

บทที่ 4

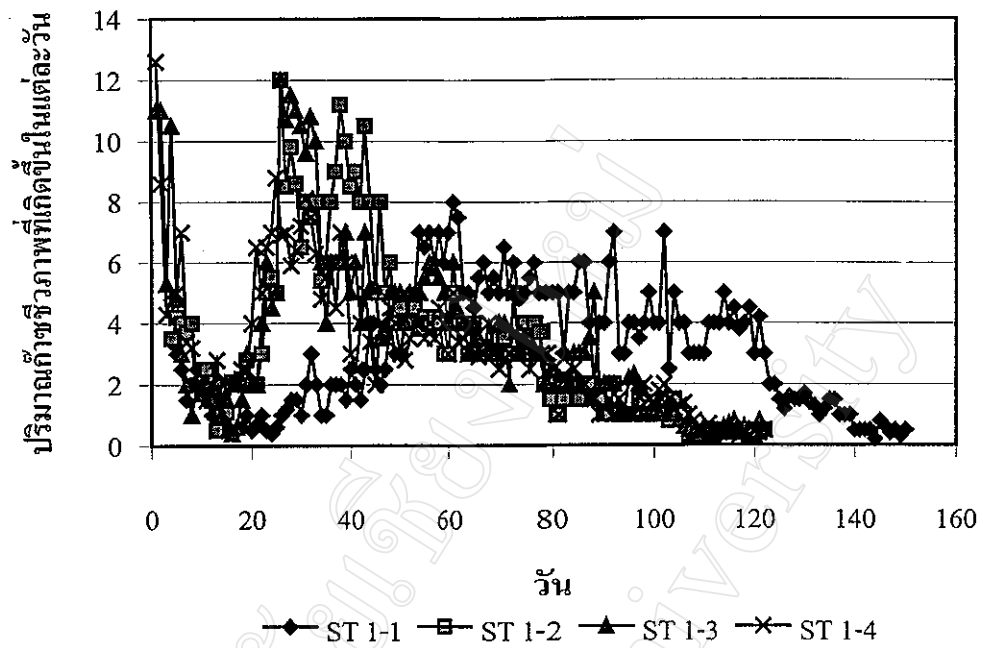
ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาเรื่องผลของอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยต่อการกำจัดสารอินทรีย์ในมูลฝอยจากตลาดโดยใช้วิธีการหมักไร้ออกซิเจนแบบลิซเบด ใช้ระยะเวลาในการศึกษาทั้งหมด 215 วัน ผลการทดลองย่อยสลายมูลฝอยมีรายละเอียดดังนี้

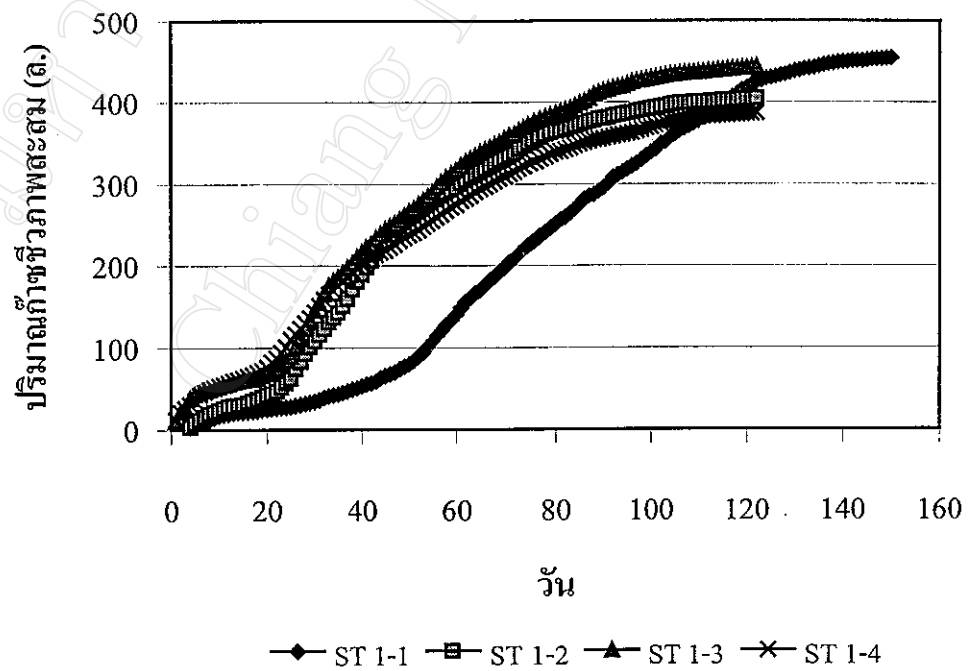
4.1 การสร้างถังปฏิกิริยาที่มีสถานะเสถียรในขั้นตอนแรก

4.1.1 ปริมาณก๊าซชีวภาพ

ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการทดลองในแต่ละวันและปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 รายละเอียดแสดงในตารางภาคผนวก ก วันแรกของการทดลองถึงปฏิกิริยา ST 1-1 และ ST 1-2 เกิดการรั่วจึงทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพไม่ได้เป็นเวลา 3 วัน ส่วนถึงปฏิกิริยา ST 1-3 และ ST 1-4 เกิดก๊าซชีวภาพเท่ากับ 11.0 และ 12.6 ล. ตามลำดับ จากนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพจากถังปฏิกิริยา ST 1-3 และ ST 1-4 ลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนถึงปฏิกิริยา ST 1-1 และ ST 1-2 ในวันที่ 4 ที่ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพได้ พบว่ามีปริมาณก๊าซชีวภาพเกิดขึ้น 3.4 และ 3.5 ล. ตามลำดับ หลังจากวันที่ 19 ของการทดลอง ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากถังปฏิกิริยา ST 1-4 เริ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงวันที่ 28 ของการทดลอง หลังจากนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งค่อนข้างคงที่ในวันที่ 109 ถึง 122 ของการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.3-0.7 ล. ถึงปฏิกิริยา ST 1-2 และ ST 1-3 มีแนวโน้มการเกิดก๊าซชีวภาพคล้ายกับถึงปฏิกิริยา ST 1-4 วันที่ 22 ของการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงวันที่ 28 ของการทดลอง ปริมาณก๊าซชีวภาพเริ่มมีแนวโน้มลดลง บางช่วงมีการแปรผันของปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น โดยก๊าซชีวภาพที่เกิดมีค่าสูงต่ำสลับกันแต่มีแนวโน้มลดลง หลังจากวันที่ 106 ของการทดลอง พบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นค่อนข้างคงที่แปรผันไม่มากนักอยู่ในช่วง 0.8-0.3 ล. เนื่องจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายเหลืออยู่น้อยมาก ส่วนถึงปฏิกิริยา ST 1-1 หลังจากวัดปริมาณก๊าซชีวภาพในวันที่ 4 ของการทดลองได้แล้วพบว่าวันต่อปริมาณก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ จนแทบจะไม่เกิดก๊าซชีวภาพเลยซึ่งต่างจากถังปฏิกิริยาอื่น ๆ วันที่ 26 ของการทดลองเกิดก๊าซชีวภาพ 1 ล. หลังจากนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงวันที่ 47 ของการทดลองตั้งแต่วันที่ 48 ของการทดลองเป็นต้นไปมีปริมาณก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นค่อนข้างมากในแต่ละวัน และมีแนวโน้ม



รูปที่ 4.1 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

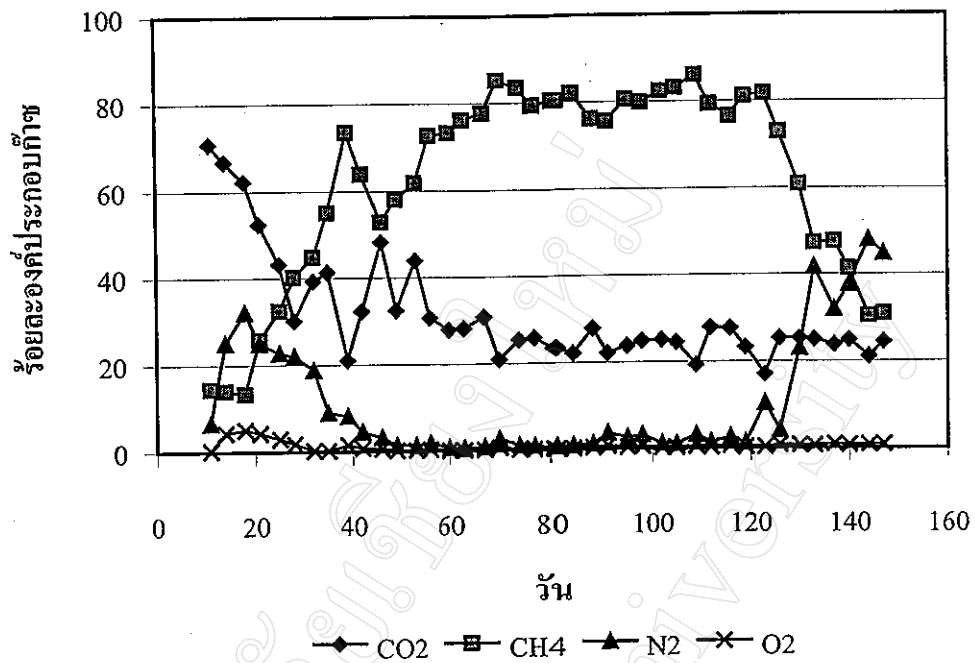


รูปที่ 4.2 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม

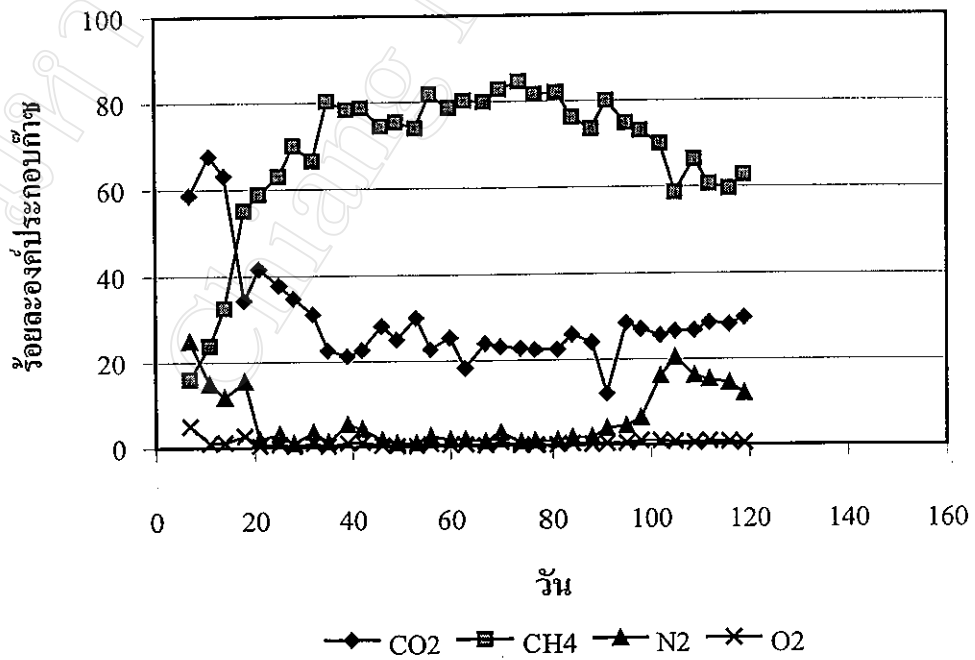
ลดลงอย่างช้า ๆ จนถึงวันที่ 140 ของการทดลอง ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเริ่มคงที่โดยอยู่ในช่วง 0.2-0.5 ล. เมื่อสังเกตปริมาณก๊าซชีวภาพจากทั้ง 4 ถึงปฏิบัติการพบว่าถึงปฏิบัติการ ST 1-1 เกิดก๊าซชีวภาพช้ากว่าถึงปฏิบัติการอื่น ๆ ตั้งแต่วันที่ 20 ของการทดลองถึงปฏิบัติการอื่น ๆ มีการเพิ่มปริมาณก๊าซอย่างรวดเร็ว แต่ปริมาณก๊าซชีวภาพจากถึงปฏิบัติการ ST 1-1 เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เนื่องจากจากช่วงนี้พีเอชของน้ำชะมูลฝอยจากถึงปฏิบัติการ ST 1-1 ลดต่ำกว่า 6 และกรดระเหยก็มีค่าสูงเช่นเดียวกันแสดงว่าในช่วงนี้จุลินทรีย์แทบจะไม่ได้ใช้กรดอินทรีย์ไปในการสร้างมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ออกไซด์เนื่องจากการสะสมกรดระเหยเป็นปริมาณมาก ทำให้พีเอชลดต่ำลงมาและจะไปยับยั้งกระบวนการย่อยสลาย โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซมีเทนจะมีความรู้สึกไวต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชมาก แต่เมื่อเวลาผ่านไปมีการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ได้จากชีโอดีเริ่มมีแนวโน้มลดลง ความเข้มข้นของแอมโมเนียจะเพิ่มมากขึ้นทำให้พีเอชสูงขึ้น จุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซมีเทนจึงสามารถทำงานได้ต่อไป เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการทดลองถึงปฏิบัติการ ST 1-1, ST 1-2, ST 1-3 และ ST 1-4 เท่ากับ 455, 405, 444 และ 387 ล. ตามลำดับ หรือเฉลี่ยเท่ากับ 3.03, 3.32, 3.64 และ 3.17 ล./วัน

4.1.2 องค์ประกอบก๊าซและปริมาณก๊าซแต่ละชนิด

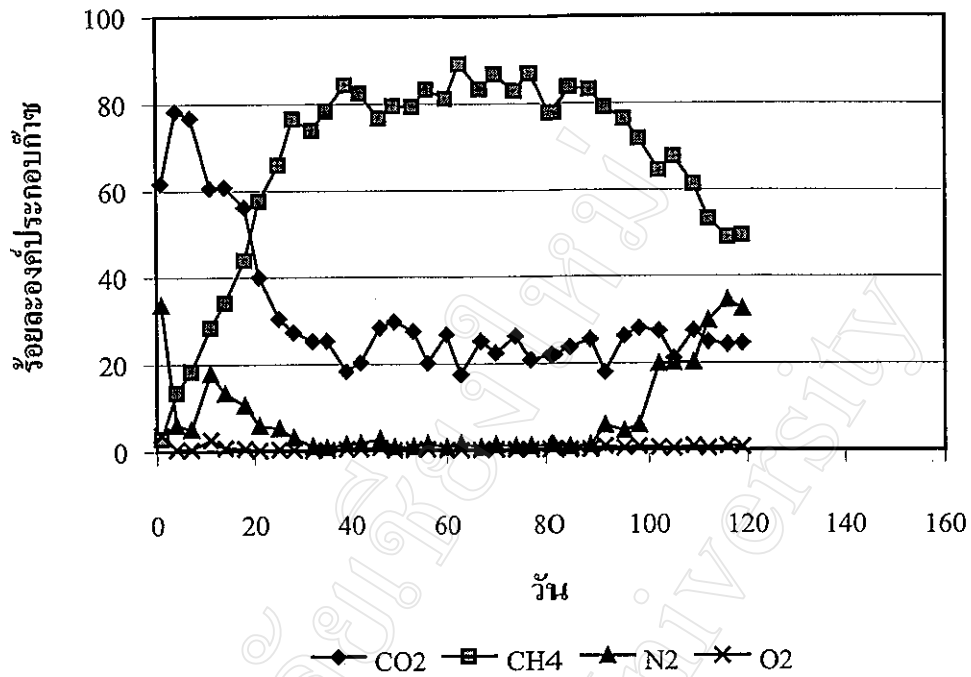
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซแสดงในรูปที่ 4.3-4.6 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข และเมื่อนำองค์ประกอบก๊าซและปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นมาพิจารณาร่วมกันจะได้ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดแสดงในรูปที่ 4.7-4.10 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค การแปรเปลี่ยนองค์ประกอบของก๊าซต่าง ๆ ตลอดการทดลองมีดังต่อไปนี้ ในวันแรกที่ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซจะพบออกซิเจนในปริมาณที่ต่ำกว่าร้อยละ 8 ทั้งนี้เป็นเพราะยังคงมีอากาศหลงเหลืออยู่บ้างในถังปฏิบัติการหลังจากบรรจุมูลฝอย หลังจากนั้นจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้ออกซิเจนจะใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์จนกระทั่งออกซิเจนถูกใช้หมด ในโตรเจนในวันแรกของการทดลองอยู่ในช่วงร้อยละ 30-34 เนื่องจากอากาศที่หลงเหลืออยู่ในถังปฏิบัติการ หลังจากนั้นก็มีแนวโน้มค่อย ๆ ลดลง ในขณะที่คาร์บอนไดออกไซด์ตรวจพบในปริมาณที่สูงตั้งแต่วันแรกทั้งนี้เนื่องจากปฏิบัติการย่อยสลายทางชีววิทยาเริ่มเกิดกระบวนการเปลี่ยนสารอินทรีย์เชิงซ้อนให้เป็นกรดอินทรีย์จึงเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นด้วยซึ่งเป็นการย่อยสลายมูลฝอยแบบไร้ออกซิเจนในช่วงระยะสร้างกรด โดยองค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพจากถึงปฏิบัติการ ST 1-1, ST 1-2, ST 1-3 และ ST 1-4 มีค่าสูงสุดในวันที่ 11, 11, 7 และ 4 ของการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 74.8, 67.7, 76.8 และ 70.8 ตามลำดับ ในช่วง 2 สัปดาห์แรกองค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 40-79 หลังจากนั้นก็มีแนวโน้มค่อย ๆ ลดลง ในขณะที่องค์ประกอบที่เป็นมีเทนมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เกิดจากจุลินทรีย์ประเภทสร้างมีเทนเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นก๊าซมีเทน ซึ่ง



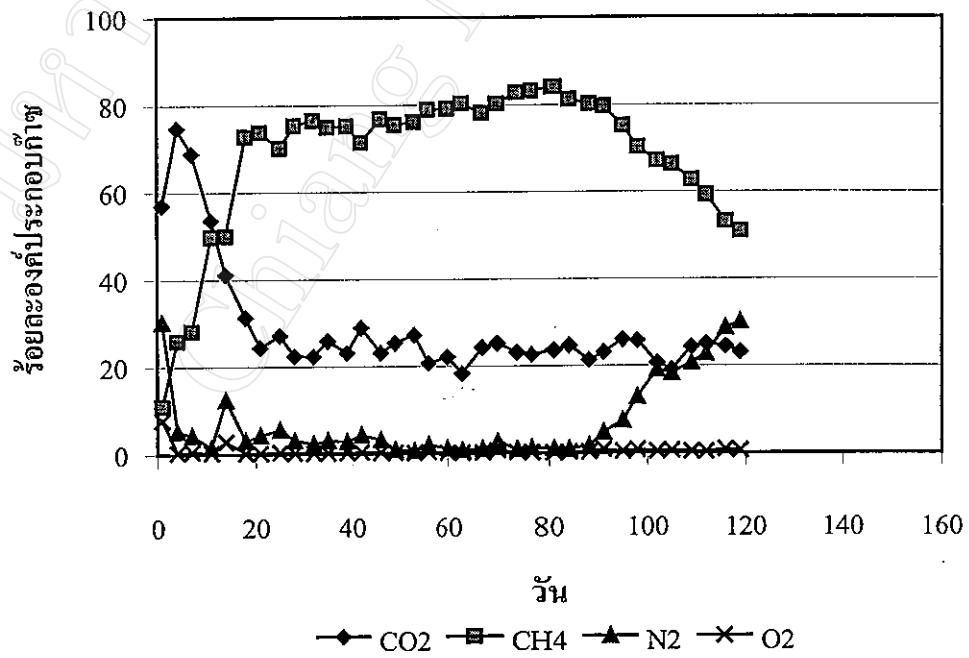
รูปที่ 4.3 องค์ประกอบก๊าซจากถังปฏิกรณ์ ST 1-1



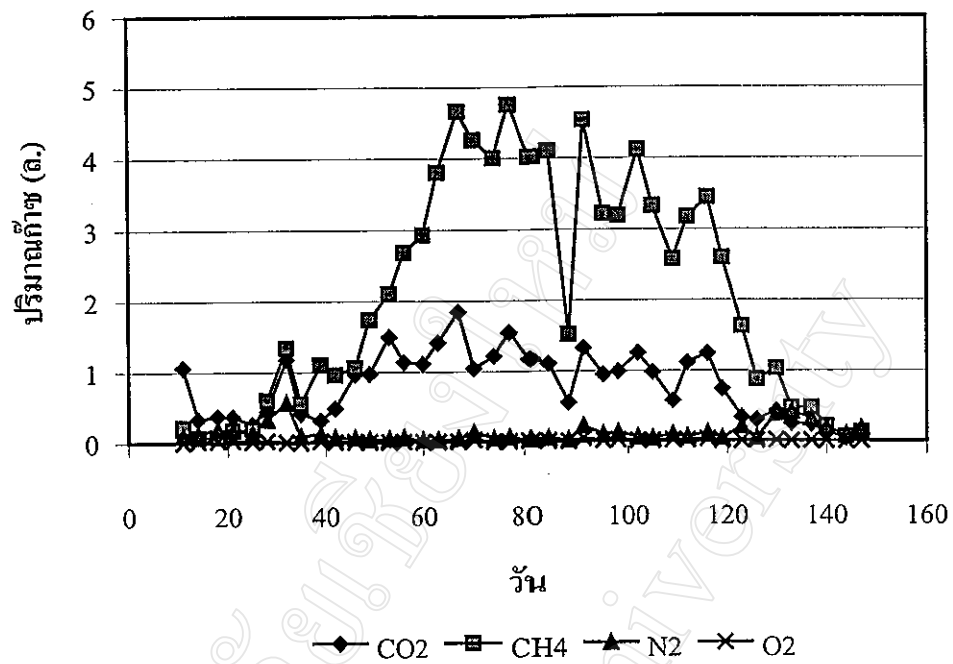
รูปที่ 4.4 องค์ประกอบก๊าซจากถังปฏิกรณ์ ST 1-2



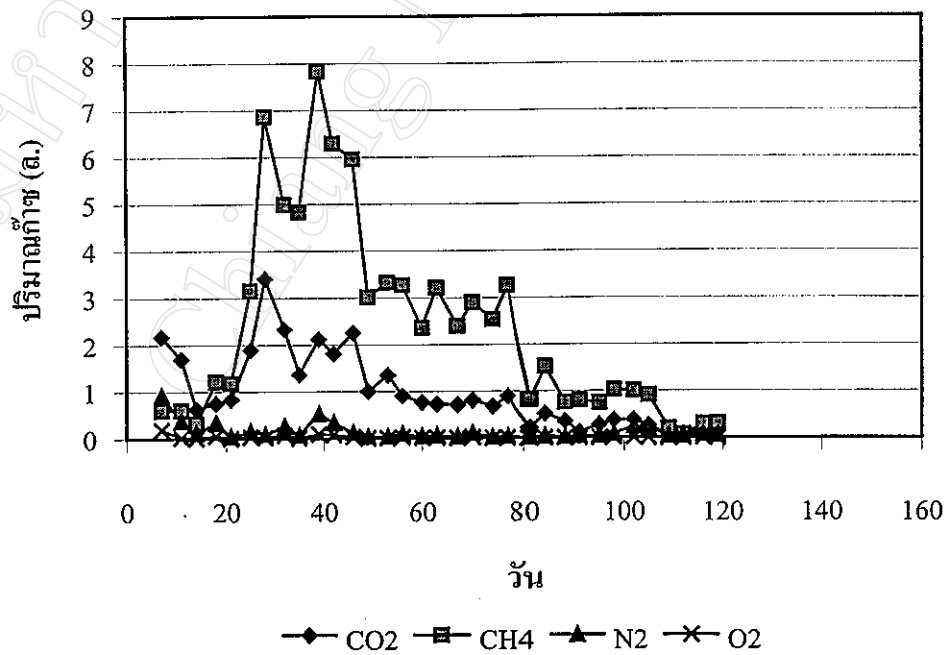
รูปที่ 4.5 องค์ประกอบก๊าซจากถังปฏิบัติการ ST 1-3



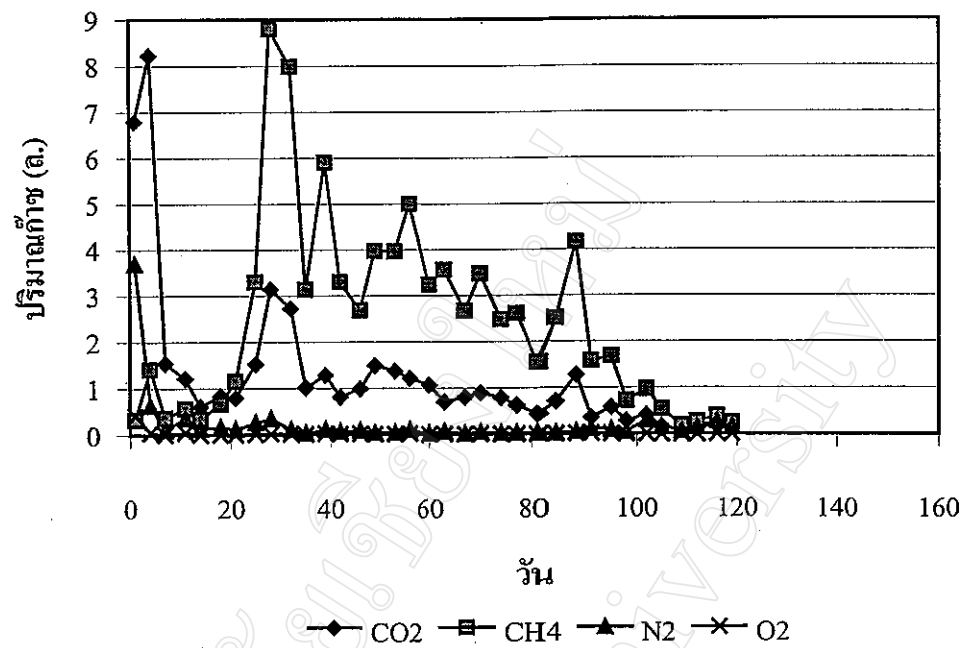
รูปที่ 4.6 องค์ประกอบก๊าซจากถังปฏิบัติการ ST 1-4



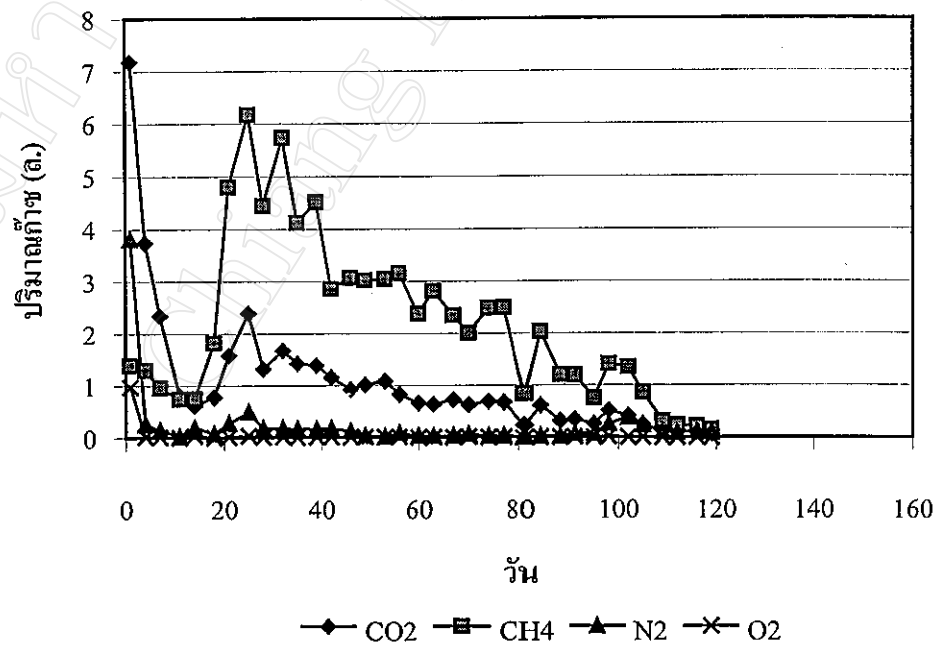
รูปที่ 4.7 ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดจากถังปฏิกรณ์ ST 1-2



รูปที่ 4.8 ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดจากถังปฏิกรณ์ ST 1-2



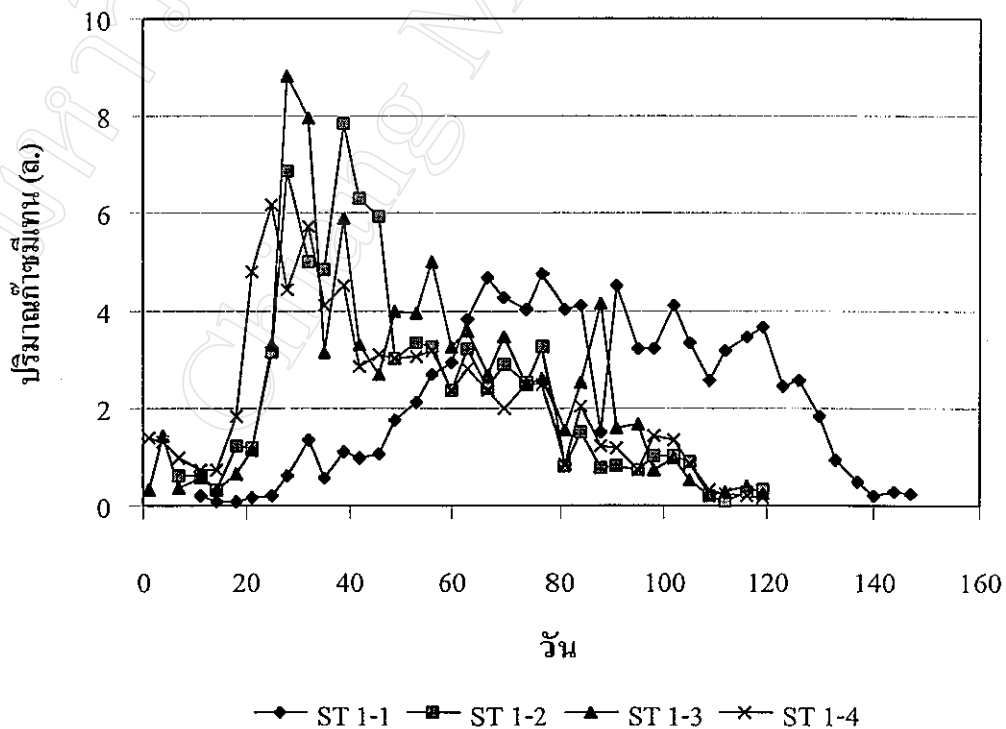
รูปที่ 4.9 ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดจากถังปฏิกรณ์ ST 1-3



รูปที่ 4.10 ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดจากถังปฏิกรณ์ ST 1-4

เป็นการย่อยสลายมูลฝอยแบบไร้ออกซิเจนในช่วงระยะสร้างมีเทน ก๊าซมีเทนถูกตรวจพบตั้งแต่วันแรก แต่พบในปริมาณที่ต่ำ เนื่องจากจากแบคทีเรียต้องใช้เวลาปรับตัวกับสภาพแวดล้อมจึงทำให้ช่วงแรกเกิดก๊าซมีเทนขึ้นเล็กน้อย เมื่อเวลาผ่านไปองค์ประกอบก๊าซมีเทนค่อย ๆ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งวันที่ 25 ของการทดลอง ถึงปฏิบัติการ ST 1-1 มีองค์ประกอบก๊าซมีเทนสูงกว่าร้อยละ 30 ถึงปฏิบัติการ ST 1-2 และ ST 1-3 ใช้เวลา 14 วัน ส่วนถึงปฏิบัติการ ST 1-4 ใช้เวลา 11 วัน หลังจากนั้นองค์ประกอบก๊าซมีเทนสูงขึ้นเรื่อย ๆ เช่นเดียวกับปริมาณก๊าซมีเทนจนกระทั่งถึงวันที่ 102 ของการทดลององค์ประกอบที่เป็นก๊าซมีเทนของก๊าซชีวภาพจากถึงปฏิบัติการ ST 1-2, ST 1-3 และ ST 1-4 เริ่มลดลงต่ำกว่าร้อยละ 70 ส่วนก๊าซชีวภาพจากถึงปฏิบัติการ ST 1-1 ใช้เวลา 130 วันองค์ประกอบที่เป็นก๊าซมีเทนจึงเริ่มลดลงต่ำกว่าร้อยละ 70 เนื่องจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายในชั้นมูลฝอยเริ่มเหลือน้อยลง

จากข้อมูลองค์ประกอบก๊าซชีวภาพเมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากการทดลองได้ดังรูปที่ 4.11 พบว่าแนวโน้มของการเกิดก๊าซมีเทนมีรูปแบบเดียวกับปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น โดยช่วงที่มีปริมาณก๊าซชีวภาพสูงปริมาณก๊าซมีเทนจะสูงขึ้นด้วย เมื่อปริมาณก๊าซชีวภาพ



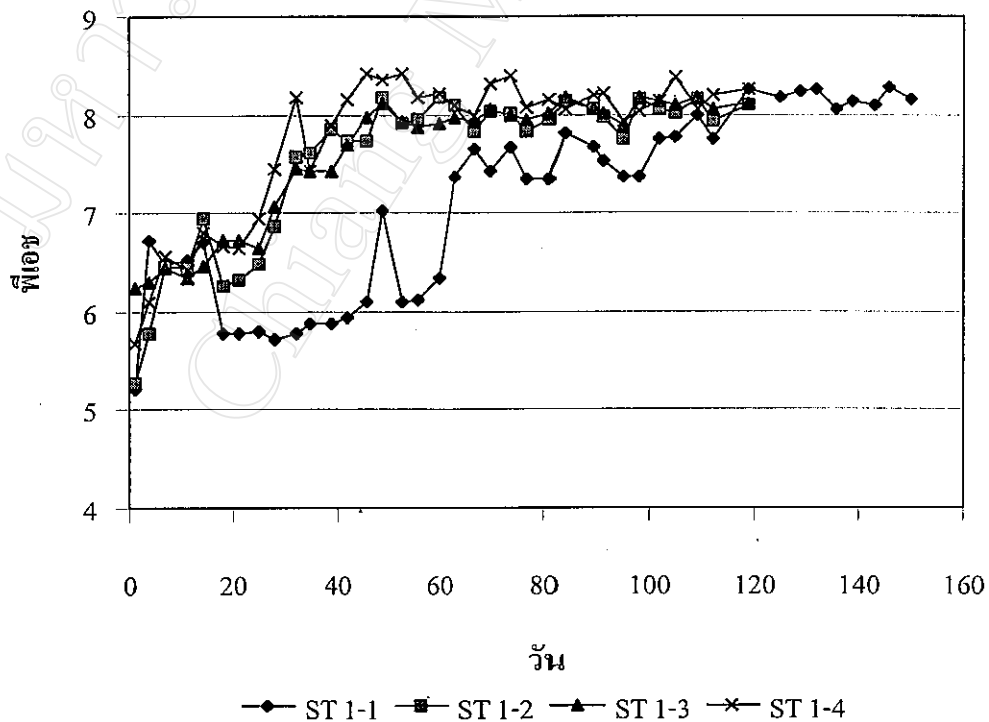
รูปที่ 4.11 ปริมาณก๊าซมีเทน

ต่ำลงปริมาณก๊าซมีเทนจะต่ำลงด้วยยกเว้นช่วงแรกที่ปริมาณก๊าซส่วนใหญ่เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจน เนื่องจากในช่วงแรกมีอากาศคั่งค้างในถัง จุลินทรีย์จึงใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย มูลฝอย

4.1.3 ลักษณะน้ำชะมูลฝอย

4.1.3.1 พีเอช

ผลการวิเคราะห์หาค่าพีเอชในน้ำชะมูลฝอยได้แสดงในรูปที่ 4.12 และตาราง จ.1 ในภาคผนวก จ จากรูปพีเอชมีค่าเป็นกรดตั้งแต่เริ่มทำการทดลองจนเป็นด่างอ่อนในตอนท้ายของการทดลอง โดยวันแรกของการทดลองมีค่าพีเอชในน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-1, ST 1-2, ST 1-3 และ ST 1-4 เท่ากับ 5.21, 5.27, 6.23 และ 5.67 ตามลำดับ น้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-1 มีค่าพีเอชเป็นกลางเป็นกลางในวันที่ 49 ของการทดลองเท่ากับ 7.02 น้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-2 มีค่าพีเอชเป็นกลางเมื่อวันที่ 32 ของการทดลองเท่ากับ 7.56 ส่วนน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-3 และ ST 1-4 มีค่าพีเอชเป็นกลางเมื่อวันที่ 28 ของการทดลองซึ่งเท่ากับ 7.07 และ 7.45 ตามลำดับ ลำดับ และเมื่อดูรูปที่ 4.11 พบว่าค่าพีเอชในน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-1, ST 1-2, ST 1-3 มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ค่าพีเอชไม่แตกต่างกันมากนัก แต่น้ำชะมูลฝอยจาก

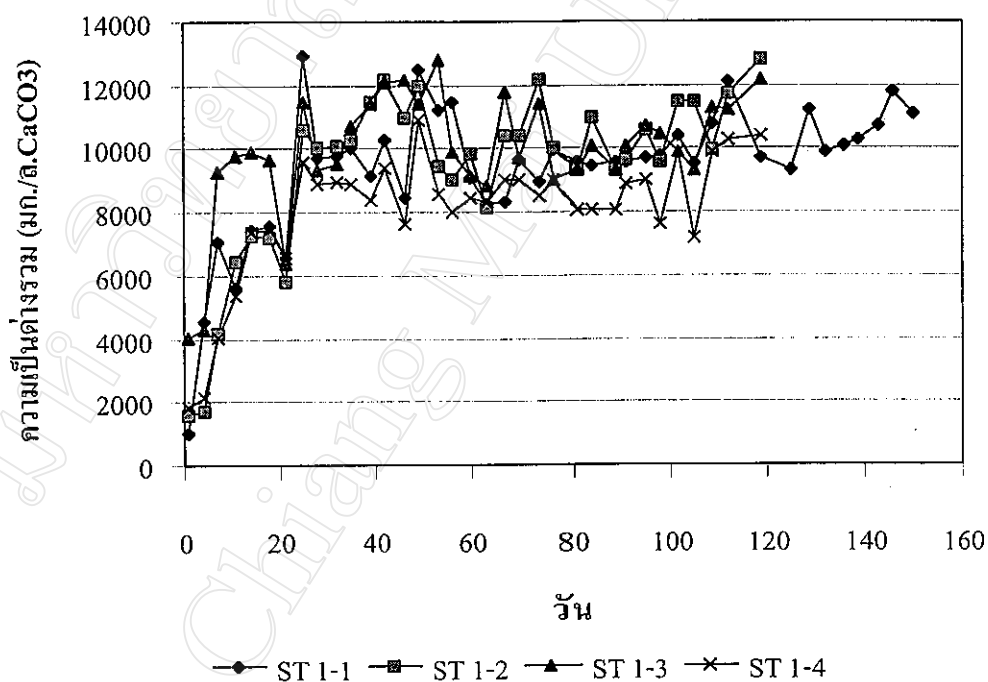


รูปที่ 4.12 พีเอชของน้ำชะมูลฝอย

ถึงปฏิกิริยา ST 1-1 มีค่าแตกต่างจากถึงปฏิกิริยาอื่น ๆ โดยหลังวันที่ 14-46 ของการทดลองค่าพีเอช ลดลงในช่วง 5.77-6.1 หลังจากนั้นจึงมีพีเอชเพิ่มสูงขึ้น โดยพีเอชเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะเสถียรมี ค่าแปรผันอยู่ในช่วง 8.0-8.5

4.1.3.2 ความเป็นด่างรวม

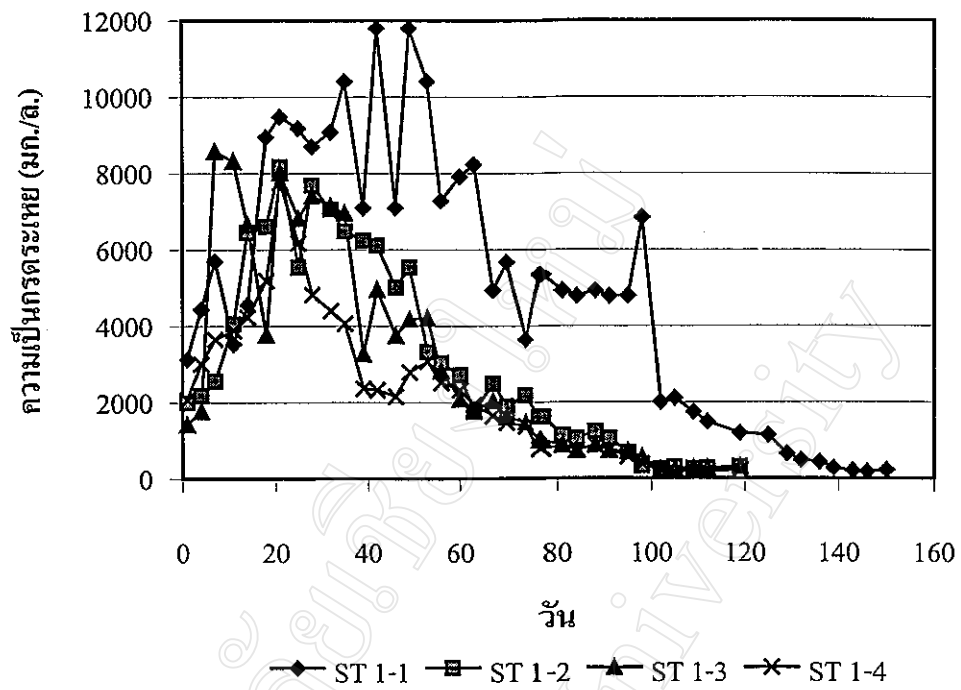
ผลการวิเคราะห์หาค่าความเป็นด่างรวมในน้ำชะมูลฝอยได้แสดงในรูปที่ 4.13 และตาราง จ.2 ในภาคผนวก จ จากรูปพบว่าค่าความเป็นด่างรวมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 2-3 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นเริ่มลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด ระเหย หลังจากนั้นค่าความเป็นด่างรวมค่อนข้างแปรผันและมีค่าสูงกว่าความเป็นกรดระเหยมากซึ่ง สอดคล้องกับค่าพีเอชที่ค่อนข้างเป็นด่างอ่อน



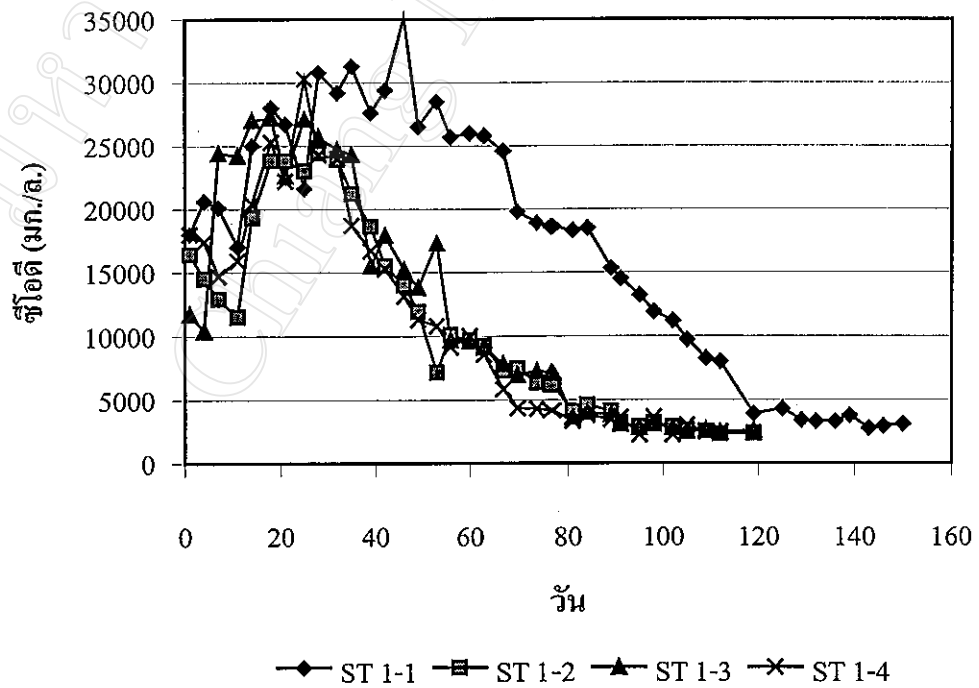
รูปที่ 4.13 ความเป็นด่างรวมของน้ำชะมูลฝอย

4.1.3.3 ความเป็นกรดระเหยและซีโอดี

ผลการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดระเหยในน้ำชะมูลฝอยได้แสดงในรูปที่ 4.14 และตารางภาคผนวก จ.3 ความเป็นกรดระเหยเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่ใช้แสดงถึงปริมาณกรดอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำชะมูลฝอยได้ เนื่องจากกรดอินทรีย์บางประเภทเป็นกรดระเหย ในวันแรกของการทดลองน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-1, ST 1-2, ST 1-3 และ ST 1-4 มีค่ากรดระเหยเท่ากับ 3130, 1990, 1420 และ 2070 มก./ล. CaCO_3 ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์ซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยแสดงในรูปที่ 4.15 และตาราง จ.4 ในภาคผนวก จ โดยวันแรกของการทดลองน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-1, ST 1-2, ST 1-3 และ ST 1-4 มีค่าซีโอดีสูงถึง 18000, 16400, 11700 และ 18000 มก./ล. ตามลำดับ ในช่วงแรกของการทดลองความเป็นกรดระเหยมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับการแปรเปลี่ยนค่าซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยโดยสารอินทรีย์ในมูลฝอยจะถูกย่อยให้โครงสร้างโมเลกุลสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กลงและถูกชะออกมาทำให้ค่าซีโอดีสูงขึ้น และทำให้ความเป็นกรดระเหยมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กที่ถูกชะมาเหล่านั้นจะถูกแบคทีเรียใช้ในการหมักทำให้เกิดกรดอินทรีย์ตามมาซึ่งเป็นการย่อยสลายมูลฝอยแบบไร้ออกซิเจนในช่วงระยะสร้างกรด น้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-1 มีค่ากรดระเหยสูงสุดในวันที่ 42 และ 49 ของการทดลองเท่ากับ 11800 มก./ล. CaCO_3 ตามลำดับ น้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-2 และ ST 1-4 มีค่ากรดระเหยสูงสุดในวันที่ 21 เท่ากับ 8170 และ 7760 มก./ล. CaCO_3 ตามลำดับ ส่วนน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-3 มีค่าสูงสุดในวันที่ 7 ของการทดลองเท่ากับ 8570 มก./ล. CaCO_3 และน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-1 มีค่าซีโอดีสูงสุดในวันที่ 46 ของการทดลองเท่ากับ 35200 มก./ล. ส่วนค่าซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-2 และ ST 1-3 สูงสุดในวันที่ 25 ของการทดลองเท่ากับ 27300 และ วันที่ 18 ของการทดลองเท่ากับ 27200 มก./ล. ตามลำดับ และค่าซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-4 มีค่าสูงสุดในวันที่ 25 ของการทดลองมีค่าเท่ากับ 30300 มก./ล. หลังจากนั้นความเป็นกรดระเหยของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-2, ST 1-3 และ ST 1-4 มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงวันที่ 81 ของการทดลองโดยเหลือเพียง 885, 1130 และ 862 มก./ล. CaCO_3 การที่ค่าความเป็นกรดระเหยลดลงอย่างรวดเร็วเกิดจากการที่จุลินทรีย์ใช้กรดอินทรีย์ไปในการสร้างมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ออกไซด์ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบก๊าซที่มีมีเทนกับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นการย่อยสลายมูลฝอยแบบไร้ออกซิเจนในช่วงระยะสร้างมีเทน หลังจากนั้นความเป็นกรดระเหยก็มีแนวโน้มลดลงอย่างช้า ๆ จนคงที่ในตอนท้ายของการทดลอง โดยในวันสุดท้ายของการทดลองความเป็นกรดระเหยของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ ST 1-1, ST 1-2, ST 1-3 และ ST 1-4 เท่ากับ 221, 298, 312 และ 219 มก./ล. CaCO_3 ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดระเหยเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะเสถียรเท่ากับ 205, 270, 271



รูปที่ 4.14 ความเป็นกรดระเหยของน้ำชะมูลฝอย



รูปที่ 4.15 ซีโอดีของน้ำชะมูลฝอย

และ 191 มก./ล. CaCO_3 ตามลำดับ (ในการศึกษานี้ได้ใช้ค่าซีโอดีและกรดระเหยของน้ำชะมูลฝอยเป็นพารามิเตอร์ที่บอกถึงสถานะเสถียร) ความเป็นกรดระเหยของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิบัติการ ST 1-1 มีแนวโน้มลดลงช้ากว่าถังปฏิบัติการอื่น ๆ จึงทำให้เกิดการสะสมกรดระเหยดังนั้นค่าพีเอชของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยานี้จึงมีค่าต่ำกว่าถังปฏิบัติการอื่น ๆ เช่นเดียวกับค่าซีโอดีก่อนข้างแปรผันตั้งแต่วันแรกของการทดลองจนถึงวันที่ 53 ของการทดลอง หลังจากนั้นค่าซีโอดีลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงวันที่ 139 ของการทดลองค่าซีโอดีค่อนข้างคงที่ ส่วนค่าซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิบัติการอื่น ๆ มีแนวโน้มคล้ายกับค่าความเป็นกรดระเหย หลังจากเวลาการทดลองผ่านไปประมาณ 3 สัปดาห์ค่าซีโอดีมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายของการทดลอง โดยค่าเฉลี่ยของซีโอดีเมื่อระบบเข้าสู่สถานะเสถียรแสดงในตารางที่ 4.1 เท่ากับ 2930, 2400, 2550 และ 2440 มก./ล. เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองของทั้ง 4 ถังพบว่าถังปฏิบัติการ ST 1-2, ST 1-3 และ ST 1-4 ใช้เวลาใกล้เคียงกันในการย่อยสลายสารอินทรีย์จนถึงสถานะเสถียรคือประมาณ 120 วัน แต่ถังปฏิบัติการ ST 1-1 ใช้ระยะเวลาเท่ากับ 150 วัน ทั้ง ๆ ที่ 4 ถังปฏิบัติการมีอัตราการผลิตน้ำชะมูลฝอยเท่ากันแต่ถังที่ 1 กลับใช้เวลามากกว่า อาจเป็นเพราะในช่วงสัปดาห์ที่ 2-6 ของการทดลอง พีเอชของน้ำชะมูลฝอยมีค่าลดลงต่ำกว่า 6 เนื่องจากมีกรดระเหยในปริมาณที่สูงมากทำให้เกิดการยับยั้งการสร้างมีเทนโดยมีเทนแบคทีเรีย เมื่อพีเอชมีแนวโน้มสูงขึ้น จึงเกิดการสร้างมีเทนต่อไป

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของซีโอดีและความเป็นกรดระเหยเมื่อเข้าสู่สถานะเสถียร

พารามิเตอร์	ถังปฏิบัติการ			
	ST 1-1	ST 1-2	ST 1-3	ST 1-4
ซีโอดี (มก./ล.)	2930	2340	2550	2440
ความเป็นกรดระเหย (มก./ล. CaCO_3)	205	270	271	191

หมายเหตุ : ข้อมูลของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิบัติการ ST 1-1 ที่นำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลตั้งแต่วันที่ 143-150 ของการทดลอง

ข้อมูลของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิบัติการ ST 1-2 และ ST 1-4 ที่นำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลตั้งแต่วันที่ 109-119 ของการทดลอง

ข้อมูลของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิบัติการ ST 1-3 ที่นำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลตั้งแต่วันที่ 105-119 ของการทดลอง

4.2 การทดลองย่อยมูลฝอยสดในขั้นตอนที่สอง

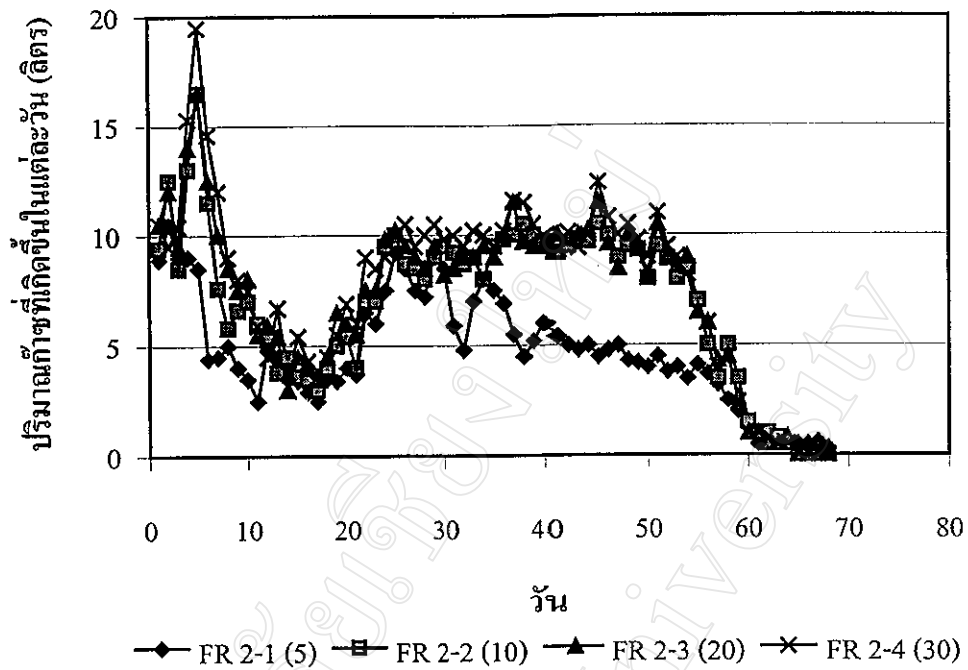
ลักษณะของมูลฝอยที่ใช้ในการทดลองแสดงตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะของมูลฝอยที่ใช้ในการทดลอง

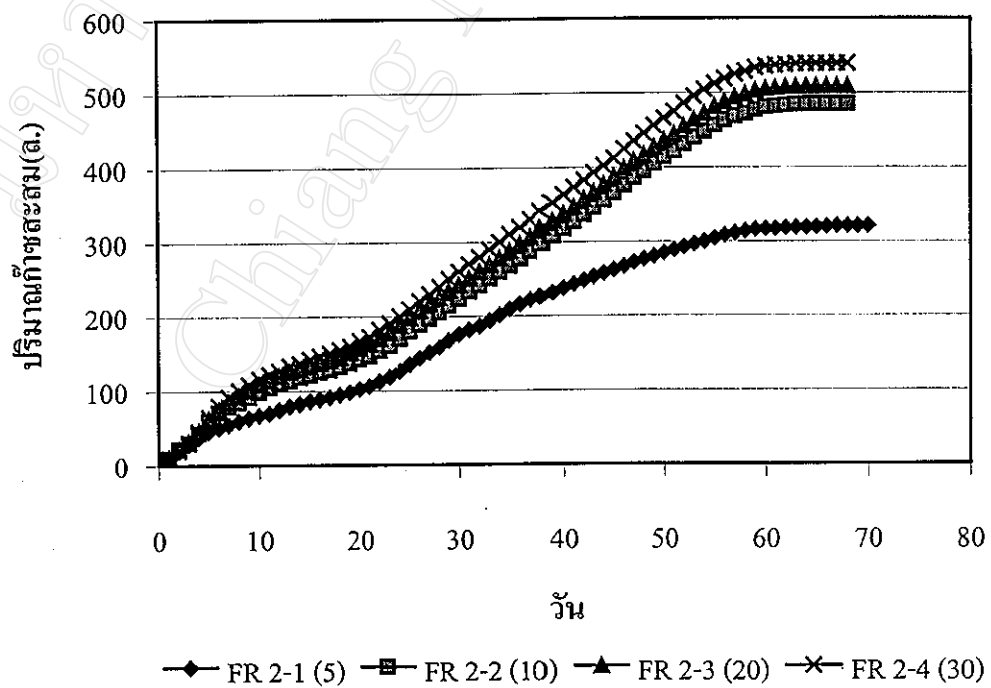
พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย
ความหนาแน่นของมูลฝอยก่อนบรรจุในถังปฏิกริยา (กก./ลบ.ม.)	306
ความชื้น (ร้อยละ โดยน.น.เปียก)	82.7
ปริมาณของแข็งรวม (ร้อยละ โดยน.น.แห้ง)	17.3
Volatile Solid (ร้อยละ โดยน.น.แห้ง)	81.9
ปริมาณเถ้า (ร้อยละ โดยน.น.แห้ง)	18.1
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละ โดยน.น.แห้ง)	32.4

4.2.1 ปริมาณก๊าซชีวภาพ

ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการทดลองในแต่ละวันและปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมแสดงในรูปที่ 4.16 และ 4.17 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ฉ วันแรกของการทดลองเกิดก๊าซชีวภาพจากถังปฏิกริยา FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) เท่ากับ 8.9, 9.4, 10.5 และ 10.5 ล. ตามลำดับ จากนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพจากถังปฏิกริยา FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งวันที่ 6 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มลดลงจนถึงวันที่ 17 ของการทดลอง ซึ่งเกิดปริมาณก๊าซชีวภาพ 3, 3.5 และ 3.9 ล. ตามลำดับ หลังจากนั้นพบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงวันที่ 22 ของการทดลอง ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นช่วงวันที่ 23 จนถึงวันที่ 54 ของการทดลองแปรผันไม่มากนักอยู่ในช่วง 8.0-12.4 ล. หลังจากวันที่ 54 ของการทดลองปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายเหลืออยู่น้อยมาก จนกระทั่งถึงวันที่ 64 ของการทดลองไม่มีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นเลย ส่วนถังปฏิกริยา FR 2-1 (5) จากวันแรกของการทดลองปริมาณก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มลดลงจนถึงวันที่ 11 ของการทดลองมีค่า 2.5 ล. ในวันที่ 12 ของการทดลองปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นเป็น 5 ล. หลังจากนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งถึงวันที่ 17 ของการทดลอง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงวันที่ 31 ของการทดลองปริมาณก๊าซชีวภาพลดลงมาเหลือ 5.9 ล. และวันที่ 32 เหลือเท่ากับ 4.8 ล. หลังจากนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มสูงขึ้นอีก เห็นได้ว่าปริมาณก๊าซชีวภาพจากถังปฏิกริยานี้ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันค่อนข้างแปรผัน หลังวันที่ 40 ของการทดลองปริมาณก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเป็นศูนย์ในวันที่ 69 ของการ



รูปที่ 4.16 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

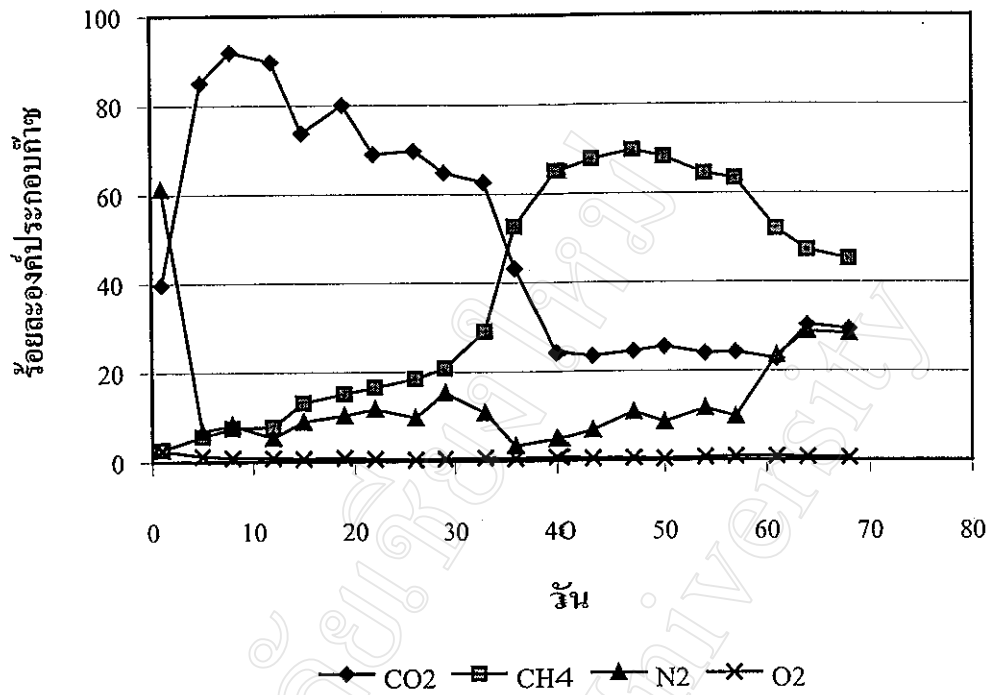


รูปที่ 4.17 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม

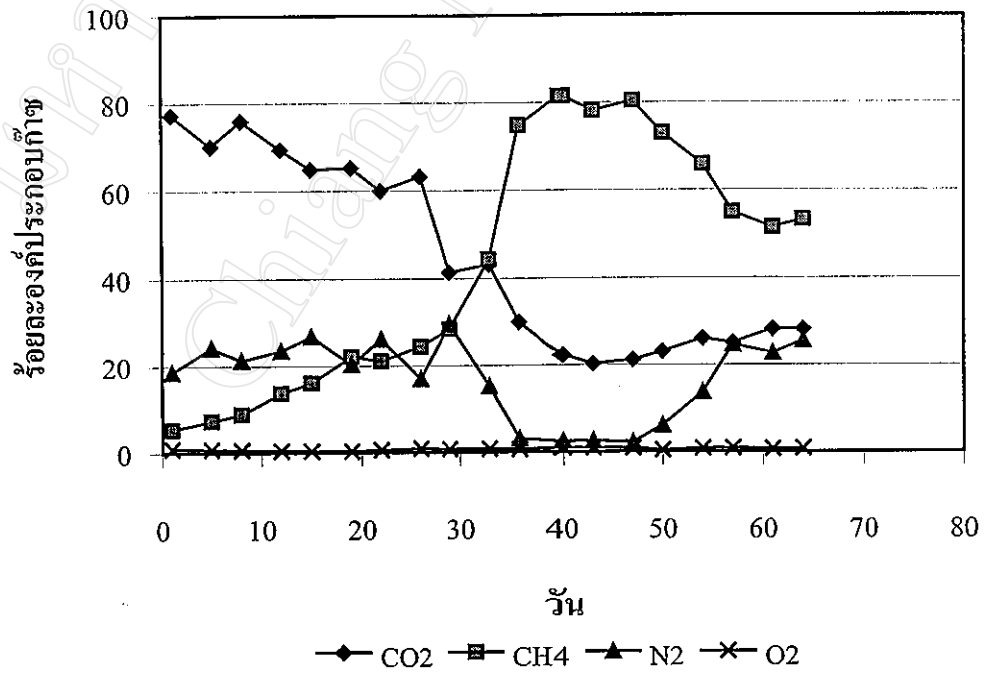
ทดลอง เนื่องมาจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายเหลืออยู่น้อย เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการทดลองจากถังปฏิกรณ์ FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) เท่ากับ 321, 466, 491 และ 519 ล. ตามลำดับ หรือเฉลี่ยเท่ากับ 4.72, 7.29, 7.67 และ 8.11 ล./วัน ตามลำดับ เห็นได้ว่าก๊าซชีวภาพที่เกิดจากถังปฏิกรณ์ FR 2-4 (30) มีปริมาณสูงสุด รองลงมาคือ ถังปฏิกรณ์ FR 2-3 (20), FR 2-2 (10) และ FR 2-1 (5) ตามลำดับ

4.2.2 องค์ประกอบก๊าซและปริมาณก๊าซแต่ละชนิด

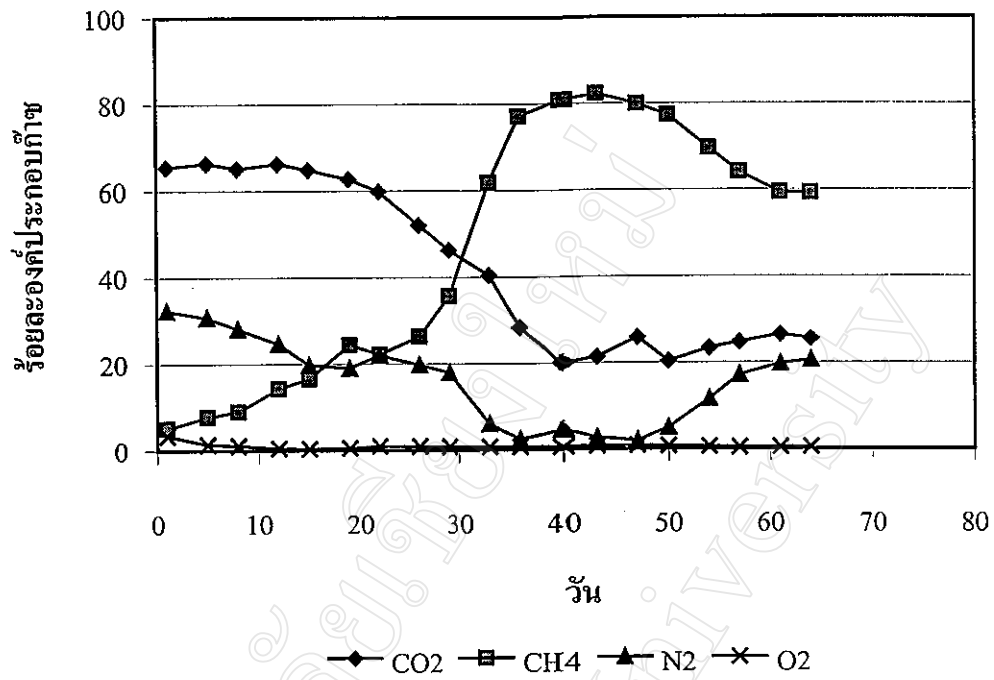
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซแสดงในรูปที่ 4.18-4.21 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข และเมื่อนำองค์ประกอบก๊าซและปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นมาพิจารณาร่วมกันจะได้ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดแสดงในรูปที่ 4.22-4.25 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข การแปรเปลี่ยนองค์ประกอบของก๊าซต่าง ๆ ตลอดการทดลองมีดังต่อไปนี้ ในวันแรกที่ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซจะพบออกซิเจนในปริมาณที่ต่ำกว่าร้อยละ 4 ทั้งนี้เป็นเพราะยังคงมีอากาศหลงเหลืออยู่บ้างในถังปฏิกรณ์หลังจากบรรจุมูลฝอย หลังจากนั้นจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้ออกซิเจนได้ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์จนกระทั่งออกซิเจนถูกใช้หมด ในวันแรกของการทดลองพบก๊าซไนโตรเจนอยู่ในช่วงร้อยละ 18-62 เนื่องมาจากอากาศที่หลงเหลืออยู่ในถังปฏิกรณ์ หลังจากนั้นมีความชื้นน้อย ๆ ลดลง ในขณะที่พบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่สูงตั้งแต่ช่วงแรกของการทดลอง อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์เชิงซ้อนให้เป็นกรดอินทรีย์จึงเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นด้วย ซึ่งเป็นการย่อยสลายมูลฝอยแบบไร้ออกซิเจนในช่วงระยะสร้างกรด โดยองค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพจากถังปฏิกรณ์ FR 1-1 (5), FR 1-2 (10), FR 1-3 (20) และ FR 1-4 (30) มีค่าสูงสุดในวันที่ 8, 9, 12 และ 1 ของการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 91.9, 77.3, 66.3 และ 75.2 ตามลำดับ โดยช่วง 33 วันแรกของการทดลององค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ของก๊าซชีวภาพจากถังปฏิกรณ์ FR 1-1 (5) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 62-92 ในช่วง 26 วันแรกของการทดลององค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ของก๊าซชีวภาพจากถังปฏิกรณ์ FR 1-2 (10) และ FR 1-3 (20) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 60-77 และ 52-67 ตามลำดับ ส่วนก๊าซชีวภาพจากถังปฏิกรณ์ FR 1-4 (30) ในช่วง 15 วันแรกของการทดลองมีองค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วงร้อยละ 55-76 หลังจากนั้นมีความชื้นน้อย ๆ ลดลง ในขณะที่องค์ประกอบที่เป็นมีเทนมีค่าสูงขึ้น เนื่องมาจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไร้ออกซิเจนในช่วงระยะสร้างมีเทน ก๊าซมีเทนถูกตรวจพบตั้งแต่วันแรก แต่พบในปริมาณที่ต่ำ เนื่องจากการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยระหว่างถังปฏิกรณ์ที่เข้าสู่สภาวะเสถียรกับถังปฏิกรณ์ไบโอมเพื่อปรับสภาพที่เรียกว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ไบโอม แต่เทคนิคที่เรียกดึงใช้เวลาปรับตัวกับสภาพแวดล้อมใหม่จึงทำให้ช่วงแรกเกิดก๊าซมีเทนเพียงเล็กน้อย เมื่อเวลาผ่านไปองค์ประกอบที่เป็นก๊าซมีเทนได้



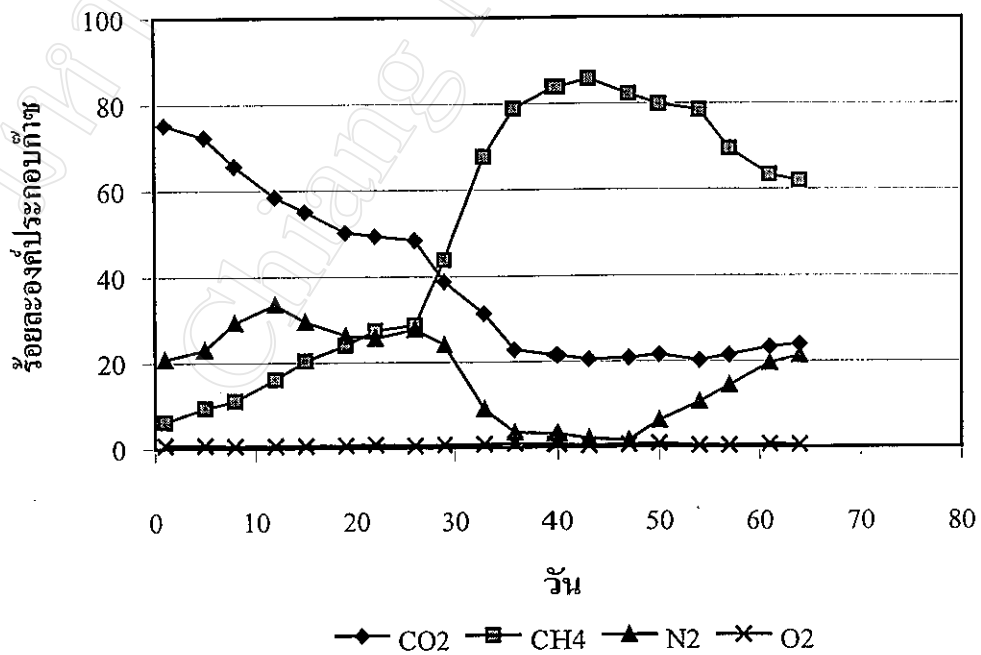
รูปที่ 4.18 องค์ประกอบก๊าซจากถังปฏิกริยา FR 2-1 (5)



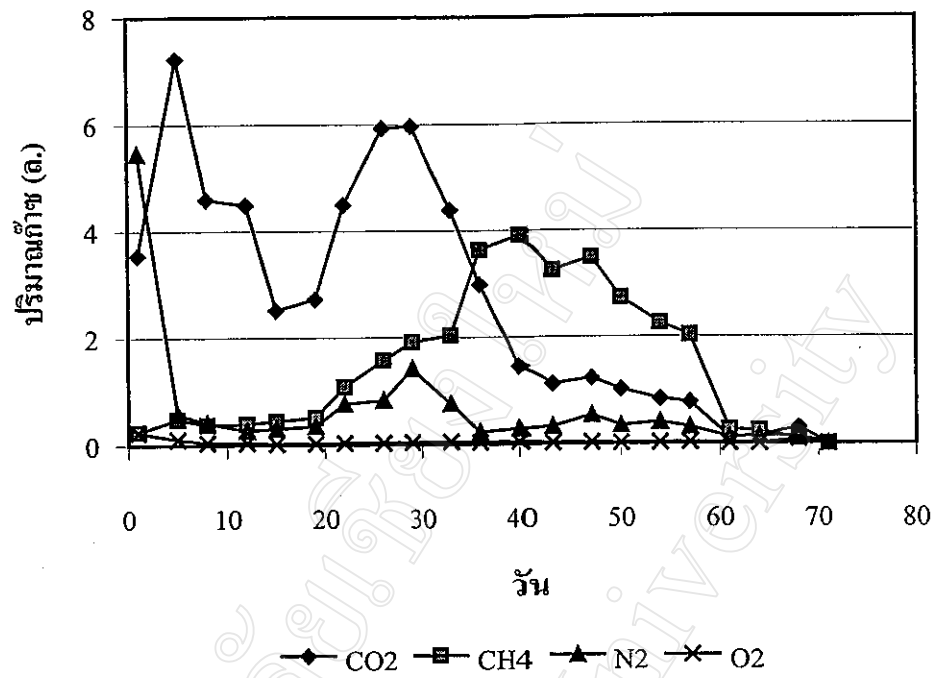
รูปที่ 4.19 องค์ประกอบก๊าซจากถังปฏิกริยา FR 2-2 (10)



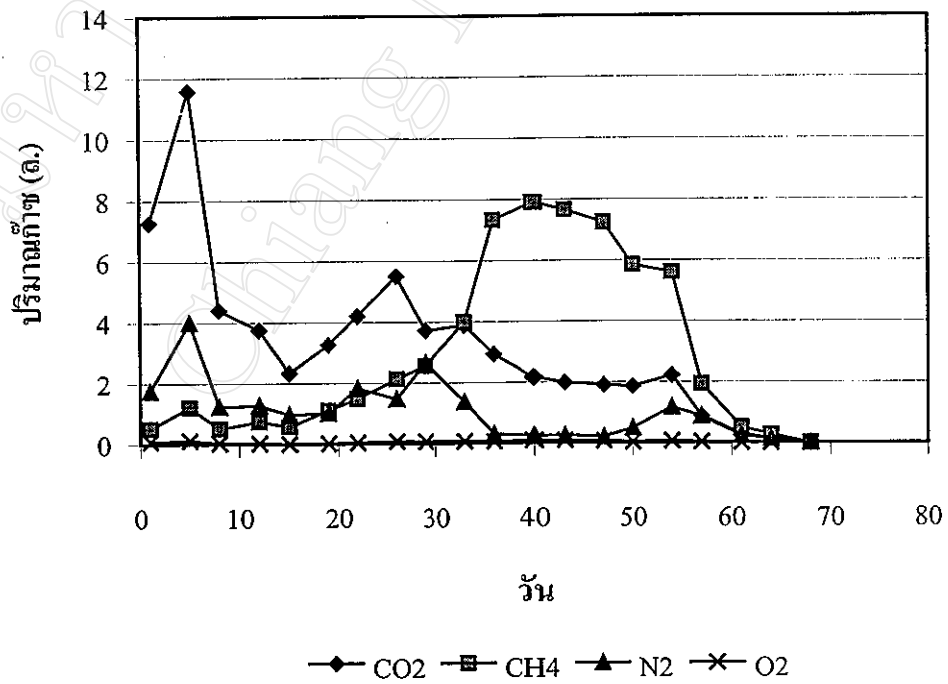
รูปที่ 4.20 องค์ประกอบก๊าซจากถังปฏิกิริยา FR 2-3 (20)



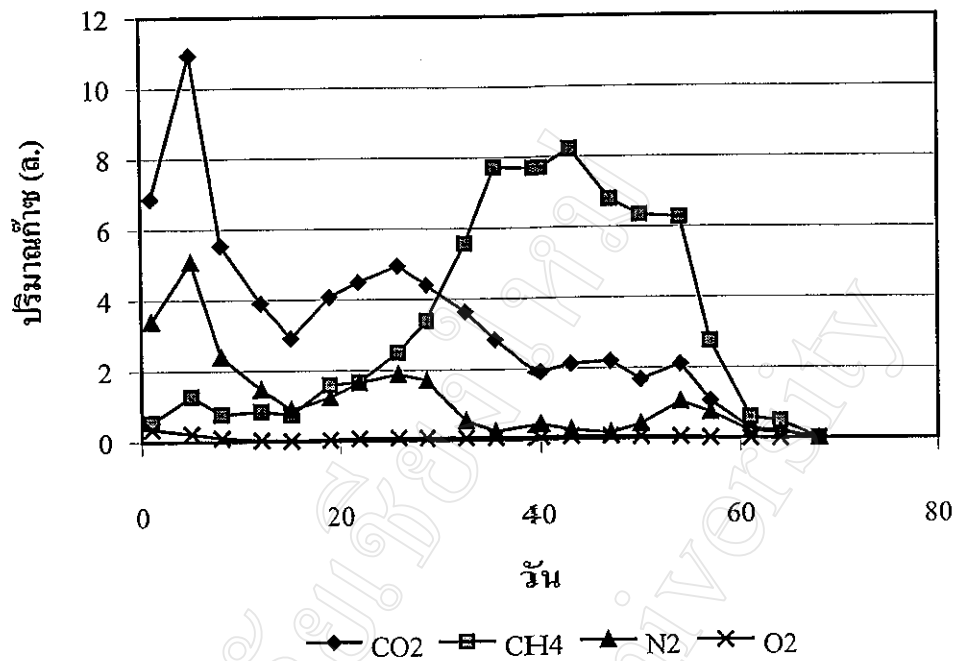
รูปที่ 4.21 องค์ประกอบก๊าซจากถังปฏิกิริยา FR 2-4 (30)



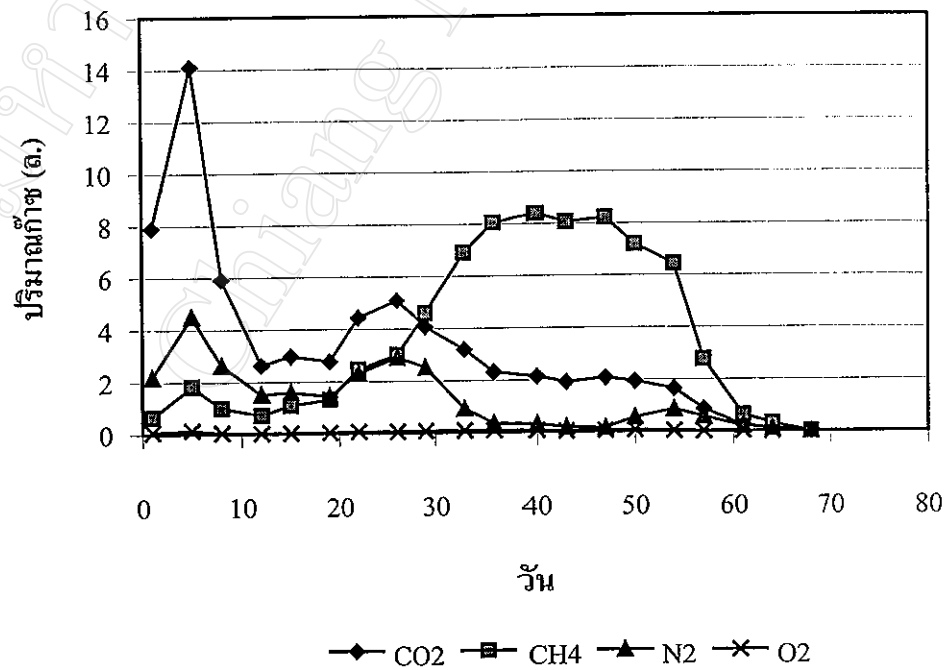
รูปที่ 4.22 ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดจากถังปฏิกริยา FR 2-1 (5)



รูปที่ 4.23 ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดจากถังปฏิกริยา FR 2-2 (10)



รูปที่ 4.24 ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดจากถังปฏิกรณ์ FR 2-3 (20)

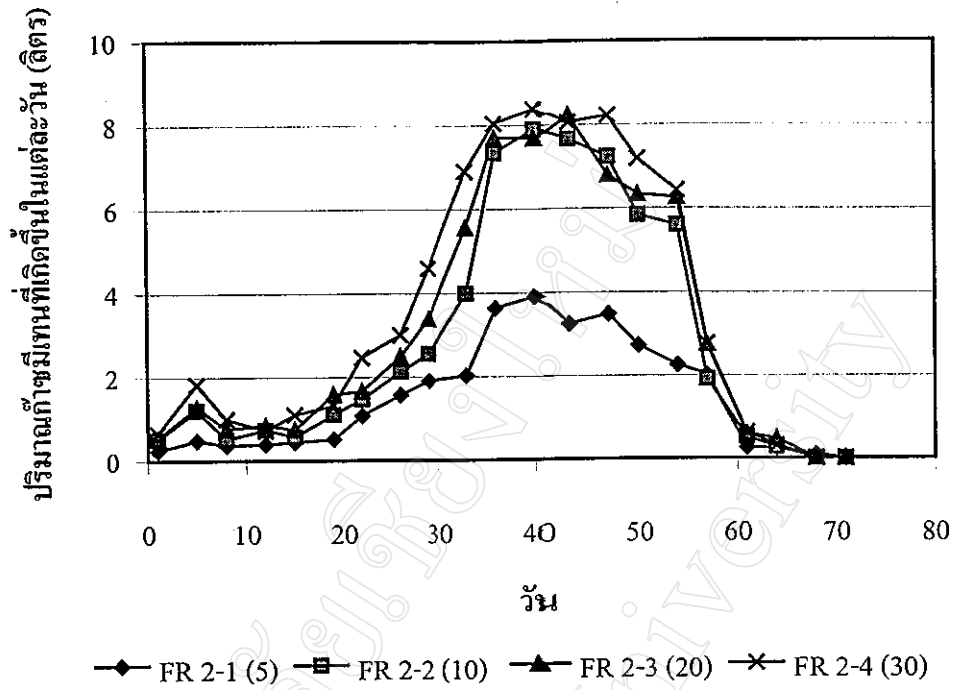


รูปที่ 4.25 ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดจากถังปฏิกรณ์ FR 2-4 (30)

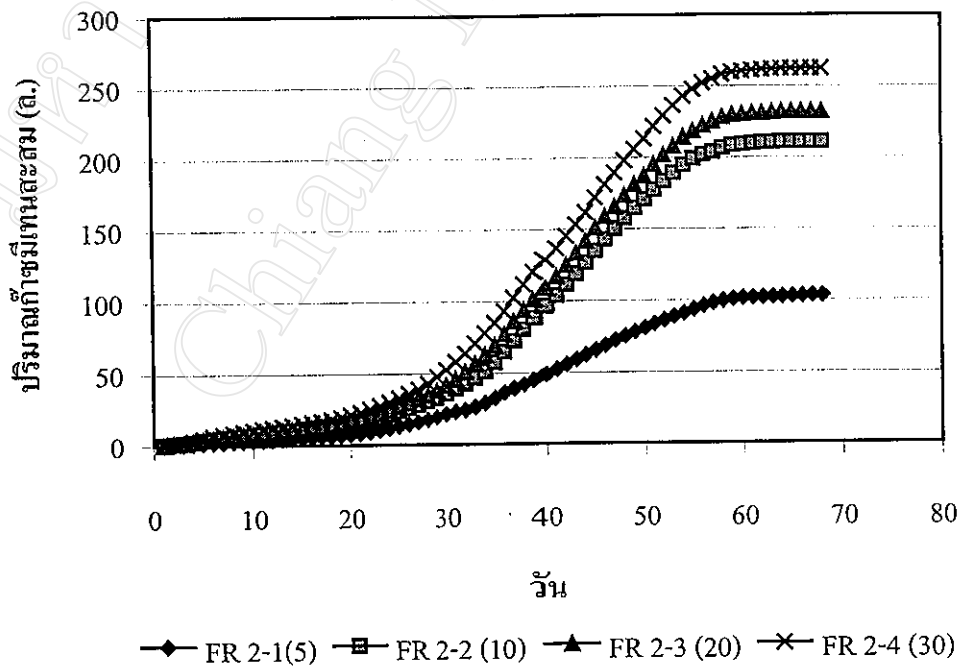
ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งวันที่ 36 ของการทดลอง ดังปฏิกิริยา FR 2-1 (5) มีองค์ประกอบก๊าซมีเทนสูงกว่าร้อยละ 30 ดังปฏิกิริยา FR 2-2 (10) ใช้เวลา 33 วัน ส่วนดังปฏิกิริยา FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) ใช้เวลา 29 วัน หลังจากนั้นองค์ประกอบที่เป็นก๊าซมีเทนได้เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เช่นเดียวกับปริมาณก๊าซมีเทนจนกระทั่งถึงวันที่ 50 ของการทดลองร้อยละองค์ประกอบก๊าซมีเทนเริ่มลดลงเนื่องจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายได้เริ่มเหลือน้อยลง

จากข้อมูลองค์ประกอบก๊าซเมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในแต่ละวันดังรูปที่ 4.26 และปริมาณก๊าซมีเทนสะสมดังรูปที่ 4.27 พบว่าดังปฏิกิริยา FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) เกิดก๊าซมีเทนตลอดการทดลอง 104, 211, 232 และ 262 ลิ. ตามลำดับ หรือเฉลี่ย 1.52, 3.29, 3.63 และ 4.09 ลิ./วัน เห็นได้ว่าดังปฏิกิริยาที่มีอัตราการหมุนเวียนสูงสุดให้ปริมาณก๊าซมีเทนสูงสุด รองลงมาคือ ดังปฏิกิริยา FR 2-3 (20) และ FR 2-2 (10) ตามลำดับ ส่วนดังปฏิกิริยา FR 2-1 (5) ให้ปริมาณก๊าซมีเทนต่ำสุดซึ่งแตกต่างกับดังปฏิกิริยาอื่น ๆ ก่อนข้างมาก

เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซมีเทนและก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการทดลองร่วมกับลักษณะสมบัติของมูลฝอยแสดงดังผลในตารางที่ 4.3 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพก๊าซมีเทนและอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ คำนวณที่ใช้แทนปริมาณสารอินทรีย์ในมูลฝอยคือ Volatile Solids และ Organic Carbon จากตารางพบว่าการหมักมูลฝอยไร้ออกซิเจนแบบลึขเบดที่มีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 มีอัตราการย่อยสลาย Volatile Solids เท่ากับ 7.51, 8.04, 8.44 และ 8.55 ก./กก. มูลฝอยแห้งเริ่มต้น-วัน) ตามลำดับ และอัตราการย่อยสลาย Organic Carbon เท่ากับ 3.04, 3.28, 3.45 และ 3.57 ก./กก. มูลฝอยแห้งเริ่มต้น-วัน) ตามลำดับ อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเท่ากับ 1.71, 2.64, 2.78 และ 2.94 ลิ./กก.มูลฝอยแห้งเริ่มต้น-วัน) ตามลำดับ และ 2.09, 3.22, 3.39, 3.59 ลิ./กก. VS เริ่มต้น-วัน) ตามลำดับ และ 5.30, 8.18, 8.62 และ 9.11 ลิ./กก. Organic Carbon เริ่มต้น-วัน) ตามลำดับ อัตราการเกิดก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.55, 1.19, 1.31 และ 1.48 ลิ./กก.มูลฝอยแห้งเริ่มต้น-วัน) ตามลำดับ และ 0.68, 1.46, 1.60, 1.81 ลิ./กก. VS เริ่มต้น-วัน) ตามลำดับ และ 1.72, 3.70, 4.07 และ 4.60 ลิ./กก. Organic Carbon เริ่มต้นที่ลดลง-วัน) ตามลำดับ จากการศึกษพบว่าที่อัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยสูง อัตราการเกิดก๊าซและอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในมูลฝอยก็จะสูงตามไปด้วย โดยดังปฏิกิริยา FR 2-1 (5) จะมีอัตราการเกิดก๊าซและอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในมูลฝอยต่ำที่สุด รองลงมาคือ FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) ตามลำดับ แต่อัตราการเกิดก๊าซของดังปฏิกิริยา FR 2-1 (5) จะมีค่าแตกต่างจากจากดังปฏิกิริยาอื่น ๆ ก่อนข้างมากประมาณ 2 เท่า



รูปที่ 4.26 ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน



รูปที่ 4.27 ปริมาณก๊าซมีเทนสะสม

ตารางที่ 4.3 อัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทนและอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง^{*1}

พารามิเตอร์	ร้อยละอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยต่อวัน			
	5	10	20	30
อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์				
- VS, ก./ (กก.มูลฝอยแห้งเริ่มต้น-วัน)	7.51	8.04	8.44	8.55
- Organic Carbon, ก./ (กก.มูลฝอยแห้งเริ่มต้น-วัน)	3.04	3.28	3.45	3.57
อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ				
- ล./ (กก.มูลฝอยแห้งเริ่มต้น-วัน)	1.71	2.64	2.78	2.94
- ล./ (กก. VS เริ่มต้น-วัน)	2.09	3.22	3.39	3.59
- ล./ (กก. Organic Carbon เริ่มต้น-วัน)	5.30	8.18	8.62	9.11
อัตราการเกิดก๊าซมีเทน				
- ล./ (กก.มูลฝอยแห้งเริ่มต้น-วัน)	0.55	1.19	1.31	1.48
- ล./ (กก. VS เริ่มต้น-วัน)	0.68	1.46	1.60	1.81
- ล./ (กก. Organic Carbon เริ่มต้น-วัน)	1.72	3.70	4.07	4.60

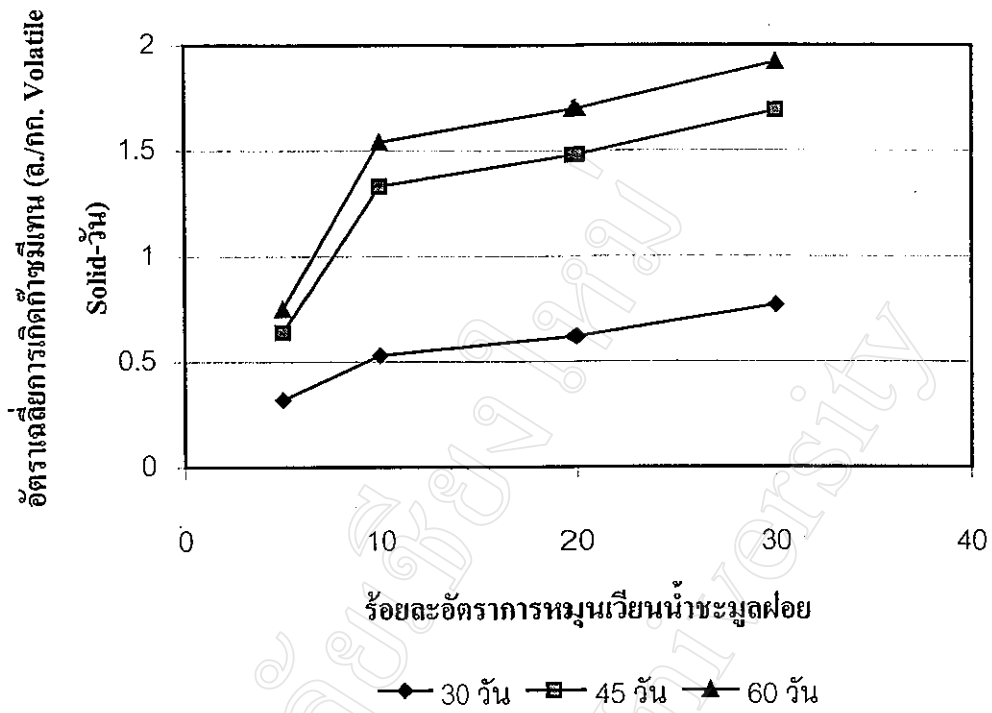
หมายเหตุ : ^{*1} คัดเฉพาะวันที่เกิดก๊าซ โดยที่อัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5 คัดระยะเวลาตลอดการทดลอง 68 วัน และที่อัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 10, 20 และ 30 คัดระยะเวลาตลอดการทดลอง 64 วัน

เมื่อพิจารณาอัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซชีวภาพมีเทนต่อวันตลอดระยะเวลาทำการทดลอง 30, 45 และ 60 วันร่วมกับลักษณะสมบัติของมูลฝอยจะได้ดังแสดงผลในตารางที่ 4.4

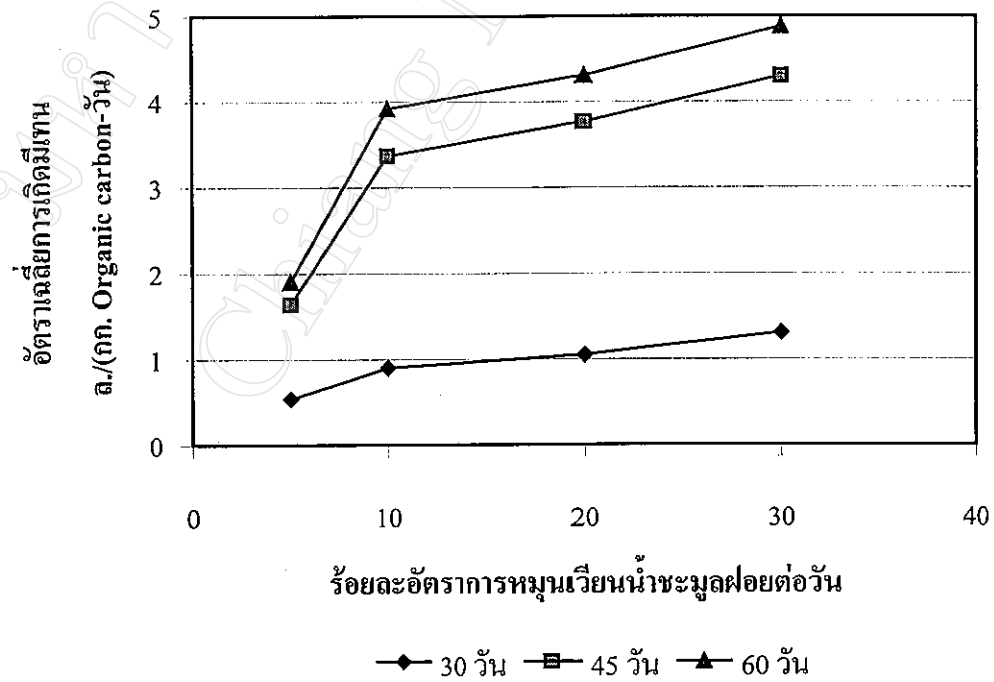
ตารางที่ 4.4 อัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนตลอดระยะเวลาการทดลอง 30, 45 และ 60 วัน

พารามิเตอร์	ร้อยละอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยต่อวัน			
	5	10	20	30
อัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทน ตลอดระยะเวลาการทดลอง 30 วัน				
- ล./(กก. VS เริ่มต้น-วัน)	0.32	0.53	0.62	0.77
- ล./(กก. Organic Carbon เริ่มต้น-วัน)	0.54	0.90	1.05	1.31
อัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทน ตลอดระยะเวลาการทดลอง 45 วัน				
- ล./(กก. VS เริ่มต้น-วัน)	0.64	1.33	1.48	1.69
- ล./(กก. Organic Carbon เริ่มต้น-วัน)	1.64	3.37	3.77	4.30
อัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทน ตลอดระยะเวลาการทดลอง 60 วัน				
- ล./(กก. VS เริ่มต้น-วัน)	0.75	1.54	1.70	1.92
- ล./(กก. Organic Carbon เริ่มต้น-วัน)	1.90	3.92	4.31	4.88

จากตารางที่ 4.4 เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนตลอดระยะเวลาการทดลอง 30, 45 และ 60 วันและอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยต่างกันมาพล็อตกราฟจะได้ผลดังแสดงรูปที่ 4.28 และ 4.29 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า เมื่ออัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยเพิ่มขึ้นอัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยอัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนที่อัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5 ตลอดระยะเวลาทดลอง 45 และ 60 วันค่อนข้างแตกต่างจากอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยอื่น ๆ มาก โดยมีค่าอัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนน้อยกว่าที่อัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 10 ประมาณ 1 เท่า และถึงแม้อัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยก็ตามแต่ที่อัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 20 และ 30 อัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนก็ไม่ได้แตกต่างกันมากนัก นอกจากนั้นยังพบว่าก๊าซมีเทนเกิดขึ้นมากเมื่อเข้าสู่เดือนที่ 2 โดยดูจากอัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนตลอดระยะเวลาทดลอง 45 วันมีค่ามากกว่า 30 วันค่อนข้างมากแต่น้อยกว่าอัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนตลอดระยะเวลาทดลอง 60 วันเล็กน้อย



รูปที่ 4.28 อัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนที่อัตราการหมักวันน้ำชะมูลฝอยต่าง ๆ

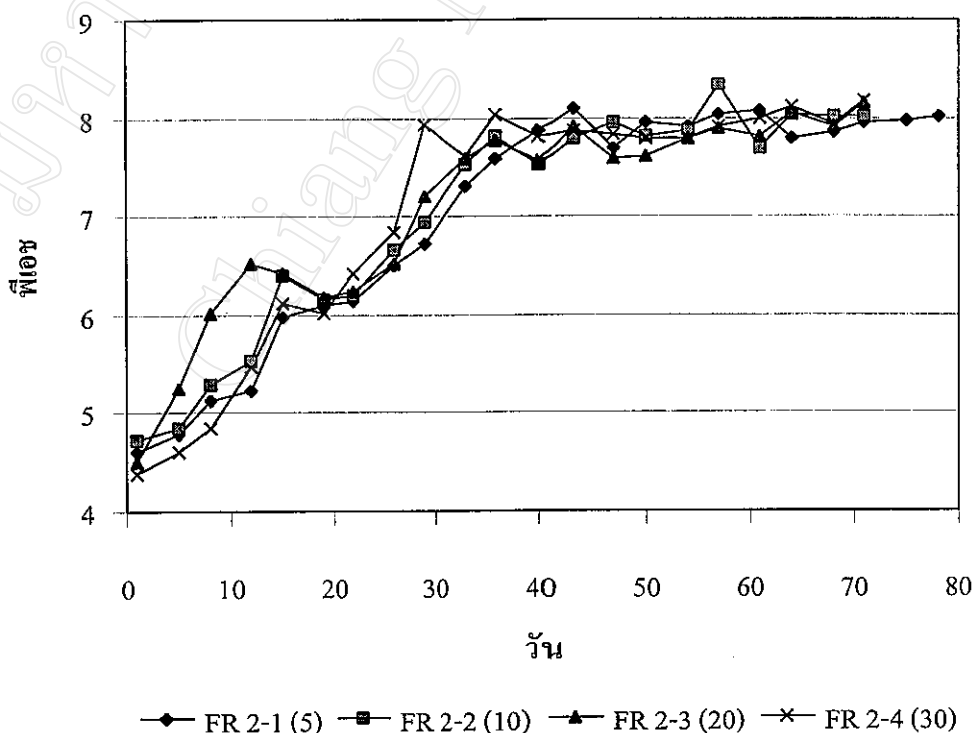


รูปที่ 4.29 อัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนที่อัตราการหมักวันน้ำชะมูลฝอยต่าง ๆ

4.2.3 ลักษณะน้ำชะมูลฝอย

4.2.3.1 พีเอช

ผลการวิเคราะห์หาค่าพีเอชในน้ำชะมูลฝอยได้แสดงในรูปแบบที่ 4.30 และตาราง ณ. 1 ในภาคผนวก ณ โดยวันแรกของการทดลองน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกิริยา FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) มีค่าพีเอชเป็นกรดเท่ากับ 4.61, 4.73, 4.50 และ 4.38 ตามลำดับ และค่อย ๆ มีพีเอชสูงขึ้นจนเป็นด่างอ่อนในตอนท้ายของการทดลอง โดยในวันที่ 33 ของการทดลองเป็นวันแรกที่น้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกิริยา FR 2-1 (5) และ FR 2-2 (10) มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.31 และ 7.52 ตามลำดับ ซึ่งเป็นกลาง ส่วนในถังปฏิกิริยา FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) ใช้เวลา 29 วันจนกระทั่งน้ำชะมูลฝอยมีพีเอช 7.21 และ 7.93 ตามลำดับ ถึงแม้จะมีกรดระเหยเกิดขึ้นในปริมาณที่สูง แต่ค่าพีเอชก็ไม่ได้ลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยระหว่างถังปฏิกิริยาที่เข้าสู่สภาวะเสถียรกับถังปฏิกิริยาที่บรรจุมูลฝอยสด โดยกรดระเหยที่เกิดขึ้นในถังบรรจุมูลฝอยสดจะถูกลดปริมาณโดยหมุนเวียนไปยังถังปฏิกิริยาที่เข้าสู่สภาวะเสถียรและน้ำชะมูลฝอยในถังปฏิกิริยาที่เข้าสู่สภาวะเสถียรที่มีพีเอชค่อนข้างคงที่จะถูกหมุนเวียนมาสู่ถังบรรจุมูลฝอยสดจึงทำให้พีเอชในถังไม่ได้ลดลงอย่างรวดเร็ว



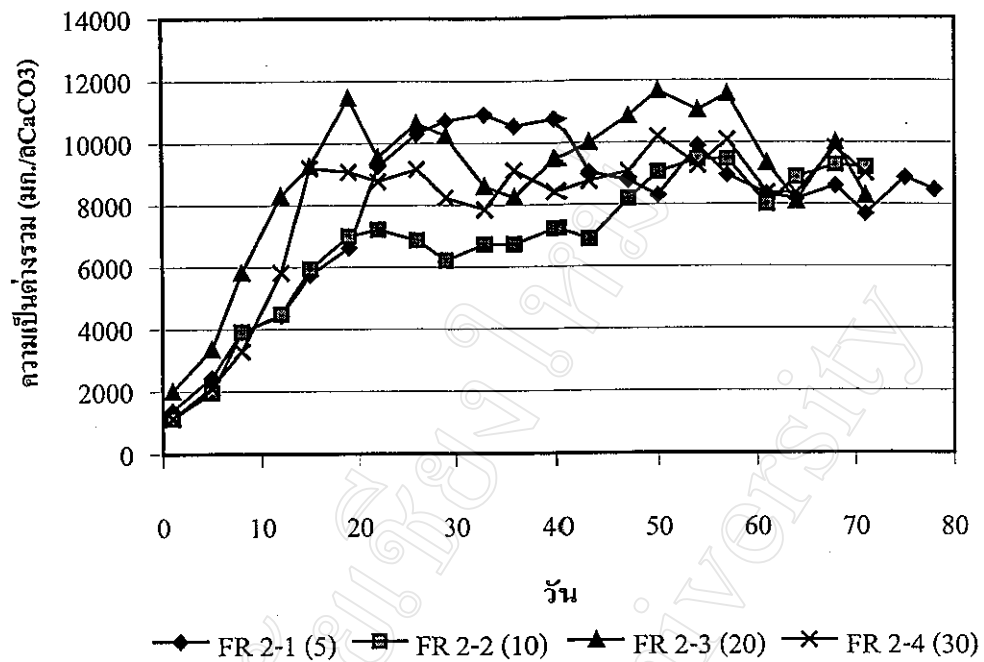
รูปที่ 4.30 พีเอชของน้ำชะมูลฝอย

4.2.3.2 ความเป็นค่ารวม

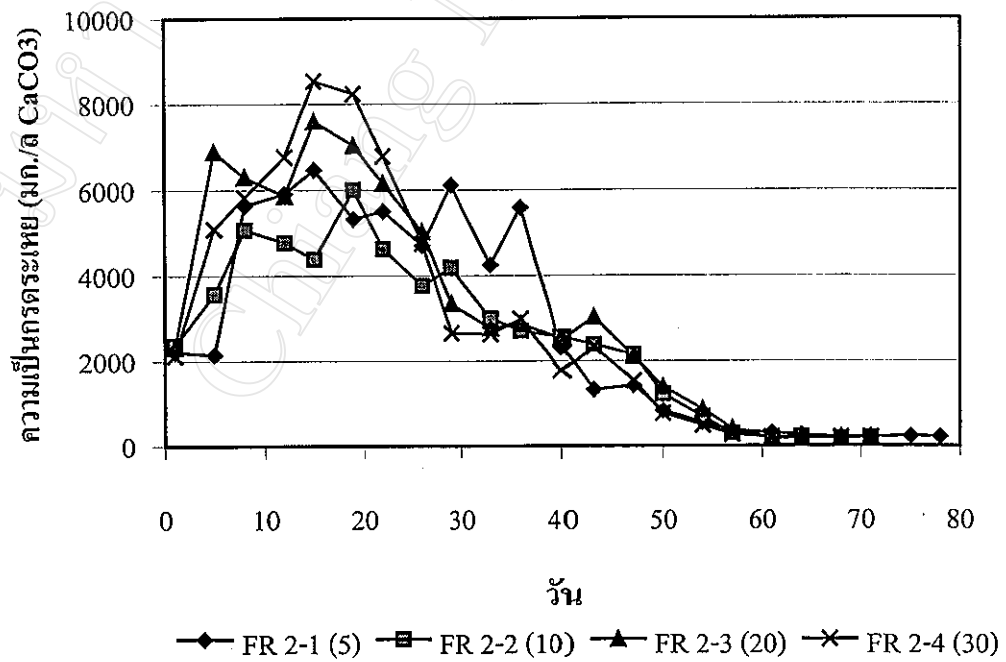
ผลการวิเคราะห์หาค่าความเป็นค่ารวมในน้ำชะมูลฝอยได้แสดงในรูปที่ 4.31 และตาราง ณ.2 ในภาคผนวก ณ จากรูปพบว่าในช่วงแรกของการทดลองค่าความเป็นค่ารวมมีค่าต่ำ คือมีค่าระหว่าง 1130-2000 มก./ล. CaCO_3 ต่อจากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 2-3 สัปดาห์แรก ซึ่งอธิบายได้ว่าในช่วงแรกน้ำชะมูลฝอยเกิดจากมูลฝอยและความชื้นภายในมูลฝอยโดยตรงยังไม่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ หรือย่อยสลายได้น้อย ต่อมาน้ำชะมูลฝอยเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์จึงมีสารละลายที่ทำให้เกิดค่าความเป็นค่ารวมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งช่วงนี้เป็นช่วงที่ปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดขึ้นได้มาก เนื่องจากมีสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้อยู่มากนั่นเอง หลังจากนั้นค่าความเป็นค่ารวมเริ่มลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดระเหย ยกเว้นน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกิริยา FR 2-1 (5) ที่ค่าความเป็นค่ารวมยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งวันที่ 4 ของการทดลองค่าความเป็นค่ารวมจึงเริ่มลดลง เนื่องมาจากค่าความเป็นกรดระเหยของถังปฏิกิริยานี้มีค่าลดลงในช่วง 20-40 วันของการทดลองจึงทำให้ค่าความเป็นค่ารวมในช่วงนี้มีค่าสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าถังปฏิกิริยา FR 2-1 (5) ซึ่งมีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยต่ำสุดทำให้ความชื้นในมูลฝอยต่ำสุดเช่นเดียวกัน การทำงานของจุลินทรีย์ประเภทผลิตกรดอินทรีย์จึงไม่ดีเท่ากับที่ค่าอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยสูงกว่า เมื่อผลิตกรดอินทรีย์ได้ไม่สูงจึงมีผลกระทบต่อการลดลงค่าความเป็นค่ารวม ในช่วงท้ายการทดลองค่าความเป็นค่ารวมค่อนข้างไม่แปรผันมากเท่าใดนักโดยอยู่ในช่วง 8,000-10,000 มก./ล. CaCO_3

4.2.3.3 ความเป็นกรดระเหย

ผลการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดระเหยในน้ำชะมูลฝอยได้แสดงในรูปที่ 4.32 และตาราง ณ. 3 ในภาคผนวก ณ ความเป็นกรดระเหยเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่ใช้แสดงถึงปริมาณกรดอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำชะมูลฝอยได้ เนื่องจากกรดอินทรีย์บางประเภทเป็นกรดระเหย ในวันแรกของการทดลองน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกิริยา FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) มีค่าความเป็นกรดระเหย 2214, 2364, 2311 และ 2125 มก./ล. CaCO_3 ตามลำดับในช่วงแรกของการทดลองค่าความเป็นกรดระเหยมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับการแปรเปลี่ยนค่าซีโอดีในน้ำชะมูลฝอย ซึ่งสอดคล้องกับความแปรเปลี่ยนค่าซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยโดยสารอินทรีย์ในมูลฝอยจะถูกย่อยให้โครงสร้างโมเลกุลสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กลงและถูกชะออกมาทำให้ค่าซีโอดีสูงขึ้น และทำให้ค่าความเป็นกรดระเหยมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กที่ถูกชะมาเหล่านั้นจะถูกแบคทีเรียใช้ในการหมักทำให้เกิดกรดอินทรีย์ตามมา ซึ่งเป็นการย่อยสลายมูลฝอยแบบไร้ออกซิเจนในช่วงระยะสร้างกรด ค่าความเป็นกรดระเหยของน้ำชะมูลฝอยมีค่าสูงสุดในถังปฏิกิริยา FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) เท่ากับ 6470, 6000, 7600 และ



รูปที่ 4.31 ความเป็นด่างรวมของน้ำชะมูลฝอย



รูปที่ 4.32 ความเป็นกรดระเหยของน้ำชะมูลฝอย

,540 มก./ล. CaCO_3 ในวันที่ 15, 19, 18 และ 15 ของการทดลองตามลำดับ หลังจากนั้นในวันที่ 22 ของการทดลองค่าความเป็นกรดระเหยของน้ำชะมูลฝอยในถังปฏิกริยา FR 2-1 (5) มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงวันที่ 68 ของการทดลองโดยเหลือเพียง 199 มก./ล. CaCO_3 ถังปฏิกริยา FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) ก็เช่นเดียวกัน มีค่าความเป็นกรดระเหยลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงวันที่ 57 ของการทดลองเหลือค่าความเป็นกรดระเหยเท่ากับ 192, 167 และ 205 มก./ล. CaCO_3 ตามลำดับ การที่ค่าความเป็นกรดระเหยลดลงอย่างรวดเร็วเกิดจากการที่จุลินทรีย์ใช้กรดอินทรีย์ไปในการสร้างมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ออกไซด์ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบก๊าซที่มีมีเทนกับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นการย่อยสลายมูลฝอยแบบไร้ออกซิเจนในช่วงระยะสร้างมีเทน ถึงแม้บางช่วงจะมีค่าความเป็นกรดระเหยสูงขึ้นบ้าง เนื่องมาจากการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยในถังปฏิกริยาจะไปชะกรดอินทรีย์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ในมูลฝอยออกมาแต่ค่าความเป็นกรดระเหยก็มีแนวโน้มลดลงจนเกือบคงที่ในตอนท้ายของการทดลอง โดยในวันสุดท้ายของการทดลองค่าความเป็นกรดระเหยของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) เท่ากับ 218, 199, 218 และ 205 มก./ล. CaCO_3 ตามลำดับ ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเริ่มต้น ค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยเมื่อเข้าสู่สภาวะเสถียรของพารามิเตอร์ต่าง ๆ

4.2.3.4 ชีโอดี บีโอดีและอัตราส่วนบีโอดีต่อชีโอดี

ผลการวิเคราะห์ชีโอดีในน้ำชะมูลฝอยแสดงในรูปที่ 4.33 และตาราง ญ.4 ในภาคผนวก ญ โดยวันแรกของการทดลองมีค่าชีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) สูงมากถึง 23900, 24200, 25100 และ 22000 มก./ล. ตามลำดับ ในช่วงแรกของการทดลองน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา FR 2-4 (30) มีการเปลี่ยนแปลงของค่าชีโอดีสูงกว่าถังปฏิกริยาอื่น ๆ อย่างชัดเจน โดยค่าชีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) มีค่าสูงสุดในวันที่ 1, 15, 12 และ 5 ของการทดลอง โดยมีค่าเท่ากับ 23900, 25100, 26600 และ 30800 มก./ล. ตามลำดับ การที่ค่าชีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา FR 2-4 (30) มีค่าสูงสุดเนื่องมาจากในถังปฏิกริยานี้มีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยสูงที่สุดจึงมีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากกว่าถังปฏิกริยาอื่น ๆ โดยสารอินทรีย์ในมูลฝอยสดได้ถูกย่อยสลายให้โครงสร้างโมเลกุลสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กลงและถูกชะออกมาได้เร็วและมากขึ้น ค่าชีโอดีจึงสูงขึ้นกว่าค่าชีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยาอื่น ๆ และช่วงเริ่มการทดลอง ส่วนถังปฏิกริยา FR 2-1 (5), FR 2-2 (10) และ FR 2-3 (20) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าชีโอดีใกล้เคียงกัน ในช่วง 40 วันแรกของการทดลอง ค่าชีโอดีในน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว ถึงแม้บางช่วงจะมีค่าชีโอดีสูงขึ้นตามเหตุผลที่กล่าวมาแล้วก็ตาม แสดงให้เห็นว่าในช่วง 40 วันแรกของการทดลองมี

ตารางที่ 4.5 ค่าเริ่มต้น ค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยเมื่อเข้าสู่สภาวะเสถียรของพารามิเตอร์ต่าง ๆ

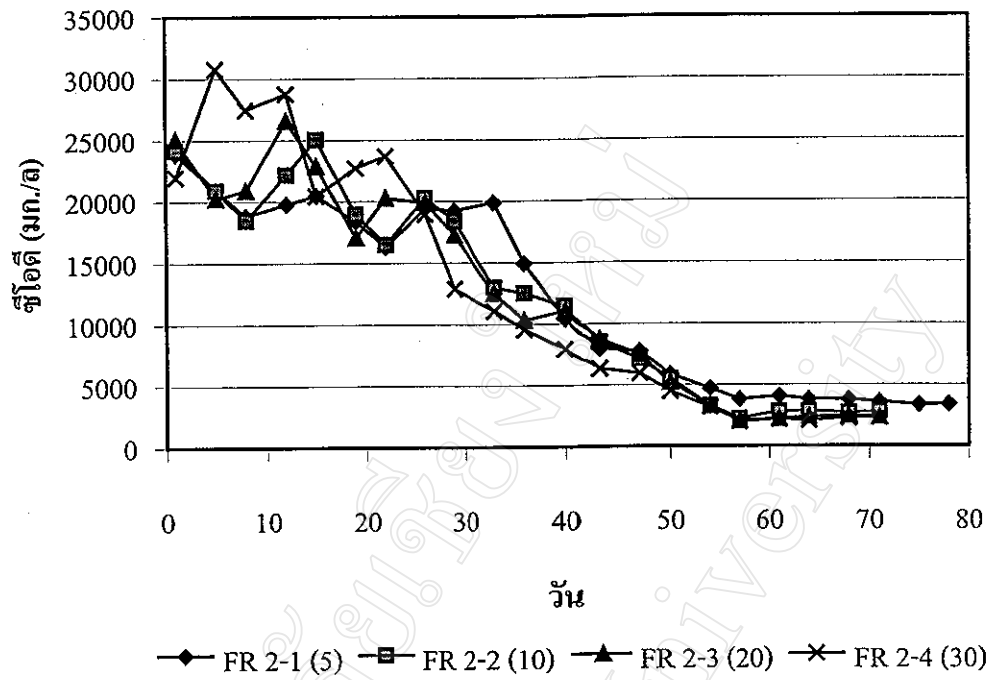
ถึงปฏิกิริยา	ช่วงเวลา	กรดระเหย (มก./ล.)	ซีโอดี (มก./ล.)	บีโอดี (มก./ล.)
FR 2-1 (5)	ค่าเริ่มต้น	2214	23900	20100
	ค่าสูงสุด	6470	23900	20100
	ค่าเฉลี่ย	227	3590	1020
FR 2-2 (10)	ค่าเริ่มต้น	2364	24200	19100
	ค่าสูงสุด	6000	25100	19100
	ค่าเฉลี่ย	214	2790	826
FR 2-3 (20)	ค่าเริ่มต้น	2311	25100	21000
	ค่าสูงสุด	7600	26600	21000
	ค่าเฉลี่ย	240	2300	533
FR 2-4 (30)	ค่าเริ่มต้น	2125	22000	17900
	ค่าสูงสุด	8540	30800	22900
	ค่าเฉลี่ย	213	2170	483

หมายเหตุ : ข้อมูลที่นำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นข้อมูลในช่วงที่เข้าสู่สภาวะเสถียร

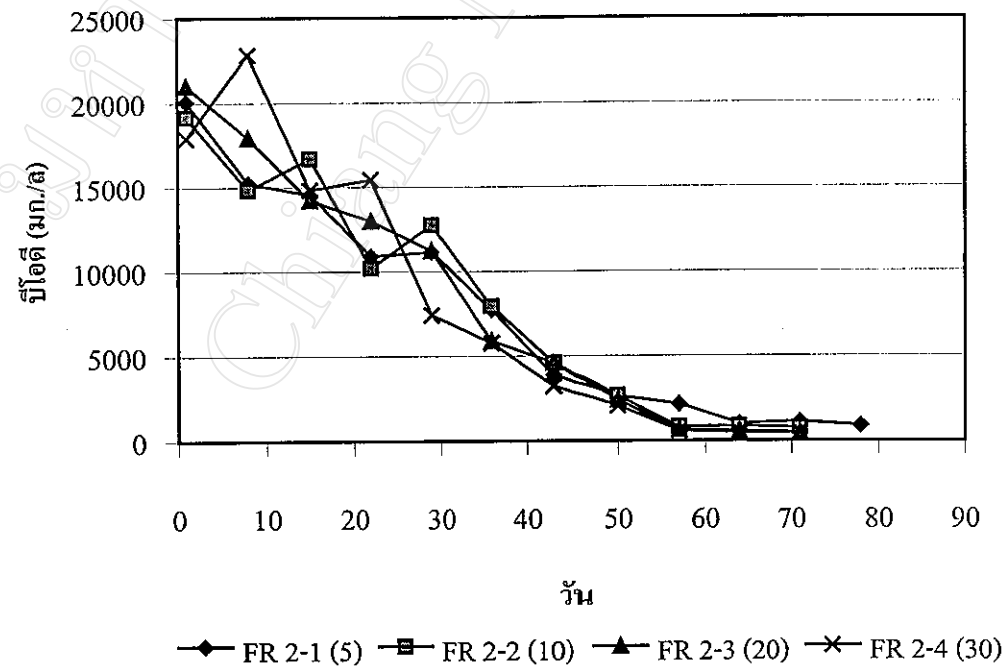
โดยข้อมูลจากถึงปฏิกิริยา FR 2-1 (5) เป็นข้อมูลตั้งแต่วันที่ 64-78 ของการทดลอง

ข้อมูลจากถึงปฏิกิริยา FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) เป็นข้อมูลตั้งแต่วันที่ 57-71 ของการทดลอง

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในมูลฝอยอย่างรวดเร็ว โดยค่าซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยจากถึงปฏิกิริยาทั้ง 4 ถึงมีค่าสูงสุดในวันที่ 1, 15, 12 และ 5 ของการทดลองเท่ากับ 23900, 25100, 26600 และ 30800 มก./ล. ตามลำดับ หลังจากวันที่ 40 ของการทดลองค่าซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งวันที่ 57-71 ของการทดลองค่าซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยจากถึงปฏิกิริยา FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) เริ่มคงที่โดยอยู่ในช่วง 2220-2800, 2080-2470 และ 1989-2340 มก./ล ตามลำดับ ส่วนค่าซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยจากถึงปฏิกิริยา FR 2-1 (5) เริ่มคงที่ในช่วงวันที่ 68-78 ของการทดลองอยู่ในช่วง 3370-3800 มก./ล พบว่าค่าช่วงซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยเมื่อเข้าสู่สภาวะเสถียรจากถึงปฏิกิริยา FR 2-4 (30) มีค่าน้อยสุด รองลงมาคือ FR 2-3 (20), FR 2-2 (10) และ FR 2-1 (5) ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของซีโอดีเมื่อเข้าสู่สภาวะเสถียรแสดงในตารางที่ 4.4 โดยค่าเฉลี่ยซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยเมื่อเข้าสู่สภาวะเสถียรจากถึงปฏิกิริยา FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4



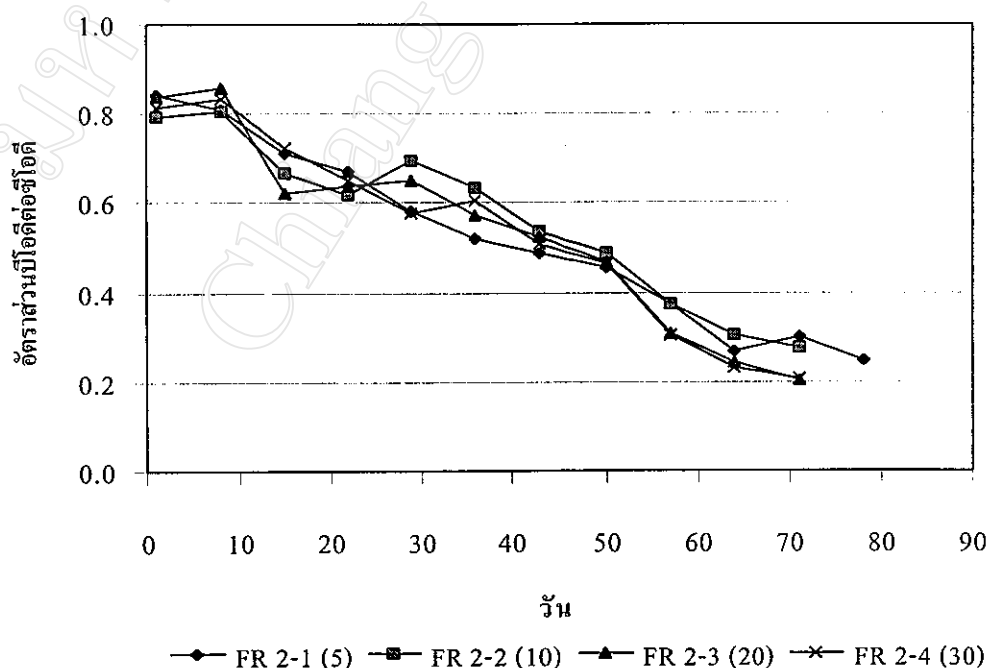
รูปที่ 4.33 ชีโอดีของน้ำชะมูลฝอย



รูปที่ 4.34 บีโอดีของน้ำชะมูลฝอย

(30) เท่ากับ 3590, 2790, 2300 และ 2170 มก./ล ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์บีโอดีในน้ำชะมูลฝอย ได้แสดงในรูปที่ 4.34 และตาราง ณ.5 ในภาคผนวก ณ จากรูปพบว่าบีโอดีมีแนวโน้มเหมือนกันกับ ซีโอดี คือในวันแรกของการทดลองค่าบีโอดีในน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ฯ FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) มีค่าสูงถึง 20100, 19100, 21000 และ 17900 มก./ล. ตามลำดับ โดยค่าบีโอดีในน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ฯ FR 2-1 (5) ลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงวันที่ 64 เหลือ 1,020 มก./ล. ค่าบีโอดีในน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ฯ FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) ลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงวันที่ 57 เหลือ 830, 646 และ 606 มก./ล. ตามลำดับ เนื่องจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายในมูลฝอยได้ลดลง หลังจากนั้นบีโอดีมีแนวโน้มลดลงอย่างช้า ๆ วันสุดท้ายของการวิเคราะห์ค่าบีโอดีของทั้ง 4 ถังปฏิกรณ์มีค่าเพียง 892, 775, 848 และ 848 มก./ล. ตามลำดับ นับว่าต่ำมากเมื่อเทียบกับช่วงแรกของการทดลอง

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าของอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดี ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.35 และ ตาราง ณ.6 ในภาคผนวก ณ พบว่าช่วงแรกมีค่าสูงถึง 0.79 – 0.86 แสดงว่าสารอินทรีย์ในน้ำชะมูลฝอยเป็นสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ดีโดยจุลินทรีย์ หลังจากนั้นบีโอดีมีแนวโน้มลดลง เพราะเมื่อเวลาผ่านไปจะเหลือสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายน้อยลง ในตอนท้ายการทดลองค่าอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดี มีค่าอยู่ในช่วง 0.2-0.3 ซึ่งจากค่านี้จะเห็นได้ว่าสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้น้อยลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้อาจ เป็นเพราะสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายในชั้นมูลฝอยเหลืออยู่น้อยมาก



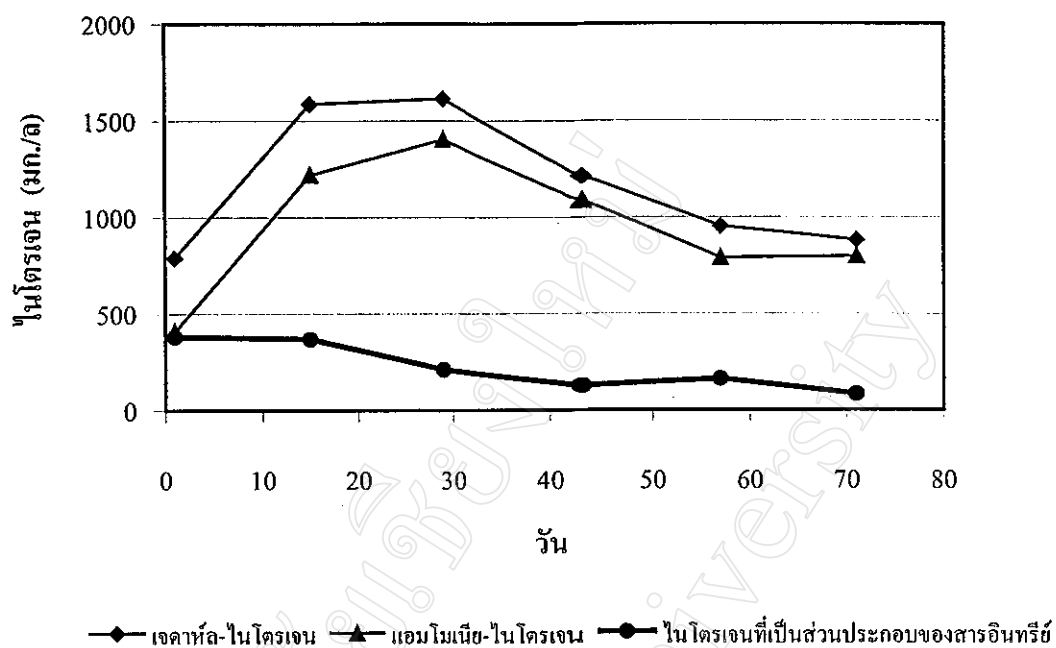
รูปที่ 4.35 อัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดี

4.2.3.5 เจดาคัลไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจนและไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์

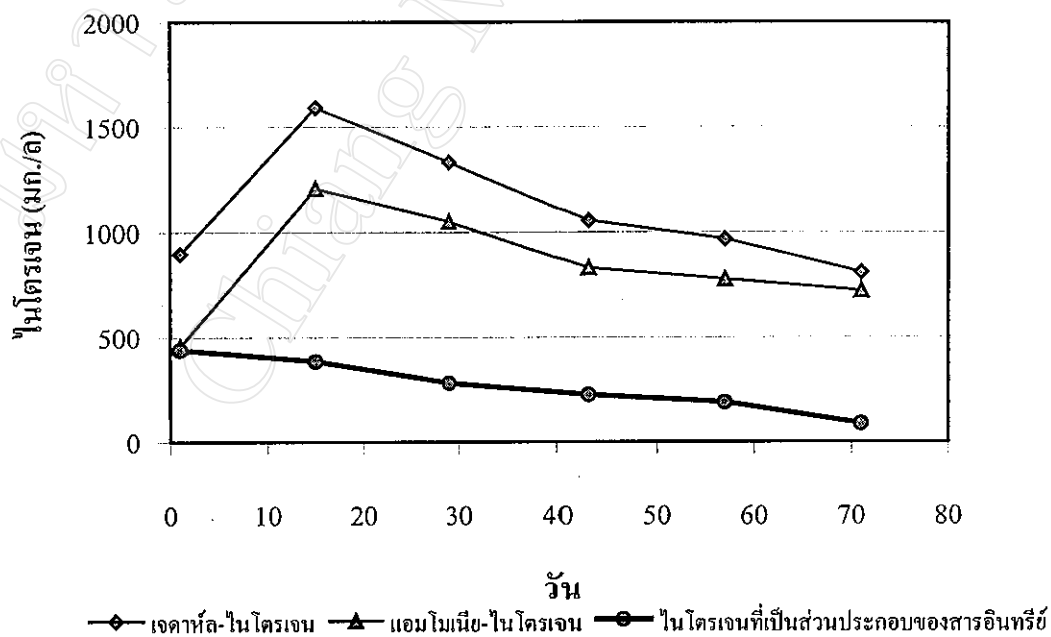
ผลการวิเคราะห์เจดาคัลไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจนและไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ในน้ำชะมูลฝอยได้แสดงในรูปที่ 4.36-4.439 และตาราง ณ.7-ณ.9 ในภาคผนวก ณ เจดาคัลไนโตรเจนเป็นผลรวมของแอมโมเนียไนโตรเจนและไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ จากรูปแสดงให้เห็นว่าค่าเจดาคัลไนโตรเจนเกิดจากแอมโมเนียไนโตรเจนเป็นส่วนใหญ่ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าวันแรกทำการทดลองมีค่าเจดาคัลไนโตรเจนในถังปฏิกรณ์ FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) เท่ากับ 788, 896, 726, 803 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละถังมีค่าเจดาคัลไนโตรเจนใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นเมื่อแอมโมเนียเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 29 ของการทดลอง จากนั้นเจดาคัลไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเนื่องจากไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์เริ่มลดลงจึงทำให้แอมโมเนียไนโตรเจนที่เกิดจากการย่อยสลายของไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ลดลงด้วย ในวันสุดท้ายของการทดลองมีค่า เจดาคัลไนโตรเจนอยู่ในช่วง 800-900 มก./ล. ค่าแอมโมเนียอยู่ในช่วง 700-800 มก./ล.

แอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าสูงกว่าไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ค่อนข้างมากตลอดการทดลองยกเว้นในช่วงอาทิตย์แรกของการทดลองที่มีค่าใกล้เคียงกัน วันแรกทำการทดลองมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในถังปฏิกรณ์ FR 2-1 (5), FR 2-2 (10), FR 2-3 (20) และ FR 2-4 (30) เท่ากับ 407, 456, 389, 468 มก./ล. ตามลำดับ หลังจากนั้นก็มีแนวโน้มค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงวัน 29 ของการทดลอง หลังจากนั้นแอมโมเนียเริ่มลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งวันสุดท้ายของการทดลองค่าแอมโมเนียอยู่ในช่วง 700-800 มก./ล.

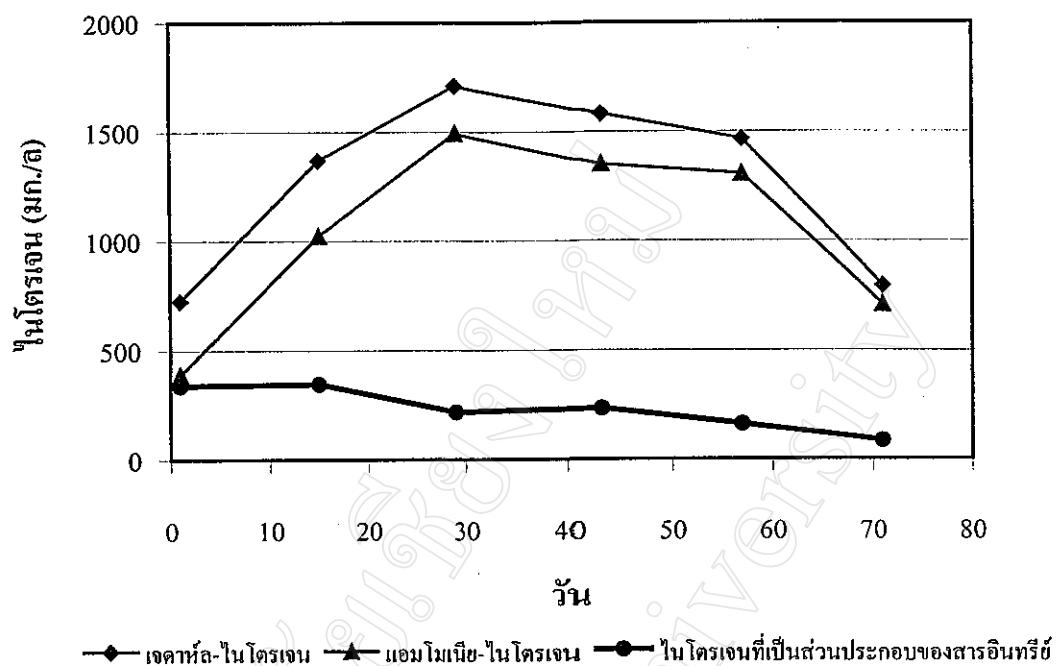
จากรูปแสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในวันสุดท้ายของการทดลองมีค่าไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์อยู่ในช่วง 75-85 มก./ล.



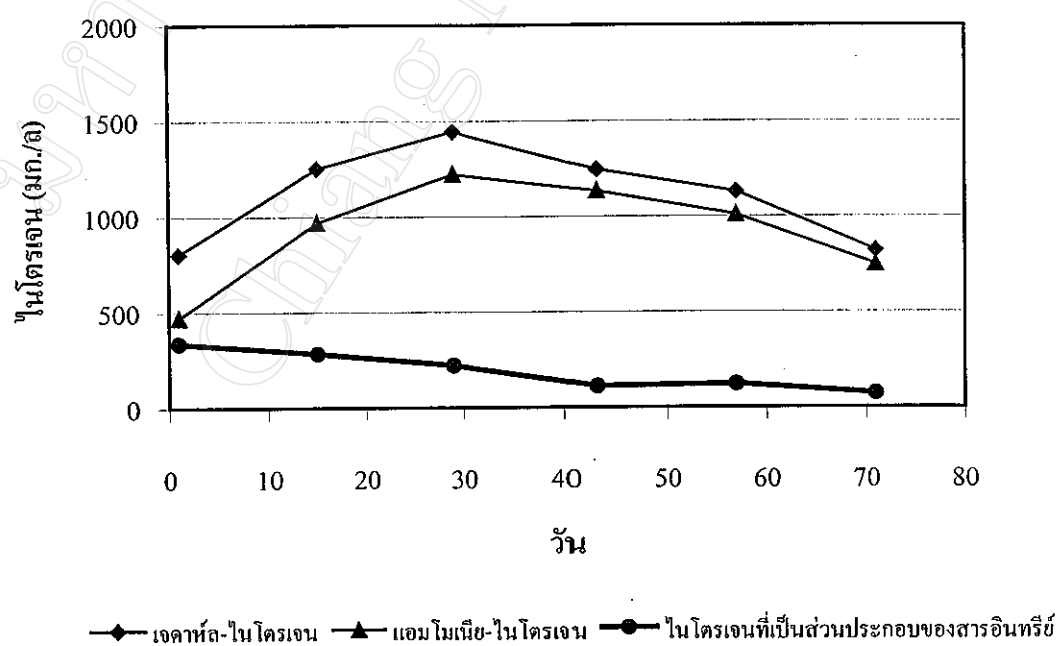
รูปที่ 4.36 ไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา FR 2-1 (5)



รูปที่ 4.37 ไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา FR 2-2 (10)



รูปที่ 4.38 ไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา FR 2-3 (20)



รูปที่ 4.39 ไนโตรเจนของน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา FR 2-4 (30)

4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลาย

การเริ่มต้นเดินระบบน้ำชะมูลฝอยที่เกิดจากถังปฏิบัติการใบใหม่ได้ถูกสุบผ่านเข้าสู่ถังปฏิบัติการที่เข้าสู่สถานะเสถียร และน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิบัติการที่เข้าสู่สถานะเสถียรได้ถูกสูบกลับไปเข้าสู่ถังปฏิบัติการใบใหม่ที่บรรจุมูลฝอยสดเช่นเดียวกัน รายละเอียดของการดำเนินการทดลองแสดงในตารางที่ 3.1 เมื่อพีเอชของถังปฏิบัติการใบใหม่ที่บรรจุมูลฝอยสดมีค่าสูงกว่า 6.5 และองค์ประกอบของก๊าซมีเทนสูงกว่าร้อยละ 30 ได้ทำการหยุดการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยระหว่างถังปฏิบัติการที่เข้าสู่สถานะเสถียรกับถังปฏิบัติการใบใหม่ที่บรรจุมูลฝอยสด แต่ทำการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยภายในถังปฏิบัติการใบใหม่ ระยะเวลาที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยระหว่างถังปฏิบัติการที่เข้าสู่สถานะเสถียรกับถังปฏิบัติการใบใหม่ที่บรรจุมูลฝอยสดแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยระหว่างถังปฏิบัติการที่เข้าสู่สถานะเสถียรกับถังปฏิบัติการใบใหม่

ร้อยละอัตราการหมุนเวียน น้ำชะมูลฝอยต่อวัน	ระยะเวลาที่น้ำชะมูลฝอย มีพีเอช ≥ 6.5	ระยะเวลาที่องค์ประกอบ ก๊าซมีเทน $\geq$ ร้อยละ 30	สรุประยะเวลาที่ใช้ (วัน)
5	26	36	36
10	26	33	33
20	26	29	29
30	26	29	29

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยระหว่างถังปฏิบัติการที่เข้าสู่สถานะเสถียรกับถังปฏิบัติการใบใหม่ พบว่าองค์ประกอบก๊าซมีเทนจะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่ใช้ เนื่องจากมีระยะเวลานานกว่าการที่น้ำชะมูลฝอยมีพีเอชมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5 โดยถังปฏิบัติการที่มีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 20 และ 30 ได้ใช้ระยะเวลาในการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยระหว่างถังปฏิบัติการที่เข้าสู่สถานะเสถียรกับถังปฏิบัติการใบใหม่น้อยที่สุด คือ 29 วัน ส่วนถังปฏิบัติการที่มีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 10 และ 5 ได้ใช้ระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น คือ ใช้ระยะเวลา 33 และ 36 วันตามลำดับ การที่ถังที่มีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 20 และ 30 ใช้ระยะเวลาน้อยกว่าเพราะทั้ง 2 ถังมีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยสูงกว่าถังที่มีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 10 และ 5 จึงทำให้เกิดการเร่งการย่อยสลายสารอินทรีย์ในมูลฝอยได้เร็วกว่า

4.4 ลักษณะของมูลฝอยหลังการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการนำมูลฝอยหลังการหมักมาซึ่งน้ำหนักและวิเคราะห์ลักษณะมูลฝอยเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของลักษณะและปริมาณมูลฝอย ลักษณะของมูลฝอยที่สังเกตได้เมื่อนำออกจากถังปฏิกริยาหลังจากสิ้นสุดการทดลอง คือ มูลฝอยมีสีดำ ไม่มีกลิ่นเหม็น รูปที่ 4.40 แสดงลักษณะมูลฝอยเมื่อนำออกจากถังปฏิกริยา

4.4.1 ความชื้น, ปริมาณของแข็งรวม และความหนาแน่นของมูลฝอย

จากตารางที่ 4.7 พบว่าความชื้นของมูลฝอยก่อนและหลังการทดลองในถังปฏิกริยาที่มีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5 มีค่าใกล้เคียงกัน คือ มูลฝอยก่อนการทดลองมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 82.7 และหลังการทดลองมูลฝอยมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 82.77 ส่วนในถังปฏิกริยาที่มีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 10, 20 และ 30 มีความชื้นเท่ากับร้อยละ 83.2, 85.9 และ 88.3 ตามลำดับ การที่มูลฝอยมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นเพราะมีการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยทุกวันและในถังปฏิกริยาที่มีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 30 จะมีค่าความชื้นสูงสุดรองลงมาคือในถังปฏิกริยาที่มีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 20, 10 และ 5 ตามลำดับ เนื่องจากอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยในแต่ละถังปฏิกริยาต่างกันโดยในถังปฏิกริยาที่มีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 30 จะมีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยสูงสุด จึงทำให้มีความชื้นของมูลฝอยสูงสุดด้วยเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงมวลของมูลฝอยก่อนและหลังการหมัก

พารามิเตอร์	ก่อนการหมัก	ร้อยละอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยหลังการหมัก			
		5	10	20	30
มวลเปียก (กก.)	16.0	6.00	6.30	6.52	7.63
มวลแห้ง (กก.)	2.76	1.03	1.01	0.91	0.89
ความชื้น (ร้อยละ)	82.7	82.8	83.9	86.1	88.3
ปริมาณของแข็งรวม (ร้อยละ)	17.3	17.2	16.1	13.9	11.7
ความหนาแน่นของมูลฝอย (กก./ลบ.ม.)	714	440	461	490	507



ก.FR 2-1 (5)



ข.FR 2-2 (10)



ค.FR 2-3 (20)



ง.FR 2-4 (30)

รูปที่ 4.40 ลักษณะของมูลฝอยเมื่อนำออกจากถังปฏิกิริยา

4.4.2 Volatile Solid และ Fixed Solid

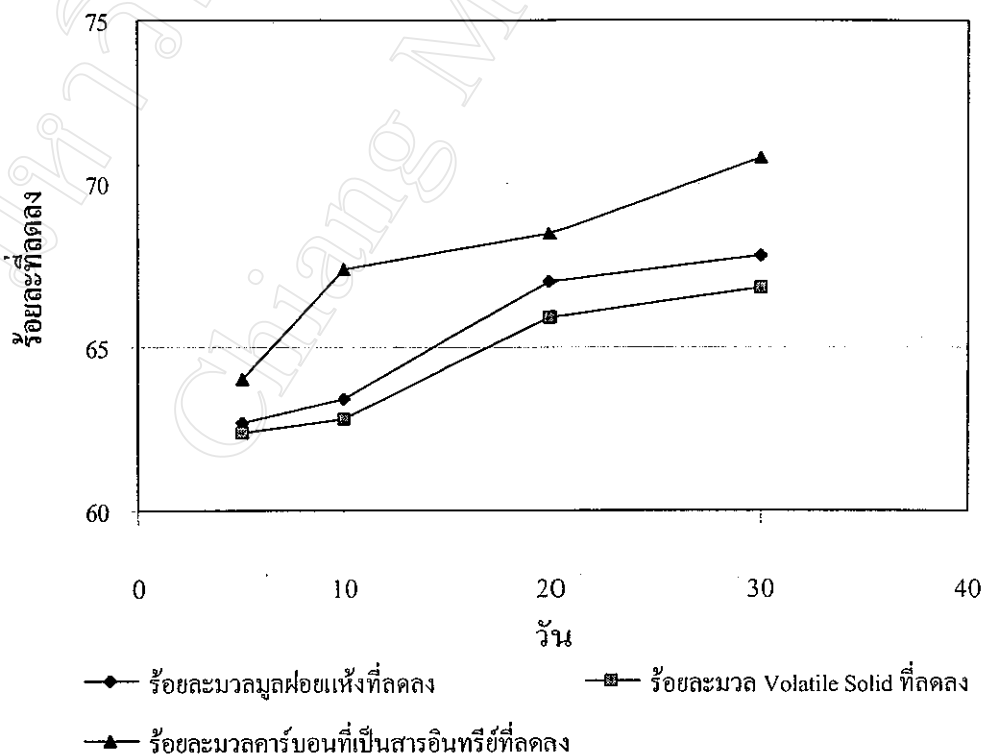
จากตารางที่ 4.8 และ 4.9 ผลการวิเคราะห์หา Volatile Solid และ Fixed Solid ของมูลฝอย พบว่าก่อนการหมักมูลฝอยมี Volatile Solid เท่ากับ 2.26 กก. หลังการหมักมูลฝอยในถังปฏิกรณ์ที่มีอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 มี Volatile Solid เท่ากับ 0.85, 0.84, 0.77 และ 0.75 กก. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อผ่านการหมัก Volatile Solid จะมีค่าน้อยลง เนื่องจาก Volatile Solid เป็นดัชนีที่แสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในมูลฝอย ก่อนการหมักมูลฝอยมีสารอินทรีย์ที่สลายได้อยู่มาก สารอินทรีย์จะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายกลายเป็นน้ำชะมูลฝอยและก๊าซมากขึ้นด้วย ทำให้สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้เหลืออยู่น้อยลง จากตารางที่ 4.8 นำข้อมูลร้อยละมวลมูลฝอยแห้ง มวลของ Volatile Solid และคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ที่ลดลงมาพล็อตกราฟดังรูปที่ 4.41 สามารถสรุปได้ว่าเมื่ออัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยเพิ่มขึ้นร้อยละมวลมูลฝอยแห้ง, มวลของ Volatile Solid และคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ที่ลดลงก็เพิ่มขึ้นด้วยเนื่องมาจากมีการย่อยสลายได้มากกว่าดังปฏิกิริยาอื่น ๆ แต่ที่อัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 20 และ 30 มีค่าไม่แตกต่างกันมากเท่าใดนัก

ตารางที่ 4.8 ร้อยละ Volatile Solid, Fixed Solid และคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์

ร้อยละอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยต่อวัน	ร้อยละ Volatile Solid		ร้อยละ Fixed Solid		ร้อยละคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5	82.1	1.29	17.9	1.29	32.0	2.11
10	83.6	1.83	16.4	1.83	29.0	1.86
20	84.5	0.45	15.5	0.45	31.1	3.24
30	84.5	0.87	15.5	0.87	29.5	3.70

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของมวล Volatile Solid, Fixed Solid และ คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ หลังการหมัก

พารามิเตอร์	ก่อนหมัก	หลังการหมักที่ร้อยละอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอย			
		5	10	20	30
มวลมูลฝอยแห้ง (กก.)	2.76	1.03	1.01	0.91	0.89
ร้อยละมวลที่ลดลง	-	62.7	63.4	67.0	67.8
มวล Volatile Solid (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง)	81.94	82.1	83.6	84.5	84.5
Fixed Solid (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง)	18.06	17.92	16.43	15.49	15.54
คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง)	32.39	32.0	29.0	31.1	29.5
มวลของ Volatile Solid (กก.)	2.26	0.85	0.84	0.77	0.75
ร้อยละมวลของ Volatile Solid ที่ลดลง	-	62.4	62.8	65.9	66.8
มวลของคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ (กก.)	0.89	0.32	0.31	0.28	0.26
ร้อยละมวลของคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ที่ลดลง	-	64.0	67.4	68.5	70.8



รูปที่ 4.41 ร้อยละมวลมูลฝอยแห้ง, Volatile Solid และคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ที่ลดลง

4.4.3 คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์

สารประกอบคาร์บอนเป็นสารที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนจนกระทั่งได้โมเลกุลเล็กและนำไปใช้ในเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งของพลังงานและสร้างส่วนประกอบของเซลล์ จากตารางที่ 4.9 ได้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ในมูลฝอย ก่อนทำการทดลองและหลังทำการทดลองจะพบว่ามูลฝอยมีค่าคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์เท่ากับร้อยละ 35.17 หรือเท่ากับ 0.97 กก. และในถังปฏิกรณ์ที่มีอัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 เท่ากับร้อยละ 32.0, 29.0, 31.1 และ 29.5 หรือ 0.32, 0.29, 0.28 และ 0.26 กก. ตามลำดับ และมีร้อยละการลดปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์เท่ากับ 64.0, 67.4, 68.5 และ 70.8 ตามลำดับ จะพบว่า การลดปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ในแต่ละถังปฏิกรณ์มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักโดยในถังปฏิกรณ์ที่มีอัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 30 มีร้อยละการลดปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์สูงสุด แสดงว่าเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงกว่าถังปฏิกรณ์อื่น ๆ และรองลงมาคือถังปฏิกรณ์ที่มีอัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 20, 10 และ 5 ตามลำดับ

4.4.4 ในโตรเจนทั้งหมด

สารประกอบไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จะนำไปใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนเพื่อสร้างส่วนประกอบของเซลล์ จากตารางที่ 4.10 ได้แสดงค่าของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในมูลฝอยหลังการทดลอง พบว่ามูลฝอยที่มีจากถังปฏิกรณ์ที่มีอัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 10, 20 และ 30 มีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดใกล้เคียงกันคือร้อยละ 2.27, 2.36 และ 2.47 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนกับคุณสมบัติเคมีของปุ๋ยหมักที่ทางกองอนุรักษ์ดินและน้ำกรมพัฒนาที่ดิน (2537) ได้สำรวจไว้รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.10 มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.00 โดยน้ำหนัก จะเห็นได้ว่ามูลฝอยที่ผ่านการหมักแล้วมีปริมาณไนโตรเจนใกล้เคียงกว่าเกณฑ์สำรวจดังกล่าว

4.4.5 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน

ค่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน (C/N ratio) มีความสำคัญในการนำไปใช้พิจารณาการได้ตัวของมูลฝอยหลังการทดลองเนื่องจากจะนำไปทำปุ๋ยเพื่อปรับปรุงคุณภาพของดินต่อไป ถ้าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนลดลงน้อยกว่า 20 ถือว่าปุ๋ยนั้นมีคุณภาพได้ที่แล้ว จากตารางที่ 4.11 แสดงค่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนของมูลฝอยจากถังปฏิกรณ์ที่มีอัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 ได้แก่ 12.2, 12.8, 13.2 และ 11.9 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมากและจะเห็นว่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนมีค่าต่ำกว่า 20 แสดงว่ามูลฝอยที่ได้หลังการทดลองได้ที่สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยหมักได้

ตารางที่ 4.10 ธาตุอาหารหลักและความสามารถในการแลกเปลี่ยนอออนบวก

ธาตุอาหารหลัก	ร้อยละอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอย				ค่าเฉลี่ย ^{*1}	มาตรฐาน ^{*2}
	5	10	20	30		
N (ร้อยละ)	2.63	2.27	2.36	2.47	1.00	1
P (ร้อยละ)	0.10	0.098	0.10	0.099	0.35	1
K (ร้อยละ)	1.39	1.90	1.43	1.55	1.50	0.5
CEC (มิลลิกรัมสมมูลต่อ น.ดินแห้ง 100 ก.)	54.5	190	147	156	-	-

หมายเหตุ : ^{*}1 ค่าเฉลี่ยของปุ๋ยหมักในประเทศไทยโดยกองอนุรักษ์ดินและน้ำกรมพัฒนาที่ดิน, 2537

^{*}2 มาตรฐานของปุ๋ยหมักโดยกองอนุรักษ์ดินและน้ำกรมพัฒนาที่ดิน, 2537

ตารางที่ 4.11 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน

ร้อยละอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอย	C (ร้อยละ)	N (ร้อยละ)	C/N
FR 2-1 (5)	32.0	2.63	12.2
FR 2-2 (10)	29.0	2.27	12.8
FR 2-3 (20)	31.1	2.36	13.2
FR 2-4 (30)	29.5	2.47	11.9

4.4.6 ฟอสฟอรัส

จากตารางที่ 4.10 ได้แสดงค่าของฟอสฟอรัสในมูลฝอยหลังการหมัก ผลการทดลองพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองของถังปฏิกรณ์ที่มีอัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 มีค่าใกล้เคียงกันได้แก่ร้อยละ 0.10, 0.098, 0.10 และ 0.099 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสกับค่าเฉลี่ยของปุ๋ยหมักที่ทางกองอนุรักษ์ดินและน้ำกรมพัฒนาที่ดิน (2537) ได้สำรวจไว้มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.35 โดยน้ำหนักจะเห็นว่ามูลฝอยที่ผ่านการหมักแล้วมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์สำรวจดังกล่าว

4.4.7 โปตัสเซียม

จากตารางที่ 4.10 ได้แสดงค่าของโปตัสเซียมในมูลฝอยหลังการหมัก ผลการทดลองพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองของถังปฏิกรณ์ที่มีอัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 มีค่าใกล้เคียงกันได้แก่ร้อยละ 1.39, 1.90, 1.43 และ 1.55 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปตัสเซียมกับ

ค่าเฉลี่ยของปุ๋ยหมักที่ทางกองอนุรักษ์ดินและน้ำกรมพัฒนาที่ดิน. (2537) ได้สำรวจไว้มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 1.50 โดยน้ำหนักจะเห็นว่ามูลฝอยที่ผ่านการหมักแล้วมีปริมาณโปตัสเซียมใกล้เคียงกับ เกณฑ์สำรวจดังกล่าว

เมื่อสิ้นสุดการหมักพบว่ามูลฝอยจะมีธาตุอาหารหลักดังแสดงในตารางที่ 4.10 โดยที่กรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดมาตรฐานเกรดของปุ๋ยหมักแบบอุตสาหกรรมไว้ว่าปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดีไม่ควรมีธาตุอาหารหลักต่ำกว่า 1-1-0.5 (N-P-K) ซึ่งจากการทดลองพบว่ามูลฝอยจากถังปฏิกริยาที่มีอัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 มีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในช่วงร้อยละ 0.098-0.10 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดินที่จะทำเป็นปุ๋ยหมักแบบอุตสาหกรรม ส่วนไนโตรเจนและโปตัสเซียมมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานในทุกถังปฏิกริยา คืออยู่ในช่วงร้อยละ 2.27-2.63 และ 1.39-1.90 ตามลำดับ

4.4.8 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity C.E.C) ของดิน หมายถึง ปริมาณประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดที่ดินหรือสารคอลลอยด์นั้นสามารถดูดยึดไว้ได้ ซึ่งจะบอกค่าเป็นจำนวน miliequivalent ของประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนที่ได้ (Exchangeable cation) ต่อดินแห้งหนัก 100 กรัม (มิลลิกรัมสมมูลต่อ น.ดินแห้ง 100 ก.) (มานัส แสนมณีชัย, 2537)

ประจุบวกซึ่งเป็นธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้แก่ แคลเซียม, โปตัสเซียม, แมกนีเซียม, แอมโมเนียม เป็นต้น ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของปุ๋ยหมักมีประโยชน์มากในแง่ที่จะพิจารณาถึงปริมาณปุ๋ยที่จะใส่ลงไปดิน เพื่อป้องกันการสูญเสียธาตุอาหารของพืชโดยการกระบวนการชะล้าง เนื่องจากสารอินทรีย์เมื่อถูกย่อยสลายส่วนใหญ่จะมีประจุลบ และขนาดเล็กทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก จึงมีความสามารถที่จะดูดซับธาตุอาหารเป็นแหล่งสะสมธาตุอาหารที่พืชต้องการได้เป็นอย่างดี จากตารางที่ 4.10 ได้แสดงค่าของความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของมูลฝอย โดยมูลฝอยหลังจากการหมักในถังปฏิกริยาที่มีอัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเท่ากับ 54.5, 190, 147 และ 156 มิลลิกรัมสมมูลต่อ 100 ก. น.น.แห้งของดิน จะเห็นว่ามูลฝอยจากถังปฏิกริยาที่มีอัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5 มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำสุด และจากถังปฏิกริยาอีก 3 ถังที่เหลือมีค่าไม่แตกต่างกันมากเท่าใดนัก

จากการศึกษาพบว่าเมื่ออัตราเฉลี่ยการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยเพิ่มขึ้นอัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนและความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ในมูลฝอยจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยที่อัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 30 จะมีอัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนและความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ในมูลฝอยสูงสุด รองลงมาคือ อัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 20 และ 10 ตามลำดับ ส่วนที่อัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5 จะมีอัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนและความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ในมูลฝอยต่ำสุดและค่อนข้างแตกต่างจากอัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยอื่น ๆ มาก ถึงแม้ว่าที่อัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 30 จะมีอัตราเฉลี่ยการเกิดก๊าซมีเทนและความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ในมูลฝอยสูงสุดก็ตามแต่ก็ไม่แตกต่างจากอัตราหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 20 มากนัก