บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียประเภทต่าง ๆ

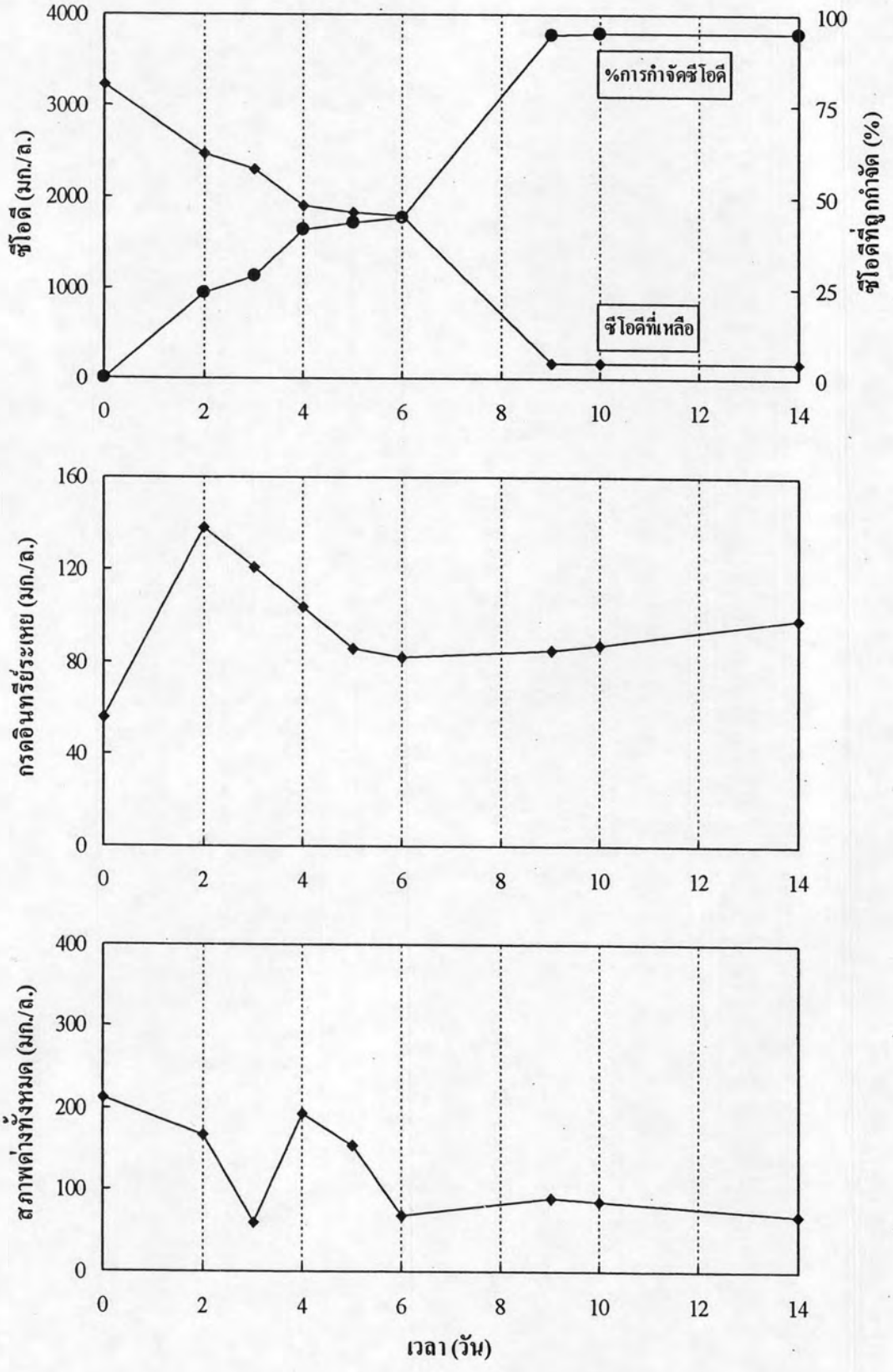
4.1.1 ชุดการทดลองน้ำเสียไบโอดีเซล

ในการวิจัยนี้เป็นการทดลองโดยนำน้ำเสียไบโอดีเซลที่ผ่านการแยกไขมันเบื้องต้นโดยวิธีทางกายภาพมีค่าพีเอชเท่ากับ 10.44 ของแข็งแขวนลอย 584 มก./ล. และค่าซีโอดี 58,620 มก./ล. อีกทั้งมีค่าบีโอดี 37,500 มก./ล. น้ำมันและไขมันมีค่าเท่ากับ 2,300 มก./ล. รวมถึงเมทานอล และกลีเซอรอลเท่ากับ 47,237 และ 12,750 มก./ล. ตามลำดับ จากนั้นทำการเจือจางและวัดค่าซีโอดีเริ่มต้น 3,222 มก./ล. ปรับเปลี่ยนค่าพีเอช 3 ค่า คือ 5 6 และ 6.5 โดยใช้กรดซัลฟูริกที่เจือจางความเข้มข้น ทำการเติมหัวเชื้อจุลชีพ (seed) มีความเข้มข้นจุลชีพเริ่มต้น 4,730 มก./ล. กวนผสมน้ำเสียตลอดเวลาและเก็บตัวอย่างน้ำเสีย และตัวอย่างก๊าซทุกวัน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ ดังนี้

4.1.1.1 ผลการทดลองน้ำเสียไบโอดีเซลที่พีเอชต่าง ๆ

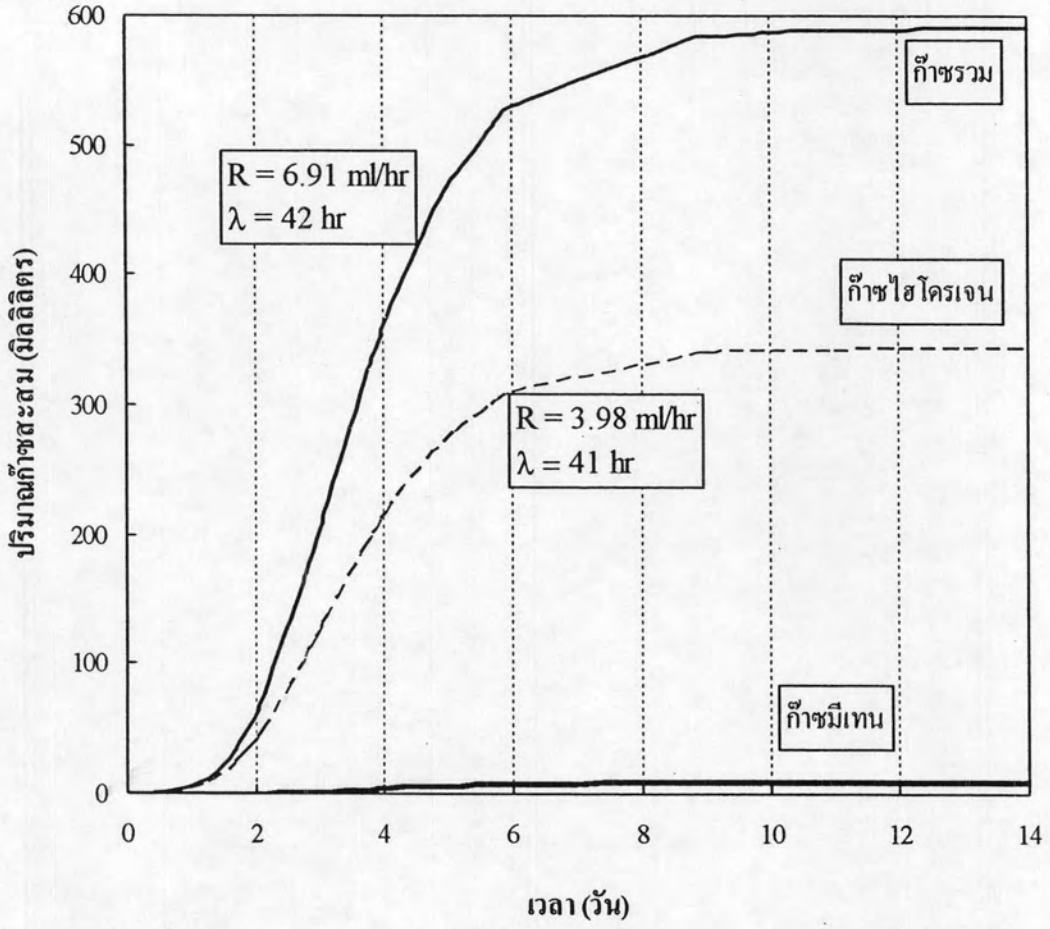
1) <u>ผลการทดลองที่พีเอช 5</u>

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าเพิ่มขึ้นค่อนข้างช้า และมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 94.8 ในวันที่ 14 ของการทดลอง โดยมีค่าซีโอดีเหลือเท่ากับ 169 มก./ล. ดังรูปที่ 4.1 ก เมื่อพิจารณาประกอบกับกรดอินทรีย์ระเหยและสภาพด่างในระบบพบว่ามีค่าค่อนข้างคงที่ แต่ในช่วงสองวันแรกค่ากรดอินทรีย์ระเหยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอาจเป็นเพราะเกิดจากการย่อยสลายไขมันในเบื้องต้น ส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกวัน เมื่อพิจารณาปริมาณการผลิตก๊าซไฮโดรเจนพบว่า มีค่าสูงขึ้นตั้งแต่วันที่สองของการทดลอง และมีค่าสูงสุดในวันที่ 9 ของการทดลองเท่ากับ 339 มิลลิลิตร ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 57 ของปริมาณก๊าซทั้งหมด และมีค่าอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนเทียบกับเวลาเท่ากับ 3.98 มล./ชม. ส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพรวมสูงสุดในวันที่ 9 ของการทดลองเท่ากับ 590 มิลลิลิตร โดยปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะแปรผกผันกับค่าซีโอดีที่ลดลง โดยมีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพต่อเวลาเป็น 6.91 มล./ชม. ดังรูปที่ 4.1 ข เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นพบว่ามีปริมาณก๊าซไฮโดรเจน ร้อยละ 57 นอกจากนี้ยังพบก๊าซมีเทนประมาณร้อยละ 0.8 ส่วนที่เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 39.33 และ ก๊าซไนโตรเจนอีกร้อยละ 2.77



ก) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหย และ สภาพด่าง ของน้ำเสียไบโอดีเซล ที่พีเอช 5

I24542039

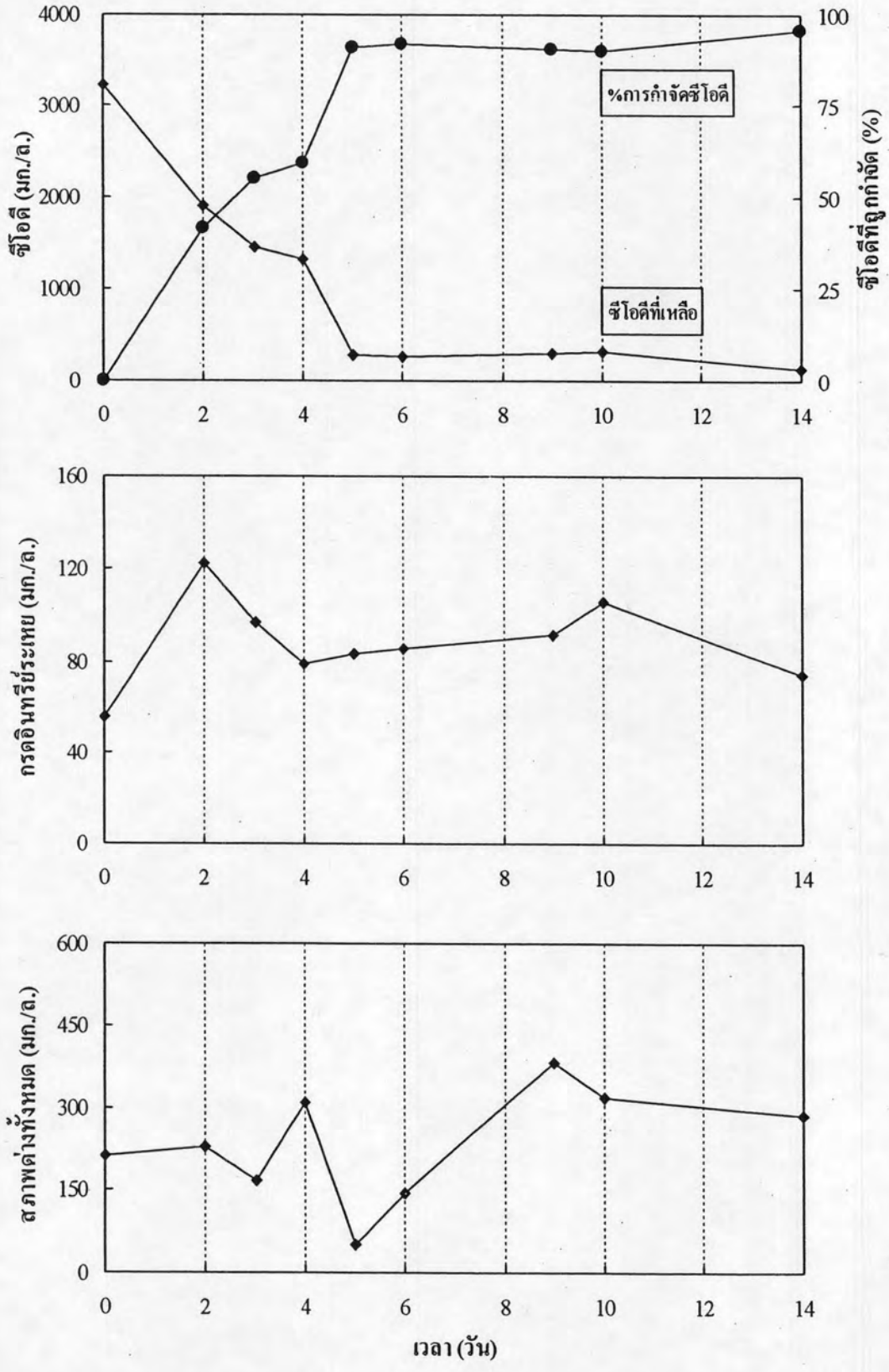


ข) ปริมาณก๊าซสะสมที่ผลิตขึ้น

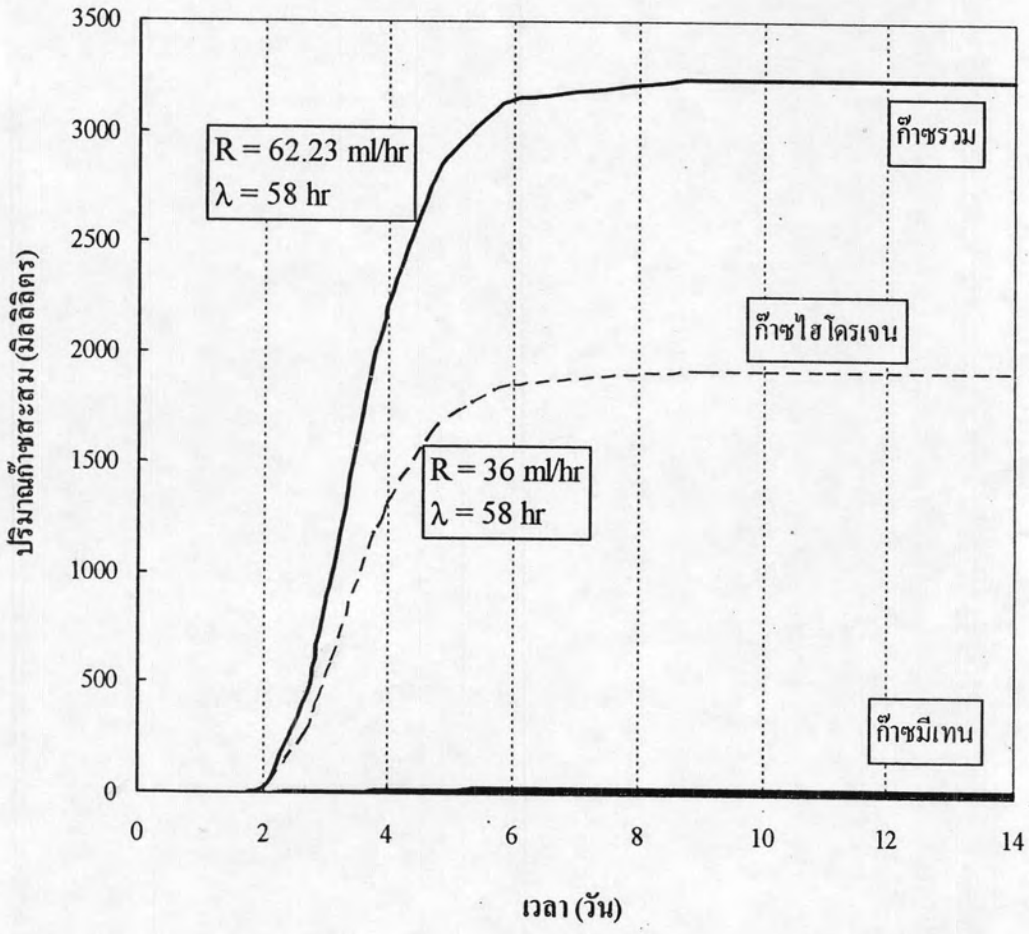
รูปที่ 4.1 การทดลองน้ำเสียไบโอดีเซลชุดการทดลองที่พีเอช 5

2) ผลการทดลองที่พีเอช 6

ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในเวลา 5 วันแรกของการทดลอง โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 96 ในวันที่ 14 ของการทดลอง ค่าซีโอดีเหลือเท่ากับ 137 มก./ล. ดังรูปที่ 4.2 ก ค่ากรดอินทรีย์ระเหยในระบบพบว่ามีใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง ส่วนสภาพด่างทั้งหมดมีการแกว่งตัวขึ้นลงอยู่ระหว่าง 50.0 - 383.3 มก./ล. ขณะที่ปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ในชุดการทดลองที่พีเอช 6 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนหลังวันที่ 2 และได้ค่าปริมาณก๊าซสูงสุดเท่ากับ 3,240 มิลลิลิตร ในวันที่ 9 ส่วนอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพต่อเวลามีค่า 62.23 มล./ชม. ดังรูปที่ 4.2 ข เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซไฮโดรเจนพบว่ามีปริมาณการผลิตสูงสุดในวันที่ 6 เท่ากับ 1,917 มิลลิลิตร และอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 36 มล./ชม. ขณะที่ในวันที่ 5 ของการทดลอง ตรวจสอบพบก๊าซมีเทนในระบบ ขณะที่แนวโน้มการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเริ่มคงที่



ก) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหย และ สภาพด่าง ของน้ำเสียไบโอดีเซล ที่พีเอช 6



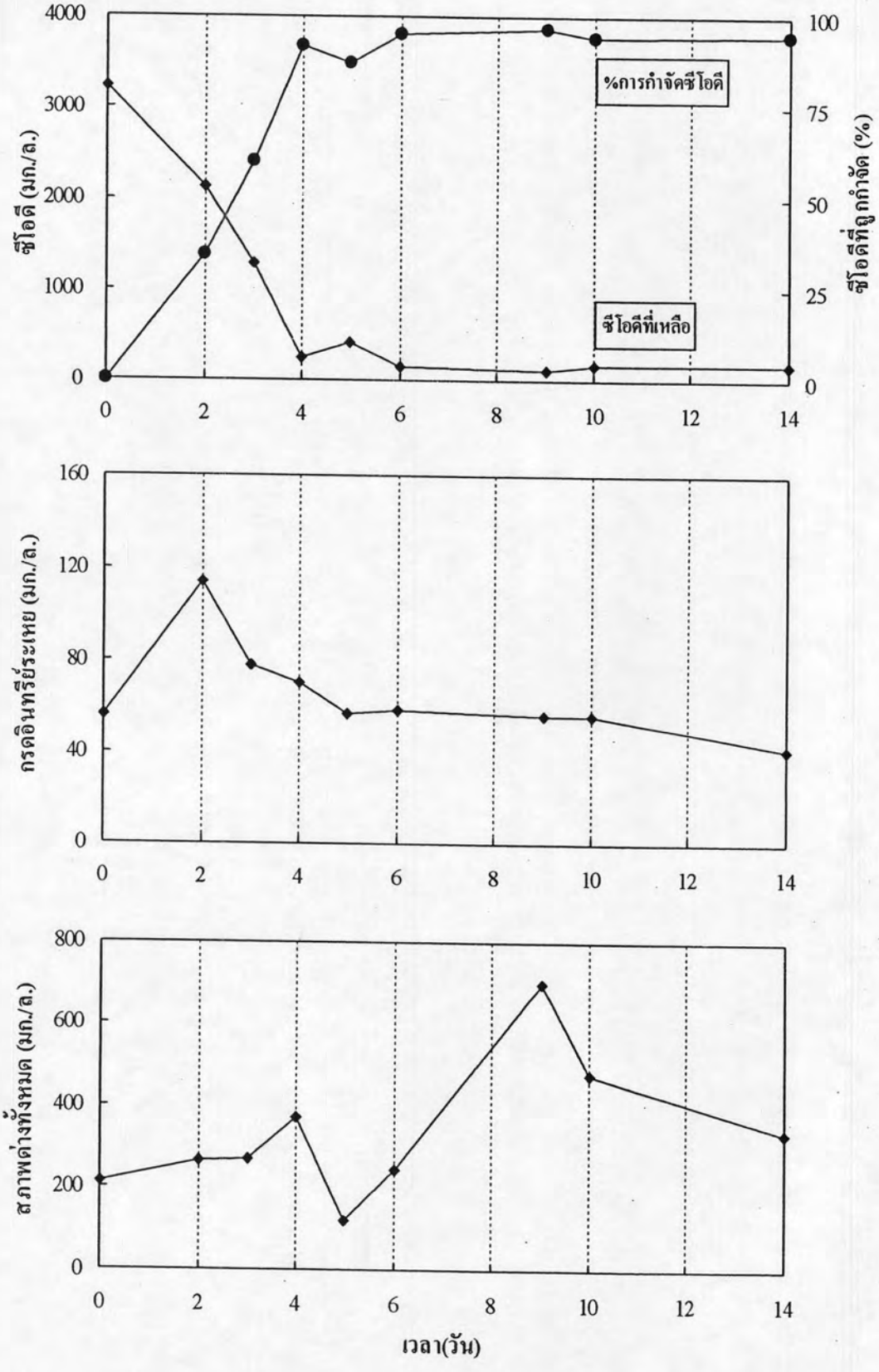
ข) ปริมาณก๊าซสะสมที่ผลิตขึ้น

รูปที่ 4.2 การทดลองน้ำเสียไบโอดีเซลชุดการทดลองที่พีเอช 6

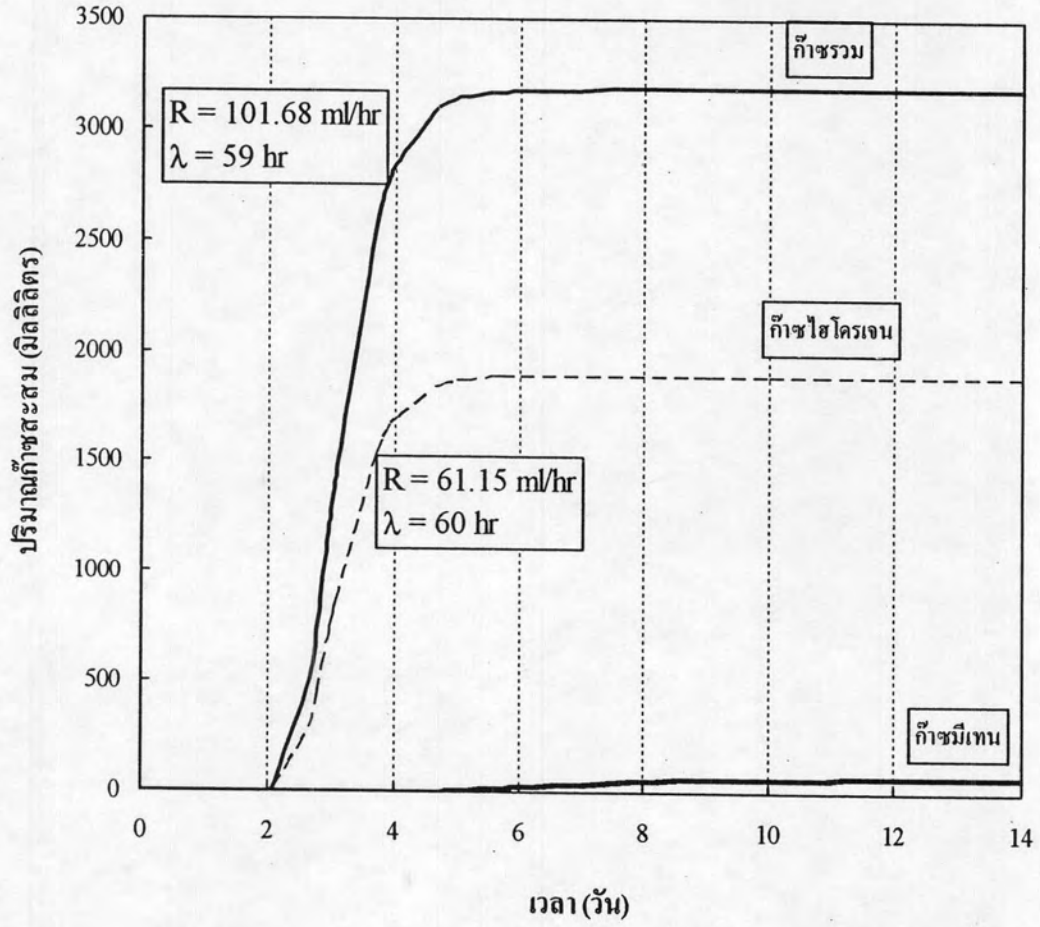
3) ผลการทดลองที่พีเอช 6.5

จากรูปที่ 4.3 ก ค่าซีโอดีในน้ำเสียของระบบที่วันที่ 4 เหลือเท่ากับ 111 มก./ล. หลังจากนั้นจึงเริ่มมีแนวโน้มคงที่ จะเห็นว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงขึ้นมากในช่วงแรก โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 96.5 ในวันที่ 9 ของการทดลอง ส่วนปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยในระบบพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นมากในช่วง 2 วันแรก จากเริ่มต้น 55.8 เป็น 113.8 มก./ล. หลังจากนั้นค่าดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 2 ถึงวันที่ 14 อาจอธิบายได้ว่าระบบสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ดี ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยจึงมีค่าลดลง ขณะที่สภาพด่างทั้งหมดมีการแกว่งตัวและมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 5 ถึงวันที่ 9 ของการทดลอง จากการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อควบคุมให้ระบบมีพีเอช 6.5 สำหรับปริมาณก๊าซที่ผลิตได้จากการทดลองมีค่าสูงสุดในวันที่ 9 คิดเป็น 3,180 มิลลิลิตร และอัตราการเกิดก๊าซรวมต่อเวลามีค่าเป็น 101.68 มล./ชม. ดังรูป 4.3 ข

เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้พบว่ามีค่าสูงสุดในวันที่ 5 ของการเดินระบบ เท่ากับ 1,888 มิลลิลิตร และคิดเป็นร้อยละ 60 ของปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมด ทั้งนี้มีค่าอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนเทียบกับเวลาเท่ากับ 61.15 มล./ชม. และในวันที่ 5 ของการทดลองพบว่าระบบผลิตก๊าซมีเทนในปริมาณน้อย ทำให้แนวโน้มการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเริ่มคงที่



ก) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหย และ สภาพด่างน้ำเสียไบโอดีเซล ที่พีเอช 6.5



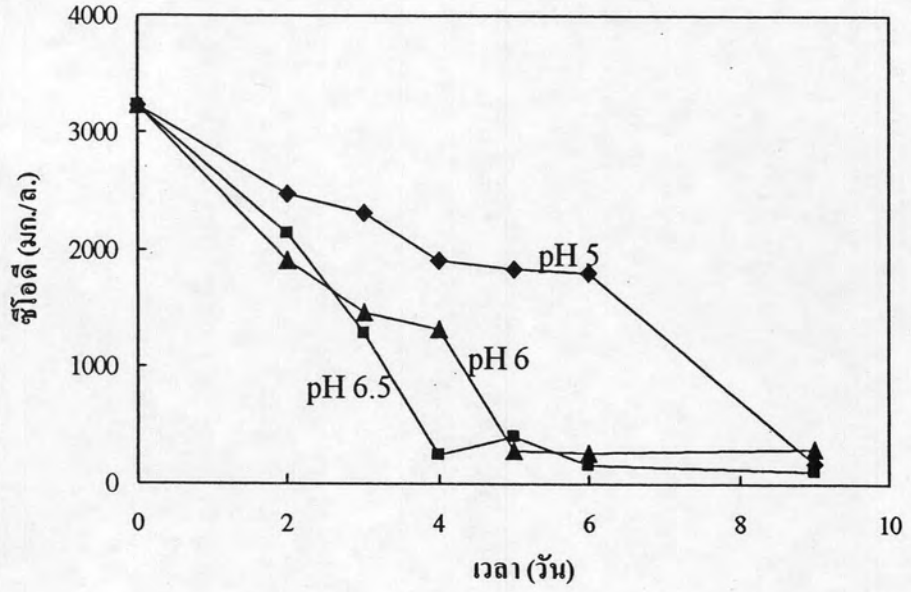
ข) ปริมาณก๊าซสะสมที่ผลิตขึ้น

รูปที่ 4.3 การทดลองน้ำเสียไบโอดีเซลชุดการทดลองที่พีเอช 6.5

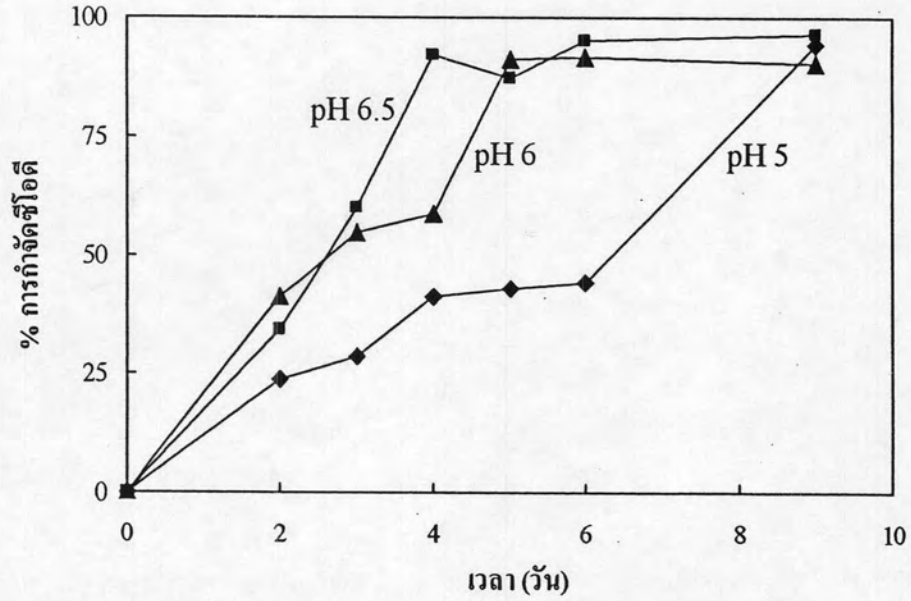
4.1.1.2 การเปรียบเทียบผลการทดลองน้ำเสียไบโอดีเซลที่พีเอชต่าง ๆ

1) การกำจัดซีโอดี

จากผลการทดลองในชุดทดลองที่พีเอช 5 6 และ 6.5 มีค่าซีโอดีของน้ำเสียลดลงโดยในวันที่ 5 ของการทดลองมีค่าเท่ากับ 1,839 284 และ 411 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 42.9 91.0 และ 87.2 ตามลำดับ จากรูปที่ 4.4 เห็นได้ว่า ในชุดการทดลองที่พีเอช 5 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบเพิ่มขึ้นค่อนข้างช้า เนื่องจากค่าพีเอชที่ใช้ในการทดลองต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสม (6.5 - 7.2) สำหรับระบบบำบัดแบบไร้อากาศ อีกทั้งยังมีไขมันเป็นองค์ประกอบหลักที่มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่และซับซ้อนย่อยสลายยาก สำหรับชุดทดลองที่พีเอช 6 และ 6.5 อัตราการกำจัดซีโอดีลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 5 วันแรก และค่อนข้างคงที่หลังจากนั้น การที่ประสิทธิภาพดีมากในช่วง 5 วันแรก น่าจะเป็นเพราะปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าพีเอช 6.5 ที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมของระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ (Acher และ Kirsop, 1991) ทำให้สารอินทรีย์ลดลงได้ในเวลาที่รวดเร็ว โดยสามารถกำจัดซีโอดีได้ถึงร้อยละ 92.2 ในวันที่ 4 ของการทดลอง และมีค่าซีโอดีเหลือเท่ากับ 253 มก./ล. ส่วนในชุดพีเอช 5 ใช้เวลานานถึง 9 วัน จึงสามารถลดซีโอดีให้เหลือเท่ากับ 177 มก./ล. โดยคาดว่าอัตราการย่อยสลายที่ค่อนข้างคงที่แสดงให้เห็นว่าระบบยังคงทำงานอยู่ แม้ว่าจะใช้ระยะเวลาในการบำบัดค่าซีโอดีนานกว่าชุดอื่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระบบที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับสภาวะกรดจึงเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียเกิดอุปสรรคต่อการบำบัดและกำจัดน้ำเสียไบโอดีเซล ประสิทธิภาพของระบบจึงมีค่าต่ำ ทำให้การย่อยสลายของกรดอินทรีย์ระเหยลดลงส่งผลต่อค่าซีโอดีที่มีค่าสูง



ก) ค่าซีโอดี



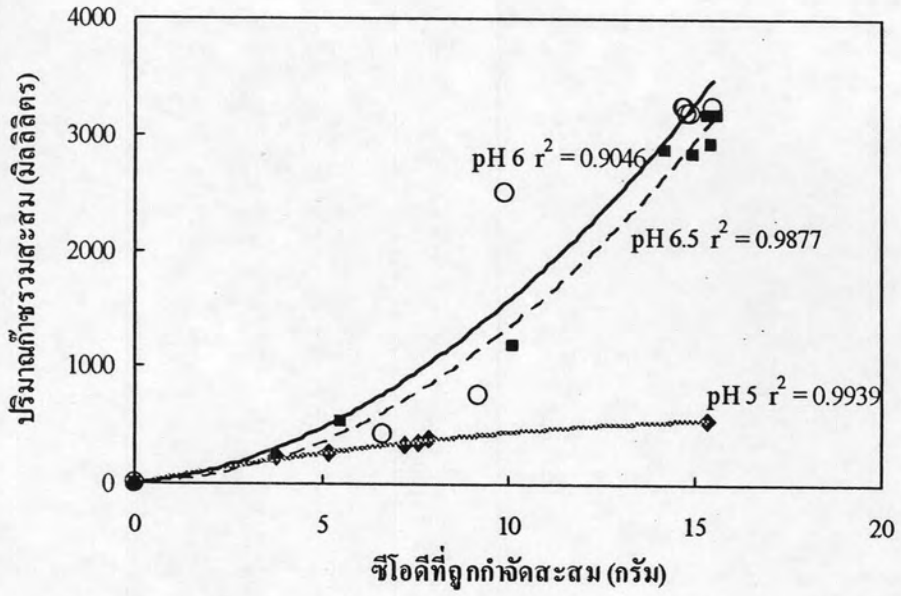
ข) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

รูปที่ 4.4 การกำจัดซีโอดีของน้ำเสียไบโอดีเซลทุกระดับค่าพีเอช

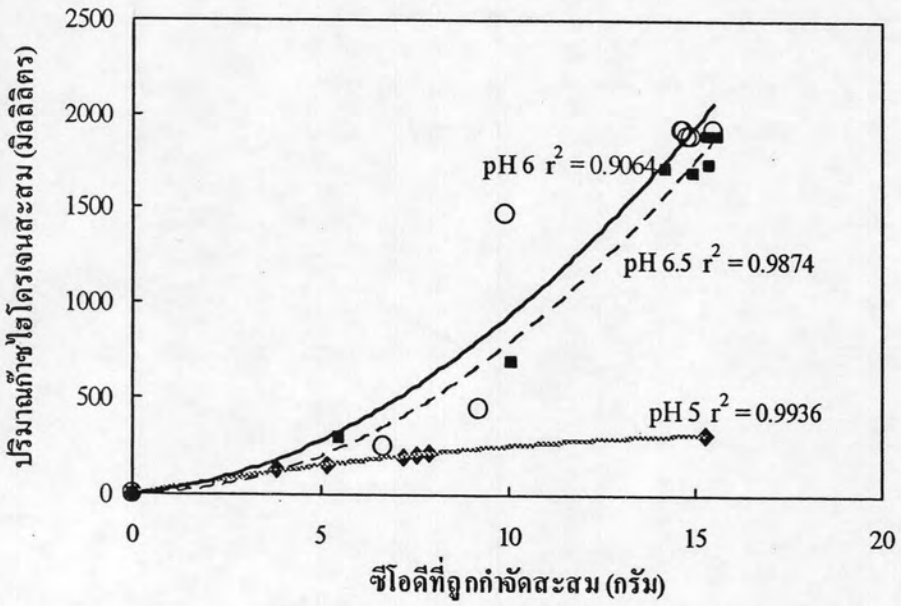
2) <u>อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน</u>

ค่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพที่ค่าพีเอชต่างกันแสดงดังรูปที่ 4.5 (ก) ซึ่งพบว่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพที่พีเอช 5 6 และ 6.5 มีค่าใกล้เคียงกันในช่วงซีโอดีที่ถูกกำจัดสะสมเท่ากับ 5 กรัม โดยมีค่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพประมาณ 48 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ซึ่งหามาจากความชันที่ได้จากเส้นกราฟ ณ ค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดสะสมตำแน่งนั้น หลังจากนั้นที่พีเอช 6 มีอัตราเพิ่มสูงมากขึ้นเท่ากับ 260 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ที่กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัดสะสมเท่ากับ 9.2 เช่นเดียวกับชุดทดลองพีเอช 6.5 ที่มีค่าอัตราผลิตก๊าซเพิ่มขึ้นเป็น 260 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด โดยกำจัดซีโอดีได้เท่ากับ 10 กรัม ขณะที่อัตราการผลิตก๊าซของชุดทดลองพีเอช 5 หลังจากกำจัดซีโอดีสะสมได้ 5 กรัม กลับมีแนวโน้มลดลงตามการกำจัดซีโอดีสะสมที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราผลิตก๊าซชีวภาพสุดท้ายที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 12 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด เป็นไปได้ว่าการปรับสภาพภายในระบบให้มีพีเอช 5 เพื่อคัดเชื้อกลับไม่เอื้อต่อการกำจัดซีโอดีทำให้อัตราผลิตก๊าซชีวภาพมีค่าต่ำกว่าชุดการทดลองที่พีเอช 6 และ 6.5 โดยอัตราการผลิตก๊าซในชุดทดลองพีเอช 6 มีค่าสูงสุดมากกว่าชุดทดลองที่พีเอช 5 และ 6.5 คือมีค่าเท่ากับ 397 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ในกรัมซีโอดีสะสมที่ 15.5

อัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเป็นเครื่องวัดประสิทธิภาพการเกิดก๊าซไฮโดรเจนชีวภาพที่สำคัญมาก จากรูปที่ 4.5 (ข) ได้สรุปอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนชีวภาพที่มีอยู่ในระบบบำบัดโดยใช้น้ำเสียประเภทไขมัน พบว่า อัตราการสร้างไฮโดรเจนอยู่ในช่วง 6 – 235 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด สำหรับชุดทดลองพีเอช 6 และ 6.5 มีอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนค่อนข้างสูง และอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 235 และ 219 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ที่กรัมซีโอดีสะสมเท่ากับ 15.5 และ 15.6 กรัม ตามลำดับ ส่วนชุดทดลองพีเอช 5 มีค่าต่ำกว่าโดยอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสะสมสูงสุดมีค่าเพียง 28 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด จากรูปที่ 4.5 (ข) พบว่าอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนในชุดทดลองพีเอช 6 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 235 มิลลิลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ที่กรัมซีโอดีสะสมเท่ากับ 15.5 กรัม



ก) การผลิตก๊าซชีวภาพ

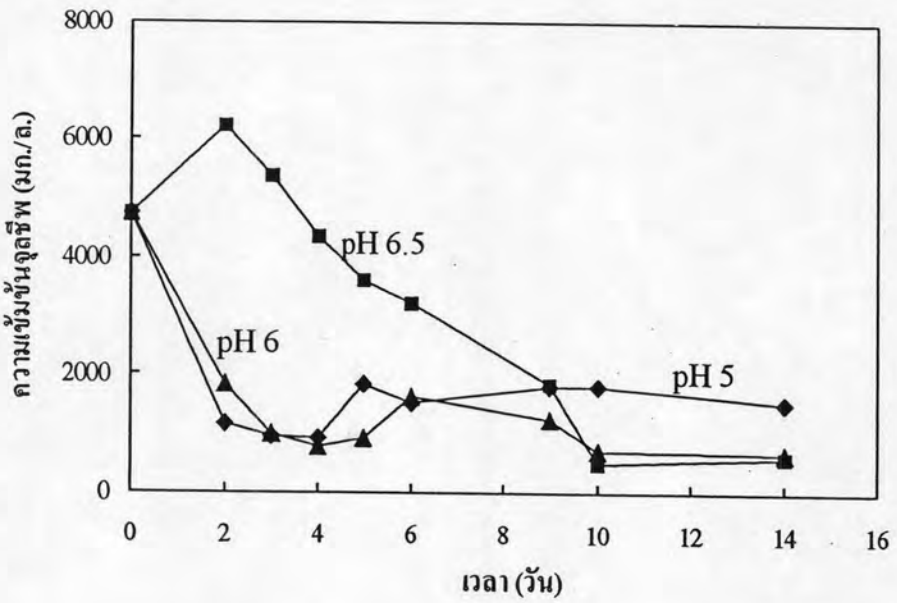


ข) การผลิตก๊าซไฮโดรเจน

รูปที่ 4.5 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียไบโอดีเซลที่พีเอชต่าง ๆ

3) ความเข้มข้นจุลชีพ

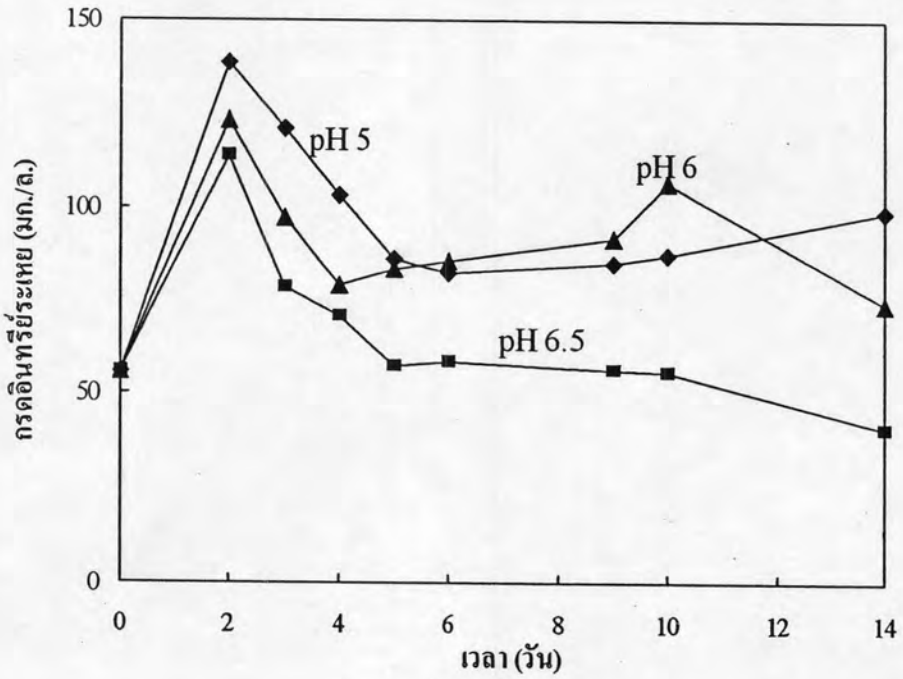
การเริ่มระบบ ทุกชุดทดลองถูกควบคุมปริมาตรของหัวเชื้อแบคทีเรียที่คิดเป็น ความเข้มข้นจุลชีพเริ่มต้นที่ 4,730 มก./ล. หลังจากเดินระบบจนถึงช่วงสุดท้ายในชุดทดลองมีความเข้มข้นจุลชีพลดลงจนเหลือเท่ากับ 1,501 680 และ 600 มก./ล. ที่พีเอช 5 6 และ 6.5 ตามลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นจุลชีพตั้งแต่เริ่มเดินระบบจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.6 โดยพบว่าที่ชุดพีเอช 5 และ 6 ในช่วง 2 วันแรก มีการลดจำนวนของแบคทีเรียในระบบอย่างรวดเร็ว ขณะที่ชุดทดลองพีเอช 6.5 ให้ค่าความเข้มข้นจุลชีพสูงกว่าเนื่องจากการคุมค่าพีเอชไว้ที่ 6.5 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ทำให้ความเข้มข้นของเซลล์ในระบบสูงที่สุดถึง 6,220 มก./ล. ก่อนมีแนวโน้มลดลงหลังจากวันที่ 2 ส่วนในชุดทดลองพีเอชที่ 5 และ 6 หลังจากวันที่ 2 พบว่ามีความเข้มข้นจุลชีพใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง โดยช่วงปลายการทดลองเห็นได้ว่าความเข้มข้นจุลชีพของทุกระบบมีค่าต่ำพอ ๆ กัน สรุปได้ว่าความเข้มข้นจุลชีพของทั้งระบบพีเอช 5 6 และ 6.5 ต่างมีค่าลดลงแปรผันตามค่าซีโอดีที่ลดลง



รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นจุลชีพสำหรับทุกระดับค่าพีเอชของน้ำเสียไบโอดีเซล

4) <u>กรดอินทรีย์ระเหย</u>

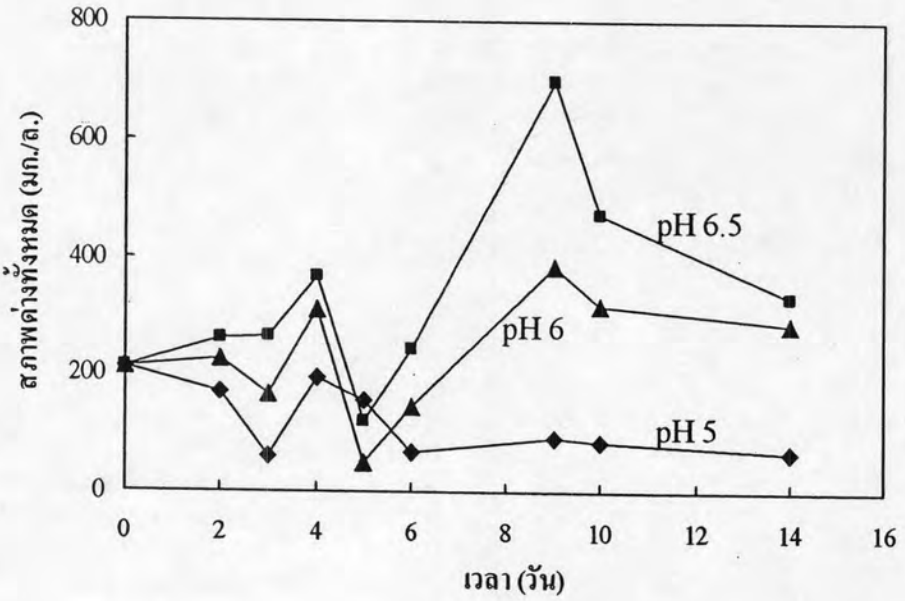
กรดอินทรีย์ระเหยที่เกิดขึ้นในระบบของการทดลองทุกชุดพบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ และมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 55.7 – 138.3 55.7 - 122.8 และ 40.8 - 113.8 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่พีเอช 5 6 และ 6.5 ตามลำดับ โดยพบว่าชุดการทดลองที่พีเอช 6.5 มีปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยต่ำสุด ดังรูปที่ 4.7 ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยสำหรับทุกระดับค่าพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายใน 2 วันแรก จากเริ่มต้นเป็น 138.0 122.8 และ 113.8 มก./ล. ที่ค่าพีเอช 5 6 และ 6.5 ตามลำดับ จากนั้นค่ากรดอินทรีย์ระเหยมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะในชุดพีเอช 6.5 ที่มีปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยลดลงต่ำสุด เนื่องจากการทำงานของระบบเป็นไปด้วยดีสอดคล้องกับค่าซีโอดีที่ลดลงอย่างรวดเร็ว และมีค่าลดลงจนถึงวันที่ 14 มีค่าเท่ากับ 40.8 มก./ล.



รูปที่ 4.7 กรดอินทรีย์ระเหยสำหรับทุกระดับค่าพีเอชของน้ำเสียไบโอดีเซล

5) <u>สภาพด่าง</u>

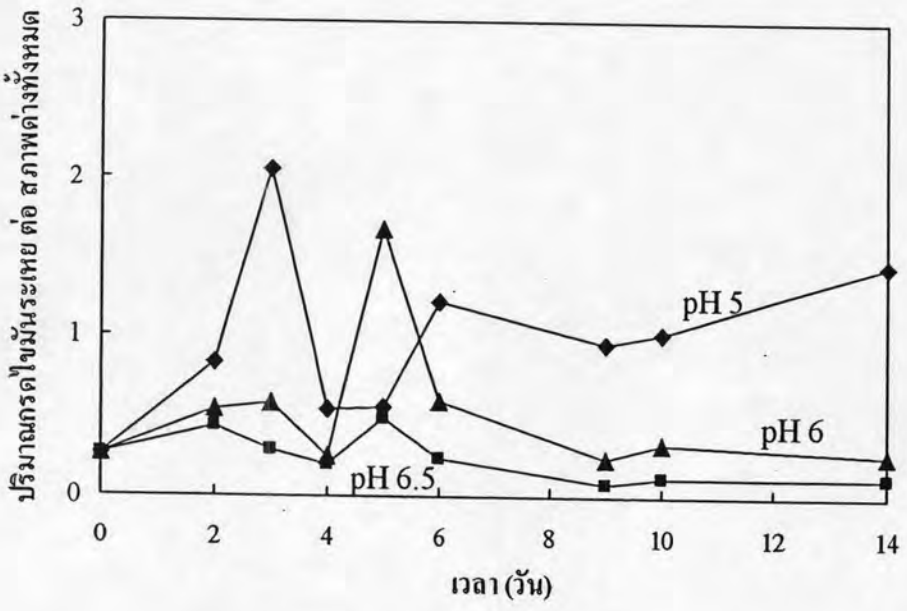
การทดลองนี้ได้ควบคุมพีเอชของน้ำเสียให้มีค่าคงที่ตลอดการทดลองที่พีเอช 5 6 และ 6.5 โดยในระหว่างดำเนินการทดลองพีเอชของน้ำเสียไบโอดีเซลมีแนวโน้มสูงขึ้นอยู่ตลอดระยะเวลาการทดลอง ทำให้ต้องปรับพีเอชโดยใช้ไฮโดรคลอริก ช่วงแรกของการเดินระบบสภาพด่างมีความแปรปรวนผกผันกับปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยที่มีในน้ำ แต่หลังจากวันที่ 5 เฉพาะชุดพีเอช 6 และ 6.5 ที่ช่วงท้ายของการทดลอง สภาพด่างมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกกำจัดจนเหลือปริมาณต่ำลง จากรูปที่ 4.8 เมื่อเปรียบเทียบค่าสภาพด่างพบว่าชุดการทดลองที่พีเอช 5 มีค่าสภาพด่างต่ำสุดอยู่ระหว่าง 58.8 - 210.8 มก./ล. ซึ่งเป็นค่าที่แกว่งตัวน้อยมาก ขณะที่ชุดทดลองพีเอช 6 และ 6.5 มีค่าสูงกว่าชุดทดลองที่พีเอช 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50 - 383 และ 119 - 698 มก./ล. ตามลำดับ



รูปที่ 4.8 สภาพด่างทั้งหมดของทุกระดับค่าพีเอชตลอดการทดลองน้ำเสียไบโอดีเซล

6) <u>อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมด</u>

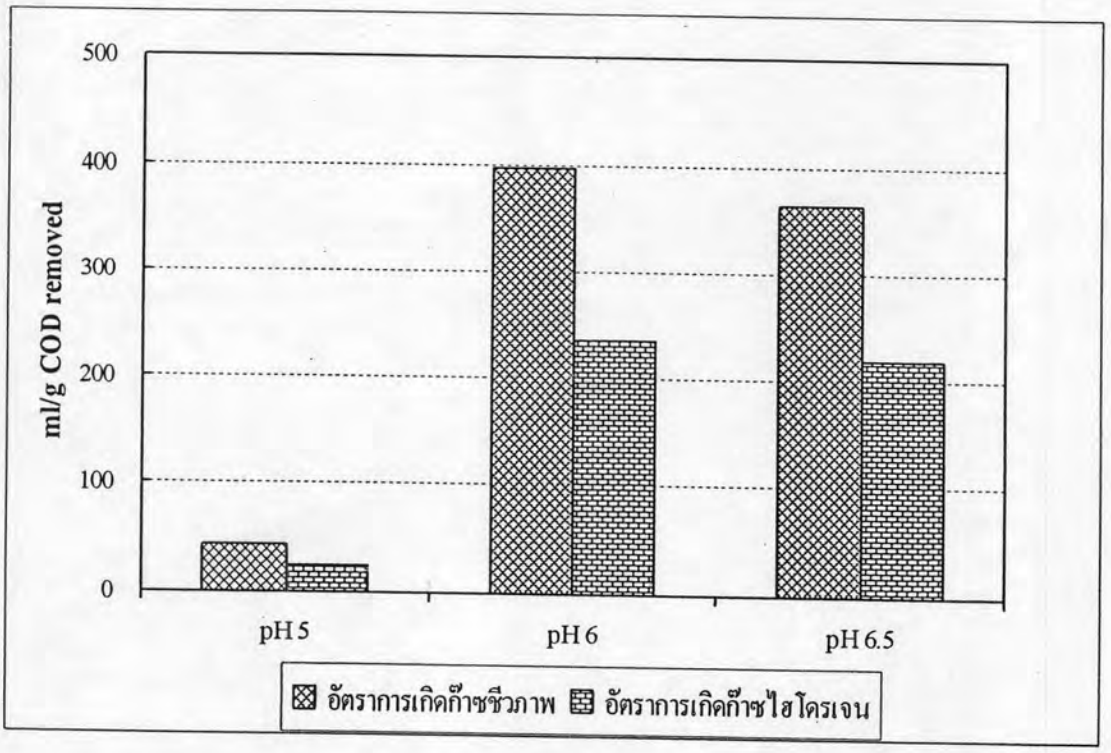
กราฟแสดงค่าอัตราส่วนกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดตลอดการทดลองดังรูปที่ 4.9 อัตราส่วนกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดของทุกระดับค่าพีเอชในการทดลองที่เวลาเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 0.26 และที่เวลาสุดท้ายของระบบพีเอช 5 6 และ 6.5 มีค่าเท่ากับ 1.44 0.25 และ 0.12 ตามลำดับ การสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยที่ 3 วันแรกของพีเอช 5 ทำให้ค่าอัตราส่วนกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดสูงขึ้นตามคือเพิ่มเป็น 2.05 ซึ่งตามทฤษฎีกล่าวไว้ว่าถ้าอัตราส่วนกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมด มีค่าสูงกว่า 0.8 แสดงว่าระบบมีสภาพด่างไม่เพียงพอที่จะรักษาระดับพีเอชที่เป็นกลางไว้ได้ แต่สำหรับค่าอัตราส่วนกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดของระบบพีเอช 6 และ 6.5 ที่วันที่ 3 มีค่าต่ำกว่า 0.8 คือเท่ากับ 0.58 และ 0.29 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าระบบสามารถย่อยกรดอินทรีย์ระเหยที่เกิดขึ้นในระบบได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ระบบที่ดีนั้นมีค่าอัตราส่วนกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดต่ำกว่า 0.4 (คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย, 2545)โดยเฉพาะพีเอช 6.5 ซึ่งทำให้ไม่เกิดผลกระทบต่อการทำงานของระบบจากการที่สภาพด่างไม่เพียงพอ ต่อมาภายหลังวันที่ 6 อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดของพีเอช 5 ยังคงมีค่าสูงกว่า 0.8 ขณะที่พีเอช 6 และ 6.5 สามารถรักษาสภาพที่ต่ำกว่า 0.8 แสดงว่าระบบมีกำลังบัฟเฟอร์เพียงพอ



รูปที่ 4.9 อัตราส่วนปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย ต่อ สภาพความเป็นด่างทั้งหมดของทุกระดับค่าพีเอชตลอดการทดลองน้ำเสียไบโอดีเซล

4.1.1.3 สรุปผลการทดลองน้ำเสียไบโอดีเซลที่พีเอชต่าง ๆ

เมื่อนำค่าอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัดสูงสุดของทุกชุดการทดลองมาเปรียบเทียบกัน พบว่าที่พีเอช 5 6 และ 6.5 มีอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด มีค่าเท่ากับ 26 235 และ 219 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ดังรูปที่ 4.10 และ ตารางที่ 4.1 สำหรับปริมาณก๊าซชีวภาพพบว่าที่พีเอช 5 6 และ 6.5 มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 44 397 และ 365 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด และเมื่อพิจารณาอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนที่ค่าพีเอชต่าง ๆ พบว่าที่พีเอช 6 มีอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงสุดเท่ากับ 235 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด จึงสามารถสรุปได้ว่าน้ำเสียไบโอดีเซลที่มีค่าพีเอช 6 มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด



รูปที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซชีวภาพ และ การกำจัดซีโอดีของชุดการทดลองน้ำเสียไบโอดีเซล

ตารางที่ 4.1 สรุปประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และ อัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนของน้ำเสียไบโอดีเซลที่พีเอชต่าง ๆ

พีเอช	อัตราการผลิต ก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัด)	อัตราการผลิต ก๊าซชีวภาพสูงสุด (มิลลิลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัด)
5	26	44
6	235	397
6.5	219	365

4.1.2 ข้อมูลของชุดการทดลองน้ำเสียแป้งมัน

การทดลองนี้ใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยทำการเจือจางและวัดความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นเท่ากับ 4,227 มก./ล. หัวเชื้อจุลชีพ (seed) มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดปานกลางเป็นส่วนใหญ่และมีเม็ดขนาดเล็กปนอยู่บ้าง และเติมหัวเชื้อจุลชีพมีค่าความเข้มข้นจุลชีพเริ่มต้นเท่ากับ 3,870 มก./ล. แล้วปรับเปลี่ยนพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเท่ากับ 5 6 และ 6.5 ตามลำดับ จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

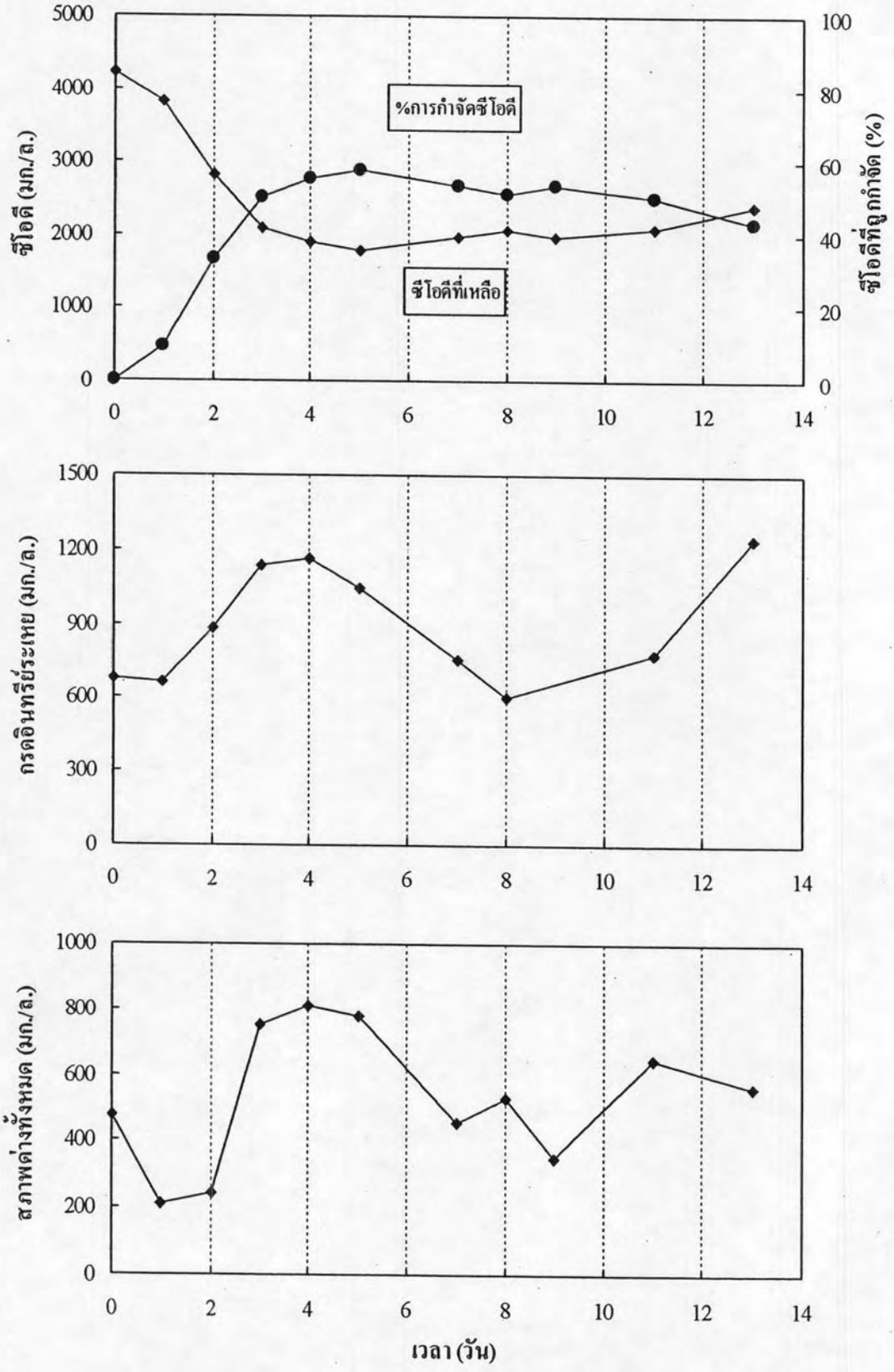
4.1.2.1 ผลการทดลองน้ำเสียแป้งมันที่พีเอชต่าง ๆ

1) <u>ผลการทดลองที่พีเอช 5</u>

ความสามารถในการกำจัดซีโอดีมีค่าต่ำ โดยสูงสุดเท่ากับร้อยละ 57.6 ในวันที่ 5 ของการทดลอง และเมื่อเวลาผ่านไปประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีแนวโน้มลดลง ดังรูปที่ 4.11 ก เมื่อพิจารณาค่ากรดอินทรีย์ระเหยในระบบพบว่าเพิ่มจาก 680.8 มก./ล. ที่เวลาเริ่มต้น เป็น 1,163.5 มก./ล. ในวันที่ 4 เนื่องจากเกิดการหมักเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์ระเหยบางส่วน ซึ่งเพิ่มขึ้นแปรผกผันกับค่าซีโอดีที่ลดลง ส่วนค่าสภาพด่างในระบบมีค่าแปรปรวนระหว่าง 200 – 800 มก./ล. เป็นผลมาจากเติมด่างเพื่อรักษาระดับค่าพีเอช ขณะที่ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ของการทดลองชุดพีเอชที่ 5 มีค่าสูงสุดในวันที่ 3 ของการทดลองคิดเป็น 310 มิลลิลิตร และมีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพต่อเวลาเป็น 12.16 มล./ชม. ดังรูป 4.11 ข

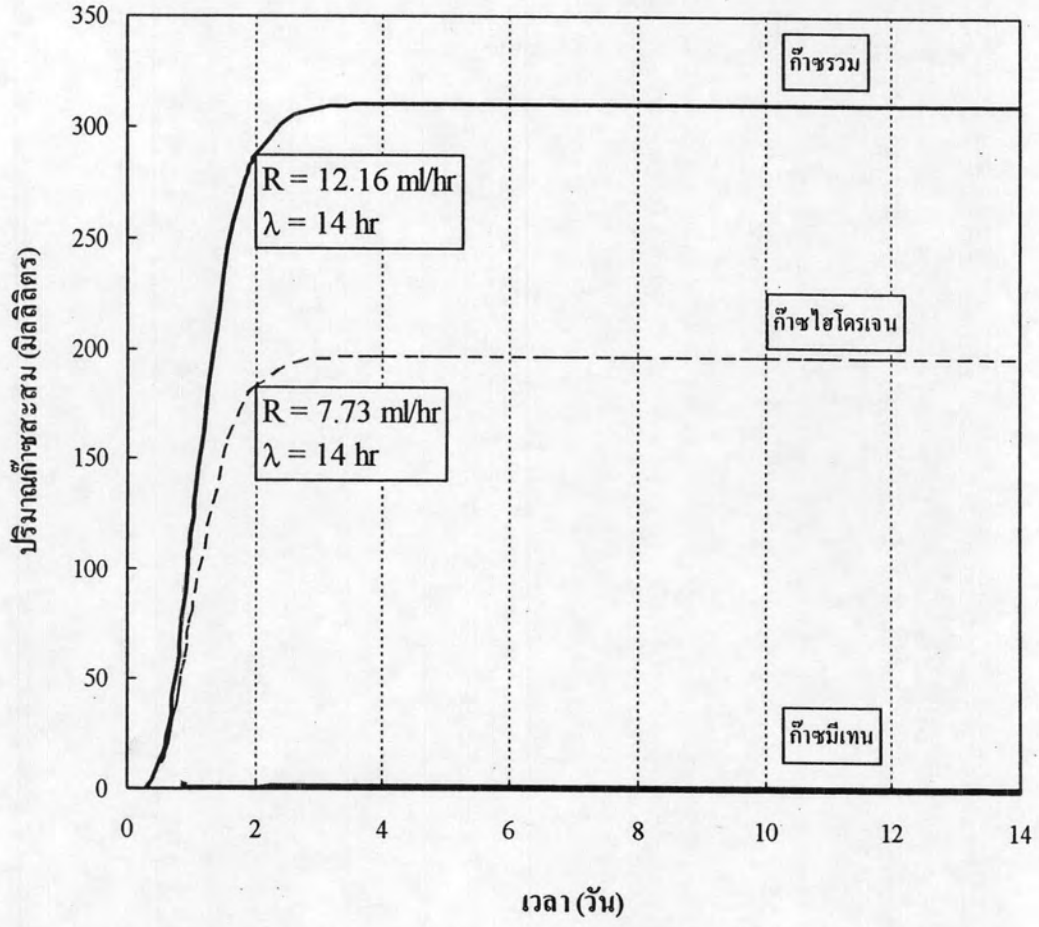
ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 2 วันแรกของการเดินระบบเท่ากับ 182 มิลลิลิตร. จากนั้นเริ่มมีแนวโน้มคงที่ ส่วนก๊าซชีวภาพรวมพบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกัน เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพพบว่ามีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด ใน

วันที่ 3 มีค่าร้อยละ 48 คิดเป็นปริมาณไฮโดรเจนสูงสุดเท่ากับ 196 มิลลิลิตร และมีอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนต่อเวลาเท่ากับ 7.73 มล./ชม.



ก) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหย และ สภาพด่างของน้ำเสียแป้งมันที่พีเอช 5

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



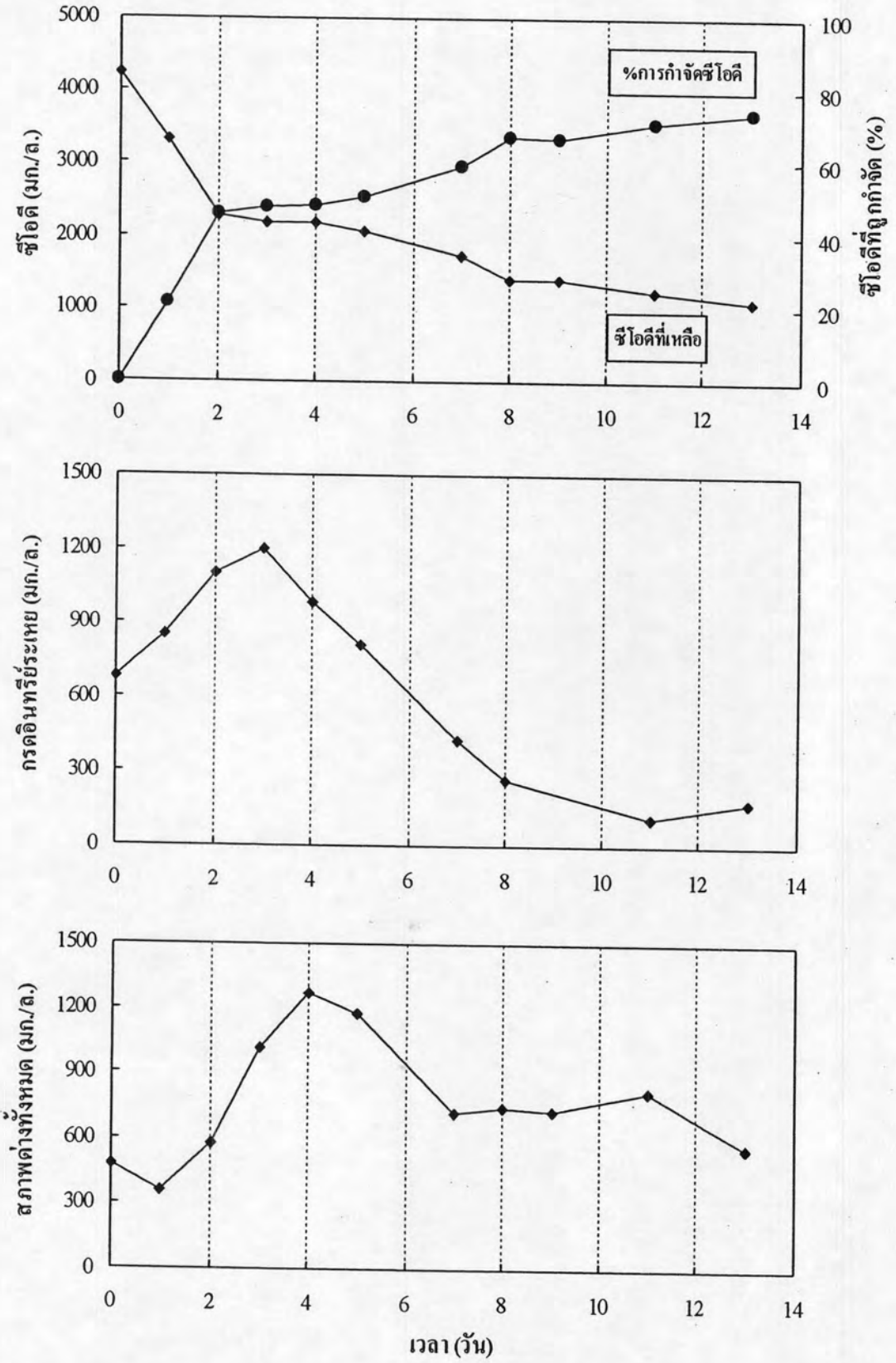
ข) ปริมาณก๊าซสะสมที่ผลิตขึ้น

รูปที่ 4.11 การทดลองน้ำเสียแป้งมันชุดการทดลองที่พีเอช 5

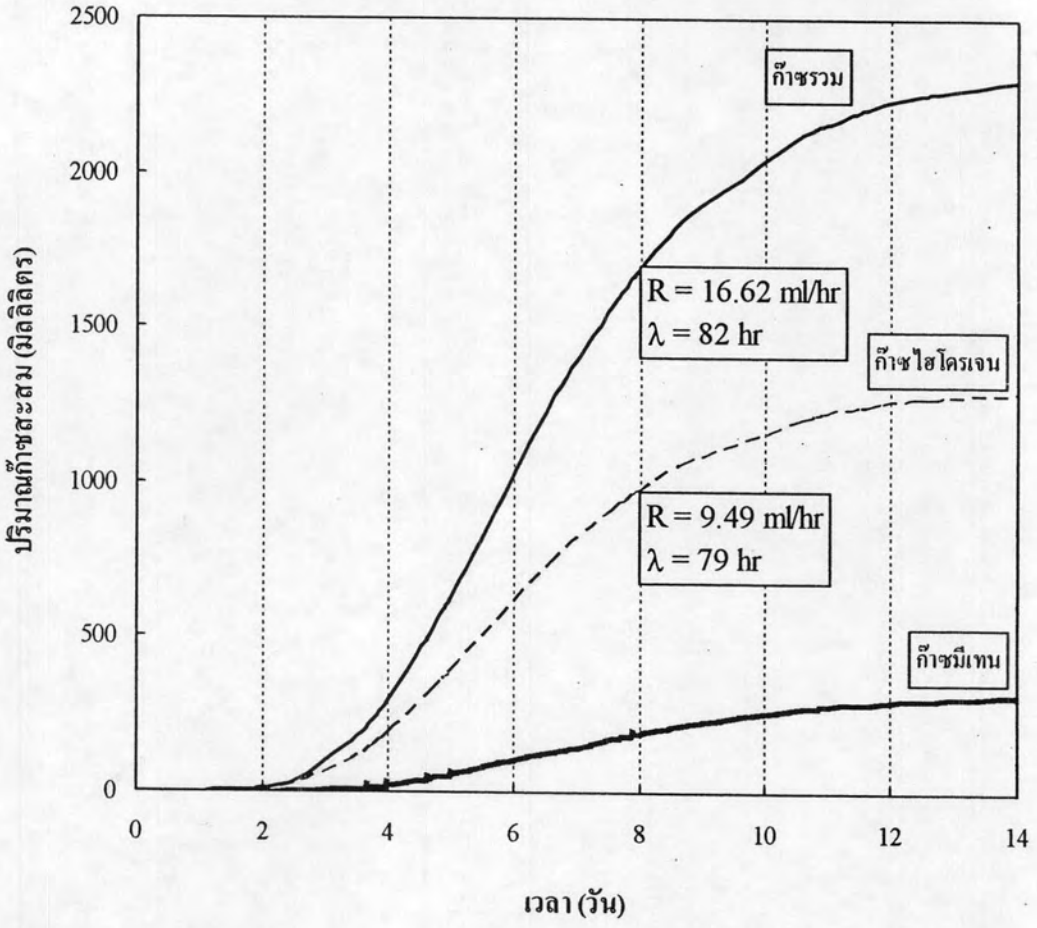
2) ผลการทดลองที่พีเอช 6

ค่าซีโอดีตลอดการทดลองพีเอช 6 ดังรูปที่ 4.12 ก ซึ่งจากรูปพบว่าค่าซีโอดีลดลงจาก 4,277 มก./ล. เหลือ 1,114 มก./ล. ในวันที่ 13 ของการทดลอง จากผลดังกล่าวเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีประสิทธิภาพร้อยละ 73.6 ในวันที่ 13 ของการทดลอง ขณะที่ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยมีแนวโน้มลดลงอย่างมากพบว่าในวันที่ 13 มีค่าเท่ากับ 175 มก./ล. ในเทอมของกรดอะเซติก แสดงถึงระบบค่อนข้างทำงานเป็นปกติ เหตุที่ทำให้มีค่าต่ำมากน่าจะเป็นเพราะว่าค่ากรดอินทรีย์ระเหยส่วนใหญ่ผันไปเป็นก๊าซชีวภาพ ส่วนสภาพด่างของระบบช่วง 4 วันแรกพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นแปรผกผันกับค่า ซีโอดีที่ลดลง และหลังจากนั้นมีค่าลดลงมารักษาระดับใกล้เคียงกับค่าสภาพด่างตั้งต้น ส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกวัน และมีค่าสูงสุดในวันที่ 13 ของการทดลองคิดเป็น 2,350 มิลลิลิตร โดยปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะแปรผกผันกับค่าซีโอดีที่ลดลง และมีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพต่อเวลาเท่ากับ 16.62 มล./ชม.

จากรูป 4.12 ข ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นในวันที่ 8 ปริมาณเท่ากับ 972 มิลลิลิตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และสูงที่สุดในวันที่ 12 ของการเดินระบบเท่ากับ 1,254 มิลลิลิตร มีอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนต่อเวลาเป็น 9.49 มล./ชม. ส่วนปริมาณก๊าซมีเทนเกิดขึ้นในวันที่ 4 ของการเดินระบบ แสดงให้เห็นว่าการควบคุมพีเอชสามารถคัดพันธุ์เชื้อจุลชีพในระดับหนึ่ง เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพพบว่ามีปริมาณก๊าซไฮโดรเจน ในวันที่ 8 และวันที่ 12 พบว่ามีค่าร้อยละ 59.0 และ 33.7 ตามลำดับ



ก) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหย และ สภาพด่างของน้ำเสียแป้งมันที่พีเอช 6



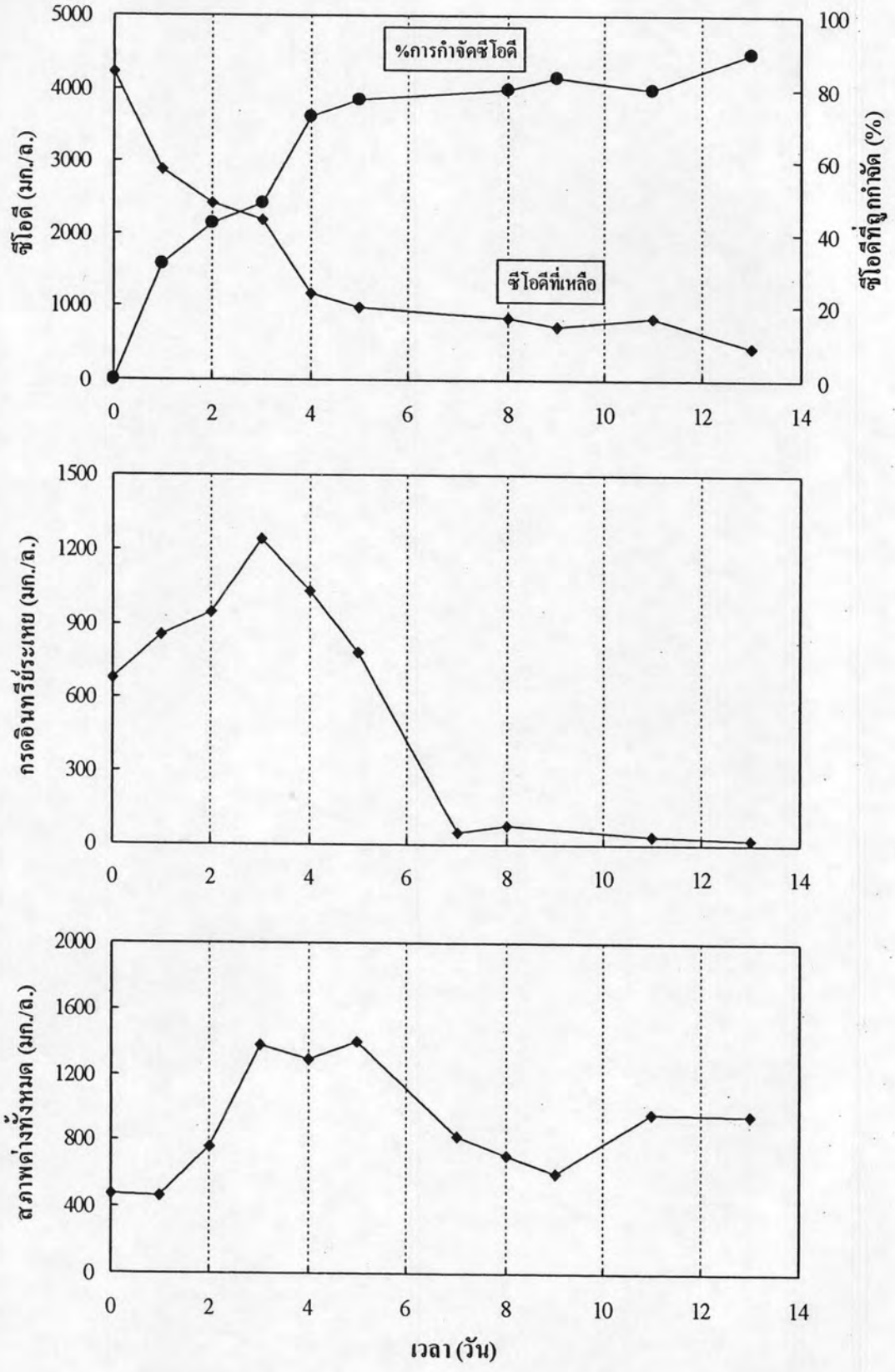
ข) ปริมาณก๊าซสะสมที่ผลิตขึ้น

รูปที่ 4.12 การทดลองน้ำเสียแป้งมันชุดการทดลองที่พีเอช 6

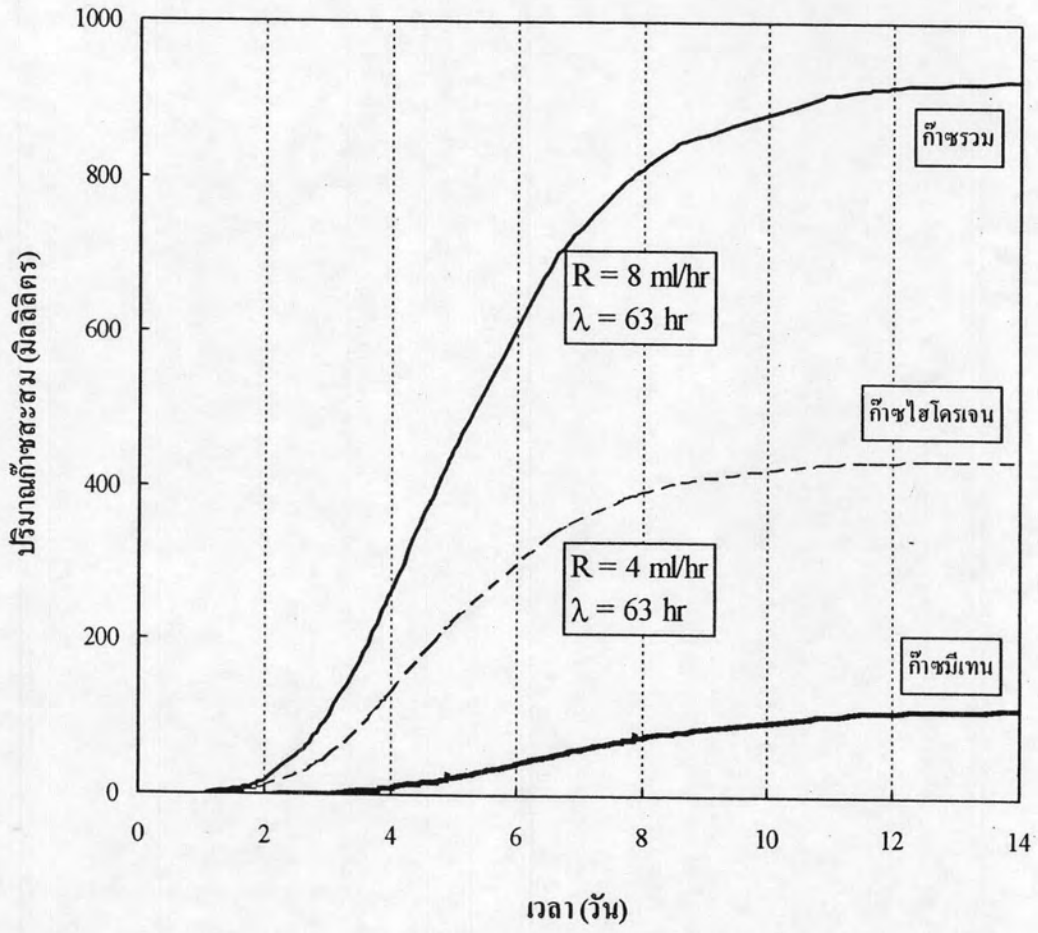
3) ผลการทดลองที่พีเอช 6.5

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ได้พบว่า ในช่วง 4 วันแรก ระบบสามารถกำจัดซีโอดีได้สูงมาก โดยมีประสิทธิภาพสูงร้อยละ 72 ในวันที่ 4 ของการทดลอง ดังรูปที่ 4.13 ก เป็นไปได้ว่าที่พีเอชสูงกว่านั้น ทำให้แบคทีเรียสามารถย่อยสลายสารอาหารได้มากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงสุด ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยที่เกิดขึ้นจึงไม่สะสมในระบบ ส่งผลให้มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ และมีปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยสุดท้ายเท่ากับ 18 มก./ล.ส่วนค่าสภาพด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายใน 5 วันแรก เกิดจากการเติมด่างเพราะระบบมีแนวโน้มเป็นกรดแต่ต่อมากลับมีค่าลดลง

ส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกวัน และมีค่าสูงสุดในวันที่ 12 ของการทดลองคิดเป็น 917 มิลลิลิตร โดยปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะแปรผกผันกับค่าซีโอดีที่ลดลง และอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพต่อเวลามีค่าเท่ากับ 8 มล./ชม. ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 6 วันแรกของการทดลองเท่ากับ 339 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นน้อยมาก และมีอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงสุดเท่ากับ 4 มล./ชม. ส่วนปริมาณก๊าซมีเทนเกิดขึ้นหลังจากวันที่ 4 ของการเดินระบบ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพพบว่ามีอัตราส่วนก๊าซไฮโดรเจน ในก๊าซรวมของวันแรก วันที่ 6 และ วันที่ 12 ร้อยละ 58.6 41.6 และ 55.3 ตามลำดับ โดยมีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนสูงสุดในวันที่ 11 เท่ากับ 439 มิลลิลิตร และมีมีเทนร้อยละ 19.36 ในวันเดียวกัน



ก) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหย และ สภาพด่างของน้ำเสียแป้งมันที่พีเอช 6.5



ข) ปริมาณก๊าซสะสมที่ผลิตขึ้น

รูปที่ 4.13 การทดลองน้ำเสียแป้งมันชุดการทดลองที่พีเอช 6.5

4.1.2.2 การเปรียบเทียบผลการทดลองน้ำเสียแป้งมันที่พีเอชต่าง ๆ

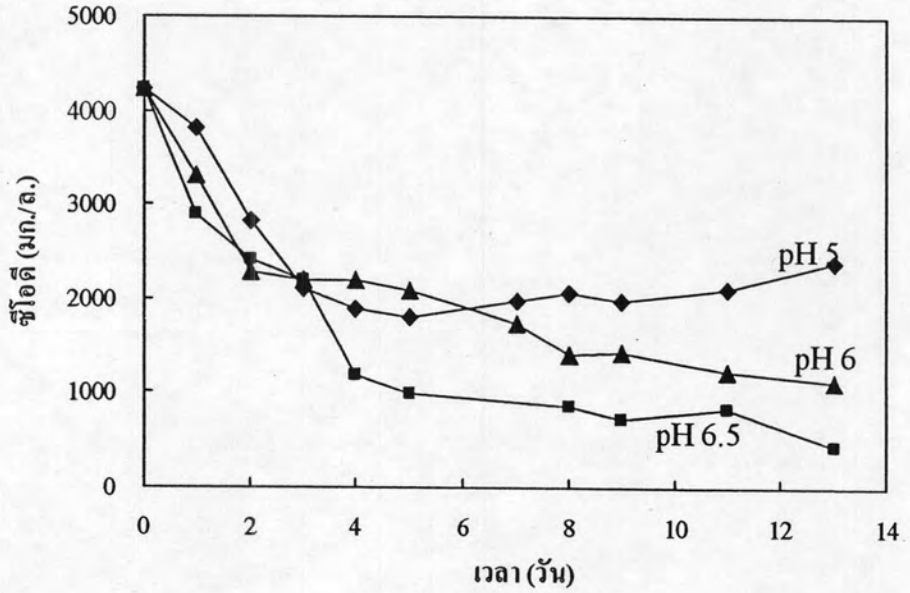
1) การกำจัดซีโอดี

ค่าซีโอดีของน้ำเสียเริ่มต้นทุกระดับค่าพีเอชที่ทำการทดลองมีค่า 4,227 มก./ล. สำหรับทุกชุดทดลองที่พีเอช 5 6 และ 6.5 ค่าซีโอดีมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องใน 4 วันแรก โดยมีค่าเท่ากับ 1,891 2,189 และ 1,177 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับ ร้อยละ 55.3 48.2 และ 72.0 ตามลำดับ จากนั้นค่าซีโอดีมีแนวโน้มลดลงอย่างช้า ๆ ทุกระดับค่าพีเอชจนถึงวันที่ 13 ของการทดลองพบว่ามีค่าซีโอดีเหลือเท่ากับ 2,394 1,114 และ 445 มก./ล. คิดเป็นร้อยละการกำจัดเท่ากับ 43.4 73.7 และ 89.5 ที่พีเอช 5 6 และ 6.5 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.14 เนื่องจากชุดทดลองพีเอช 5 เป็นภาวะกรดสูง และเกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหย ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมีค่าลดต่ำลงมาก ขณะที่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าชุดทดลองที่พีเอช 6.5 สามารถกำจัดค่าซีโอดีให้เหลือเพียง 445 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดประมาณ 89.4 % ซึ่งแสดงถึงว่าระบบบำบัดแบบไร้อากาศทำงานได้ดีในช่วงค่าพีเอชที่เป็นกลาง

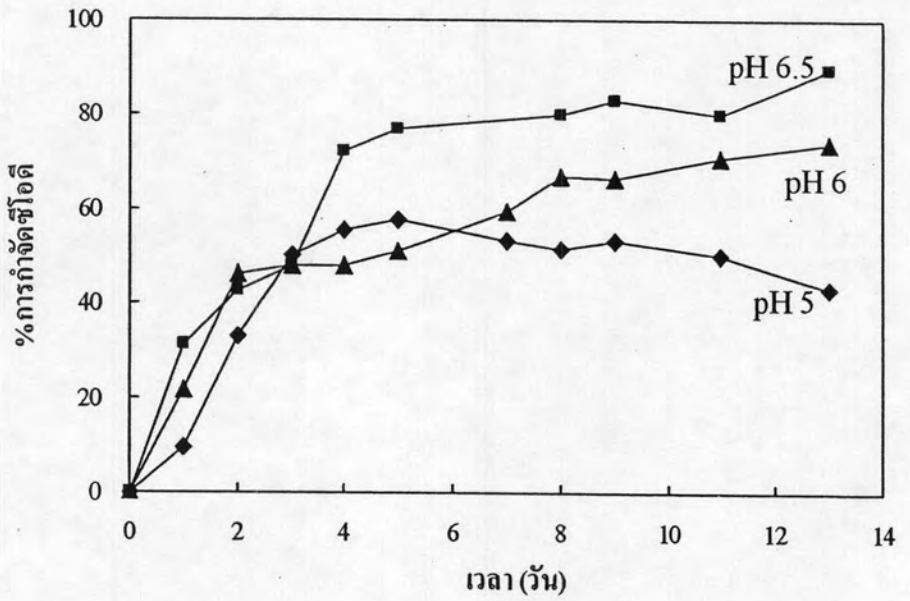
2) อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน

จากรูปที่ 4.15 (ก) บ่งชี้ว่าชุดการทดลองที่พีเอช 6 มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด โดยอัตราการผลิตก๊าซมีค่าเท่ากับ 406 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ในวันที่ 13 ของการเดินระบบ ขณะที่ระบบพีเอช 5 มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพต่ำสุดเท่ากับ 40 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ซึ่งบอกถึงความสามารถในการทำงานของระบบพีเอช 5 ว่าไม่สามารถย่อยสลายแป้งได้ดี โดยซีโอดีที่ถูกกำจัดนั้นเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพได้เพียงเล็กน้อย ส่วนชุดการทดลองพีเอช 6.5 มีค่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ 117 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ในวันที่ 13 ของการทดลอง ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนต่อซีโอดีที่ถูกกำจัด ดังรูปที่ 4.15 (ข) เห็นได้ว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.5 – 231 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด โดยในชุดทดลองพีเอช 5 และ 6.5 มีค่าอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนใกล้เคียงกัน แต่ต่ำกว่าชุดทดลองพีเอช 6 จากรูปที่ 4.15 (ข) แสดงให้เห็นว่าอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนในชุดทดลองพีเอช 6 และ 6.5 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สำหรับระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศโดยใช้น้ำเสียประเภทคาร์โบไฮเดรตนี้ สรุปได้ว่าอัตราการสร้างไฮโดรเจนของชุดทดลองพีเอช 6 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 231 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด โดยกำจัดซีโอดีได้ทั้งหมด 16 กรัม

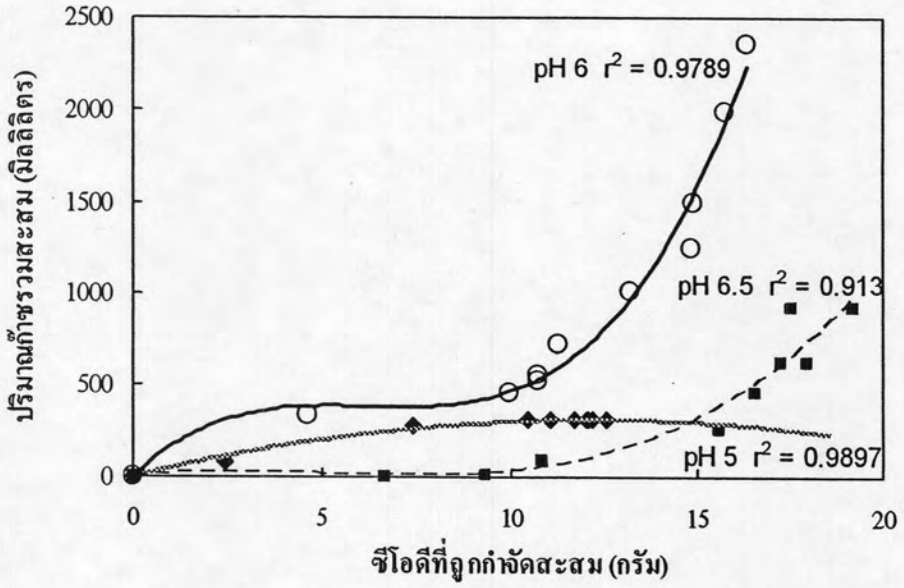


ก) ค่าซีโอดี

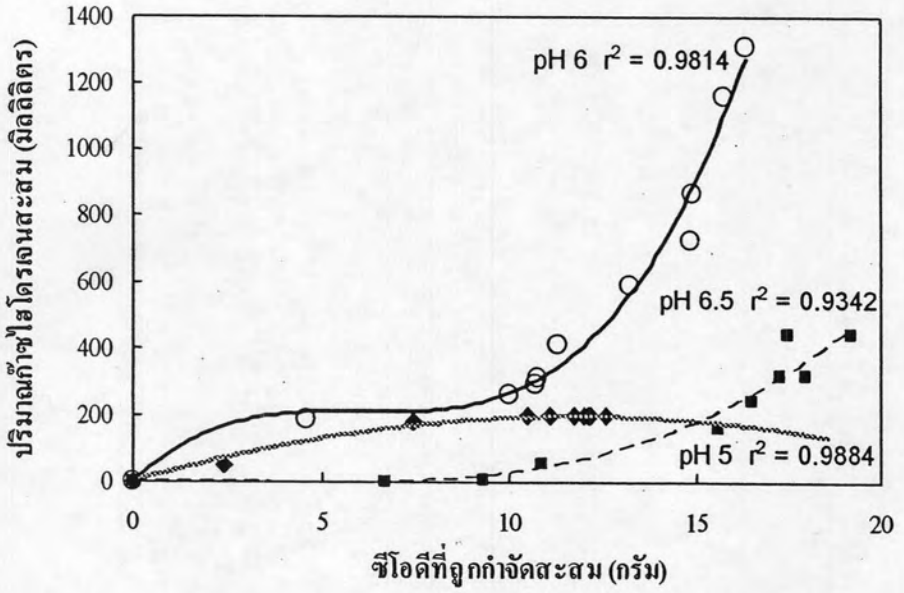


ข) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

รูปที่ 4.14 การกำจัดซีโอดีของน้ำเสียแป้งมันทุกระดับค่าพีเอช



ก) การผลิตก๊าซชีวภาพ

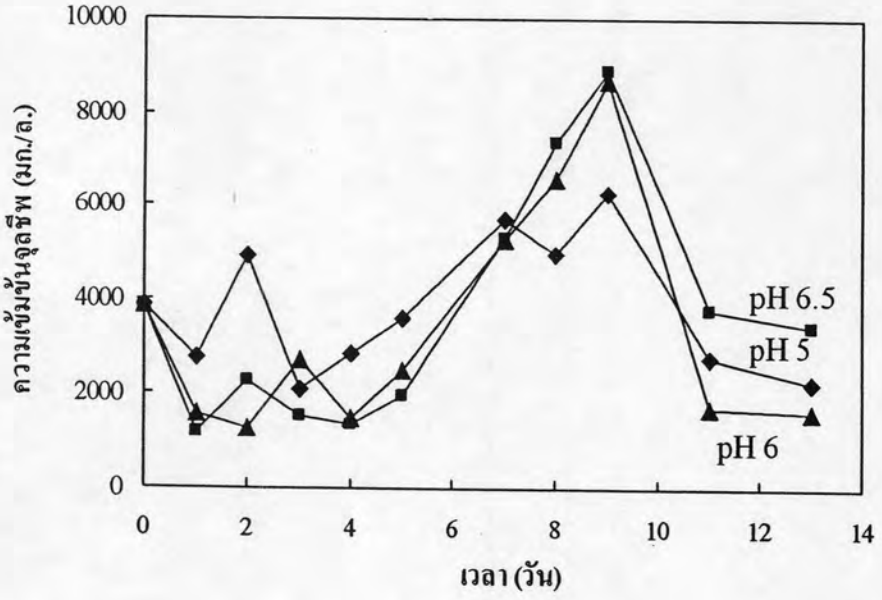


ข) การผลิตก๊าซไฮโดรเจน

รูปที่ 4.15 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียแป้งมันที่พีเอชต่าง ๆ

3) <u>ความเข้มข้นจุลชีพ</u>

การทดลองเริ่มต้นได้เติมหัวเชื้อจุลชีพลงในน้ำเสียให้มีค่าความเข้มข้นจุลชีพเท่ากับ 3,870 มก./ล. ค่าความเข้มข้นจุลชีพของระบบทดลองพีเอช 5 6 และ 6.5 มีค่าอยู่ระหว่าง 2,111 - 6,280 1,260 - 8,700 และ 1,200 - 8,900 มก./ล. ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.16 ซึ่งเห็นได้ว่าความเข้มข้นจุลชีพของแต่ละชุดทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะพีเอช 6 และ 6.5 มีค่า ความเข้มข้นจุลชีพสูงสุดในวันที่ 9 เท่ากับ 8,700 และ 8,900 มก./ล. ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากพีเอชที่เป็นกลางจึงทำให้มีความเข้มข้นของเซลล์ในระบบสูง เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 13 ของการทดลอง ในชุดทดลองพีเอชที่ 5 6 และ 6.5 มีค่าความเข้มข้นจุลชีพลดลงเหลือเท่ากับ 2,220 1,640 และ 3,400 มก./ล. ตามลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นจุลชีพตั้งแต่เริ่มเดินระบบจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ความเข้มข้นจุลชีพสำหรับทุกระดับค่าพีเอชของน้ำเสียแป้งมัน

4) <u>กรดอินทรีย์ระเหย</u>

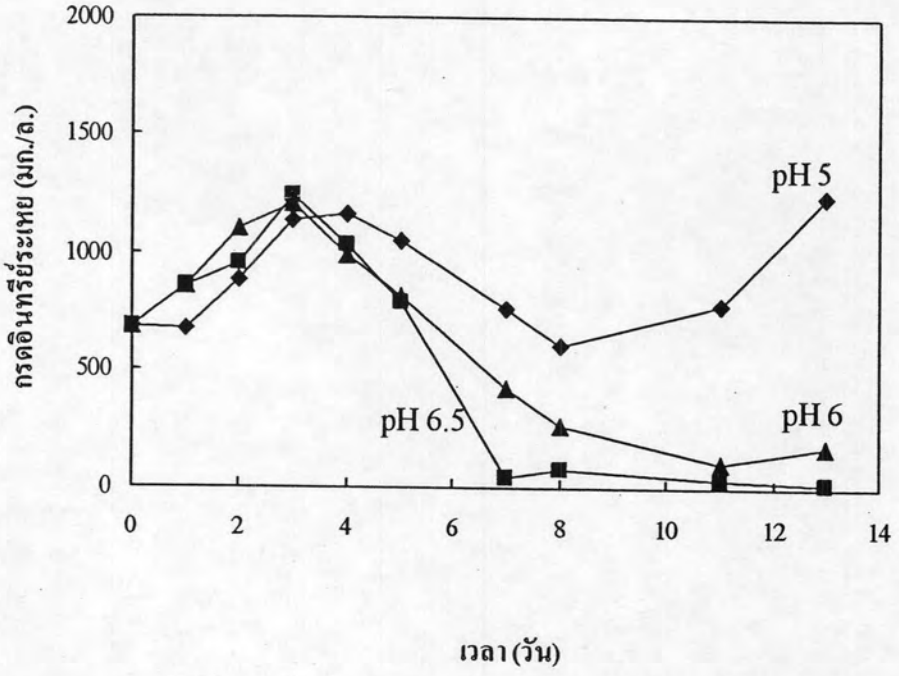
กรดอินทรีย์ระเหยสำหรับทุกชุดทดลองดังรูปที่ 4.17 ในช่วงเริ่มต้นน้ำเสียที่เข้าทุกระบบมีค่ากรดอินทรีย์ระเหยเท่ากับ 680.8 มก./ล.(ในเทอมกรดอะเซติก) หลังจากเดินระบบพบว่าค่ากรดอินทรีย์ระเหยมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วง 3 - 4 วันแรก ของการทดลอง จากนั้นชุดการทดลองพีเอช 6 และ 6.5 มีแนวโน้มของกรดอินทรีย์ระเหยต่ำลงเรื่อย ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 175 และ 18 มก./ล. ที่วันที่ 13 ตามลำดับ ส่วนชุดทดลองพีเอช 5 เมื่อน้ำเสียผ่านขั้นตอนทั้งหมดพบว่าที่ช่วงปลายการทดลองมีค่ากรดอินทรีย์ระเหยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1243.4 มก./ล. เป็นผลมาจากค่าพีเอชที่คุมไว้ที่ 5 ทำให้แบคทีเรียส่วนใหญ่ในระบบไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ประสบปัญหาการสะสมตัวของกรดอินทรีย์ระเหย

5) <u>สภาพด่าง</u>

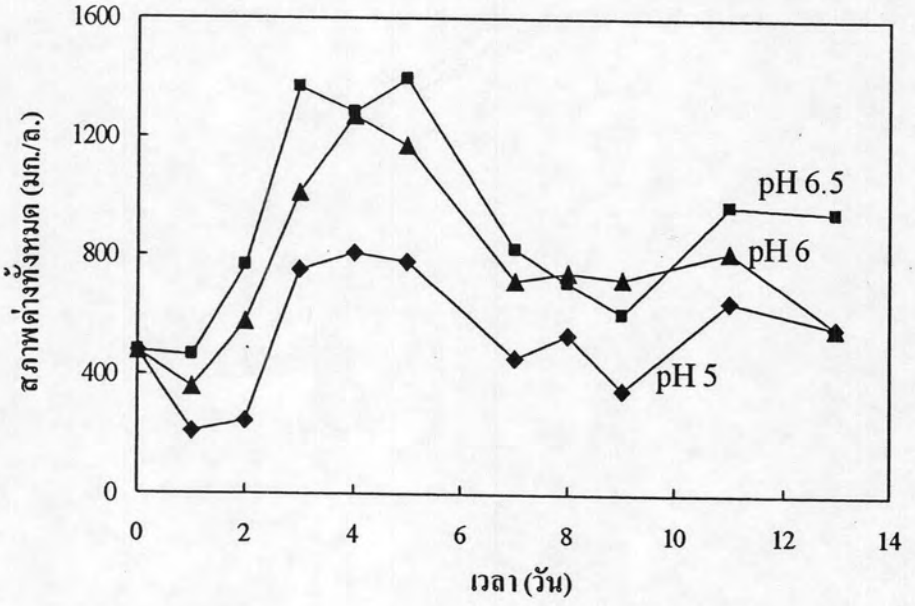
สภาพด่างทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบของการทดลองทุกชุดพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 209.5 - 807.7 359 - 1,270 และ 460.9 - 1,395.8 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่พีเอช 5 6 และ 6.5 ตามลำดับ โดยในช่วง 4 วันแรก พบว่าชุดการทดลองที่พีเอชเท่ากับ 6 และ6.5 ปริมาณสภาพด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สูงมากเท่ากับ 1,270.0 และ 1,287.5 มก./ล. ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.18 แสดงถึงระบบมีสภาพด่างสูงพอที่จะสามารถรักษาสมดุลย์ของระบบไว้ได้ ขณะที่ชุดพีเอช 5 มีค่าสภาพด่างทั้งหมดต่ำกว่าเท่ากับ 807.7 มก./ล. และภายหลัง 5 วัน ปรากฏว่าสภาพด่างทั้งหมดสำหรับทุกระดับค่าพีเอช มีค่าลดลงจนถึงช่วงสุดท้ายในชุดทดลองพีเอชที่ 5 6 และ 6.5 โดยค่าสภาพด่างทั้งหมดยังคงมีค่าค่อนข้างสูงเท่ากับ 559.0 558.3 และ 948.5 มก./ล. ตามลำดับ

6) <u>อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมด</u>

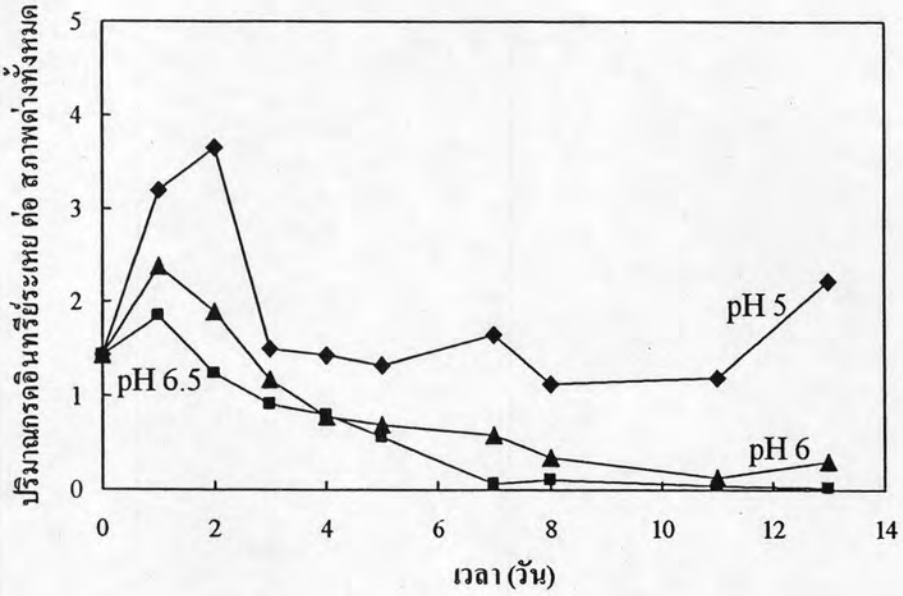
การเริ่มระบบ ทุกชุดทดลองมีอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดคิดเป็น 1.43 หลังจากเดินระบบจนถึงช่วงสุดท้ายในชุดทดลองพีเอชที่ 5 6 และ 6.5 มีค่าอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดเท่ากับ 2.22 0.31 และ 0.01 ตามลำดับ เห็นได้ชัดว่าค่าที่เพิ่มขึ้นของอัตราส่วนที่พีเอช 5 นี้บอกถึงการเสียดุลย์ของระบบ สำหรับอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดของชุดการทดลองพีเอช 5 มีค่าสูงกว่า 0.8 ตลอดการทดลองโดยสูงสุดเท่ากับ 3.64 แสดงดังรูปที่ 4.19 เช่นเดียวกับชุดพีเอช 6 และ 6.5 ที่มีค่าอัตราส่วนกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดสูงขึ้นเท่ากับ 2.38 และ 1.85 ที่วันแรกหลังจากเดินระบบและมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนจนสามารถรักษาระดับค่าที่เหมาะสม (ต่ำกว่า 0.8) หลังจากวันที่ 4 เป็นต้นไป



รูปที่ 4.17 กรดอินทรีย์ระเหยสำหรับทุกระดับค่าพีเอชของน้ำเสียแป้งมัน



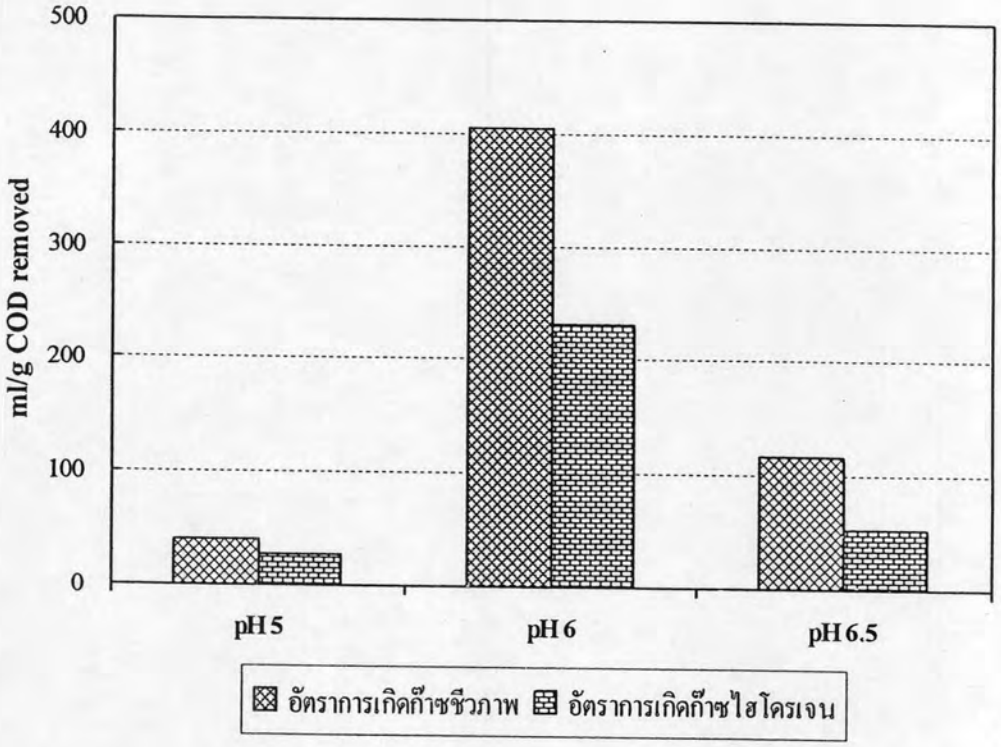
รูปที่ 4.18 สภาพด่างทั้งหมดของทุกระดับค่าพีเอชตลอดการทดลองน้ำเสียแป้งมัน



รูปที่ 4.19 อัตราส่วนปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย ต่อ สภาพความเป็นด่างทั้งหมดของทุกระดับค่าพีเอชตลอดการทดลองน้ำเสียแป้งมัน

4.1.2.3 สรุปผลการทดลองน้ำเสียแป้งมันที่พีเอชต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.20 สรุปได้ว่าสำหรับน้ำเสียแป้งมันที่พีเอช 6 มีอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงสุดเท่ากับ 231 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด โดยสามารถผลิตก๊าซในวันที่ 9 ของการทดลอง ซึ่งสามารถกำจัดซีโอดีได้เท่ากับร้อยละ 70.5 รองมาได้แก่ ชุดทดลองพีเอช 5 และ 6.5 ซึ่งมีอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงสุดในวันแรกและวันที่ 4 ของการทดลองมีค่าเท่ากับ 26 และ 53 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพในชุดพีเอช 6 พบว่าไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 59.4 ก๊าซมีเทนร้อยละ 9.6 ก๊าซไนโตรเจนคิดเป็นร้อยละ 5.6 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 25.4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการ ผลิตก๊าซชีวภาพ และ
การกำจัดซีโอดีของชุดการทดลองน้ำเสียแป้งมัน

ตารางที่ 4.2 สรุปประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพของน้ำเสียแป้งมันที่พีเอชต่าง ๆ

พีเอช	อัตราการผลิต ก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัด)	อัตราการผลิต ก๊าซชีวภาพสูงสุด (มิลลิลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัด)
5	26	41
6	231	406
6.5	53	117

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 ข้อมูลของชุดการทดลองน้ำเสียปลากระป๋อง

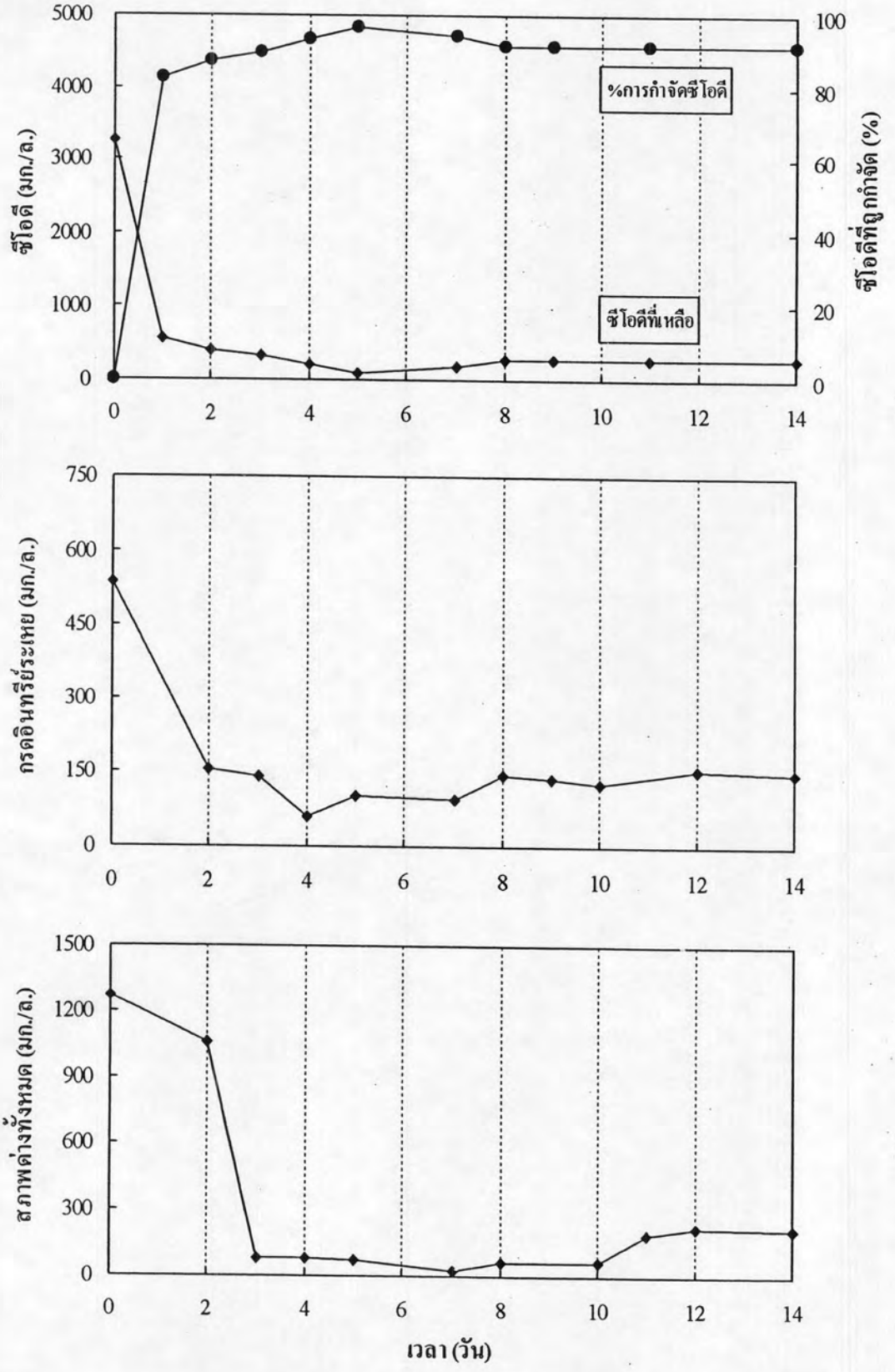
การทดลองทำโดยใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานผลิตปลากระป๋องที่มีสารอินทรีย์และไขมันหรือน้ำมันในน้ำเสียสูงเท่ากับ 282 มก./ล. พบว่ามีค่าของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 850 มก./ล. บีโอดีและ ซีโอดีสูงเท่ากับ 2,258 และ 4,675 มก./ล. ตามลำดับ น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดมีค่าพีเอช 7.2 ในการเตรียมน้ำเสียนั้นทำการเจือจางได้ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นเท่ากับ 3,272 มก./ล. เติมหัวเชื้อจุลชีพ (seed) โดยมีค่าความเข้มข้นจุลชีพเท่ากับ 4,240 มก./ล. และปรับเปลี่ยนพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเท่ากับ 5 6 และ 6.5 โดยใช้กรดซัลฟูริกเจือจางในการปรับ ตามลำดับ กวนผสมและปรับพีเอชให้คงที่ตลอดการทดลอง ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

4.1.3.1 ผลการทดลองน้ำเสียปลากระป๋องที่พีเอชต่าง ๆ

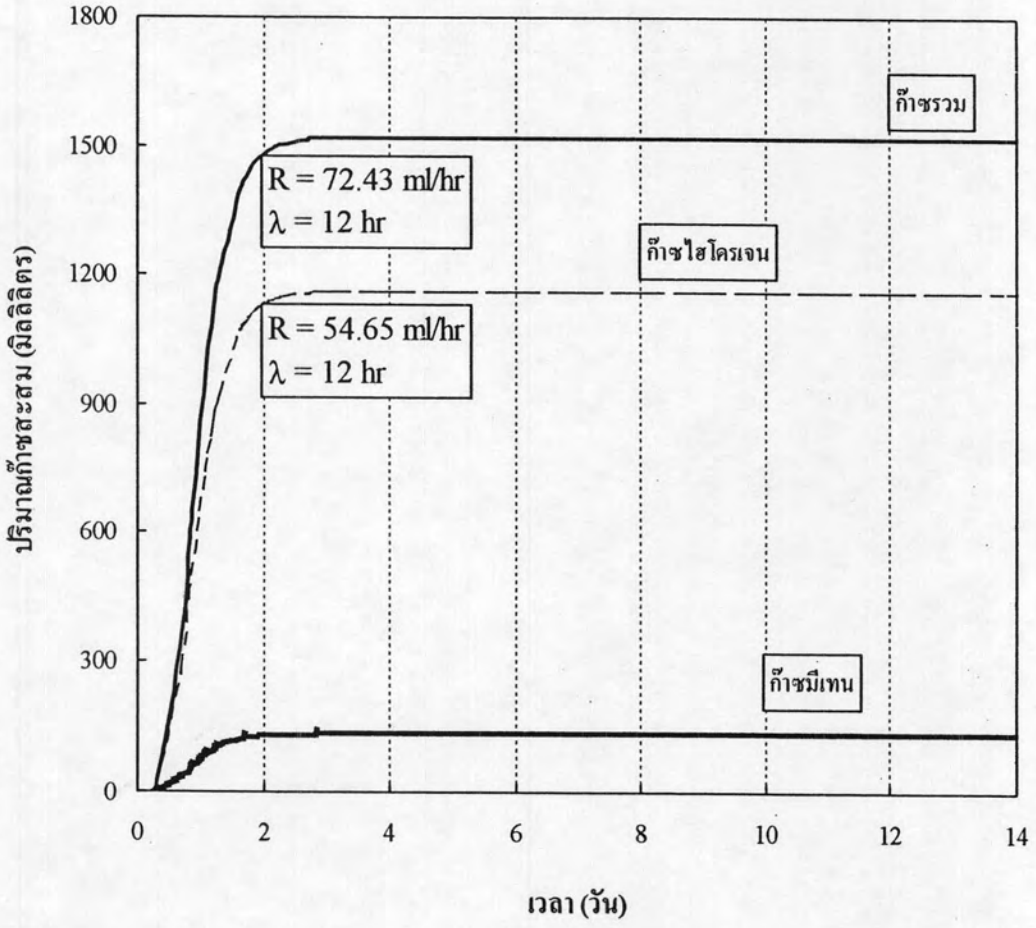
1) <u>ผลการทดลองที่พีเอช 5</u>

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลา 2 วันแรก โดยมีค่าร้อยละ 87.5 คิดเป็นซีโอดีที่เหลือเท่ากับ 409 มก./ล. ดังรูปที่ 4.21 กรดอินทรีย์ระเหยที่เกิดขึ้นในระบบพบว่ามีปริมาณค่อนข้างต่ำ และมีค่าใกล้เคียงกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจกล่าวได้ว่าระบบสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ดี ส่วนสภาพด่างทั้งหมดของระบบมีแนวโน้มลดลงเช่นกันเนื่องจากระบบสามารถคุมพีเอชที่เหมาะสมได้จึงไม่จำเป็นต้องเติมด่างอีก

ขณะที่ก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มสูงขึ้นมากใน 2 วันแรกเท่ากับ 1,490 มิลลิลิตร ซึ่งแปรผกผันกับค่าซีโอดีที่ลดลง ค่าก๊าซชีวภาพสะสมสูงสุดในวันที่ 3 ของการทดลองคิดเป็น 1,518 มิลลิลิตร ส่วนอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพต่อเวลาสูงสุดมีค่า 72.43 มล./ชม. และ ก๊าซไฮโดรเจนมีค่าสูงสุดในวันที่ 3 เช่นกัน โดยมีปริมาณ 1,155 มิลลิลิตร ส่วนอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนต่อเวลามีค่า 54.65 มล./ชม. เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพพบว่ามีอัตราส่วนก๊าซไฮโดรเจนต่อก๊าซรวมในวันที่ 3 เท่ากับร้อยละ 78.5 โดยพบมีเทนร้อยละ 6 และพบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15.5 เหตุที่พบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเพราะว่างานวิจัยนี้ใช้น้ำเสียจากโรงงานปลากระป๋องที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบทำให้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในขั้นตอนการสร้างกรด



ก) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหย และ สภาพด่างของน้ำเสียปลากระป๋องพีเอช 5



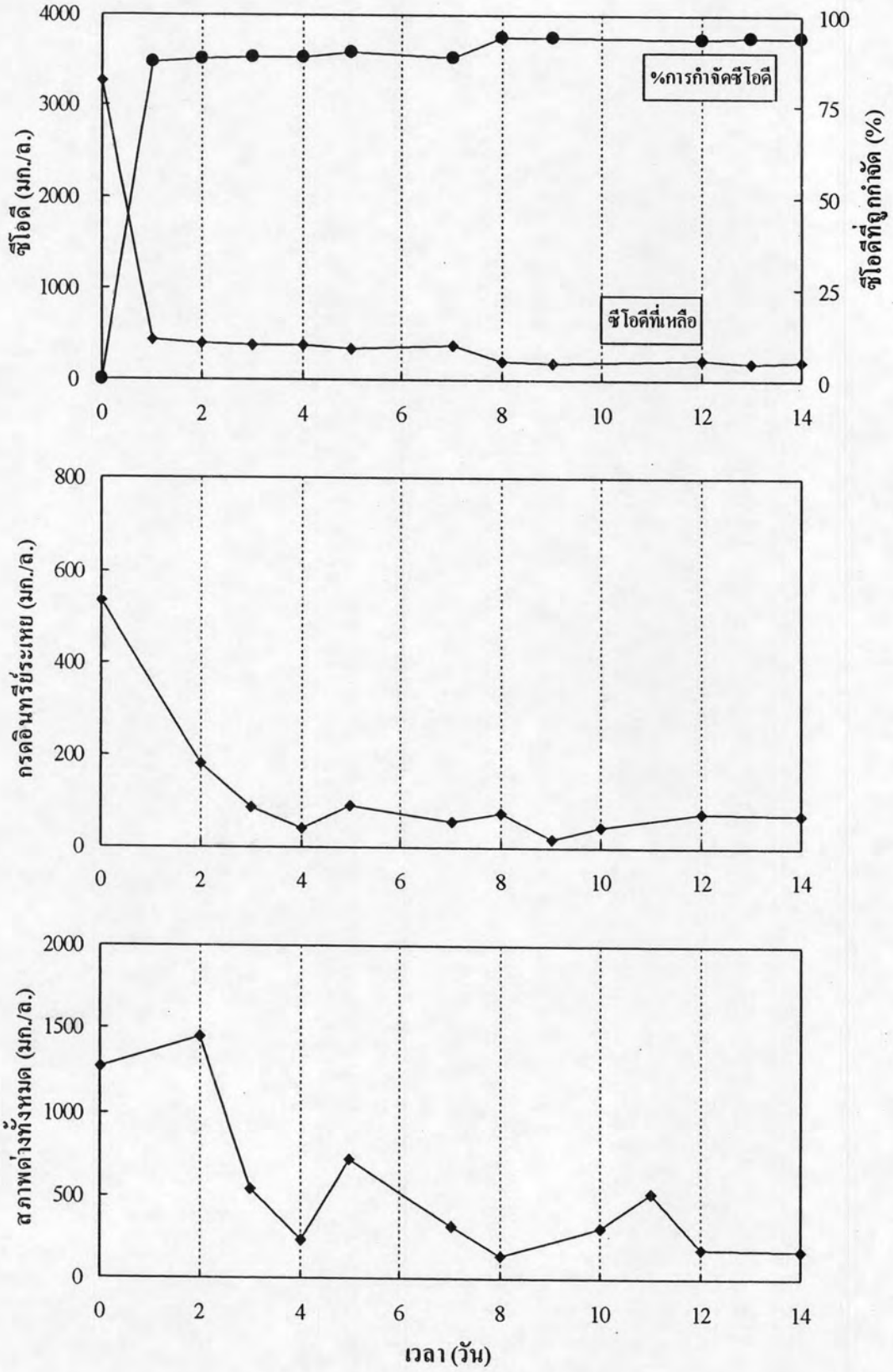
ข) ปริมาณก๊าซสะสมที่ผลิตขึ้น

รูปที่ 4.21 การทดลองน้ำเสียปลากระป๋องชุดการทดลองที่พีเอช 5

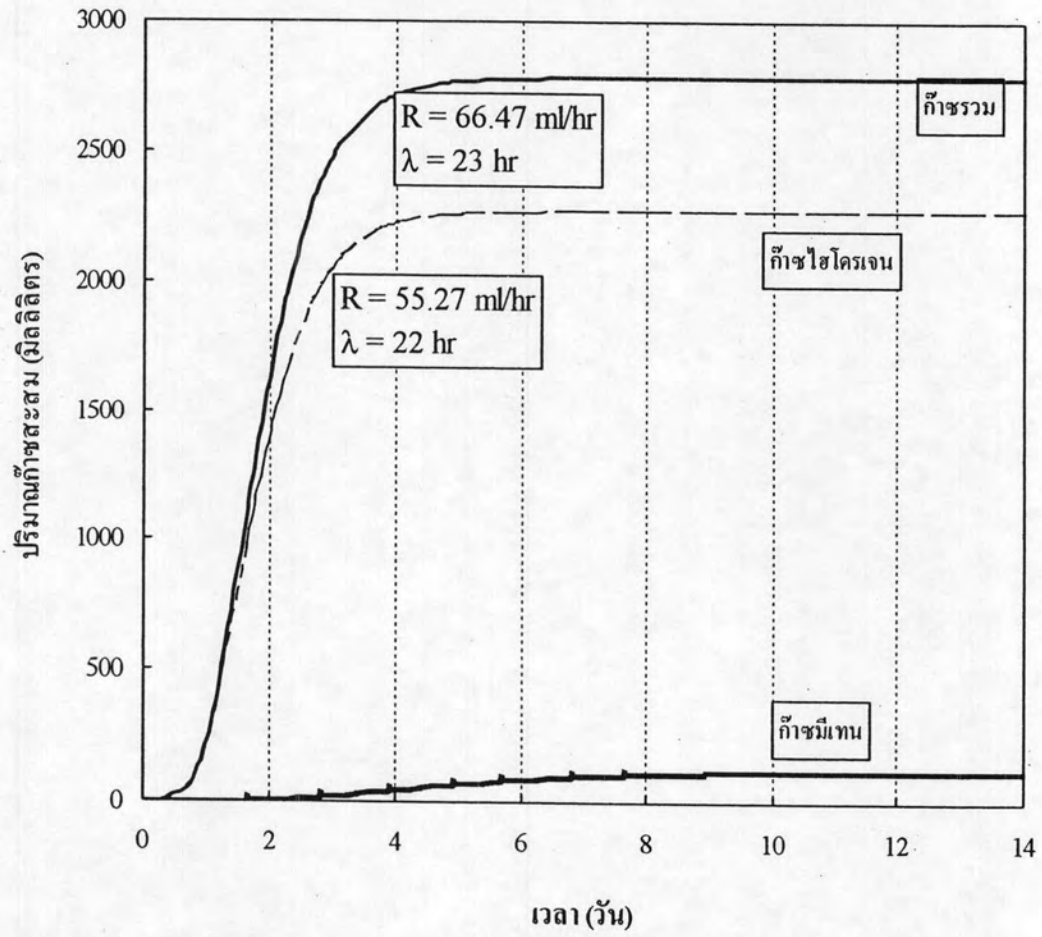
2) ผลการทดลองที่พีเอช 6

จากรูปที่ 4.22 ค่าซีโอดีลดลงจาก 3272 มก./ล. เหลือ 203 มก./ล. แสดงถึงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีสูงขึ้นมากโดยเฉพาะใน 2 วันแรก หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ และมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 94.0 ในวันที่ 9 ของการทดลอง ส่วนกรดอินทรีย์ระเหยมีแนวโน้มลดลงอย่างมากใน 4 วันแรกเหลือเพียง 41.67 มก./ล. ในเทอมของกรดอะเซติก ขณะที่สภาพด่างทั้งหมดของระบบมีค่าผันผวนในระดับหนึ่งแต่แนวโน้มส่วนมากมีค่าลดลง ทั้งนี้โดยปกติแล้วน้ำเสียปลากระป๋องสามารถผลิตบัฟเฟอร์ตามธรรมชาติขึ้นได้ แต่ที่ลดลงเนื่องจากพยายามคุมสภาวะพีเอชไว้ที่ 6 ส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มสูงขึ้นใน 4 วันแรกเท่ากับ 2,717 มิลลิลิตร และมีค่าสูงสุดในวันที่ 8 ของการทดลองคิดเป็น 2,783 มิลลิลิตร โดยมีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพต่อเวลา 66.47 มล./ชม. ส่วนปริมาณก๊าซไฮโดรเจนมีค่ามากที่สุดใน 4 วันแรกเช่นกัน โดยมีปริมาณ 2,222 มิลลิลิตร และมีค่าอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนต่อเวลาเท่ากับ 55.27 มล./ชม.

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพพบว่ามีอัตราส่วนก๊าซไฮโดรเจนต่อก๊าซรวมในวันที่ 4 เท่ากับร้อยละ 79 และพบก๊าซมีเทนเท่ากับร้อยละ 10



ก) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหย และ สภาพด่างน้ำเสียปลากระป๋องพีเอช 6



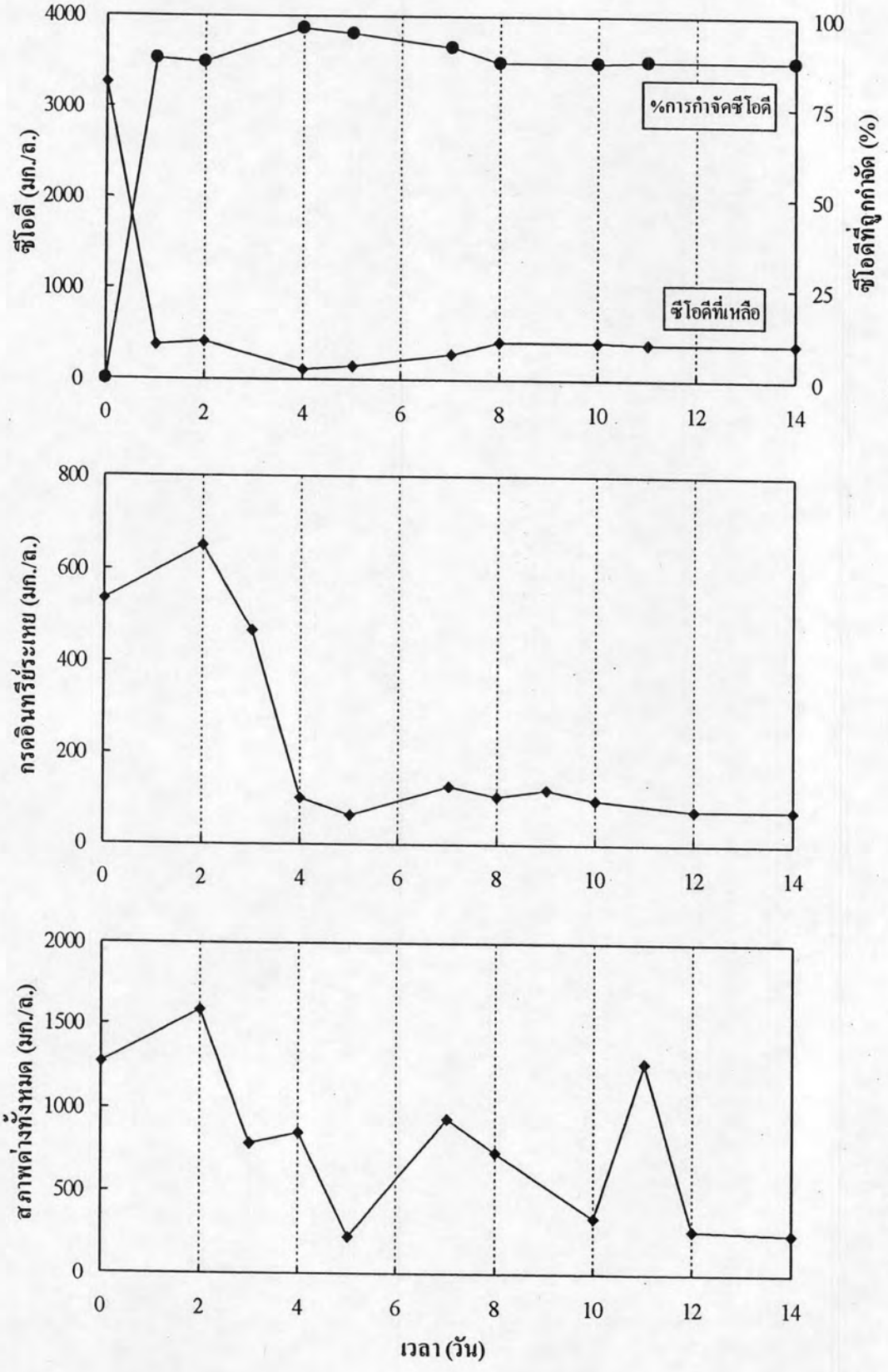
ข) ปริมาณก๊าซสะสมที่ผลิตขึ้น

รูปที่ 4.22 การทดลองน้ำเสียปลากระป๋องชุดการทดลองที่พีเอช 6

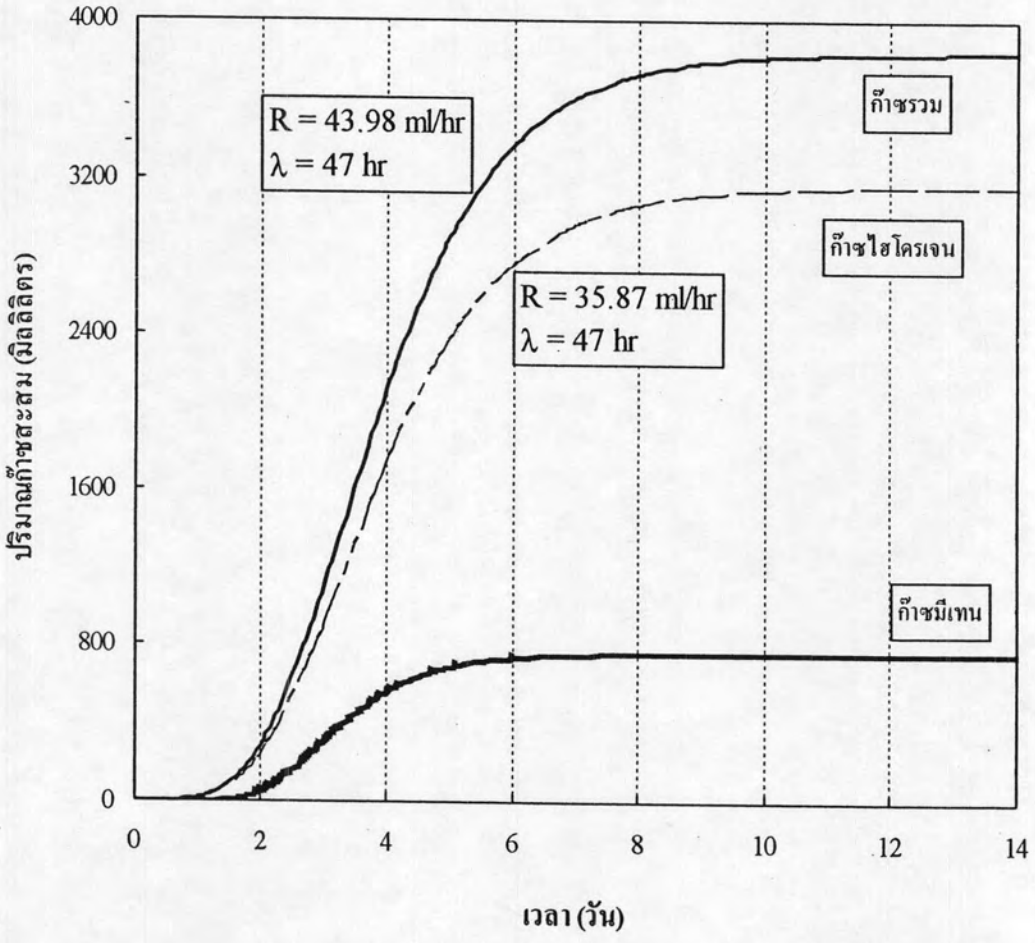
3) ผลการทดลองที่พีเอช 6.5

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าสูงมากใน 2 วันแรก และยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 96.5 ในวันที่ 4 ของการทดลอง โดยมีค่าซีโอดีเท่ากับ 114 มก./ล. ดังรูปที่4.23 กรดอินทรีย์ระเหยของระบบลดจาก 535.6 มก./ล. เป็น 75.0 มก./ล. เป็นการลดลงของกรดอินทรีย์ระเหยอย่างมาก ที่เป็นเช่นนี้อาจกล่าวได้ว่าแบคทีเรียในระบบสามารถใช้กรดอินทรีย์ที่เกิดในระบบได้อย่างรวดเร็ว ส่วนสภาพด่างทั้งหมดของระบบมีแนวโน้มลดลงเช่นกันเนื่องจากระบบสามารถคุมพีเอชที่เหมาะสมได้จึงไม่จำเป็นต้องเติมด่างอีก ขณะที่ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการทดลองนี้มีค่าสูงสุดในวันที่ 14 ของการทดลองคิดเป็น 3,838 มิลลิลิตร และอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพที่ได้ต่อเวลามีค่าเป็น 43.98 มล./ชม. ส่วนปริมาณก๊าซไฮโดรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากใน 5 วันแรกเท่ากับ 2,372 มิลลิลิตร และสูงสุดที่ 3,145 มิลลิลิตร ณ วันที่ 11 มีค่าอัตราการเกิดเทียบกับเวลาเท่ากับ 35.87 มล./ชม. ตามลำดับ

ส่วนประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นพบว่ามีอัตราส่วนก๊าซไฮโดรเจนต่อก๊าซรวมในวันที่ 11 เท่ากับร้อยละ 77.6 ก๊าซมีเทนร้อยละ 10.5 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 11.9 ตามลำดับ



ก) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหย และ สภาพด่างของน้ำเสียปลากระป๋องพีเอช6.5



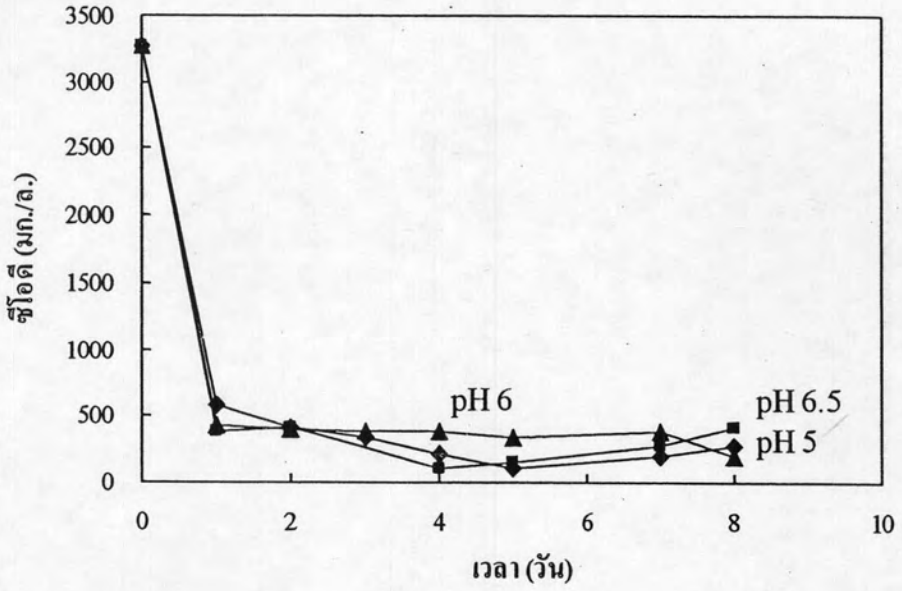
ข) ปริมาณก๊าซสะสมที่ผลิตขึ้น

รูปที่ 4.23 การทดลองน้ำเสียปลากระป๋องชุดการทดลองที่พีเอช 6.5

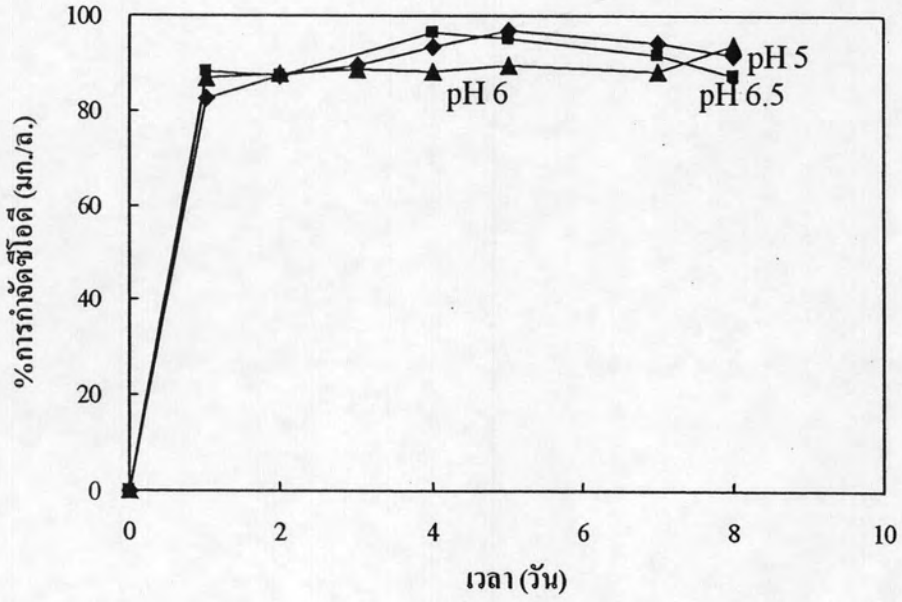
4.1.3.2 การเปรียบเทียบผลการทดลองน้ำเสียปลากระป๋องที่พีเอชต่าง ๆ

1) <u>การกำจัดซีโอดี</u>

ค่าซีโอดีในระบบของการทดลองทุกชุด ดังรูปที่ 4.24 พบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ และมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 103 – 3,272 205 – 3,272 และ 114 – 3,272 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่พีเอช 5 6 และ 6.5 ตามลำดับ หลังเวลาผ่านไป 5 วัน พบว่าชุดการทดลองที่พีเอช 5 มีค่าซีโอดีลดลงจาก 3,272 มก./ล. เหลือเท่ากับ 103 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดเท่ากับร้อยละ 96.8 รองมาคือชุดทดลองที่พีเอช 6.5 ซึ่งสามารถกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 96.5 ในวันที่ 4 ของการทดลอง โดยที่พีเอช 6 มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดเท่ากับร้อยละ 93.7 ในวันที่ 8 ของการทดลอง ตามลำดับ เห็นได้ว่าที่พีเอช 6 มีค่าซีโอดีลดลง และค่อนข้างคงที่ แต่หลังวันที่ 5 สำหรับการทดลองค่าพีเอช 5 และ 6.5 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกครั้งเท่ากับ 271 และ 409 มก./ล. ในวันที่ 8 ตามลำดับ การที่ค่าซีโอดีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอาจเนื่องจากเกิดการแตกตัวของเซลล์แบคทีเรียทำให้ปริมาณซีโอดีในส่วนนี้เพิ่มมากขึ้น



ก) ค่าซีโอดี



ข) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

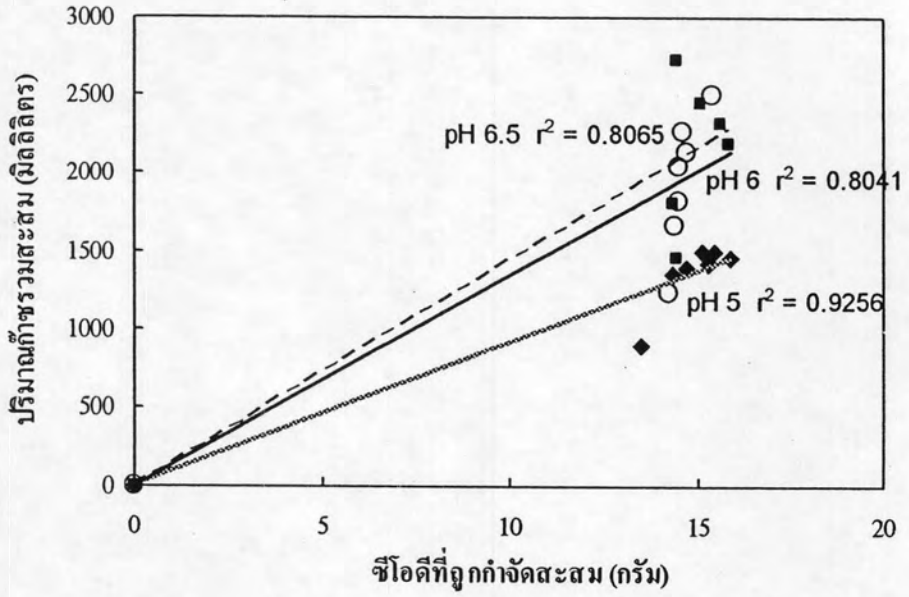
รูปที่ 4.24 การกำจัดซีโอดีน้ำเสียปลากระป๋องของทุกระดับค่าพีเอช

2) <u>อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจน</u>

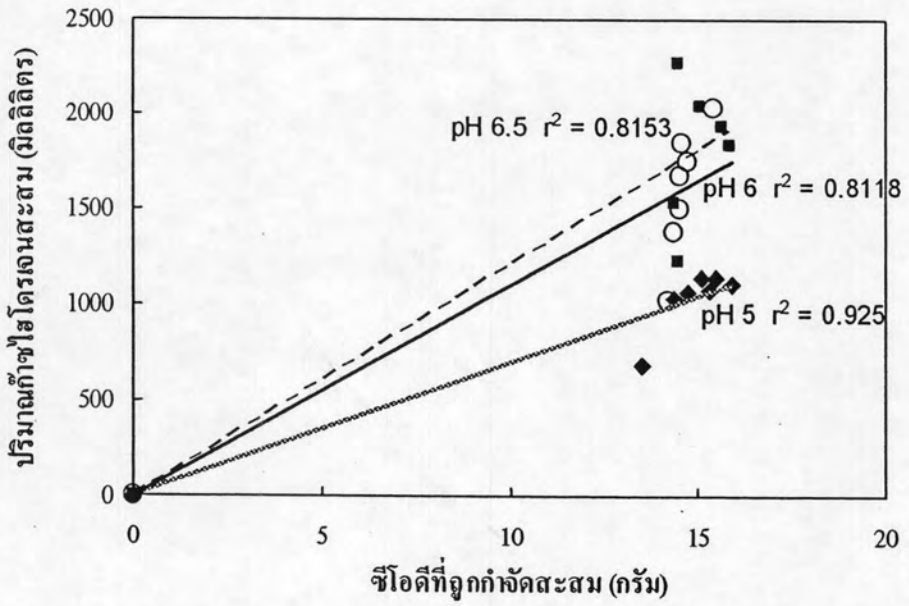
จากรูปที่ 4.25 (ก) เห็นได้ว่า อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพของทุกระดับพีเอชมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยในชุดการทดลองพีเอชที่ 5 มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 92 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ขณะที่พีเอช 6 และ 6.5 มีค่าเท่ากับ 134 และ 144 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ตามลำดับ โดยสรุปพบว่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพของน้ำเสียปลากระป๋องมีค่าสูงสุดที่พีเอช 6.5 รองลงมาคือที่พีเอช 6 และ 5 ตามลำดับ

อัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเป็นเครื่องวัดประสิทธิภาพการเกิดก๊าซไฮโดรเจนชีวภาพที่สำคัญมาก จากรูปที่ 4.25 (ข) ได้สรุปอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนชีวภาพที่มีอยู่ในระบบบำบัดโดยใช้น้ำเสียประเภทโปรตีน พบว่า อัตราการสร้างไฮโดรเจนอยู่ในช่วง 70 – 121 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด สำหรับชุดทดลองพีเอช 6.5 มีอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 121 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด จากรูปที่ 4.25 (ข) พบว่าอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนในชุดทดลองพีเอช 6 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 110 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด และอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนในชุดทดลองพีเอช 5 มีค่าเท่ากับ 70 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด

เมื่อนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนพบว่าที่ค่าพีเอช 6.5 มีอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนสูงสุดเท่ากับ 121 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด และมีองค์ประกอบของก๊าซไฮโดรเจนสูงมากถึงร้อยละ 79 ดังรูปที่ 4.25 (ข)



ก) การผลิตก๊าซชีวภาพ

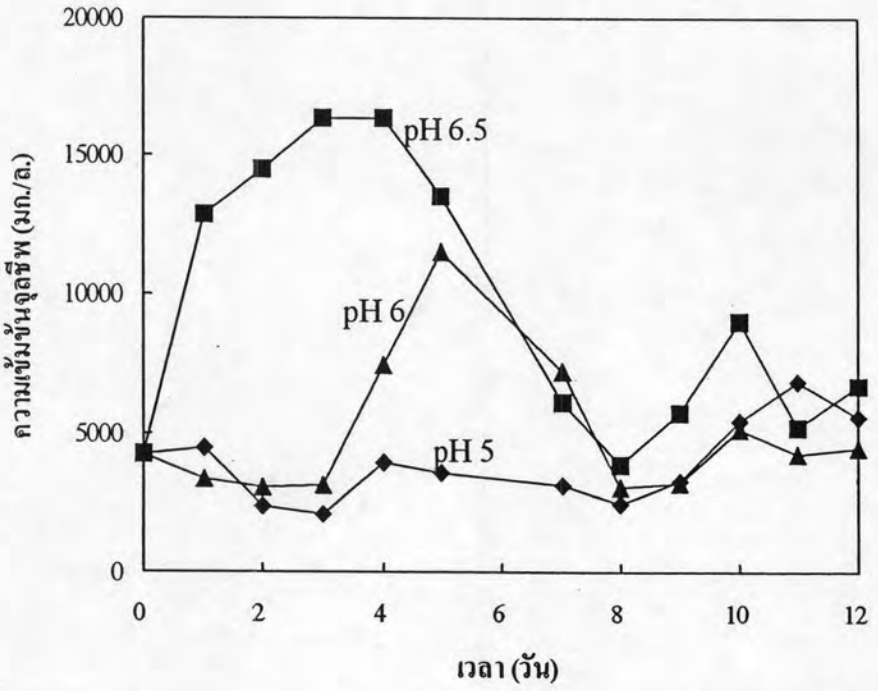


ข) การผลิตก๊าซไฮโดรเจน

รูปที่ 4.25 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียปลากระป๋องที่พีเอชต่าง ๆ

3) <u>ความเข้มข้นจุลชีพ</u>

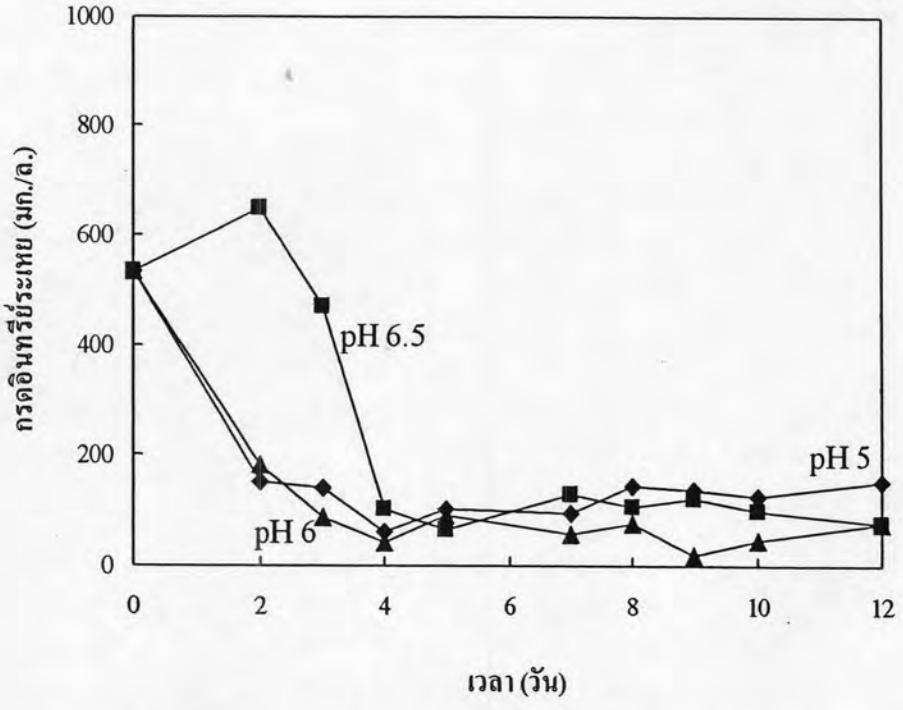
ความเข้มข้นจุลชีพเริ่มต้น 4,240 มก./ล. ค่าความเข้มข้นจุลชีพในระบบของการทดลองทุกชุดพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 2,080 - 6,860 3,040 - 11,520 และ 3,900 – 16,370 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่พีเอช 5 6 และ 6.5 ตามลำดับ จากรูปที่.4.26 ปริมาณความเข้มข้นจุลชีพในน้ำของชุดการทดลองที่พีเอช 6.5 มีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเท่ากับ 16,354 มก./ล. ในวันที่ 3 และลดลงในวันที่ 8 เหลือเท่ากับ 3,900 มก./ล. เช่นเดียวกับชุดพีเอช 6 วันที่ 5 ความเข้มข้นจุลชีพมีแนวโน้มสูงสุดเท่ากับ 11,520 และมีแนวโน้มลดลง ส่วนที่ชุดทดลองพีเอช 5 ให้ค่าความเข้มข้นจุลชีพที่เปลี่ยนแปลงไม่มากในช่วงวันที่ 4 ถึงวันที่ 8 แต่หลังจากนั้นมีค่าความเข้มข้นจุลชีพสูงขึ้นอีกที่วันที่ 11 เท่ากับ 6,860 มก./ล. และหลังจากเดินระบบจนถึงช่วงสุดท้ายในชุดทดลองพีเอชที่ 5 6 และ 6.5 มีค่าความเข้มข้นจุลชีพเท่ากับ 5,600 4,480 และ 6,680 มก./ล. ตามลำดับ



รูปที่ 4.26 ความเข้มข้นจุลชีพสำหรับทุกระดับค่าพีเอชของน้ำเสียปลากระป๋อง

4) <u>กรดอินทรีย์ระเหย</u>

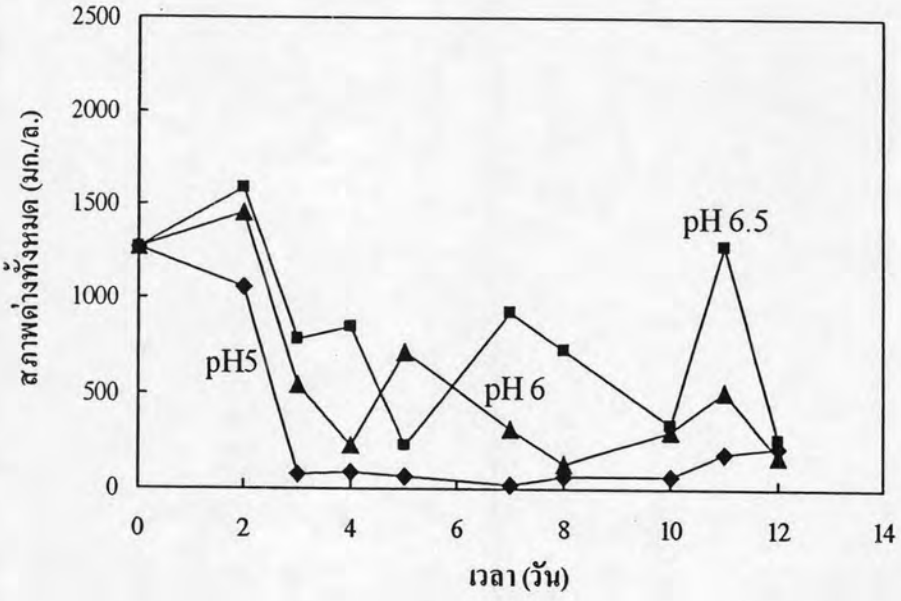
ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยที่เกิดขึ้นในระบบของการทดลองทุกชุด พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 60.0 - 535.6 17.8 - 535.6 และ 62.5 – 650.0 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่พีเอช 5 6 และ 6.5 ตามลำดับ โดยพบว่าชุดการทดลองที่พีเอชเท่ากับ 6.5 มีปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยสูงสุด ภายใน 2 วันแรก ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยมีค่าเท่ากับ 650 มก./ล.(ในเทอมของกรดอะเซติก) ดังแสดงในรูปที่ 4.27 ขณะที่ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยของพีเอช 5 และ 6 มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน จากเริ่มต้นเท่ากันที่ 535.6 มก./ล. เป็น 152.2 และ 180 มก./ล. ที่เวลา 2 วัน ตามลำดับ ซึ่งข้อแตกต่างดังกล่าวมีผลมาจากการคุมพีเอชไว้ที่ 6.5 ทำให้ระบบสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ดีขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยนั้น ย่อมส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชด้วย กล่าวคือ ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยที่ลดลงของชุดการทดลองพีเอชที่ 5 และ 6 ส่งผลให้พีเอชเพิ่มขึ้น และมีค่ากรดอินทรีย์ระเหยสุดท้ายเท่ากับ 151.8 และ 76.4 มก./ล. ตามลำดับ เช่นเดียวกับชุดพีเอช 6.5 ที่มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนภายหลัง 2 วัน จนเหลือระดับค่ากรดอินทรีย์ระเหยสุดท้ายเท่ากับ 73.7 มก./ล.



รูปที่ 4.27 กรดอินทรีย์ระเหยสำหรับทุกระดับค่าพีเอชของน้ำเสียปลากระป๋อง

5) <u>สภาพด่าง</u>

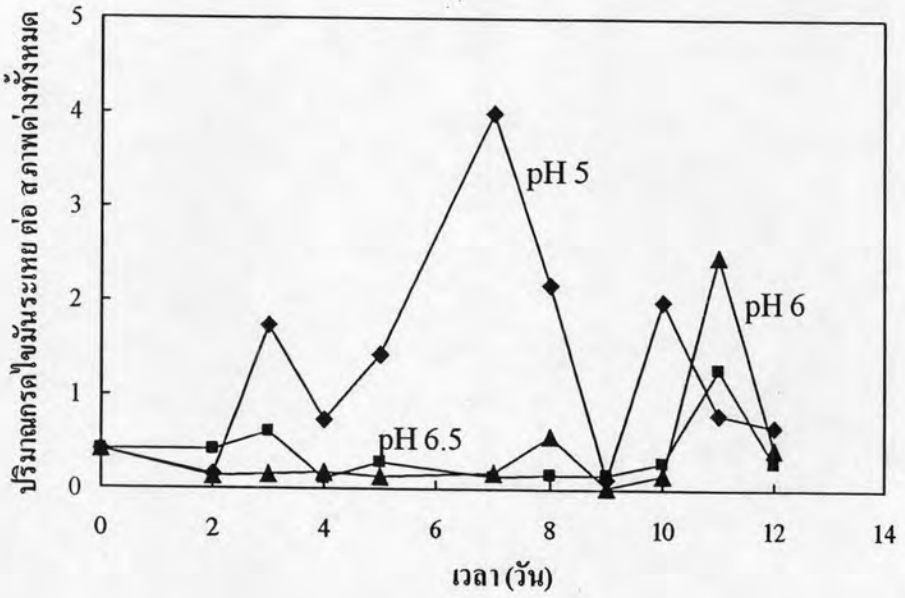
สภาพด่างตลอดการทดลองของชุดทดลองน้ำเสียปลากระป๋องแสดงดังรูปที่ 4.28 ซึ่งพบว่าค่าสภาพด่างของน้ำเสียเข้าระบบทุกระดับค่าพีเอชที่ทำการทดลองมีค่า 1,267 มก./ล.(ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) และในชุดทดลองที่พีเอช 5 6 และ 6.5 มีค่าสภาพด่างสุดท้ายเท่ากับ 223.2 175.9 และ 262.3 มก./ล. ตามลำดับ ในช่วงเวลากักเก็บ 3 ถึง 4 วัน สภาพด่างทั้งหมดมีค่าลดลงมาก โดยที่พีเอช 5 มีสภาพด่างลดลงจาก 1,053.5 ที่วันที่ 2 เหลือ 80 มก./ล. ที่วันที่ 3 จากนั้นจะมีค่าสภาพด่างคงที่ถึงวันสุดท้าย ส่วนที่ชุดทดลองพีเอช 6 และ 6.5 มีค่าสภาพด่างเท่ากับ 1,447 และ 1,583.3 มก./ล. ในวันที่ 2 ลดลงเหลือ 229 ในวันที่ 4 และ 223.9 มก./ล. ในวันที่ 5 ตามลำดับ ภายหลัง 4 วันผ่านไปค่าสภาพด่างทั้งหมดของชุดพีเอช 6 ของวันที่ 5 มีค่าเท่ากับ 723.4 มก./ล. ก่อนลดลงเหลือเท่ากับ 132.3 มก./ล. ในวันที่ 8 ขณะที่ชุดพีเอช 6.5 มีค่าสภาพด่างสูงขึ้นเป็น 926.8 มก./ล. ในวันที่ 7 กลับลดลงในช่วงสุดท้ายของการทดลอง



รูปที่ 4.28 สภาพด่างทั้งหมดของทุกระดับค่าพีเอชตลอดการทดลองน้ำเสียปลากระป๋อง

6) ค่าอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่าง

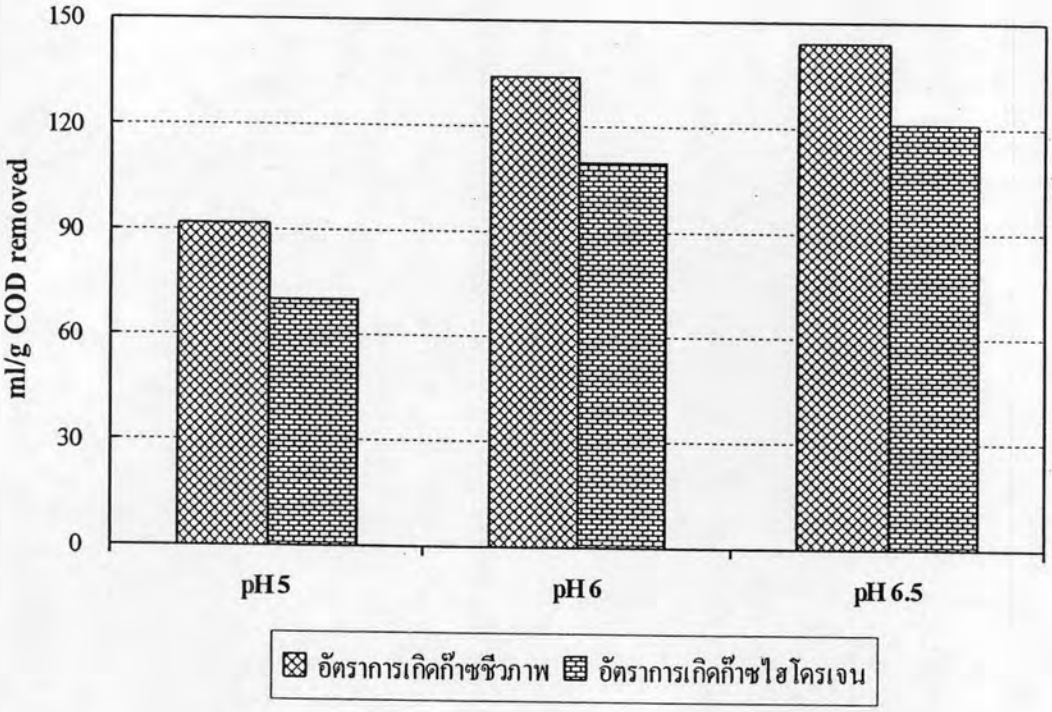
จากรูปที่ 4.29 เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดพบว่าชุดการทดลองที่พีเอช 5 มีค่าอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพด่างสูงสุดอยู่ที่ 4 ส่วนชุดการทดลองที่พีเอช 6 และ 6.5 ที่มีค่าค่อนข้างคงที่และใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง โดยมีค่าต่ำกว่า 0.5 แสดงถึงความเหมาะสมต่อระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ แต่ช่วงท้ายของการทดลองจะมีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 2.46 และ 1.28 ตามลำดับ



รูปที่ 4.29 อัตราส่วนปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย ต่อ สภาพความเป็นด่างทั้งหมดของทุกระดับค่าพีเอชตลอดการทดลองน้ำเสียปลากระป๋อง

4.1.3.3 สรุปผลการทดลองน้ำเสียปลากระป๋องที่พีเอชต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.30 สรุปได้ว่าสำหรับน้ำเสียปลากระป๋องที่พีเอช 6.5 มีอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงสุดใกล้เคียงกับชุดทดลองพีเอช 6 เท่ากับ 121 และ 110 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ตามลำดับ และจากรูป 4.25 (ข) ค่าอัตราการผลิตไฮโดรเจนของชุดพีเอช 6.5 มีค่าสูงกว่าชุดพีเอช 6 ดังนั้นจึงสรุปว่าชุดการทดลองที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาผลของหัวเชื้อจุลชีพที่ผ่านความร้อนที่มีผลต่อการผลิตไฮโดรเจน ของน้ำเสียปลากระป๋อง คือ ชุดการทดลองพีเอช 6.5



รูปที่ 4.30 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ และการกำจัดซีโอดีของชุดการทดลองน้ำเสียปลากระป๋อง

ตารางที่ 4.3 สรุปประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพของน้ำเสียปลากระป๋องที่พีเอชต่าง ๆ

พีเอช	อัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัด)	อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด (มิลลิลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัด)
5	70	92
6	110	134
6.5	121	144

4.2 ศึกษาผลของหัวเชื้อจุลชีพที่ผ่านความร้อนที่มีผลต่อการผลิตไฮโดรเจน

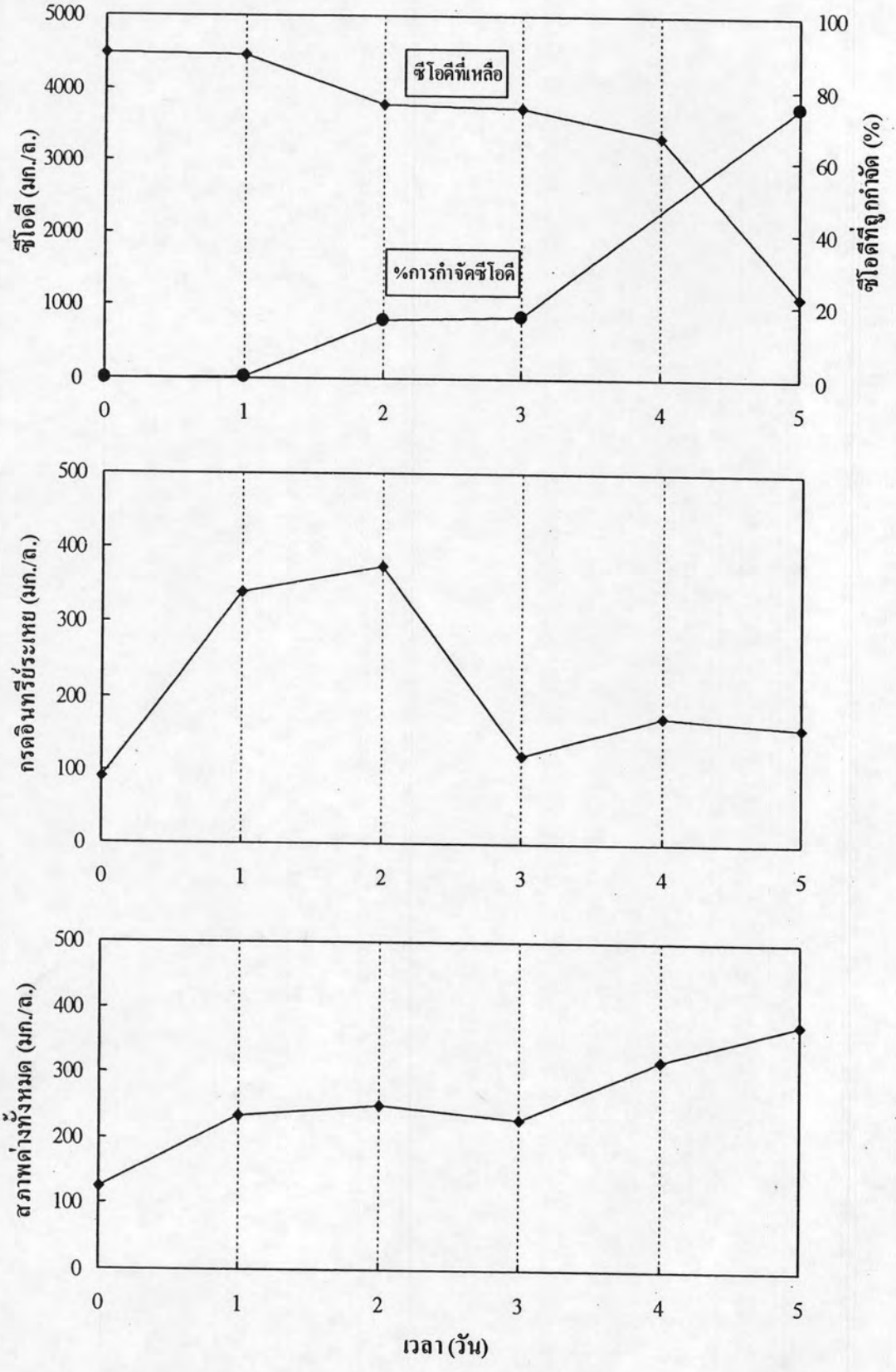
จากการศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน สำหรับน้ำเสียแต่ละประเภท พบอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนสูงสุดที่พีเอช 6 สำหรับชุดการทดลองน้ำเสียไบโอดีเซล ส่วนชุดการทดลองน้ำเสียแป้งมันพบที่พีเอช 6 และสำหรับน้ำเสียปลากระป๋องที่พีเอช 6.5 จึงทำการทดลองศึกษาผลของหัวเชื้อจุลชีพที่ผ่านความร้อนของน้ำเสียแต่ละชนิดตามค่าพีเอชที่เหมาะสม

4.2.1 น้ำเสียไบโอดีเซล

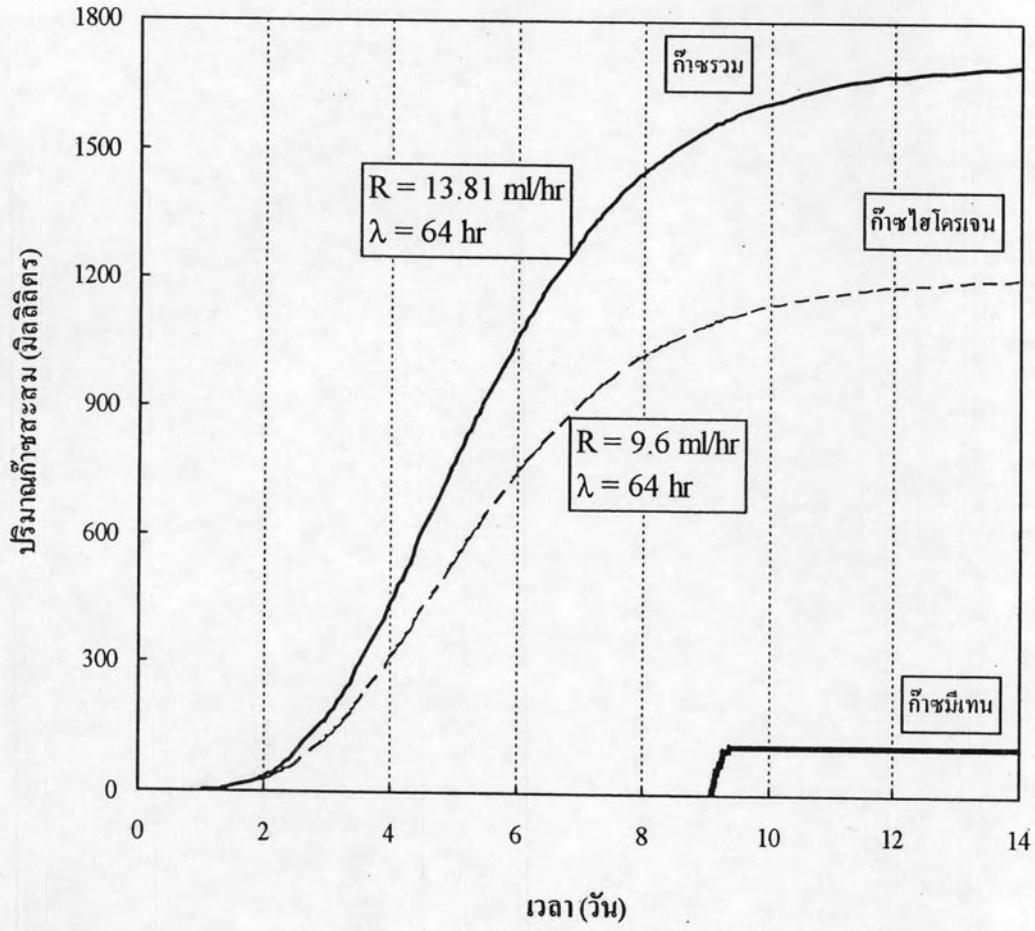
จากผลการทดลองชุดที่ 1 พบว่าการผลิตก๊าซไฮโดรเจนมีแนวโน้มสูงสุดในเวลา 2 วันแรก เท่านั้น ในการทดลองนี้จึงเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์เพียง 5 วันหลังจากเริ่มเดินระบบ การทดลองใช้น้ำเสียไบโอดีเซลที่เจือจาง ได้ค่าซีโอดีเริ่มต้นเท่ากับ 4,494 มก./ล. แล้วเติมหัวเชื้อจุลชีพที่ผ่านความร้อนวัดความเข้มข้นเริ่มต้น (ความเข้มข้นจุลชีพรวม) เท่ากับ 22,920 มก./ล. การใช้จุลชีพความเข้มข้นสูงขึ้นเนื่องจากไม่สามารถคาดประมาณจุลชีพที่ยังสามารถเจริญเติบโตได้ และปรับพีเอชน้ำเสียให้คงที่ตลอดการทดลองที่พีเอช 6

จากผลการทดลองพบว่าค่าซีโอดีมีแนวโน้มลดลงค่อนข้างช้าในช่วง 4 วันแรกของการเดินระบบ และลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 5 มีค่าซีโอดีเหลือประมาณ 1,126 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 75 การที่ซีโอดีในช่วง 4 วันแรกมีค่าลดลงช้า เนื่องจากสารอินทรีย์ในระบบถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหย ซึ่งทำให้ค่าซีโอดีสูง และเมื่อกรดอินทรีย์ระเหยบางส่วนถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพแล้วค่าซีโอดีจึงลดลงอย่างรวดเร็ว ปริมาณก๊าซสะสมที่เกิดขึ้นพบว่ามีค่าสูงสุดในวันที่ 14 ของการทดลอง โดยมีค่าเท่ากับ 1,698 มิลลิลิตร และพบว่ามีอัตราการเกิดก๊าซรวมต่อเวลาเท่ากับ 13.81 มล./ชม. ส่วนปริมาณก๊าซไฮโดรเจนมีปริมาณสูงร้อยละ 72 ของปริมาณก๊าซทั้งหมด มีอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนเทียบกับเวลาเป็น 9.6 มล./ชม. ดังรูปที่ 4.31

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองหัวเชื้อจุลชีพที่ผ่านความร้อนกับผลการทดลองปรับพีเอชเพียงอย่างเดียว พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และปริมาณก๊าซรวมสะสมมีค่าต่ำกว่าการปรับพีเอชเพียงอย่างเดียว แต่อัตราส่วนก๊าซไฮโดรเจนต่อก๊าซรวมพบว่ามีค่าสูงกว่าผลการทดลองหัวเชื้อจุลชีพที่ผ่านความร้อน ที่เวลาเดียวกัน กล่าวคือ ระบบที่ผ่านความร้อนมีไฮโดรเจนสูงถึงร้อยละ 72 ของปริมาณก๊าซทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าระบบที่ปรับพีเอชเพียงอย่างเดียวที่มีไฮโดรเจนร้อยละ 60



ก) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหย และ สภาพด่างของน้ำเสียไบโอดีเซล



ข) ปริมาณก๊าซสะสมที่ผลิตขึ้น

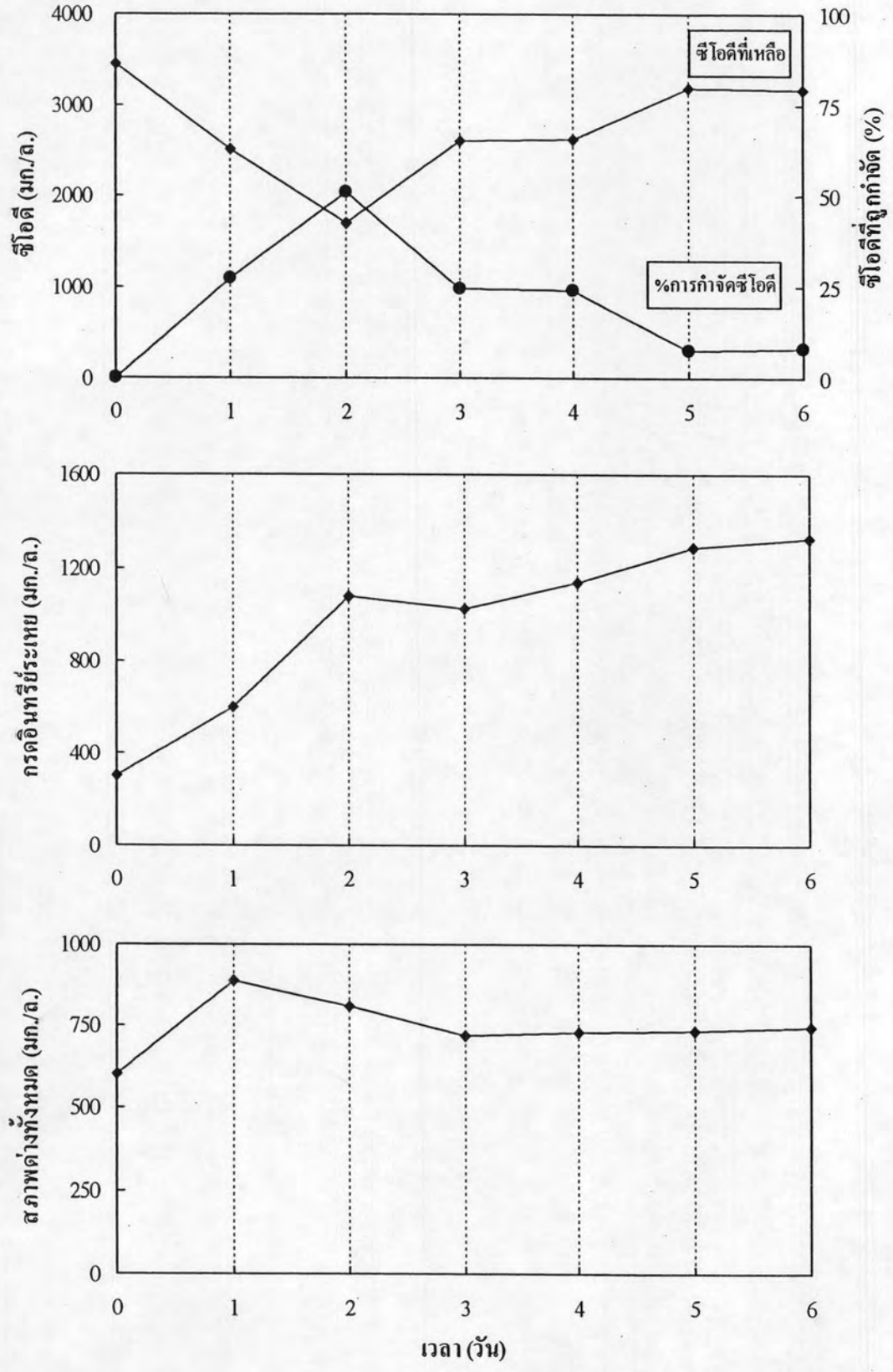
รูปที่ 4.31 การทดลองน้ำเสียไบโอดีเซลกับหัวเชื้อที่ผ่านการต้ม

4.2.2 น้ำเสียแป้งมัน

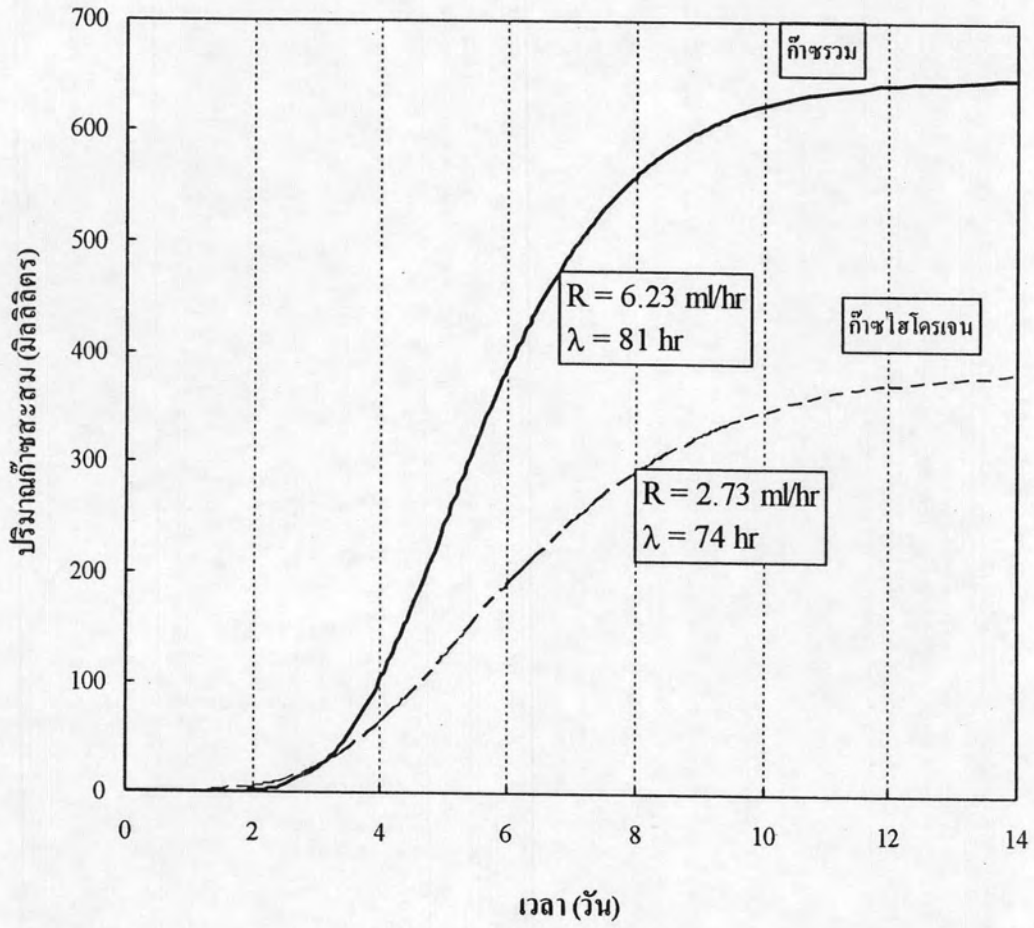
การทดลองใช้น้ำเสียแป้งมันที่เจือจางและมีค่าซีโอดีเริ่มต้นเท่ากับ 3,449 มก./ล. แล้วเติมหัวเชื้อจุลชีพที่ผ่านความร้อน ที่วัดความเข้มข้นเริ่มต้น (ความเข้มข้นจุลชีพรวม) เท่ากับ 17,100 มก./ล. และปรับพีเอชน้ำเสียให้คงที่ตลอดการทดลองที่พีเอช 6

ค่าซีโอดีมีแนวโน้มลดลงใน 2 วันแรกของการเดินระบบ และกลับมีค่าสูงขึ้นอีกในวันที่ 3 อาจเนื่องจากหัวเชื้อที่ใส่เข้าไปในระบบตอนเริ่มต้นตายลง และปล่อยองค์ประกอบภายในเซลปนเปื้อนในน้ำเสียทำให้ค่าซีโอดีของน้ำเสียมีแนวโน้มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามจากกราฟรูปที่ 4.32 พบว่าค่าซีโอดีลดลงต่ำสุดในวันที่ 2 ของการเดินระบบโดยมีค่าซีโอดีเท่ากับ 1,696 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 51 และเมื่อพิจารณาค่ากรดอินทรีย์ระเหยพบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้นทุกวัน และมีค่าสูงสุด เท่ากับ 1,322 มก./ล. ในวันที่ 6 ของการทดลอง ซึ่งบ่งชี้ว่าสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์ระเหยสะสมในระบบ ส่วนค่าสภาพด่างอยู่ในช่วง 601 – 887 มก./ล. เป็นผลมาจากการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อเพิ่มสภาพด่างให้แก่ระบบ ทำให้สามารถควบคุมพีเอชไว้ที่ 6 ได้ สำหรับปริมาณก๊าซสะสมมีค่าต่ำมาก ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าชุดการทดลองน้ำเสียไบโอดีเซล เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซไฮโดรเจนพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 390 มล. ในวันที่ 10 ของการทดลอง คิดเป็นร้อยละ 70 ของปริมาณก๊าซสะสมทั้งหมด โดยมีค่าอัตราการเกิดก๊าซรวมและก๊าซไฮโดรเจนเทียบกับเวลาได้เป็น 6.23 และ 2.73 มล./ชม. ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองของการปรับพีเอชน้ำเสียเพียงอย่างเดียวกับการปรับพีเอชร่วมกับการใช้หัวเชื้อที่ผ่านการให้ความร้อนพบว่าการใช้หัวเชื้อที่ผ่านการให้ความร้อนไม่มีส่วนช่วยให้ปริมาณการผลิตก๊าซไฮโดรเจนและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้น



ก) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหย และ สภาพด่างของน้ำเสียแป้งมัน



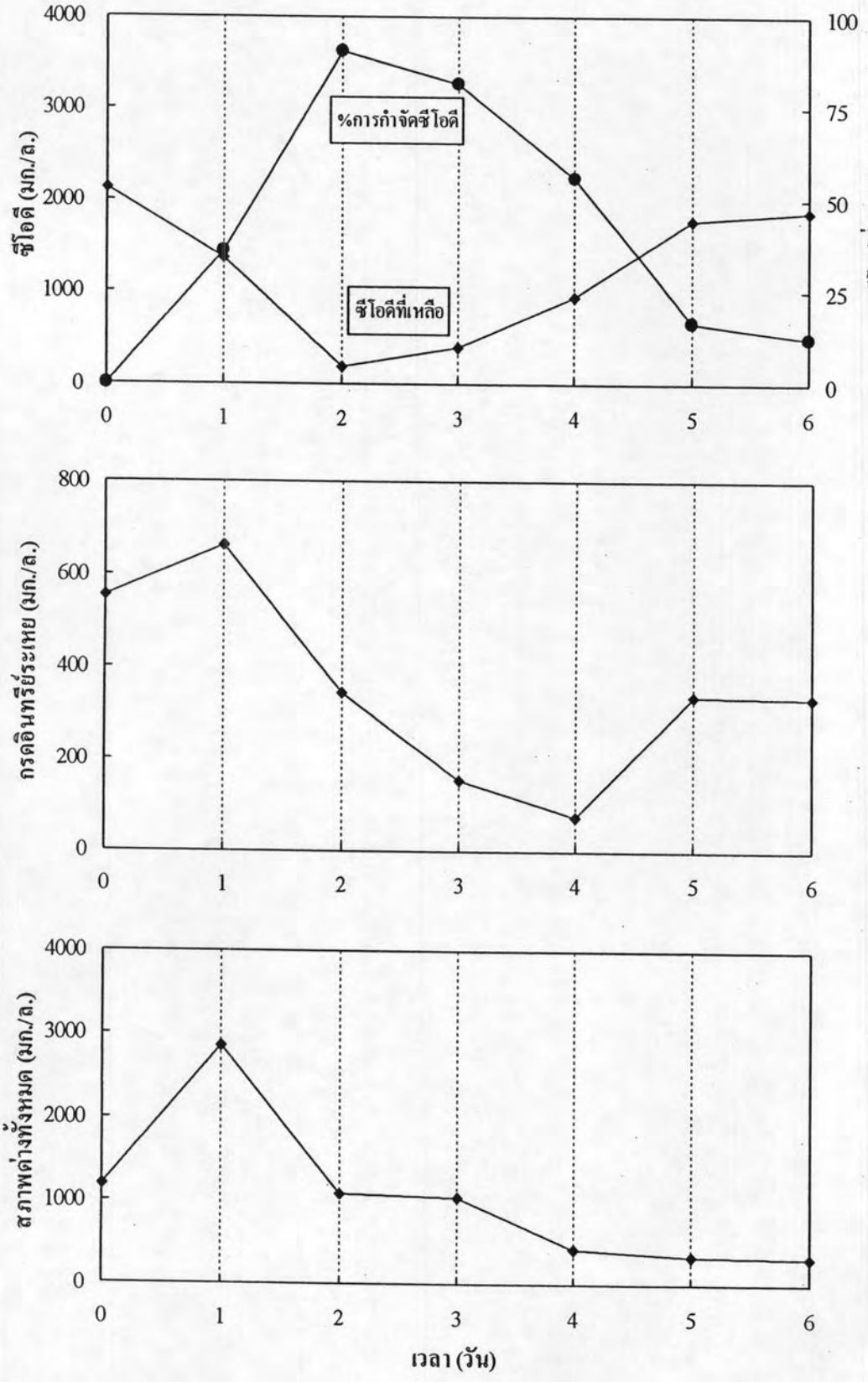
ข) ปริมาณก๊าซสะสมที่ผลิตขึ้น

รูปที่ 4.32 การทดลองน้ำเสียแป้งมันกับหัวเชื้อที่ผ่านต้ม

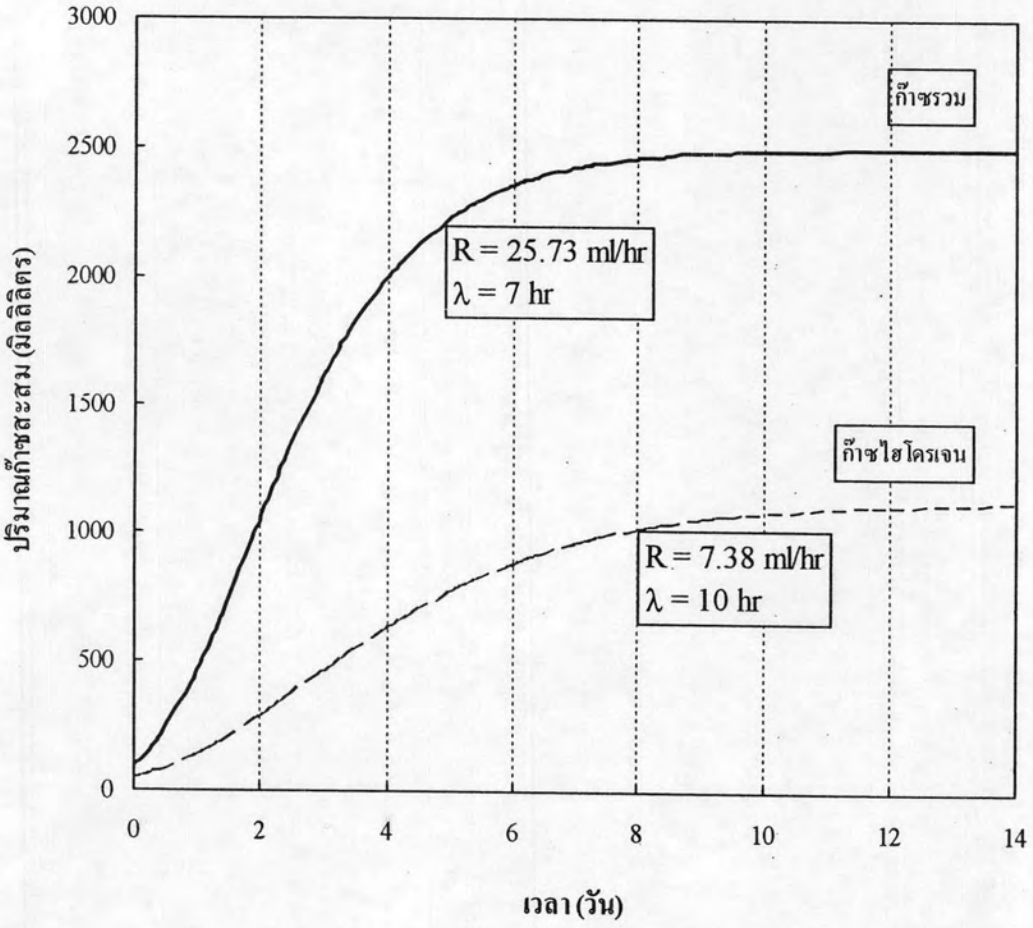
4.2.3 ชุดการทดลองน้ำเสียปลากระป๋องที่พีเอช 6.5

การทดลองใช้น้ำเสียปลากระป๋องที่เจือจางและวัดค่าซีโอดีเริ่มต้นได้เท่ากับ 2,116 มก./ล. แล้วเติมหัวเชื้อจุลชีพที่ผ่านความร้อน มีความเข้มข้นเริ่มต้น (ความเข้มข้นจุลชีพรวม) เท่ากับ 25,380 มก./ล. เมื่อให้ความร้อนแก่จุลชีพพบว่าบางส่วนตายไปจึงไม่สามารถคาดประมาณจุลชีพที่ยังสามารถเจริญเติบโตได้ และปรับพีเอชน้ำเสียให้คงที่ตลอดการทดลองที่พีเอช 6.5 เหตุที่ใช้พีเอช 6.5 เพราะว่าให้ค่าอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงที่สุดในชุดทดลองควบคุมพีเอช

ค่าซีโอดีมีแนวโน้มลดลงใน 2 วันแรกของการเดินระบบ และกลับมีค่าสูงขึ้นอีกในวันที่ 3 อาจเนื่องจากหัวเชื้อที่ใส่เข้าไปในระบบตอนเริ่มต้นตายลง และปล่อยองค์ประกอบภายในเซลปนเปื้อนในน้ำเสียทำให้ค่าซีโอดีของน้ำเสียมีแนวโน้มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามจากกราฟรูปที่ 4.33 พบว่าค่าซีโอดีลดลงต่ำสุดในวันที่ 2 ของการเดินระบบโดยมีค่าซีโอดีเท่ากับ 196 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดร้อยละ 90.75 และเมื่อพิจารณาค่ากรดอินทรีย์ระเหยพบว่ามีแนวโน้มลดลงแต่มีค่าสุดท้ายเพิ่มขึ้นเท่ากับ 331 มก./ล. ในวันที่ 6 ของการทดลอง สอดคล้องกับค่าซีโอดีที่มีค่าสูงขึ้นหลังวันที่ 2 ซึ่งบ่งชี้ว่าสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์ระเหยสะสมในระบบ ขณะที่ปริมาณก๊าซสะสมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2,464 มิลลิลิตร. ในวันที่ 8 ของการทดลอง ซึ่งมีปริมาณมากกว่าชุดการทดลองน้ำเสียไบโอดีเซล และชุดการทดลองน้ำเสียแป้งมัน เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซไฮโดรเจนพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,074 มิลลิลิตร ในวันที่ 10 ของการทดลอง คิดเป็นร้อยละ 74.7 ของปริมาณก๊าซสะสมทั้งหมด โดยมีอัตราการเกิดก๊าซรวมและก๊าซไฮโดรเจนต่อเวลาเท่ากับ 25.73 และ 7.38 มล./ชม. ตามลำดับ



ก) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหย และ สภาพด่างของน้ำเสียปลากระป๋อง



ข) ปริมาณก๊าซสะสมที่ผลิตขึ้น

รูปที่ 4.33 การทดลองน้ำเสียปลากระป๋องกับหัวเชื้อจุลชีพที่ผ่านการต้ม

4.3 เปรียบเทียบการทดลองปรับพีเอชน้ำเสีย และการใช้หัวเชื้อที่ผ่านการต้ม

4.3.1 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

จากผลการทดลองเปรียบเทียบการคุมพีเอชน้ำเสีย และ การต้มหัวเชื้อพบว่า น้ำเสียต่างชนิดกัน มีผลการทดลองที่แตกต่างกัน โดยน้ำเสียไบโอดีเซล และน้ำเสียแป้งมัน มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ ในสภาวะน้ำเสียที่มีการปรับพีเอชเท่ากับ 6 สูงกว่า ชุดการทดลองที่ใช้หัวเชื้อต้ม โดยมีค่าเท่ากับ 397 และ 406 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ขณะที่ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากการใช้หัวเชื้อต้มมีค่า 120 และ 36 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด อาจเป็นเพราะการต้มหัวเชื้อมีผลให้เซลแบคทีเรียบางส่วนถูกทำลายไม่สามารถผลิตก๊าซได้ แต่เมื่อพิจารณาอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพของน้ำเสียปลากระป๋อง พบว่ามีอัตราการผลิตก๊าซสูงสุดในชุดทดลองที่ใช้หัวเชื้อต้ม มีค่ามากกว่าชุดการทดลองควบคุมพีเอชของระบบดังนี้ 354 และ 144 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ตามลำดับ

4.3.2 อัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจน

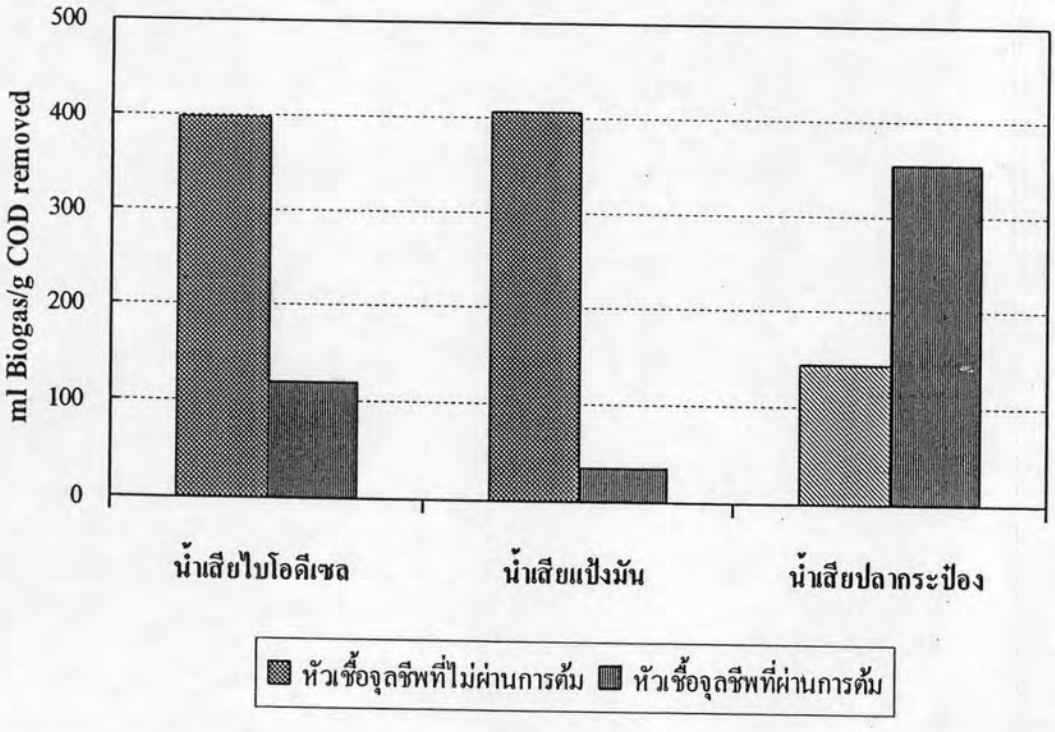
จากผลการทดลองเปรียบเทียบการคุมพีเอชน้ำเสีย และ การต้มหัวเชื้อพบว่า น้ำเสียไบโอดีเซล มีอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนในสภาวะน้ำเสียที่มีการปรับพีเอชเท่ากับ 6 เท่ากับ 235 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ขณะที่อัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากการใช้หัวเชื้อต้มมีค่า 84 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด

ส่วนน้ำเสียปลากระป๋องพบว่าอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนในสภาวะน้ำเสียที่มีการปรับพีเอช มีค่าสูงกว่า ชุดทดลองที่ใช้หัวเชื้อต้มเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนของน้ำเสียทั้ง 3 ชนิด พบว่าน้ำเสียปลากระป๋อง มีค่าสูงสุด สำหรับชุดทดลองผ่านการต้ม เท่ากับ 113 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด

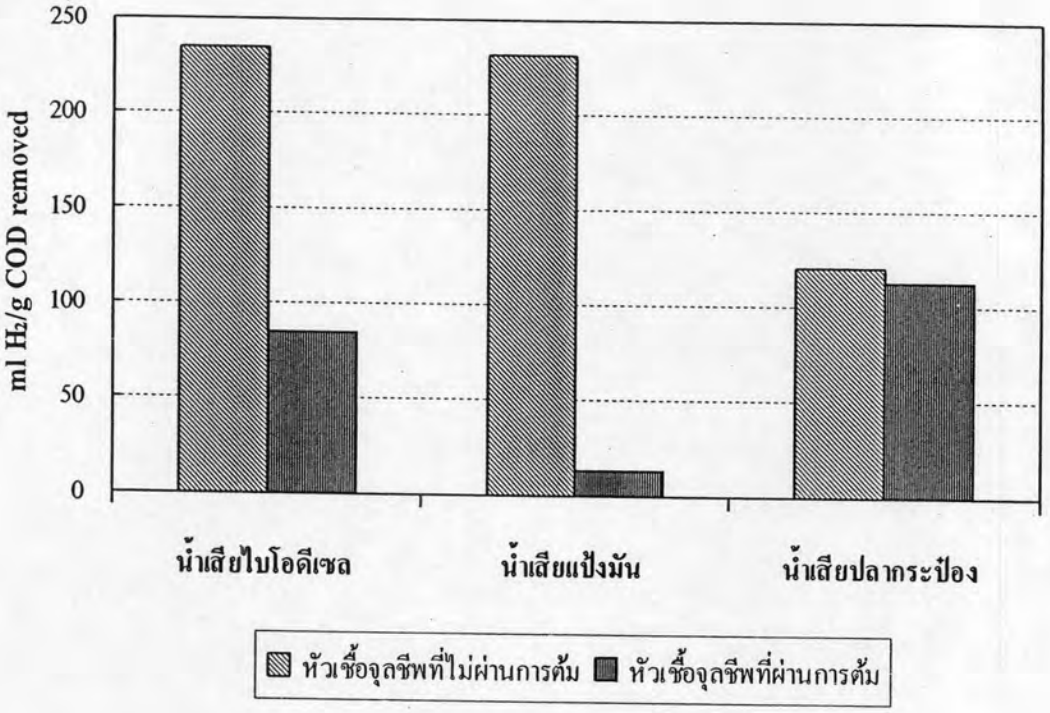
เมื่อนำข้อมูลอัตราการผลิตก๊าซได้สูงสุดจากกระบวนการหมักโดยการควบคุมพีเอชเปรียบเทียบกับการใช้หัวเชื้อต้มที่ 100 องศาเซลเซียส สามารถสรุปได้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนของน้ำเสีย 3 ชนิด ในสภาวะที่คุมพีเอชและผ่านการต้มหัวเชื้อ

เปรียบเทียบระหว่าง ชุดที่คุมพีเอชน้ำเสีย และ ต้มหัวเชื้อ	น้ำเสียไบโอดีเซล		น้ำเสียแป้งมัน		น้ำเสียปลากระป๋อง	
	พีเอช 6	พีเอช 6 และ ต้มหัวเชื้อ	พีเอช 6	พีเอช 6 และ ต้มหัวเชื้อ	พีเอช 6.5	พีเอช 6.5 และ ต้มหัวเชื้อ
อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (มิลลิลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัด)	397	120	406	36	144	354
อัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจน (มิลลิลิตร/กรัมซีโอดีที่กำจัด)	235	84	231	14	121	114



รูปที่ 4.34 เปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพของชุดที่คุมพีเอชน้ำเสีย และ การต้มหัวเชื้อ

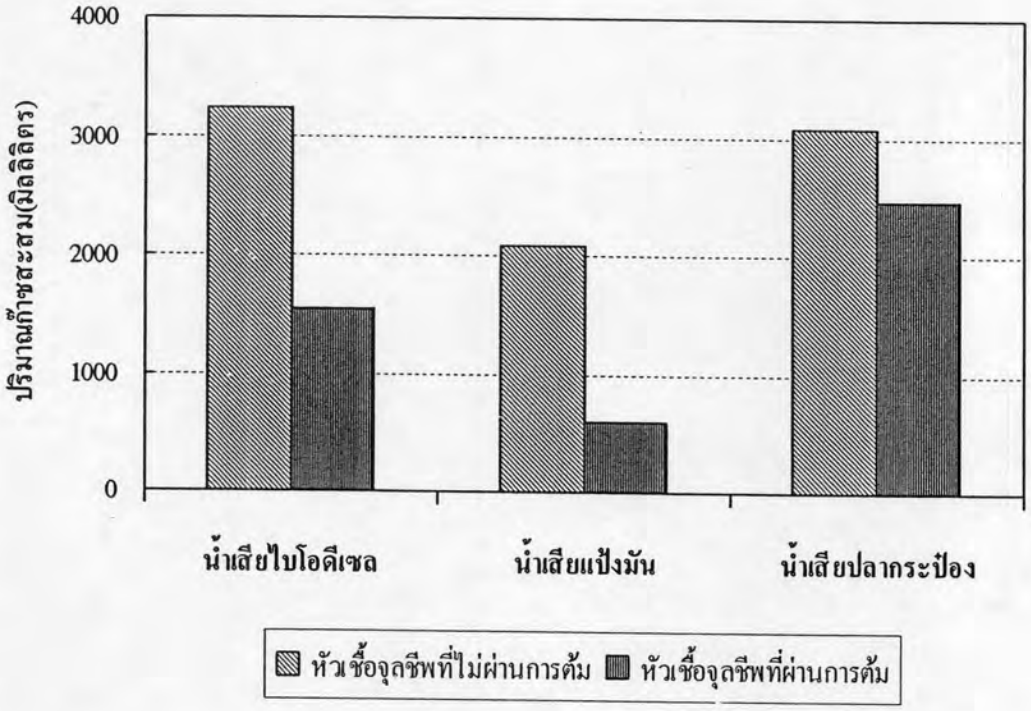


รูปที่ 4.35 เปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนของชุดที่คุมพีเอชน้ำเสีย และ การต้มหัวเชื้อ

4.3.3 ปริมาณก๊าซสะสม

จากรูปที่ 4.36 สรุปได้ว่าสำหรับชุดทดลองที่ใช้หัวเชื้อจุลชีพที่ไม่ผ่านการต้มของทุกชนิดน้ำเสียสามารถผลิตก๊าซได้มากกว่าหัวเชื้อจุลชีพที่ผ่านการต้ม โดยพบว่าชุดน้ำเสียปลากระป๋องที่ต้มหัวเชื้อจุลชีพมีค่าปริมาณก๊าซสะสมสูงสุดเท่ากับ 2,464 มิลลิลิตร ในวันที่ 8 ของการทดลอง ซึ่งมีค่ามากกว่าน้ำเสียอีกสองประเภท ทั้งนี้เป็นผลมาจากส่วนประกอบที่แตกต่างกันของน้ำเสีย เป็นผลให้ปริมาณของก๊าซที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไปด้วย เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพพบว่าไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 74.8 และ ก๊าซมีเทนร้อยละ 5.8 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 19.3 ตามลำดับ

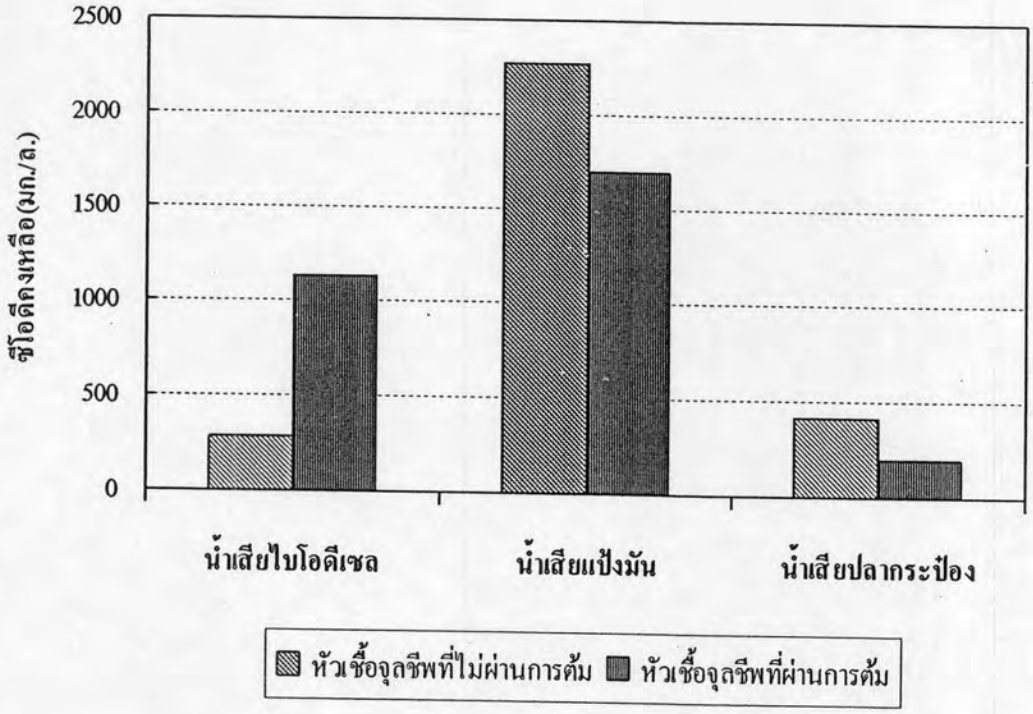
หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.36 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซสะสมของชุดที่คุมพีเอชน้ำเสีย และ การต้มหัวเชื้อ

4.3.4 ซีโอดีคงเหลือ

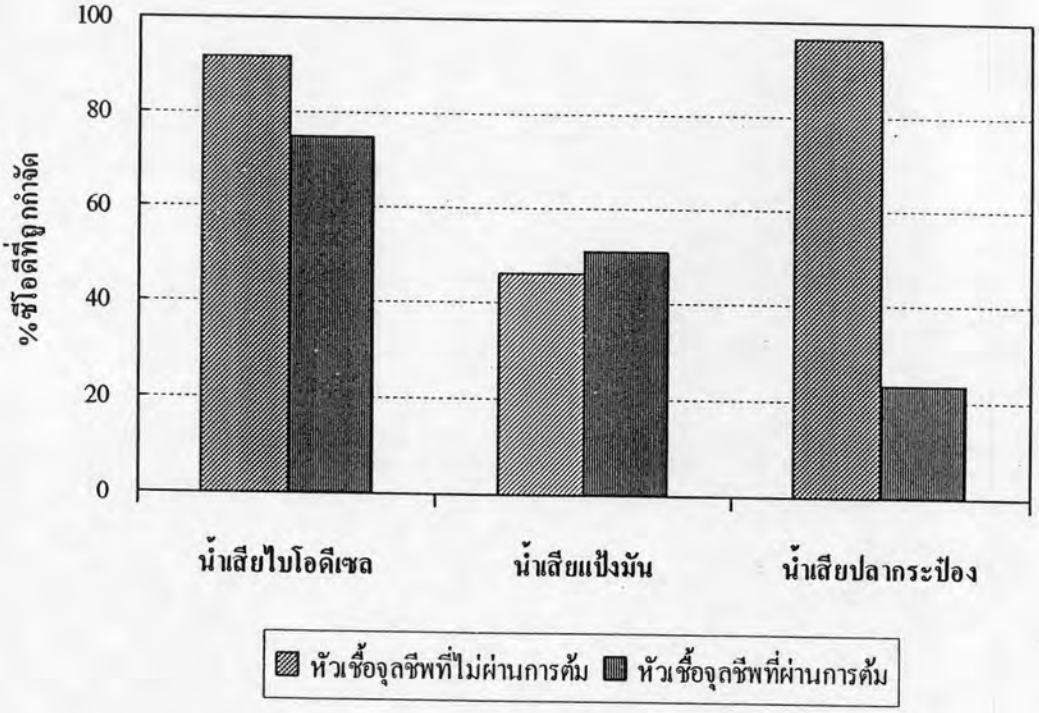
จากผลการทดลองเปรียบเทียบการคุมพีเอชน้ำเสีย และ การต้มหัวเชื้อพบว่า น้ำเสียต่างชนิดกัน มีผลการทดลองที่แตกต่างกันดังรูปที่ 4.37 สำหรับชนิดน้ำเสียแป้งมัน และ น้ำเสียปลากระป๋องที่มีค่าซีโอดีที่เหลือของชุดทดลองที่ใช้หัวเชื้อต้ม ต่ำกว่า ชุดการทดลองในสภาวะน้ำเสียที่มีการปรับพีเอช โดยพบว่าค่าซีโอดีที่เหลือจากการใช้หัวเชื้อต้มในชุดน้ำเสียแป้งมัน และน้ำเสียปลากระป๋อง มีค่าเท่ากับ 1,696 และ 195 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าสภาวะน้ำเสียที่มีการปรับพีเอชประมาณ 1 และ 2 เท่า ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและน้ำเสียประเภทคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนเองก็สามารถย่อยสลายได้ง่าย แม้หัวเชื้อจุลชีพนั้นผ่านการต้ม ก็ไม่มีผลต่อความสามารถในการทำงานของระบบ แต่หัวเชื้อจุลชีพที่ผ่านการต้มสำหรับน้ำเสียไบโอดีเซล ค่าซีโอดีที่เหลือกลับสูงกว่าหัวเชื้อที่ไม่ผ่านการต้ม



รูปที่ 4.37 เปรียบเทียบค่าซีโอดีคงเหลือของชุดที่คุมพีเอชน้ำเสีย และ การต้มหัวเชื้อ

4.3.5 ร้อยละซีโอดีที่ถูกกำจัด

จากรูปที่ 4.38 เมื่อนำค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดของชุดการทดลองคุมพีเอช น้ำเสีย และ การต้มหัวเชื้อ พบว่า ประเภทน้ำเสียแป้งมัน และปลากระป๋องที่ต้มหัวเชื้อ มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงมากกว่าชุดที่มีการคุมพีเอช โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับร้อยละ 50.9 และ 90.7 ตามลำดับ ขณะที่ชุดน้ำเสียไบโอดีเซลที่ผ่านการต้มหัวเชื้อกลับมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีต่ำกว่าชุดที่ควบคุมพีเอช สาเหตุน่าจะมาจากน้ำเสียไบโอดีเซลมีไขมันเป็นองค์ประกอบหลักที่มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่และซับซ้อนย่อยสลายยาก



รูปที่ 4.38 เปรียบเทียบร้อยละซีโอดีที่ถูกกำจัดของชุดที่คุมพีเอชน้ำเสีย และ การต้มหัวเชื้อ

4.3.6 สรุป

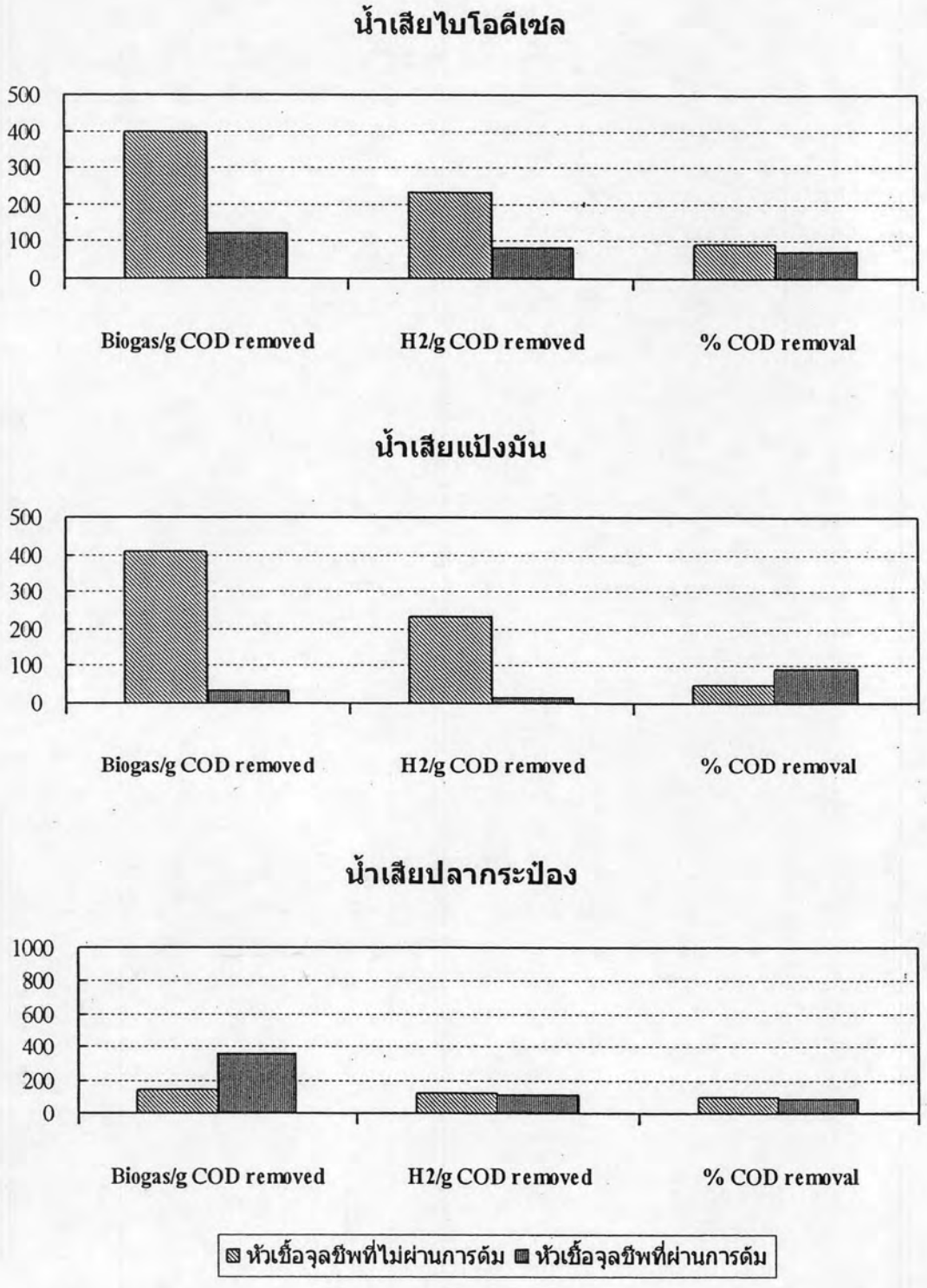
จากตารางที่ 4.5 แสดงถึงการเปรียบเทียบองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพรวมระหว่างชุดทดลองสภาวะที่คุมพีเอช และผ่านการต้มหัวเชื้อ พบว่าองค์ประกอบของก๊าซไฮโดรเจนสำหรับสภาวะผ่านการต้มหัวเชื้อจุลชีพมีแนวโน้มสูงกว่าสภาวะที่คุมพีเอช แม้เกิดปริมาณก๊าซชีวภาพรวมต่ำกว่า ทั้งนี้สังเกตจากน้ำเสียประเภทไบโอดีเซล และน้ำเสียแป้งมันที่มีองค์ประกอบของก๊าซไฮโดรเจนคิดเป็นร้อยละ 72.0 และ 70.0 ที่ภาวะต้มหัวเชื้อจุลชีพ และมีค่าปริมาณก๊าซชีวภาพรวมเท่ากับ 1,552 และ 600 มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพรวมที่มีปริมาณรองจากไฮโดรเจนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนระหว่างระบบที่มีการควบคุมพีเอชอย่างเดียว กับ ระบบที่ใช้หัวเชื้อต้มพบว่า ระบบที่มีการควบคุมพีเอชอย่างเดียวสามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนในปริมาณสูง สำหรับการกำจัดซีโอดีเห็นได้ว่าน้ำเสียแป้งมันในระบบที่มีการต้มหัวเชื้อจุลชีพสามารถกำจัดซีโอดีได้สูงกว่าระบบที่ควบคุมพีเอช อาจเนื่องมาจากลักษณะของน้ำเสียแป้งมัน ที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายกว่าน้ำเสียไบโอดีเซล ดังรูปที่ 4.39

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพรวม ระหว่างสภาวะที่คุมพีเอช และผ่านการต้มหัวเชื้อ

น้ำเสีย	สภาวะ	ปริมาณก๊าซชีวภาพรวม (มิลลิลิตร)	องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ (%)			
			H_2	CO_2	CH_4	N_2
ไบโอดีเซล	ปรับพีเอชเท่ากับ 6	3240	60.0	17.5	18.8	3.7
	พีเอช 6 และต้มหัวเชื้อจุลชีพ	1552	72.0	27.0	-	0.1
แป้งมัน	ปรับพีเอชเท่ากับ 6	2350	59.4	17.0	20.5	3.1
	พีเอช 6 และต้มหัวเชื้อจุลชีพ	600	70.0	22.0	-	8.0
ปลากระป๋อง	ปรับพีเอชเท่ากับ 6.5	3839	82.0	10.6	7.4	-
	พีเอช 6.5 และต้มหัวเชื้อจุลชีพ	2500	74.8	19.3	5.8	-

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนของน้ำเสียในการศึกษานี้กับการทดลองอื่น ๆ ดังตารางที่ 4.6 พบว่าอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนส่วนใหญ่สำหรับผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าชุดทดลองน้ำเสียที่ปรับค่าพีเอชมีค่าสูงกว่าข้อมูลอ้างอิงในตาราง โดยเฉพาะชุดทดลองน้ำเสียไบโอดีเซล และ น้ำเสียแป้งมันที่มีค่าอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน 235 และ 231 มล./กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด เมื่อพิจารณาชุดทดลองน้ำเสียแป้งมันที่ปรับค่าพีเอชเป็น 6 เปรียบเทียบกับน้ำเสียคาร์โบไฮเดรตที่ปรับค่าพีเอชเป็น 5.7 พบว่าผลการวิจัยมีค่าอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงกว่า 1 เท่าทีเดียว แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการผลิตไฮโดรเจน แต่สำหรับชุดทดลองที่ผ่านความร้อนโดยส่วนใหญ่นั้นมีค่าอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนต่ำกว่าชุดทดลองที่ปรับค่าพีเอชเพียงอย่างเดียว และข้อมูลที่นำมาอ้างอิง สรุปได้ว่าชุดทดลองที่ปรับค่าพีเอชเพียงอย่างเดียวนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป



รูปที่ 4.39 สรุปผลการเปรียบเทียบของชุดที่คุมพีเอชน้ำเสีย และ การต้มหัวเชื้อในน้ำเสียทุกประเภท

ตารางที่ 4.6 สรุปผลการเปรียบเทียบกับผลการวิจัยอื่น ๆ

ประเภทน้ำเสีย	อัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจน	สภาวะที่ทำการทดลอง	เอกสารอ้างอิง
น้ำเสียคาร์โบไฮเดรต	107.8 (ml/g Glu consumed)	ควบคุมพีเอชไว้ที่ 5.7	Dae - Yeol, Conly L. Hansen (2006)
น้ำเสียซูโครส น้ำเสียแป้ง	214 ml H_2/g COD 125 ml H_2/g COD	แบบแบตช์ พีเอชตั้งต้น 4.5	Khanal และ คณะ (2004)
ของเสียประเภทเศษอาหารและกากตะกอนของเสีย (87:13)	122.9 ml/g carbohydrate-COD	Leaching – bed reactor	Kim, Han และ Shin (2004)
ชุดทดลองน้ำเสียไบโอดีเซลที่ปรับค่าพีเอช	235 ml H_2/g COD removed	คุมพีเอชที่ 6	ผลการวิจัย
ชุดทดลองน้ำเสียแป้งมันที่ปรับค่าพีเอช	231 ml H_2/g COD removed	คุมพีเอชที่ 6	ผลการวิจัย
ชุดทดลองน้ำเสียปลากระป๋องที่ปรับค่าพีเอช	121 ml H_2/g COD removed	คุมพีเอชที่ 6.5	ผลการวิจัย
ชุดทดลองน้ำเสียไบโอดีเซลที่ผ่านความร้อน	84 ml H_2/g COD removed	ต้มหัวเชื้อที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที และคุมพีเอชที่ 6	ผลการวิจัย
ชุดทดลองน้ำเสียแป้งมันที่ผ่านความร้อน	14 ml H_2/g COD removed	ต้มหัวเชื้อที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที และคุมพีเอชที่ 6	ผลการวิจัย
ชุดทดลองน้ำเสียปลากระป๋องที่ผ่านความร้อน	114 ml H_2/g COD removed	ต้มหัวเชื้อที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที และคุมพีเอช6.5	ผลการวิจัย