข้มข้นของสภาพต่างในน้ำเข้าระบบสูงกว่าวันอื่นๆ ที่อัตราภาระสารอินทรีย์นี้ อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากปริมาณสภาพต่างของน้ำเสียที่ออกจากถังสร้างกรดที่ใช้เตรียมน้ำเข้าสู่ระบบของช่วง 2 วันดังกล่าวมีปริมาณสูง

จากผลดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มนั้น น่าจะมีส่วนช่วยเพิ่มสภาพต่างจากการย่อยสลายสารประกอบจำพวกไนโตรเจน ที่ยังหลงเหลือจากขั้นตอนของการสร้างกรดทำให้เกิดสภาพต่างจากแอมโมเนียเพิ่มขึ้นอีก และสภาพต่างที่เกิดจากปฏิกิริยารีดักชันของซัลเฟตและซัลไฟด์ นอกจากสภาพต่างที่เกิดขึ้นภายในระบบขณะนั้นแล้วยังมีสภาพต่างที่ได้รับจากน้ำเสียที่ออกจากถังสร้างกรดและน้ำออกจากระบบหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4.7 ปริมาณสภาพต่างเฉลี่ย และอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่าง ที่อัตราการสสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่

อัตราการสสารอินทรีย์ (kgCOD/m <sup>3</sup> -d)	ค่าเฉลี่ยสภาพต่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)		อัตราส่วน กรดไขมันระเหย / สภาพต่าง
	น้ำเข้า	น้ำออก	
4	773.14±288.01	895.14±267.49	0.82±0.37
10	1,615.00±160.66	1,445.00±309.94	0.46±0.07
15	1,330.00±383.00	1,135.00±229.54	0.58±0.25
20	2,980.00±201.87	3,370.00±430.26	0.24±0.06
25	3,395.45±367.22	3,115.91±557.14	0.32±0.10
28	3,907.14±402.26	3,541.00± 631.84	0.05±0.06

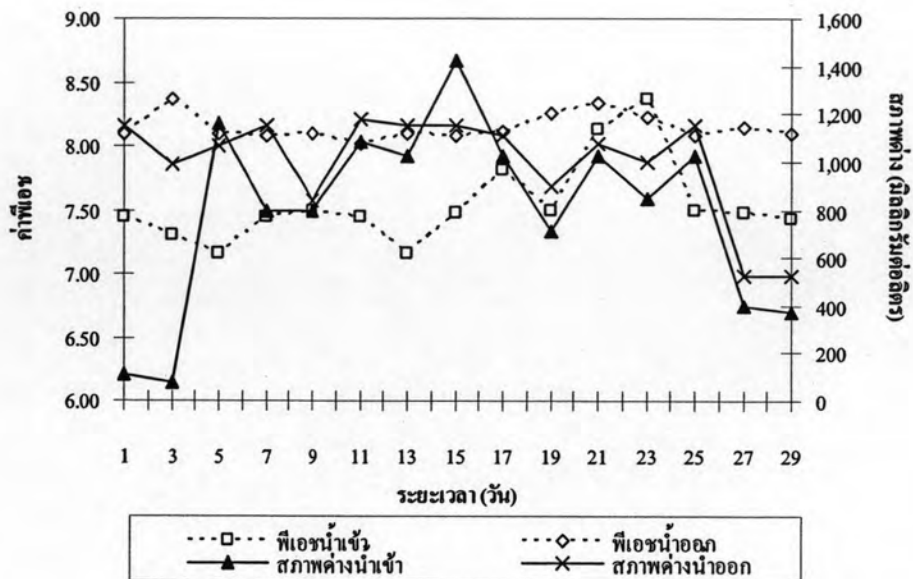
ตารางที่ 4.8 ค่าพีเอชเฉลี่ย ที่อัตราการสสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่

อัตราการสสารอินทรีย์ (kgCOD/m <sup>3</sup> -d)	ค่าเฉลี่ยค่าพีเอช (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	น้ำเข้า	น้ำออก
4	7.74±0.37	8.18±0.10
10	7.94±0.09	8.33±0.04
15	7.98±0.19	8.57±0.25
20	7.97±0.39	8.94±0.36
25	7.47±0.15	8.43±0.08
28	7.57±0.15	8.50±0.09

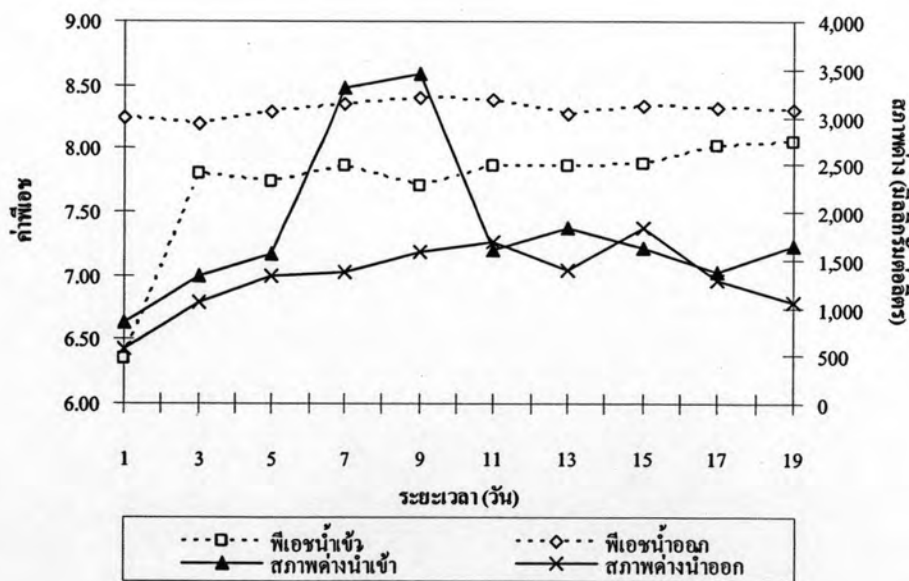
และเมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยต่อความเข้มข้นของสภาพต่างไบคาร์บอเนต (VFA : HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ที่สภาวะคงที่ แสดงดังภาพที่ 4.46 พบว่า ที่อัตราการสสารอินทรีย์ 4 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน เท่ากับ 0.82 ± 0.37 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าสูง ซึ่งโดยปกติทั่วไป อัตราส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยต่อความเข้มข้นของสภาพต่างไบคาร์บอเนตที่มีค่าน้อยกว่า 0.4 ระบบจะมีบีฟเฟอร์สูง แต่ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าสูงกว่า 0.8 แสดงถึงว่าระบบกำลังอยู่ในขั้นที่ค่าพีเอชจะลดลงอย่างรวดเร็ว ถ้ากรดไขมันระเหยมีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (อุตสาหกรรม, กระทรวง. กรมโรงงานอุตสาหกรรมและและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2545) แสดงว่าช่วงเริ่มต้นเดินระบบถึงสร้างก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์กำลังปรับตัวต่อสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น ดังนั้นความจุบีฟเฟอร์อาจมีค่าต่ำจึงเป็นเหตุให้ต้องเติมสารเคมีจำพวกไบคาร์บอเนต เพื่อเพิ่มสภาพต่างให้ระบบมีบีฟเฟอร์เพียงพอในการรักษาสมดุลของระบบ เพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับการทำงานของจุลินทรีย์ซึ่งจะนำไปสู่การล้มเหลวของ

ระบบได้ ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 10 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ช่วง 2 วันแรก อัตราส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยต่อความเข้มข้นของสภาพค่างไบคาร์บอเนต มีค่าสูงมาก 2.09 และ 1.31 ตามลำดับ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอัตราภาระสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า จึงทำให้ความจุบัฟเฟอร์ภายในระบบไม่พอเพียงและเสียสมดุล แต่หลังจากนั้นระบบเริ่มเข้าสู่สมดุลอีกครั้ง และมีสมดุลของบัฟเฟอร์ในระบบดี อัตราส่วนดังกล่าวที่สภาวะคงที่มีค่าเฉลี่ย 0.46 ซึ่งเป็นช่วงที่แสดงถึงว่าระบบค่อนข้างที่จะมีบัฟเฟอร์สูง ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 15 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีลักษณะคล้ายกับที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 10 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตร คือ ช่วง 2 วันแรกอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าสูง เท่ากับ 1.29 และ 3.30 ตามลำดับ เนื่องจากการปรับตัวเข้าสู่สภาวะใหม่ หลังจากนั้นที่สภาวะคงที่มีค่าเฉลี่ย 0.58 แสดงถึงสภาวะการทำงานของระบบค่อนข้างดี ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 20 และ 25 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีอัตราส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยต่อความเข้มข้นของสภาพค่างไบคาร์บอเนต ที่สภาวะคงที่มีค่าเฉลี่ย 0.24 และ 0.32 ตามลำดับ แสดงถึงว่า ระบบมีความจุบัฟเฟอร์สูงทำให้การทำงานของระบบมีความสมดุล และที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่มีค่าเฉลี่ย 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบมีความจุบัฟเฟอร์สูงมาก ระบบจึงมีความสมดุลและมีเสถียรภาพสูงสำหรับการเดินระบบ ลดความเสี่ยงจากการล้มเหลวของระบบ และมีอัตราส่วนของกรดไขมันระเหยต่อสภาพค่างต่ำสุดหรือดีที่สุด เมื่อทำการเปรียบเทียบ ที่ทุกๆ อัตราภาระสารอินทรีย์ มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานต่อไป

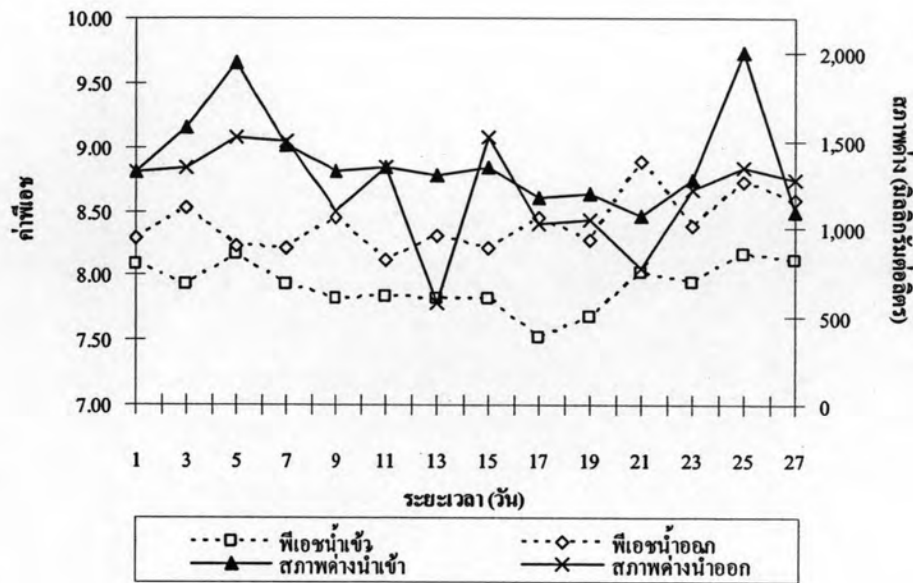
จากผลของอัตราส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยต่อความเข้มข้นของสภาพค่างไบคาร์บอเนตดังกล่าวข้างต้น ส่งผลให้มีค่าพีเอชเฉลี่ยในน้ำเข้าและออกจากระบบที่สภาวะคงที่ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน แสดงดังตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.39 – 4.44 มีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 4.47) ซึ่งค่าพีเอชจากผลการทดลองเดินระบบที่ทุกอัตราภาระสารอินทรีย์ดังกล่าวข้างต้นอยู่ในช่วงที่ใกล้กับระดับความเป็นกลาง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสภาพค่างดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงเป็นผลให้มีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์ จากการสุ่มตัวอย่างน้ำเสียภายในถังปฏิกรณ์ยาเยออสบี พบว่า มีค่าพีเอชประมาณ 7.5 ที่ทุกอัตราภาระสารอินทรีย์ ดังนั้น ระบบจึงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีเสถียรภาพจึงส่งผลให้จุลินทรีย์กำจัดสารอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



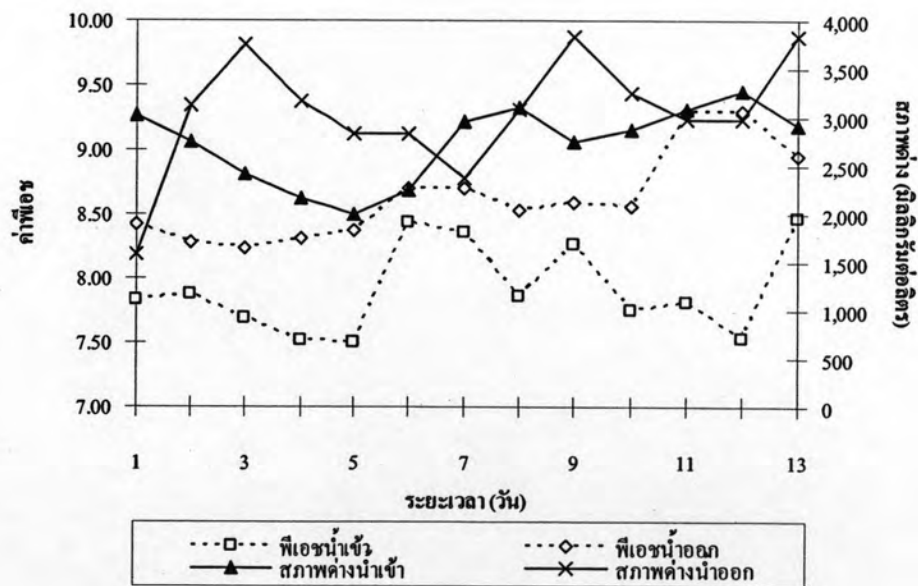
ภาพที่ 4.39 ค่าพีเอชและสภาพต่าง ที่อัตราสารอินทรีย์ 4 กิโลกรัมซีไอดีต่อลูกบาศก์เมตร ต่อวัน



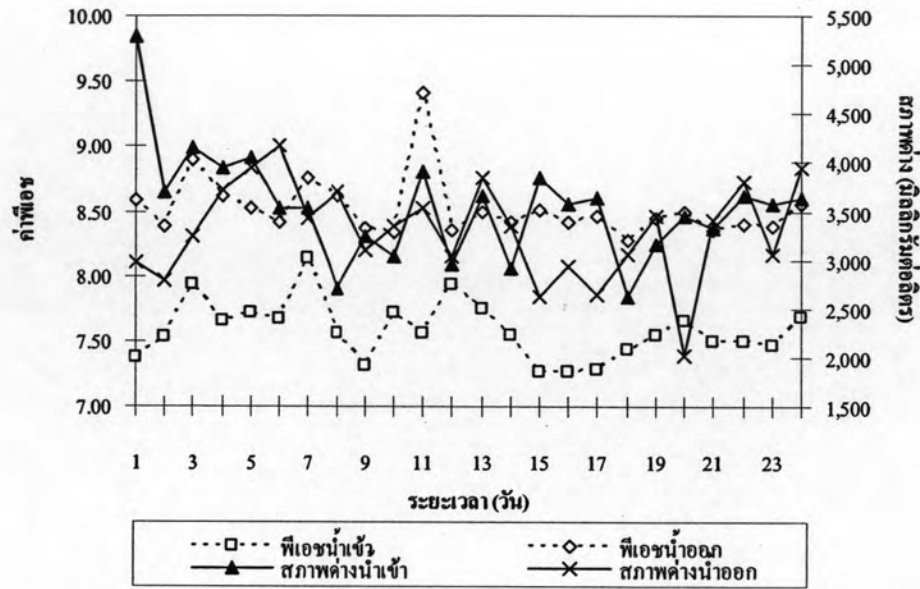
ภาพที่ 4.40 ค่าพีเอชและสภาพต่าง ที่อัตราสารอินทรีย์ 10 กิโลกรัมซีไอดีต่อลูกบาศก์เมตร ต่อวัน



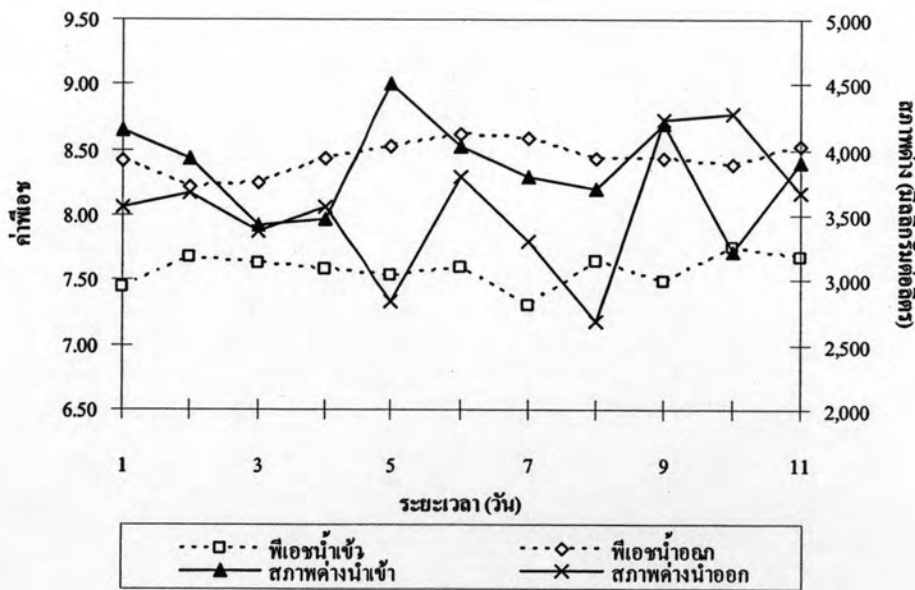
ภาพที่ 4.41 ค่าพีเอชและสภาพต่าง ที่อัตราการแ่สารอินทรีย์ 15 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตร ต่อวัน



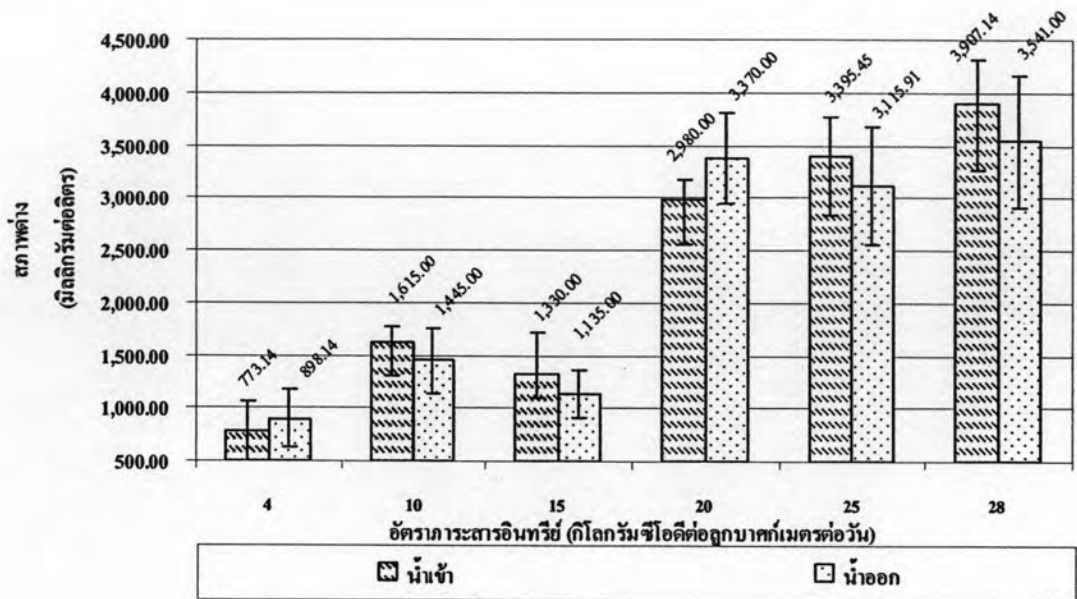
ภาพที่ 4.42 ค่าพีเอชและสภาพต่าง ที่อัตราการแ่สารอินทรีย์ 20 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตร ต่อวัน



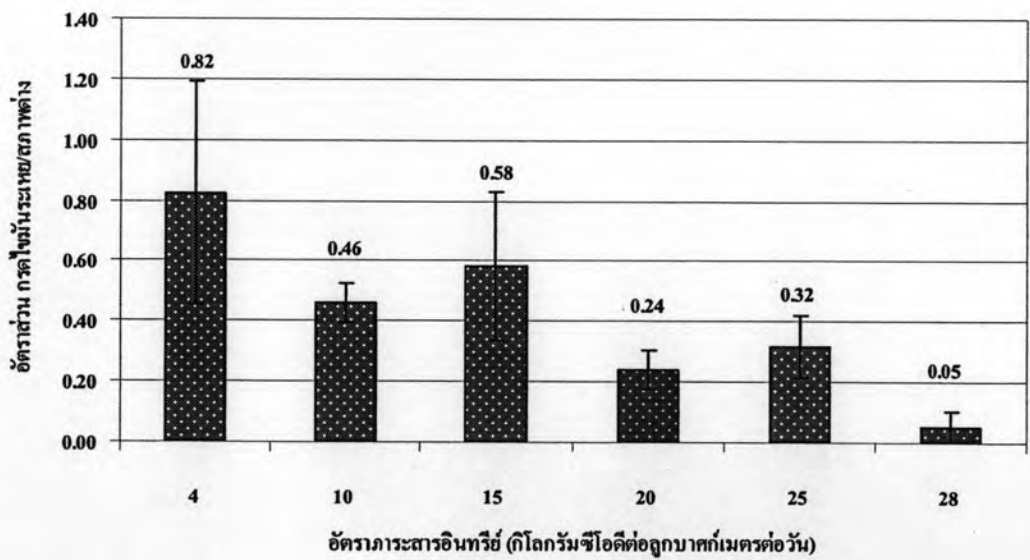
ภาพที่ 4.43 ค่าพีเอชและสภาพค่าน้ำ ที่อัตราสารอินทรีย์ 25 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตร ต่อวัน



ภาพที่ 4.44 ค่าพีเอชและสภาพค่าน้ำ ที่อัตราสารอินทรีย์ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตร ต่อวัน

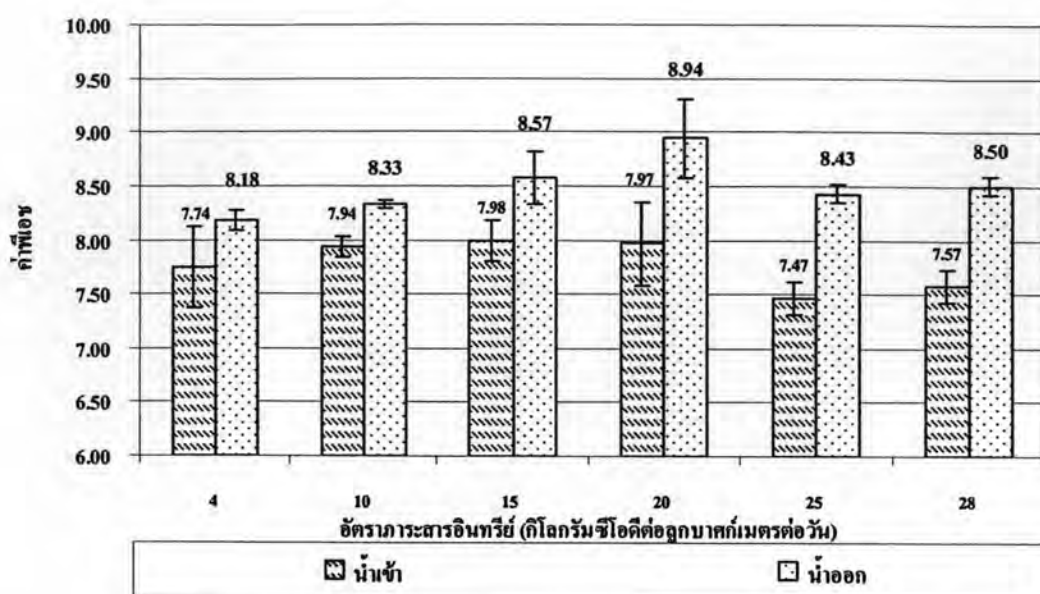


ภาพที่ 4.45 เปรียบเทียบสภาพต่างในน้ำเข้าและออกจากระบบ ที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่



ภาพที่ 4.46 เปรียบเทียบอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างในน้ำออกจากระบบ ที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่





ภาพที่ 4.47 เปรียบเทียบค่าพ้อยในน้ำเข้าและออกจากระบบ ที่อัตราปุ๋ยเคมี 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่

#### 4.3.5 ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหย

จากการตรวจสอบปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำเสีย ซึ่งมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น เซลล์ของผลปาล์ม ไขมัน และ กรดไขมันระเหย เป็นต้น ที่เข้าและออกจากระบบของถังปฏิกริยาสร้างก๊าซมีเทนแบบยูเอสบีนั่น ทำการตรวจสอบสัปดาห์ละ 1 ครั้ง จนกระทั่งเริ่มสังเกตพบความผิดปกติในการทำงานของระบบที่อัตราปุ๋ยเคมี 20 และ 25 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ได้แก่ การอุดตันและยกชั้นลอยตัวของชั้นตะกอน ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการกำจัดซีโอดี จึงเพิ่มการตรวจสอบขึ้นเป็นสัปดาห์ละ 2 ครั้ง และที่อัตราปุ๋ยเคมี 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ได้ทำการตรวจสอบทุกวันเนื่องจากมีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหยสูงกว่า 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการตรวจสอบความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำเข้าและออกจากระบบ ที่สภาวะคงที่ ที่อัตราปุ๋ยเคมี 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน แสดงดังตารางที่ 4.9 และเปรียบเทียบปริมาณการกำจัด ดังภาพที่ 4.48 สังเกตได้ว่า ประสิทธิภาพการกำจัดดังกล่าวค่อนข้างสูงและมากกว่าร้อยละ 60 แสดงว่าจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายของแข็งแขวนลอยระเหย หรือสารอินทรีย์ได้ดี และกล่าวได้ว่าน้ำเสียสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย นอกจากนี้ ปริมาณตะกอนแขวนลอยบางส่วนที่หายไปอาจกลายเป็นแก๊สให้จุลินทรีย์ยึดเกาะและรวมกลุ่มกันเกิดเป็นเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ชั้นใหม่ และตกตะกอนอยู่ภายในถังปฏิกริยาดูด้วยกัน นอกจากนี้ ยังเกิดมีตะกอนลอย (scum) ลอยอยู่ด้านบน ซึ่งเกิดจากฟอง

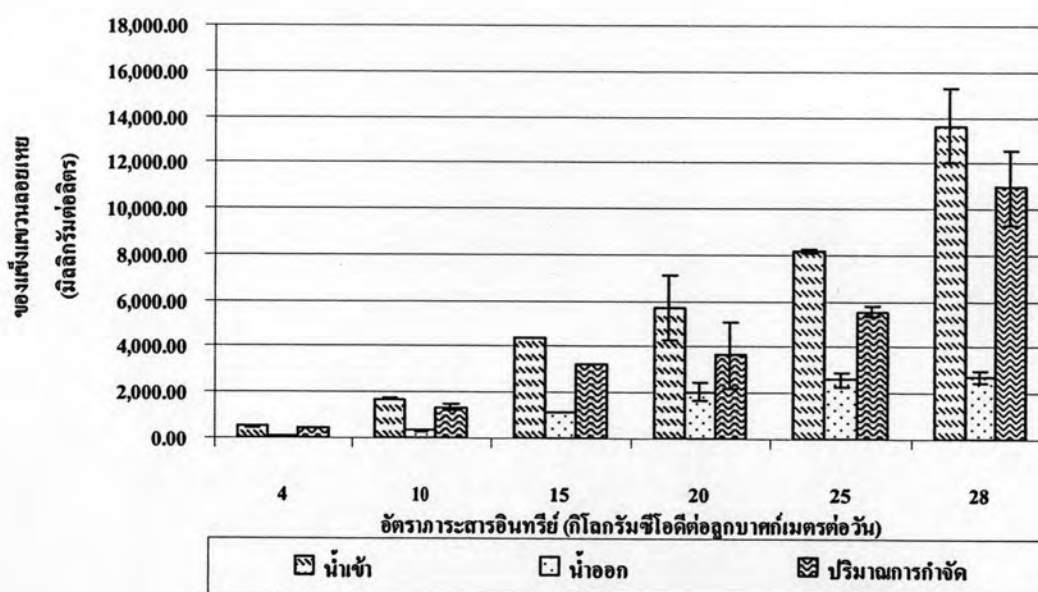
ก๊าซที่เกิดขึ้นระหว่างการเดินระบบ พาให้ตะกอนลอยขึ้นด้านบนจนเกิดเป็นชั้นโฟม ปริมาณตะกอนแขวนลอยส่วนหนึ่งที่หายไปยังอาจเกิดจากตะกอนลอยดังกล่าวไหลขึ้นไปติด ที่ทางออกของท่อก๊าซ และเมื่อสะสมมากขึ้นก็ทำให้เกิดปัญหาการอุดตันด้วยเช่นกัน ผลกระทบที่เกิดขึ้นได้แก่ ก๊าซชีวภาพเกิดการระบายออกไม่สะดวก จึงไหลย้อนออกทางท่อน้ำออกจากระบบแทนซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นและต้องการกักเก็บสูญหายไปบางส่วน ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยออกแบบให้มีช่องระบายก๊าซกว้างขึ้น เพื่อลดโอกาสที่ตะกอนลอยจะลอยขึ้นไปอุดตันเนื่องจากแรงดันของฟองก๊าซ

สิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วเริ่มสังเกตเห็นที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 20 และ 25 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งมีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำเข้าระบบเฉลี่ย ที่สภาวะคงที่  $5,686.67 \pm 1,382.04$  และ  $8,150.00 \pm 70.71$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อเดินระบบที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งมีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำเข้าระบบเฉลี่ย ที่สภาวะคงที่  $10,935.71$  มิลลิกรัมต่อลิตร ก็เกิดปัญหาในทำนองเดียวกัน เช่นกัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณก๊าซชีวภาพที่กักเก็บได้

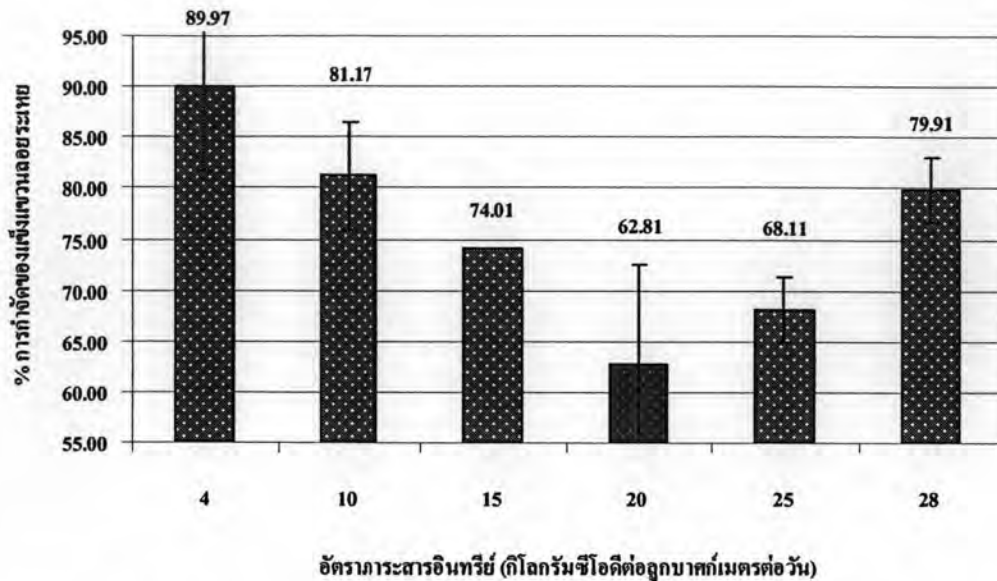
จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยที่ทุกๆอัตราภาระสารอินทรีย์ (ภาพที่ 4.49) พบว่า ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีประสิทธิภาพเฉลี่ยที่สภาวะคงที่สูงที่สุด อาจเนื่องมาจากปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบต่ำ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในถังปฏิกรณ์ ที่มีความเข้มข้นถึง 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตรถึงปฏิกรณ์ จึงทำให้จุลินทรีย์สามารถกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของแข็งแขวนลอยระเหยได้สูง แต่เมื่อพิจารณาด้านปริมาณการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย พบว่า ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีปริมาณการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยสูงที่สุด และเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำออกจากระบบเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ มีค่า  $2,041.00 \pm 374.96$  ,  $2,600.00 \pm 282.84$  และ  $2,707.14 \pm 276.78$  ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำออกจากระบบทั้งสามอัตราภาระสารอินทรีย์ดังกล่าว มีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหยใกล้เคียงกัน ในขณะที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำเข้าระบบสูงที่สุด ดังนั้น ถึงแม้ว่าที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะมีประสิทธิภาพการกำจัดสูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาจากข้อมูลปริมาณการกำจัดประกอบกัน จะเห็นได้ว่าที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานมากที่สุด และมีความสอดคล้องกับการกำจัดชีโอดีและบีโอดี

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยและประสิทธิภาพเฉลี่ย ที่อัตราการระเหยอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่

อัตราการระเหยอินทรีย์ (kgCOD/m <sup>3</sup> -d)	ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยระเหย (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	น้ำเข้า	น้ำออก	ปริมาณการกำจัด	ประสิทธิภาพ
4	512.50±45.96	53.34±47.14	459.17±1.18	89.97±8.30
10	1,670.00±42.43	313.34±80.14	1,356.67±122.56	81.17±5.28
15	4,425.00±0.00	1,150.00±0.00	3,275.00±0.00	74.01±0.00
20	5,686.67±1,382.04	2,041.00±374.96	3,645.67±1,427.51	62.81±9.77
25	8,150.00±70.71	2,600.00±282.84	5,550.00±212.13	68.11±3.19
28	13,642.86±1,595.68	2,707.14±276.78	10,935.71±1,653.08	79.91±3.16



ภาพที่ 4.48 เปรียบเทียบปริมาณการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ย ที่อัตราการระเหยอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคง



ภาพที่ 4.49 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย ที่อัตราสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สถานะคงที่

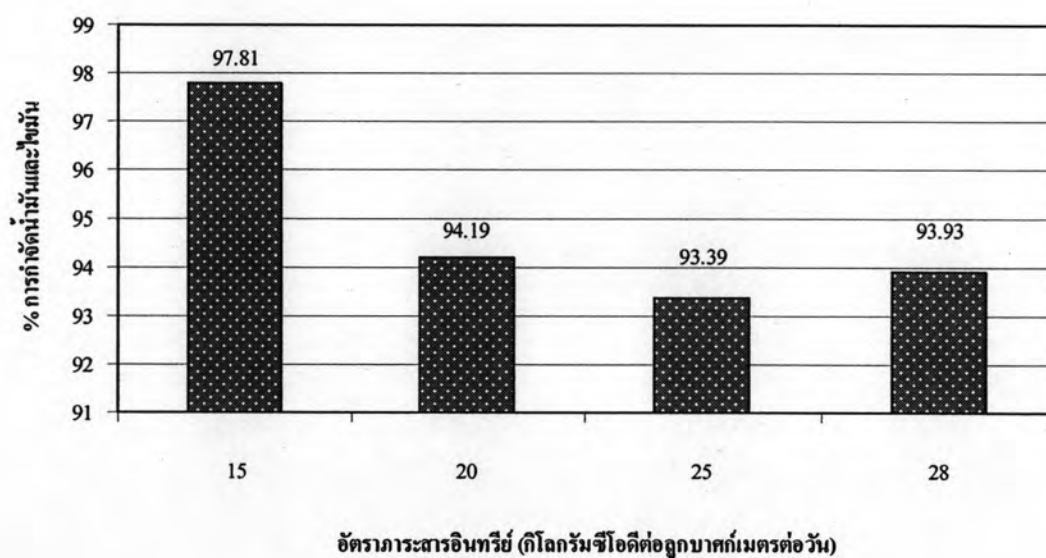
#### 4.3.6 ปริมาณน้ำมันและไขมัน

การตรวจสอบปริมาณน้ำมันและไขมัน ที่เข้าและออกจากระบบดังปฏิกิริยาสร้างก๊าซมีเทน ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของน้ำมันและไขมันเมื่อระบบเข้าสู่สถานะคงที่ที่อัตราสารอินทรีย์ 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน แสดงดังตารางที่ 4.10 ยกเว้นที่อัตราสารอินทรีย์ 4 และ 10 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมัน จะเห็นได้ว่าระบบสามารถกำจัดน้ำมันและไขมันได้สูง และมีประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันได้ใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนที่ทุกอัตราสารอินทรีย์ (ภาพที่ 4.50)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น เมื่อความเข้มข้นของน้ำมันและไขมันที่เข้าสู่ระบบอยู่ช่วงประมาณ 1,000 – 1,700 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่พบการชะล้างของจุลินทรีย์ออกจากระบบยูเอเอส บี ซึ่งอาจมีผลกระทบมาจากไขมันที่จะไปเคลือบที่ผิวของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ ทำให้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์ไม่สามารถทำงานได้ และจากการสังเกตด้วยตาเปล่าไม่พบการลอยตัวของชั้นไขมันทั้งในน้ำเข้าและออกจากระบบ ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันและไขมันดังกล่าว ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบ แต่อาจเปลี่ยนรูปไปเป็นกรดไขมันระเหยด้วยเช่นกัน ซึ่งจุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทนสามารถนำไปใช้ต่อไปได้

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการกำจัดและประสิทธิภาพน้ำมันและไขมัน ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่

อัตราภาระสารอินทรีย์ (kgCOD/m <sup>3</sup> -d)	น้ำมันและไขมัน (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	น้ำเข้า	น้ำออก	ปริมาณการกำจัด	ประสิทธิภาพ
15	1,093.7	24.0	1,069.7	97.81
20	1,687.6	98.0	1,589.6	94.19
25	1,694.8	112.0	1,582.8	93.39
28	1,714.6	104.0	1,610.6	93.93



ภาพที่ 4.50 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

### 4.3.7 การสร้างก๊าซชีวภาพ

#### 4.3.7.1 ประสิทธิภาพการสร้างก๊าซชีวภาพ

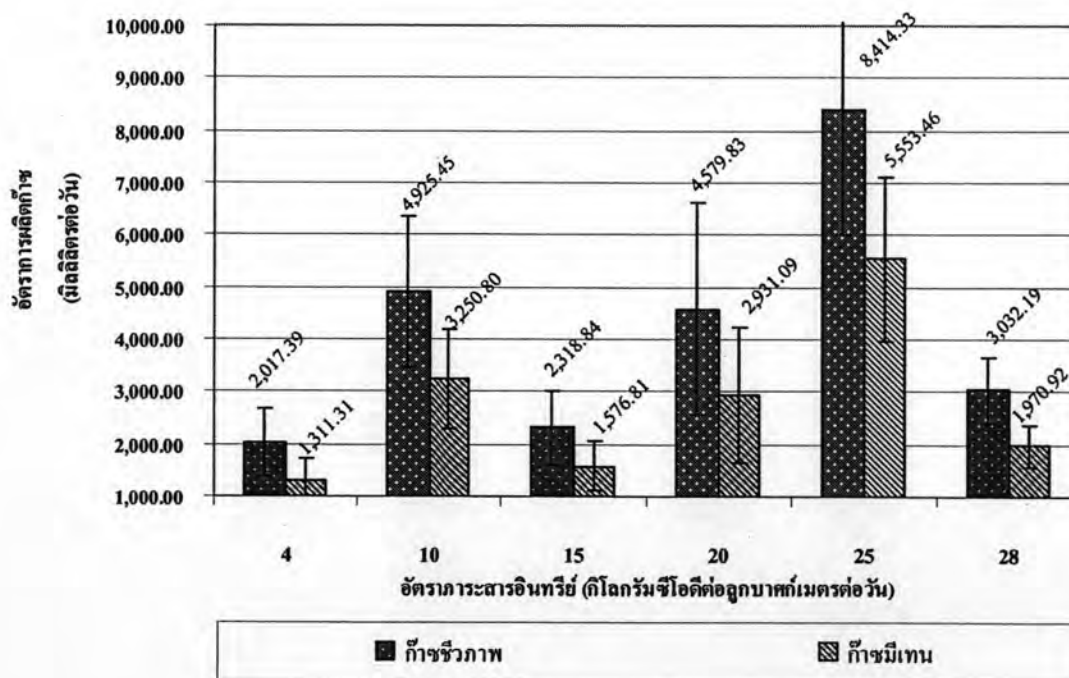
อัตราการสร้างก๊าซชีวภาพเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ ที่อัตราการระสาดอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน รายงานผลการศึกษาในหน่วยมิลลิลิตรต่อวัน ที่สภาวะมาตรฐาน (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) แสดงดังตารางที่ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบอัตราการสร้างก๊าซชีวภาพดังกล่าวระหว่างแต่ละอัตราการระสาดอินทรีย์ พบว่า ที่อัตราการระสาดอินทรีย์ 25 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่สูงสุด (ภาพที่ 4.51) แต่มีความแปรปรวนของข้อมูลค่อนข้างสูง อัตราการสร้างก๊าซชีวภาพที่อัตราการระสาดอินทรีย์ 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับปริมาณการกำจัดกรดไขมันระเหย ซึ่งมีค่าเฉลี่ย ที่สภาวะคงที่  $1,851.39 \pm 392.77$ ,  $2,509.09 \pm 428.73$  และ  $1,542.85 \pm 261.86$  มิลลิลิตรต่อลิตร ตามลำดับ มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพเฉลี่ยที่สภาวะคงที่  $4,579.83 \pm$ ,  $8,414.33 \pm$  และ  $3,391.64 \pm$  มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ จากความสัมพันธ์ดังกล่าว จึงทำให้ที่อัตราการระสาดอินทรีย์ 25 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีอัตราการสร้างก๊าซชีวภาพสูงกว่าที่อัตราการระสาดอินทรีย์ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่มีปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทน ซึ่งก๊าซชนิดนี้เป็นก๊าซที่มีสัดส่วนการเกิดขึ้นในระบบมากกว่าก๊าซชนิดอื่น สามารถบริโภคสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนไม่เกิน 2 อะตอม เช่น กรดอะซิติก เท่านั้น ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกำจัดกรดไขมันระเหยดังที่ได้กล่าวมา ส่วนที่อัตราการระสาดอินทรีย์ 15 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน อัตราการสร้างก๊าซชีวภาพต่ำซึ่งไม่สอดคล้องกับปริมาณการกำจัดกรดไขมันระเหย เกิดการสูญเสียก๊าซชีวภาพบางส่วน เนื่องจากระหว่างการดำเนินการทดลอง แรงดันระหว่างเครื่องวัดปริมาตรก๊าซกับปลายท่อน้ำออกจากระบบไม่สมดุลกัน ก๊าซจึงไหลออกทางท่อน้ำออกจากระบบแทน นอกจากนี้ อุณหภูมิห้องของสถานที่ทำการทดลองในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนมีความแตกต่างกันมาก โดยในช่วงกลางวันจะมีอุณหภูมิสูงแต่ในช่วงกลางคืนอุณหภูมิลดต่ำลงมาก จึงส่งผลต่อปริมาตรก๊าซที่วัดได้ด้วยเช่นกัน

และจากผลการตรวจวัดร้อยละก๊าซมีเทนโดยปริมาตร ( $\%CH_4$ ) ที่อัตราการระสาดอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 65, 66, 68, 64, 66 และ 65 ตามลำดับ จึงประมาณได้ว่ามีปริมาณก๊าซมีเทนเกิดขึ้นเฉลี่ย ที่สภาวะคงที่  $1,311.31 \pm 425.23$ ,  $3,250.80 \pm 950.98$ ,  $1,576.81 \pm 472.69$ ,  $2,931.09 \pm 1,303.87$ ,  $5,553.46 \pm 1,579.03$  และ  $1,970.92 \pm 401.52$  มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11) ส่วนอีกประมาณร้อยละ 30-35 มีองค์ประกอบหลักเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีก๊าซอื่นๆ เกิดขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย เช่น ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และไอน้ำ จากร้อยละก๊าซมีเทนโดยปริมาตรดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบถังสร้างก๊าซมีเทนนี้ มีประสิทธิภาพค่อนข้างดี เนื่องจากตามปกติระบบไร้อากาศที่มีประสิทธิภาพสูงจะมีร้อยละก๊าซมีเทนโดยปริมาตรประมาณร้อยละ 70 และผลดังกล่าวยังสามารถประมาณความ

ต้องการสภาพต่างของระบบได้ด้วย โดยทั่วไปถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 30-50 ระบบจะต้องการความเข้มข้นของสภาพต่างอยู่ในช่วง 2,000 - 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต (Tchobanoglous, Burton และ Stensel, 2004) ดังนั้นจึงอาจใช้เป็นอีกพารามิเตอร์หนึ่งที่สามารถบอกสภาพการทำงานของระบบเพื่อปรับสภาพต่างให้เหมาะสมได้เช่นกัน

ตารางที่ 4.11 อัตราการสร้างก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนเฉลี่ย ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่

อัตราภาระสารอินทรีย์ (kgCOD/m <sup>3</sup> -d)	อัตราการสร้างก๊าซ (มิลลิลิตรต่อวัน)	
	ก๊าซชีวภาพ	ก๊าซมีเทน
4	2,017.39±654.20	1,311.31±425.23
10	4,925.45±1,440.88	3,250±950.98
15	2,318.84±695.13	1,576.81±472.69
20	4,579.83±2,037.29	2,931.09±1,303.87
25	8,414.33±2,392.47	5,553.46±1,579.03
28	3,032.19±617.72	1,970.92±401.52



ภาพที่ 4.51 เปรียบเทียบอัตราการสร้างก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนเฉลี่ยที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

#### 4.3.7.2 ประสิทธิภาพการสร้างก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัด

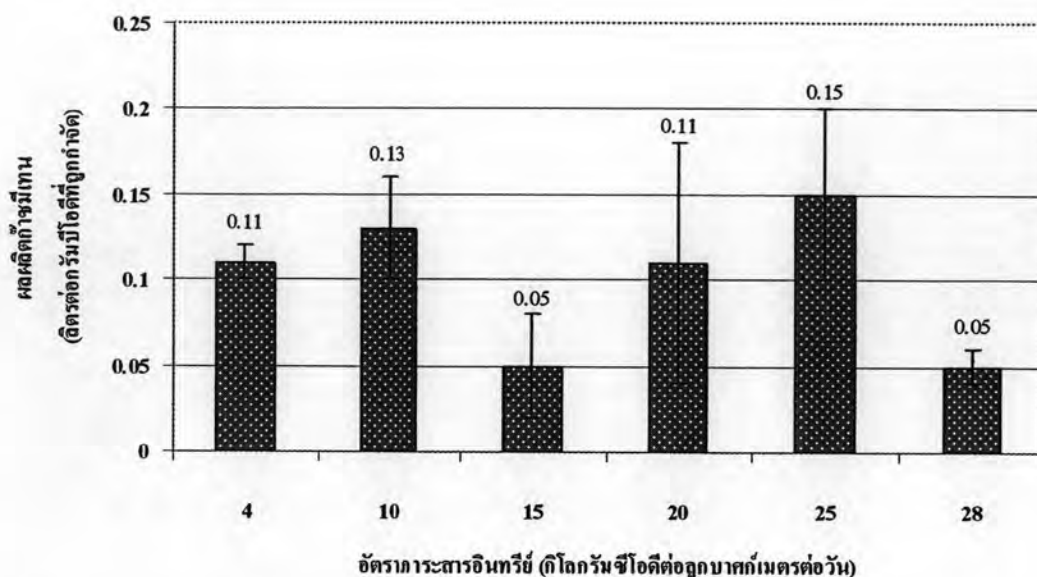
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซมีเทนที่สร้างขึ้นที่สภาวะมาตรฐาน (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) ต่อปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีที่ถูกกำจัด ที่อัตราการระสาดอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน แสดงดังตารางที่ 4.12 สังเกตได้ว่า ประสิทธิภาพดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกันที่อัตราการระสาดอินทรีย์ 4, 10, 20, และ 25 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ภาพที่ 4.52) อาจเนื่องจากปริมาณเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบมีปริมาณสูงและจุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทนมีประสิทธิภาพการทำงานที่ค่อนข้างดี มีค่าเฉลี่ยร้อยละก๊าซมีเทนโดยปริมาตรของทุกอัตราการระสาดอินทรีย์ เท่ากับ  $65.7 \pm 1.37$  แต่ที่อัตราการระสาดอินทรีย์ 15 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่อัตราการระสาดอินทรีย์อื่นๆที่กล่าวมาแล้ว เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสร้างก๊าซและปัญหาที่เกิดขึ้นดังที่ได้วิจารณ์ไว้แล้ว ถ้าสามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันระเหย และออกแบบอุปกรณ์กักเก็บให้ดีขึ้น รวมทั้งควบคุมอุณหภูมิระหว่างเดินระบบ อาจได้ค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.12 ประสิทธิภาพการสร้างก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดเฉลี่ยที่อัตราการระสาดอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่สภาวะคงที่

อัตราการระสาดอินทรีย์ (kgCOD/m <sup>3</sup> -d)	ประสิทธิภาพการสร้างก๊าซมีเทน (ลิตรมีเทนต่อกรัมบีโอดีที่ถูกกำจัด)
4	0.11±0.01
10	0.13±0.03
15	0.05±0.03
20	0.11±0.07
25	0.15±0.05
28	0.05±0.01







ภาพที่ 4.52 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสร้างก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดเฉลี่ย ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 4, 10, 15, 20, 25 และ 28 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

#### 4.4 ลักษณะของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์

เม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่นำมาปรับสภาพเพื่อใช้ในการทดลองเดินระบบนี้เป็นเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่คุ้นเคยกับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่มีองค์ประกอบของน้ำตาล จึงต้องนำมาสร้างความคุ้นเคยกับน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มก่อนที่จะทำการเดินระบบเพื่อให้จุลินทรีย์มีความพร้อมและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะภายนอกและภายในของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ศึกษาด้วยกล้องอิเล็กตรอนไมโครสโคป (Scanning Electron Microscope : SEM) จากการสุ่มตัวอย่างเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ก่อนการสร้างความคุ้นเคย หลังทำการสร้างความคุ้นเคย และหลังการทดลองเดินระบบ

##### 4.4.1 ลักษณะภายนอกของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์

ลักษณะภายนอกของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่นำมาจากระบบบำบัดน้ำเสียอื่นก่อนเริ่มทำการสร้างความคุ้นเคย แสดงดังภาพที่ 4.53 (ก) มีลักษณะรูปทรงค่อนข้างรี เส้นผ่าศูนย์กลางด้านกว้าง 940 ไมโครเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางด้านแคบ 800 ไมโครเมตร พื้นผิวข้างนอกค่อนข้างเรียบ หลังจากทำการสร้างความคุ้นเคยด้วยน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแล้ว ลักษณะภายนอกของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ยังคงมีลักษณะคล้ายกับก่อนสร้างความคุ้นเคย สังเกตไม่พบการเปลี่ยนแปลง แต่มีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อย เส้นผ่าศูนย์กลางด้านกว้าง 1000 ไมโครเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางด้านแคบ 900 ไมโครเมตร แสดงดังภาพที่ 4.53 (ข) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์มีการทำงานและเจริญเติบโตได้ตามปกติ สามารถสร้างความคุ้นเคยเข้ากับน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มได้ เมื่อดตะกอนจุลินทรีย์จึงมีขนาดใหญ่ขึ้น และสภาพภายนอกของเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์หลังการทดลองเดินระบบ แสดงดังภาพที่ 4.53 (ค) สังเกตพบว่า ลักษณะรูปร่างของเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์มีลักษณะค่อนข้างรี เส้นผ่าศูนย์กลางด้านกว้าง 1200 ไมโครเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางด้านแคบ 940 ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์ก่อนและหลังสร้างความคุ้นเคย และพบรอยแยกบนเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ ซึ่งอาจเกิดจากการสร้างและปลดปล่อยก๊าซจากจุลินทรีย์ภายในเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์ เนื่องจากน้ำเสียที่ใช้ทดลองมีความเข้มข้นสูง จุลินทรีย์ภายในจึงได้รับสารอาหารเพิ่มขึ้นสามารถสร้างก๊าซได้เพิ่มขึ้น และดันให้เมื่อดตะกอนจุลินทรีย์แยกออก ซึ่งข้อสังเกตดังกล่าวอาจบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการทำงานที่ดีของเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์ที่นำมาทำการสร้างความคุ้นเคยใช้งานต่อน้ำเสียที่ทดลองเดินระบบ และจากการเปรียบเทียบค่าเอ็มแอลวีเอสเอส ของเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ก่อนและหลังการทดลองพบว่า มีค่า 62,780 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มขึ้นเป็น 74,650 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งช่วยสนับสนุนว่า จุลินทรีย์ที่นำมาทำการสร้างความคุ้นเคยใช้งาน มีการเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทดลองนี้

#### 4.4.2 การศึกษาลักษณะภายในของเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์ ภาพที่ 4.54

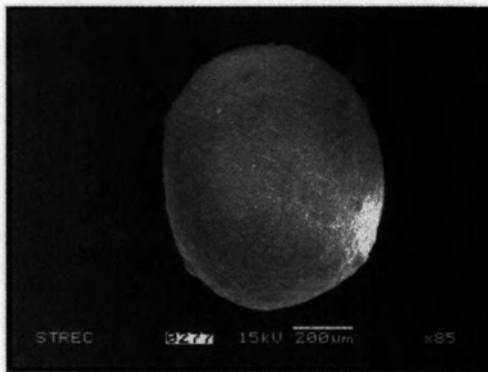
จากการศึกษาลักษณะภายในของเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์ พบว่า เมื่อดตะกอนจุลินทรีย์ก่อนทำการสร้างความคุ้นเคย (ก) บริเวณชั้นในของเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์ มีลักษณะเป็นโพรงไม่พบสิ่งที่มีลักษณะคล้ายแบคทีเรียกลุ่มต่างๆที่น่าจะพบอยู่ภายในเมื่อดตะกอนจุลินทรีย์อาจเนื่องมาจากเป็นบริเวณที่สารอาหารเข้าไปไม่ถึง บริเวณชั้นกลาง พบแบคทีเรียรูปร่างท่อนแทรกตัวอยู่ระหว่างอนุภาคที่สอดแทรกอยู่ และบริเวณชั้นนอกสุด พบแบคทีเรียรูปร่างท่อนคล้ายกับบริเวณชั้นกลางแต่มีความหนาแน่นมากกว่า แบคทีเรียรูปร่างแบบท่อนที่พบดังกล่าวมีลักษณะคล้าย *Methanothrix soehngeni* ที่ De Zeeuw (1987) อ้างถึงใน Hulshoff Pol และคณะ (2004) ได้อธิบายรูปแบบต่างๆของเมื่อดตะกอนในการทดลองเริ่มต้นเดินระบบ(start-up) ของระบบยูเอเอสบีระดับห้องปฏิบัติการทดลองโดยใช้กรดไขมันระเหยเป็นสับสเตรท

หลังทำการสร้างความคุ้นเคย เมื่อดตะกอนจุลินทรีย์แล้ว (ข) พบว่า บริเวณชั้นในมีลักษณะเป็นโพรงคล้ายกับก่อนการปรับสภาพ บริเวณชั้นกลางมีลักษณะเป็นโพรงพบแบคทีเรียรูปร่างท่อนลักษณะ เช่นเดียวกับก่อนการสร้างความคุ้นเคย แต่มีความหนาแน่นมากกว่า ส่วนบริเวณชั้นนอกสุดมีลักษณะเป็นโพรงเช่นกัน พบแบคทีเรียรูปร่างท่อนและมีความหนาแน่นคล้ายกับบริเวณชั้นกลางและมีความหนาแน่นบริเวณ โพรงที่เกิดขึ้นมาก อาจเป็นช่องทางระบายออกของ

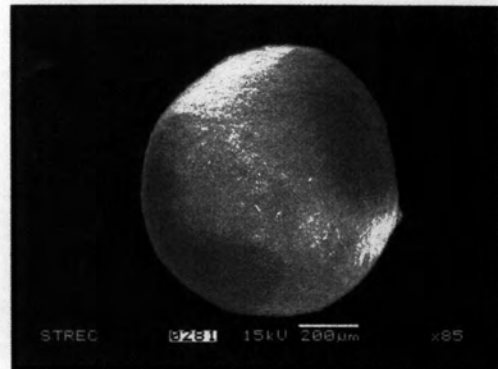
ก๊าซที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นหรือเกิดการตายของจุลินทรีย์บางส่วนขณะสร้างความคุ้นเคย ให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมใหม่

และหลังการทดลองเดินระบบ (ค) บริเวณชั้นในสุดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์พบแบคทีเรียรูปร่างท่อนคล้าย *Methanothrix soehngenii* (De Zeeuw, 1987 อ้างถึงใน Hulshoff Pol และคณะ, 2004) อาจเกิดจากการเจริญของแบคทีเรียจากชั้นกลางเข้าไปสู่ชั้นในเนื่องจากน้ำเสียมีความเข้มข้นสูงจึงส่งผลให้แบคทีเรียภายในได้รับสารอาหารเพียงพอจึงเจริญเติบโตได้ดี บริเวณชั้นกลางและชั้นนอกสุดพบแบคทีเรียรูปร่างท่อนคล้าย *Methanothrix soehngenii* เช่นกัน และมีความหนาแน่นมาก แสดงถึงการเจริญเติบโตได้ดีของแบคทีเรียจึงสามารถเพิ่มจำนวนมากขึ้นและอาจเป็นสาเหตุให้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์สร้างก๊าซเพิ่มมากขึ้นและดันให้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์ขยายตัวจนแยกออกจากกัน

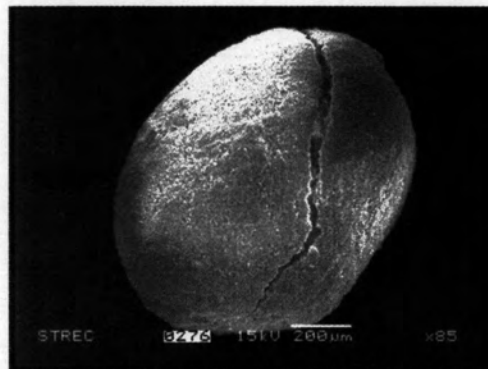
จากผลการศึกษาดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่นำมาทำการสร้างความคุ้นเคย ก่อนการดำเนินการทดลองสามารถปรับตัวเข้ากับสภาวะแวดล้อมใหม่ของระบบถึงสร้างก๊าซมีเทนที่ใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มได้ดี ส่งผลให้การเดินระบบมีประสิทธิภาพที่ดี



(ก)



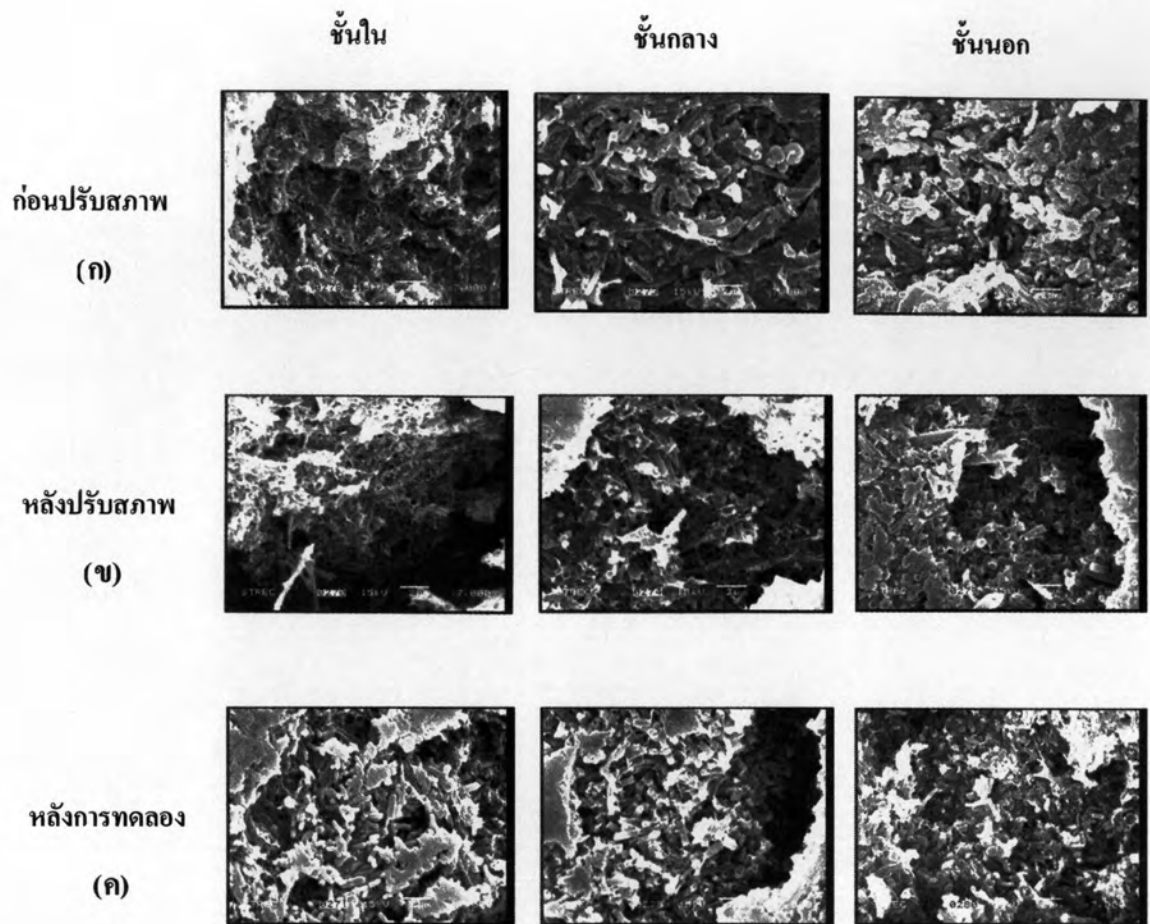
(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.53 ลักษณะภายนอกของเมล็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง (กำลังขยาย  $\times 85$ )

- (ก) ก่อนการปรับสภาพ
- (ข) หลังการปรับสภาพ
- (ค) หลังการทดลองเดินระบบ



ภาพที่ 4.54 ลักษณะชั้นต่างๆ ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง (กำลังขยาย  $\times 7,000$ )