

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลช้าง ในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศ โดยการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบแบบกะ และการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลช้าง ในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศ โดยการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง ได้ผลการทดลอง ดังนี้

4.1 ผลของการวิเคราะห์คุณสมบัติของมูลช้างสดและน้ำชะมูลช้าง

การวิเคราะห์คุณสมบัติของมูลช้างสดและน้ำชะมูลช้าง ประกอบไปด้วยการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งระเหยง่าย การทดสอบสภาพความเป็นด่าง กรดระเหยง่าย และการทดสอบหาปริมาณ COD โดยผลการวิเคราะห์จะแสดงในตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลของการวิเคราะห์คุณสมบัติของมูลช้างสดและน้ำชะมูลช้าง

พารามิเตอร์	ตัวอย่าง				
	มูลช้างสด	น้ำชะมูลช้าง 1:0	น้ำชะมูลช้าง 1:1	น้ำชะมูลช้าง 1:2	น้ำชะมูลช้าง 1:3
TS (mg/L)	141,300	24,775	20,880	13,600	9,255
VS (mg/L)	119,450	15,995	15,780	10,730	7,310

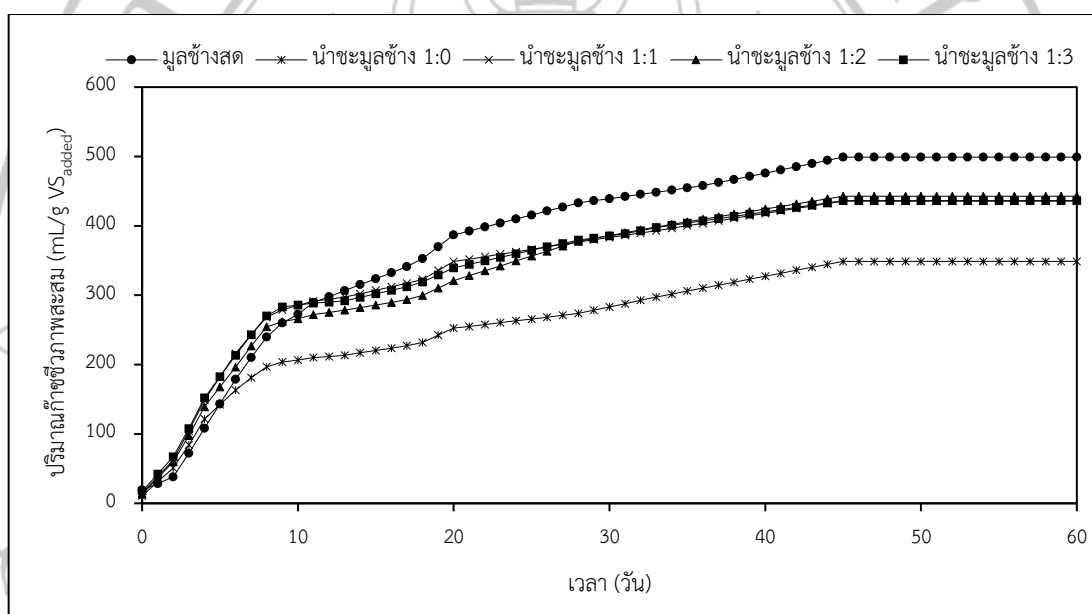
ตารางที่ 4.2 ผลของการวิเคราะห์คุณสมบัติของมูลขี้สาดและน้ำชะมูลขี้สาดในระบบ

พารามิเตอร์		ตัวอย่าง				
		มูลขี้สาด	น้ำชะมูลขี้สาด 1:0	น้ำชะมูลขี้สาด 1:1	น้ำชะมูลขี้สาด 1:2	น้ำชะมูลขี้สาด 1:3
TS (mg/L)	ก่อน	19,385	21,195	18,140	18,800	20,745
	หลัง	17,550	15,525	17,030	14,190	15,355
VS (mg/L)	ก่อน	13,710	13,765	12,140	12,600	14,395
	หลัง	11,520	9,750	10,290	8,735	9,365
COD	ก่อน	24,789	27,042	25,915	50,704	27,042
	หลัง	8,745	17,093	14,609	16,497	17,292
VFA/Alk	ก่อน	1.05	0.68	0.81	0.72	0.74
	หลัง	0.55	0.50	0.48	0.29	0.41
%COD _{removed}		64.73	36.79	43.82	67.46	36.04
%CH ₄		33.8	35.6	35.1	36.5	33.5

จากตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ค่าของแข็งทั้งหมดของมูลขี้สาดและน้ำชะมูลขี้สาด เห็นได้ว่า มูลขี้สาดมีปริมาณค่าของแข็งทั้งหมดสูงกว่าน้ำชะมูลขี้สาด เนื่องจากมูลขี้สาดมีปริมาณเส้นใยทั้งหมด แต่น้ำชะมูลขี้สาดที่ถูกเจือจางด้วยน้ำในแต่ละอัตราส่วน และนำแต่น้ำที่ใช้เจือจางมาใช้ ทำให้น้ำชะมูลขี้สาดมีปริมาณเส้นใยปริมาณน้อยจึงได้ค่าของแข็งทั้งหมดลดลงตามปริมาตรของน้ำที่ใช้เจือจางมากขึ้น โดยการทดลองนี้เป็นการหมักย่อยไม่ใช้ออกซิเจนแบบกะ คือ การเติมสารอินทรีย์เพียงครั้งเดียว จากผลการทดลองประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนของมูลขี้สาดและน้ำชะมูลขี้สาดที่อัตราส่วนมูลขี้สาดต่อน้ำที่แตกต่างกัน 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 มีค่าการผลิตก๊าซมีเทนสูงสุดเท่ากับ 33.8, 35.6, 35.1, 36.5 และ 33.5% ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการผลิตก๊าซชีวภาพของน้ำชะมูลขี้สาดที่อัตราส่วน 1:2 สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้สูงสุด และมีประสิทธิภาพในการกำจัด COD ได้ถึง 67.46% เนื่องจากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของมูลขี้สาดและน้ำชะมูลขี้สาดที่อัตราส่วนต่างกัน ดังตารางที่ 4.2 เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณของแข็งทั้งหมดของระบบจะลดลง เพราะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างต่อเนื่อง และสำหรับผลการทดลองปริมาณของแข็งระเหยทั้งหมด เป็นความสามารถในการย่อยสลายซึ่งจะช่วยให้เกิดก๊าซมีเทน เนื่องจากจุลินทรีย์ทำปฏิกิริยาในกระบวนการเมทาโนเจนนิซิสเปลี่ยนกรดอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน (วิฑิตยา และคณะ, 2563) และยังพบว่าอัตราส่วนของ VFA/Alk มีค่าลดลง

โดยที่น้ำชะมูลช้าง 1:2 มีค่าเท่ากับ 0.29 แสดงว่ามีกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นในระบบซึ่งเกิดจากการย่อยสลายในระบบการหมักก๊าซแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยอัตราส่วนระหว่าง VFA/Alk ที่เหมาะสมควรมีค่าไม่เกิน 0.4 เพื่อแสดงว่าระบบมีสภาพความเป็นด่าง และอยู่ในระดับที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ได้ดี (ปิยะวดี และชุมพพร, 2563)

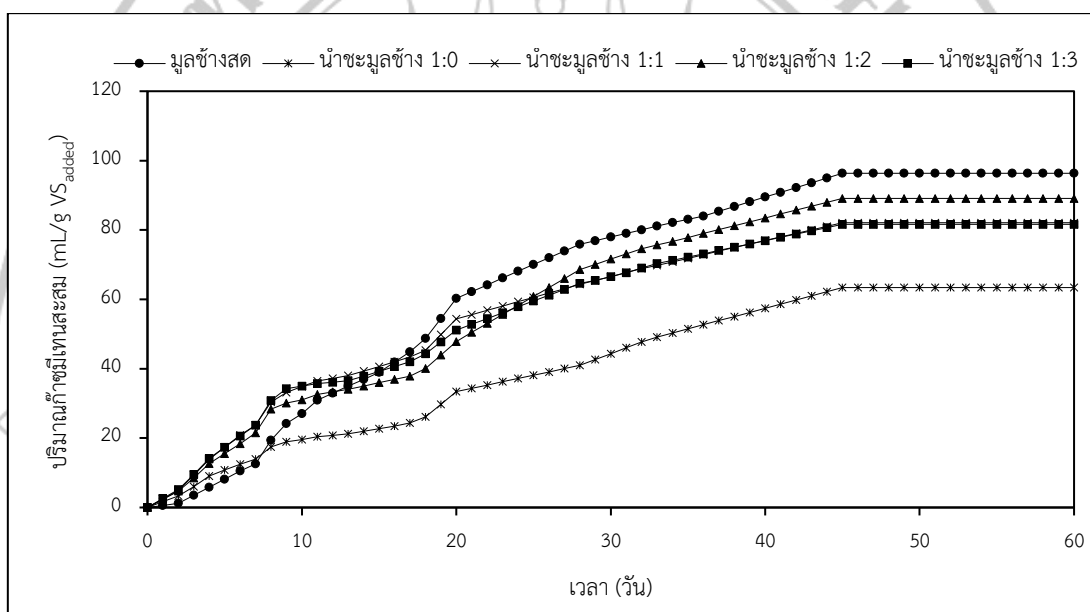
4.2 ผลการศึกษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลช้างโดยการป้อนสารอินทรีย์แบบกะ



ภาพที่ 4.1 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่ผลิตได้จากมูลช้างสดและน้ำชะมูลช้าง

การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลช้าง ในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบแบบกะเป็นเวลา 60 วัน จากภาพที่ 4.1 พบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดขึ้นของมูลช้างสด และน้ำชะมูลช้างที่อัตราส่วนต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่วันที่ 1-10 มีปริมาณก๊าซสะสมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนเข้าสู่สภาวะคงที่เมื่อถึงวันที่ 45 ของการหมักย่อยในระบบ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซชีวภาพนั้น เกิดจากจุลินทรีย์กำลังอยู่ในช่วงที่ปรับสภาพให้เหมาะสมกับมูลช้างสดและน้ำชะมูลช้างที่อัตราส่วนต่าง ๆ ที่เติมลงไปเพียงครั้งเดียว ดังนั้นเมื่อเวลาในการหมักย่อยเพิ่มขึ้น จุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ ทำให้ในระบบเหลือสารอินทรีย์น้อยลง ส่งผลให้ความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพลดลงอีกด้วย (นิลวรรณ ไชยทนต์, 2552) โดยการ

ผลิตก๊าซชีวภาพจากการทดลอง พบว่า มูลช้างสด น้ำชะมูลช้างที่อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ 1:3 สามารถผลิตก๊าซชีวภาพสะสมได้ 499.05, 348.81, 435.67, 442.75 และ 436.40 mL/g VS_{added} ตามลำดับ สำหรับน้ำชะ 1:0 ที่ผลิตก๊าซชีวภาพได้น้อยที่สุด อาจจะเป็นเพราะว่าน้ำชะที่คั้นสดจากมูลช้างมีปริมาณสารอินทรีย์น้อยมาก จึงทำให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นก๊าซชีวภาพได้น้อย



ภาพที่ 4.2 ปริมาณก๊าซมีเทนสะสมที่ผลิตได้จากมูลช้างสดและน้ำชะมูลช้าง

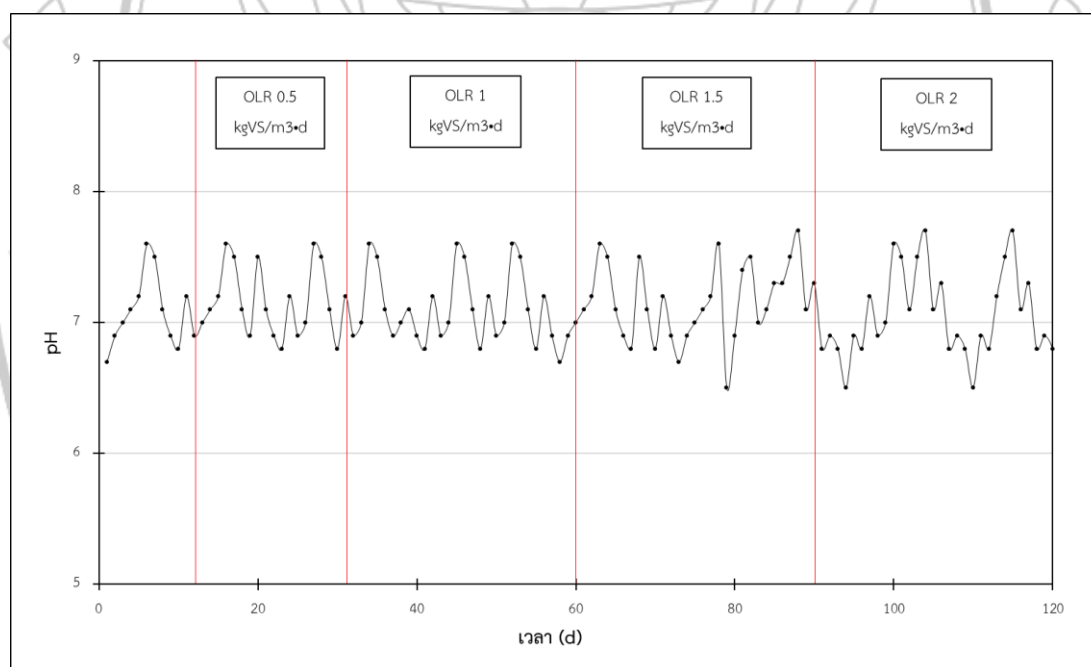
ปริมาณก๊าซมีเทนสะสมมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพสะสม จากภาพที่ 4.2 เห็นได้ว่ามูลช้างสดและน้ำชะมูลช้างที่อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2 และ 1:3 สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ 96.35, 63.40, 82.10, 89.10 และ 81.60 mL/g VS_{added} ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากปริมาณการผลิตก๊าซมีเทนสะสมจากการทดลอง พบว่ามูลช้างสดสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้มากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ค่า VFA/Alk ประสิทธิภาพในการกำจัด COD และสัดส่วนของก๊าซมีเทนนั้นเห็นได้ว่าน้ำชะมูลช้างที่อัตราส่วน 1:2 มีค่า VFA/Alk อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการผลิตก๊าซชีวภาพ มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD และมีสัดส่วนของก๊าซมีเทนสูงกว่ามูลช้างสด ดังที่กล่าวไว้แล้วในผลการทดลองของตารางที่ 4.2 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกเงื่อนไขของน้ำชะมูลช้างที่อัตราส่วน 1:2 เพื่อเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพโดยการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบแบบกึ่งต่อเนื่องต่อไป

4.3 ผลการศึกษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเนื้อไก่ที่เหมาะสมในระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง

การทดสอบผลิตก๊าซชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศ โดยการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยเลือกเนื้อไก่ที่ดีที่สุดจากการศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนของมูลช้าง คือ น้ำชะมูลช้างอัตราส่วน 1:2 โดยได้ทำการทดสอบในระบบต้นแบบที่มีขนาด 50 ลิตร เป็นระยะเวลา 120 วัน โดยคำนวณวิธีการเดินระบบจากอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เริ่มต้นที่ 0.5–2.0 kg VS/m³•d โดยแบ่งเป็นช่วงระยะละ 30 วัน ได้มีผลการศึกษา ดังต่อไปนี้

4.3.1 การทดสอบ pH

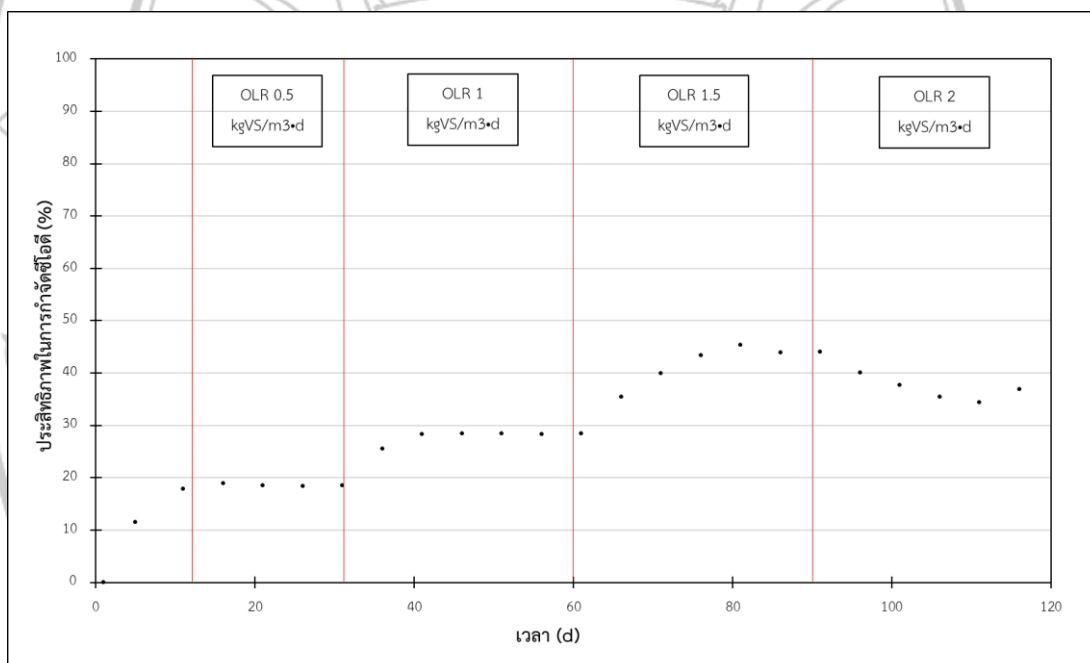
จากการศึกษาพบว่าในช่วงระยะเวลา 120 วัน ค่า pH นั้นอยู่ในช่วง 6.5–7.7 ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ซึ่งเป็นช่วงของค่า pH ที่ปกติของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ เนื่องจากช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอยู่ในช่วง 6.5–7.5



ภาพที่ 4.3 ค่า pH ในระบบกึ่งต่อเนื่อง

4.3.2 ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบ

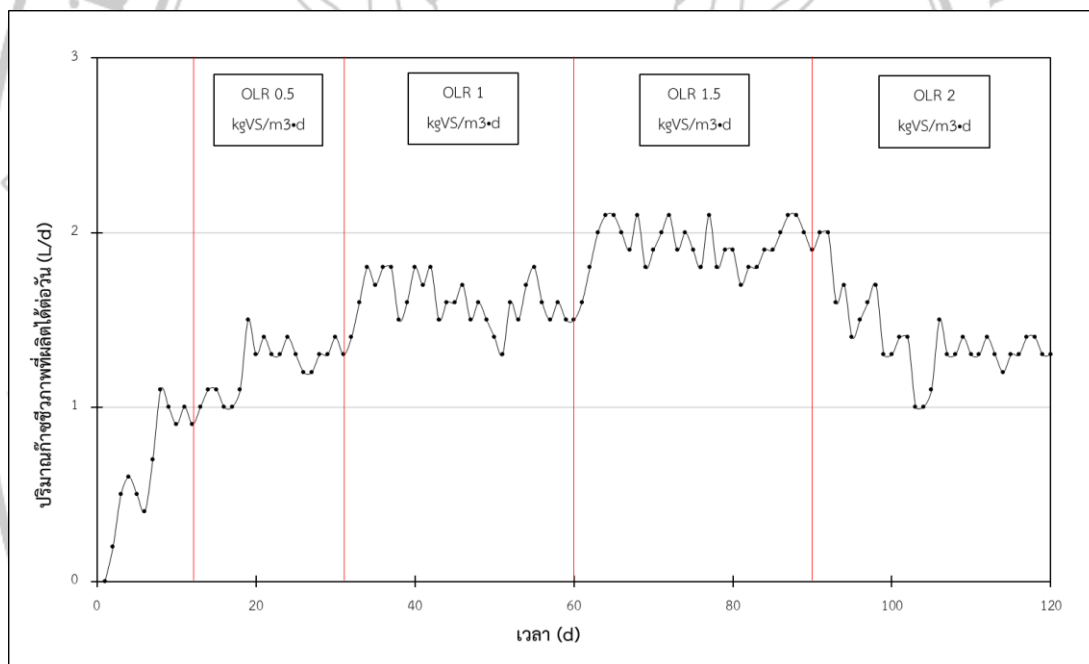
ระบบผลิตเป็นระบบผลิตแบบกึ่งต่อเนื่องที่ใช้ระยะเวลาการกักเก็บประมาณ 10 วัน เนื่องจากน้ำชะมูลช้างในอัตราส่วน 1:2 นั้นมีการย่อยสลายช้า ในช่วงของการเริ่มต้นเดินระบบนั้นใช้อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ $0.5 \text{ kg VS/m}^3 \cdot \text{d}$ มีประสิทธิภาพในการย่อยสลาย 18%–19% และเมื่อผ่านไปประมาณ 30 วัน ระบบเริ่มมีความเสถียร จึงเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น $1.0 \text{ kg VS/m}^3 \cdot \text{d}$ แสดงให้เห็นว่าระบบมีการกำจัด COD และเมื่อใช้อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ $1.5 \text{ kg VS/m}^3 \cdot \text{d}$ จึงทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายของ COD สูงสุดที่ 45.42% และเมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ $2.0 \text{ kg VS/m}^3 \cdot \text{d}$ นั้น ประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากมีอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่มากเกินไปจะย่อยสลายได้ ดังแสดงใน ภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบ

4.3.3 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้

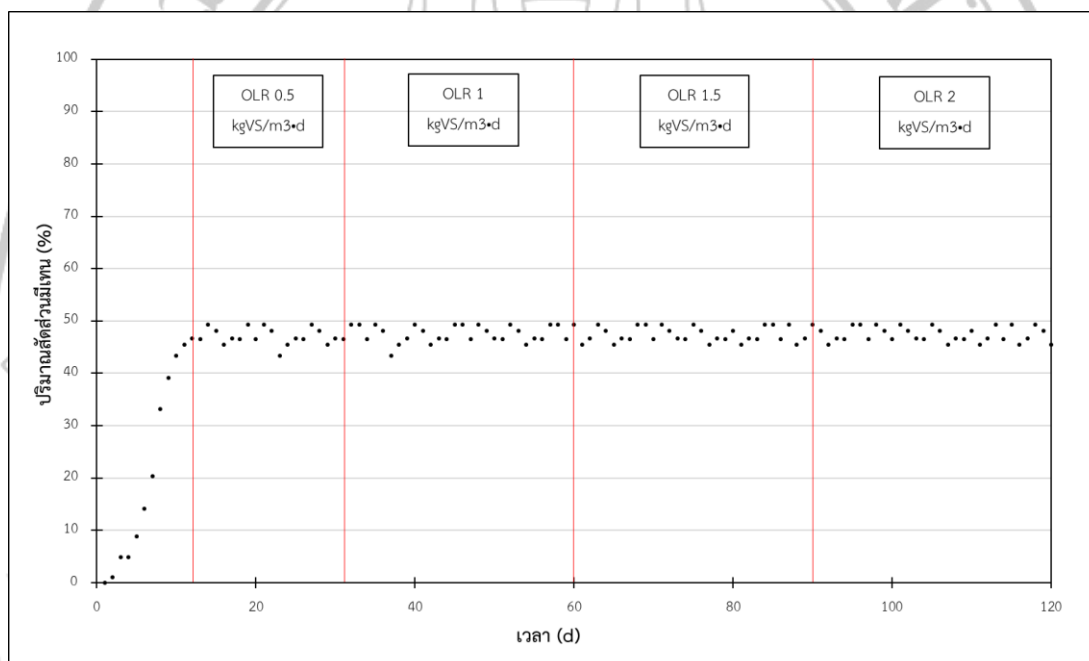
ในช่วงของการเริ่มต้นเดินระบบนั้นใช้อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.5 kg VS/m³•d มีปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อวัน 1.1 ลิตร และเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 1.0 kg VS/m³•d มีปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อวัน 1.5 ลิตร และเมื่อใช้อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.5 kg VS/m³•d จึงทำให้มีปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้สูงสุดที่ 2.1 ลิตร แต่มีปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ลดลงในช่วงวันที่ 80 เนื่องจากระบบมีการรวบและได้มีการซ่อมในวันที่ 81 ทำให้ระบบกลับมาเป็นปกติ และเมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ 2.0 kg VS/m³•d นั้นปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ลดลงเนื่องจากมีอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่มากเกินไปจะย่อยสลายได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.5



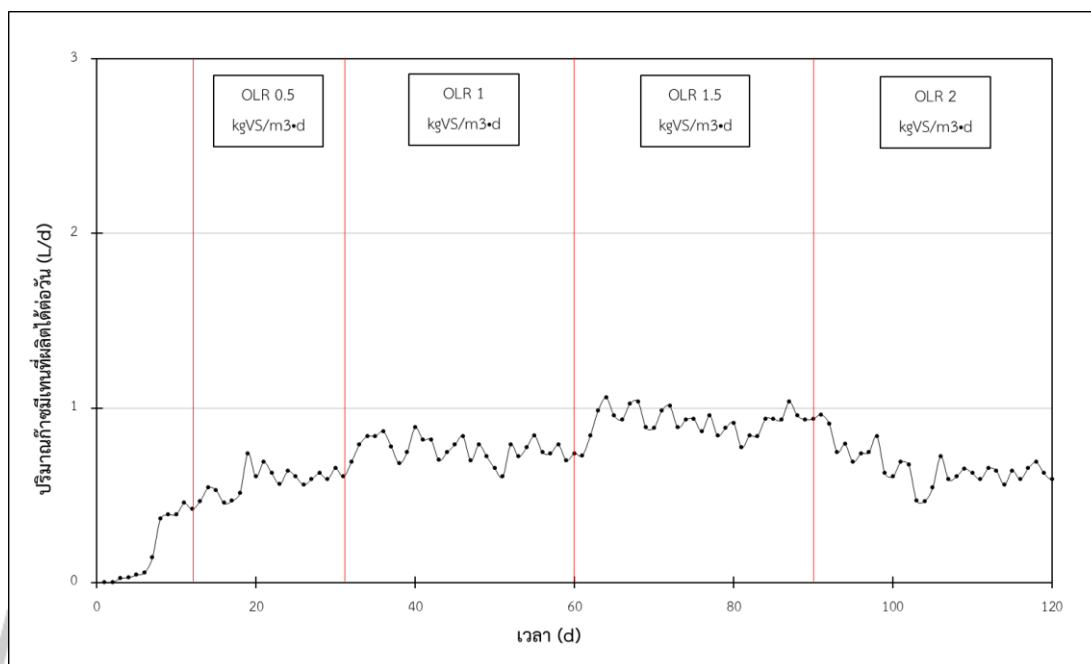
ภาพที่ 4.5 ปริมาณก๊าซมีเทนสะสม

4.3.1 ปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้

ในช่วงของการเริ่มต้นเดินระบบนั้น มีองค์ประกอบก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพสูงสุด 44.30% หลังจากใช้อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 0.5 kg VS/m³•d องค์ประกอบก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเพิ่มสูงขึ้นและสูงสุดที่ 49.3% ดังแสดงในภาพที่ 4.6 เมื่อคำนวณสัดส่วนก๊าซมีเทนในปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้นั้น ในอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 1.5 kg VS/m³•d มีปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้สูงสุดที่ 1.1 ลิตรต่อวัน ดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.6 ปริมาณก๊าซมีเทนสะสม



ภาพที่ 4.7 ปริมาณก๊าซมีเทนสะสม