

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการทดลองและรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ทำที่ห้องปฏิบัติการภายใต้อุณหภูมิต่ำและสภาพโดยปกติของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีรายละเอียดและวิธีการทดลองดังนี้

3.1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาเป็นท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.20 ม. (8 นิ้ว) สูง 1.35 ม. ปริมาตรใช้งานจริง 22.7 ล. ปริมาตรเก็บน้ำชะมูลฝอย 14.6 ล. บรรจุมูลฝอยสูง 0.70 ม. จำนวน 8 ถัง บริเวณด้านล่างถังมีแผ่นพีวีซีเจาะรูกันเป็นห้องสำหรับเก็บน้ำชะมูลฝอย ที่กั้นถังได้มีท่อรับน้ำชะมูลฝอยซึ่งทำด้วยท่อพีวีซีขนาด ½ นิ้วทั้ง 2 ด้านของถัง ด้านหนึ่งสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยไปวิเคราะห์โดยได้ทำการติดตั้งเป็นรูปตัวยู ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้าขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำชะมูลฝอย อีกด้านหนึ่งได้ทำการติดตั้งเข้ากับปั้มน้ำแบบไดอะแฟรมเพื่อนำน้ำชะมูลฝอยกลับเข้าสู่ระบบอีกครั้งทางด้านบนด้วยท่อพีวีซีขนาด ½ นิ้ว จำนวน 4 ท่อ ที่กลางฝาถังด้านบนจะมีการต่อสายยางส่งก๊าซไปยังเครื่องวัดปริมาณก๊าซด้วยวิธีแทนที่น้ำ แบบจำลองถูกตั้งไว้ในอาคาร รายละเอียดแบบจำลองแสดงในรูปที่ 3.1

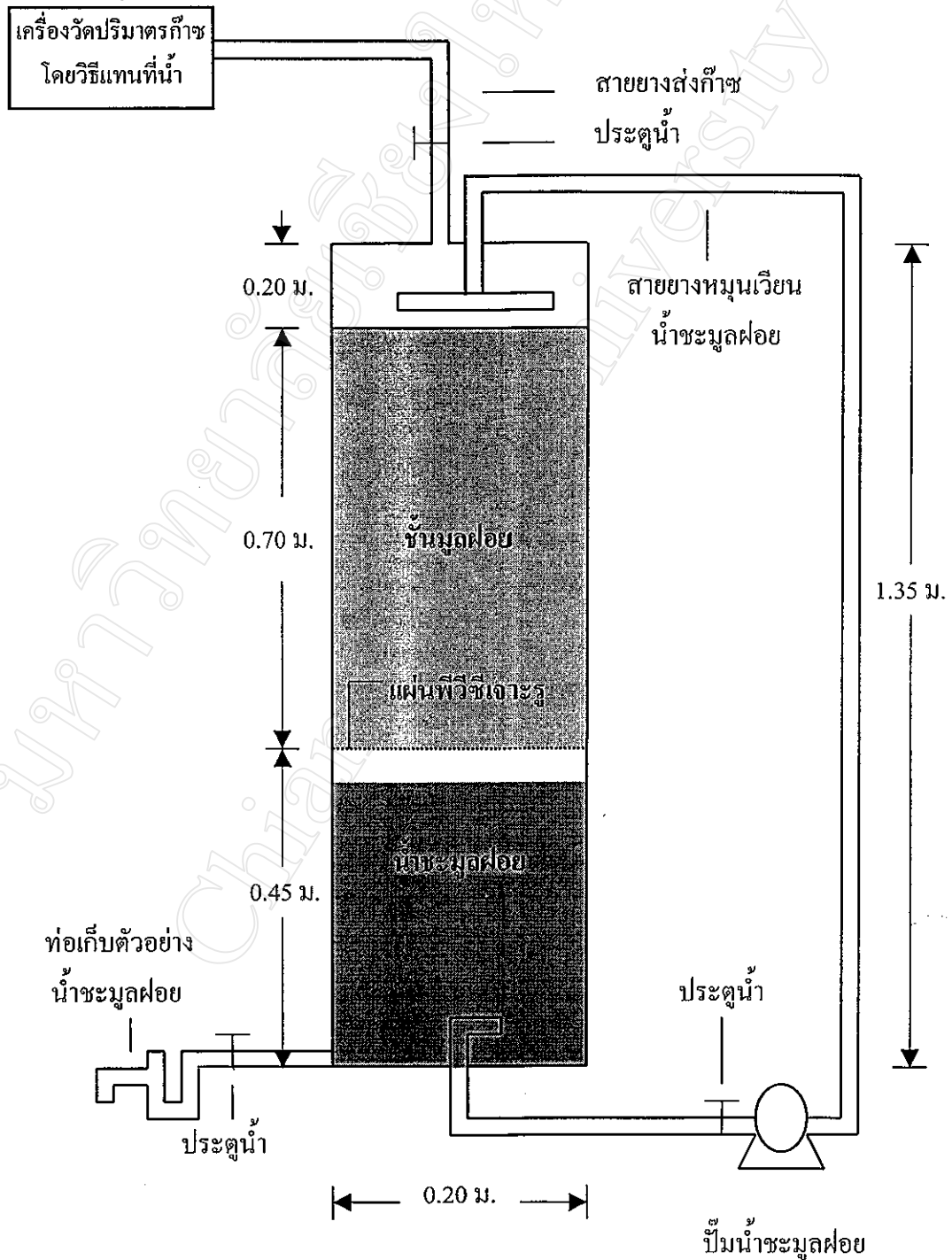
3.1.1 อุปกรณ์ในการวัดปริมาณก๊าซ

การวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น ทำโดยการแทนที่น้ำโดยมีปริมาตร 15 ล. อุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ ถังพลาสติก โดยถังปฏิกิริยา 1 ใบประกอบไปด้วยถังพลาสติก 2 ใบ ภายในถังพลาสติกใบแรกบรรจุน้ำประปาที่ผสมกรดซัลฟูริก เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์สามารถที่จะละลายน้ำได้ที่พีเอชมากกว่า 4.5 ดังนั้นน้ำที่ใช้ในการทดลองนี้ต้องมีพีเอชน้อยกว่า 4 เพื่อป้องกันไม่ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายออกไปกับน้ำได้ ถังพลาสติกใบที่สองทำเครื่องหมายบอกปริมาตรไว้ที่ข้างถังแล้วนำไปลงในถังพลาสติกใบแรก ต่อสายยางส่งก๊าซจากถังปฏิกิริยาเข้ากับถังพลาสติกใบที่สองที่คว่ำในถังพลาสติกใบแรก

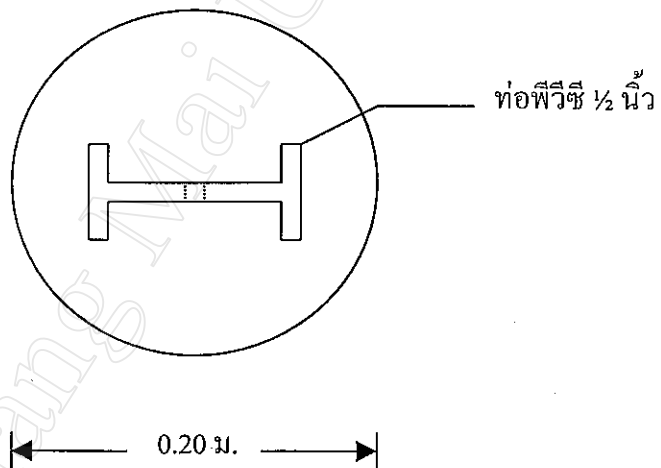
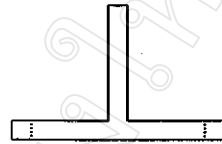
3.2 มูลฝอยที่นำมาใช้ในการศึกษา

มูลฝอยที่นำมาใช้ในการศึกษานำมาจากตลาดต้นพยอม ถ.สุเทพ ต.สุเทพ จ.เชียงใหม่ ซึ่งผ่านการคัดแยกเอามูลฝอยที่เป็นสารอินทรีย์ออก เช่น ถูพลาสติก เศษผ้า แก้ว โลหะ ฯลฯ

มูลฝอยที่ใช้ได้ถูกบดให้มีขนาดประมาณ 2.5 ซม. แล้วนำไปบรรจุในแบบจำลองให้มีความสูง 70 เซนติเมตร เติมน้ำประปา (ที่ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน) เพื่อให้มีน้ำชะมูลฝอยปริมาณเพียงพอต่อการหมุนเวียนและการวิเคราะห์ หลังจากนั้นปิดฝาดังแบบจำลองขานแนวด้วยกาวซิลิโคนให้รอบฝาดังเพื่อให้ภายในตั้งอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน

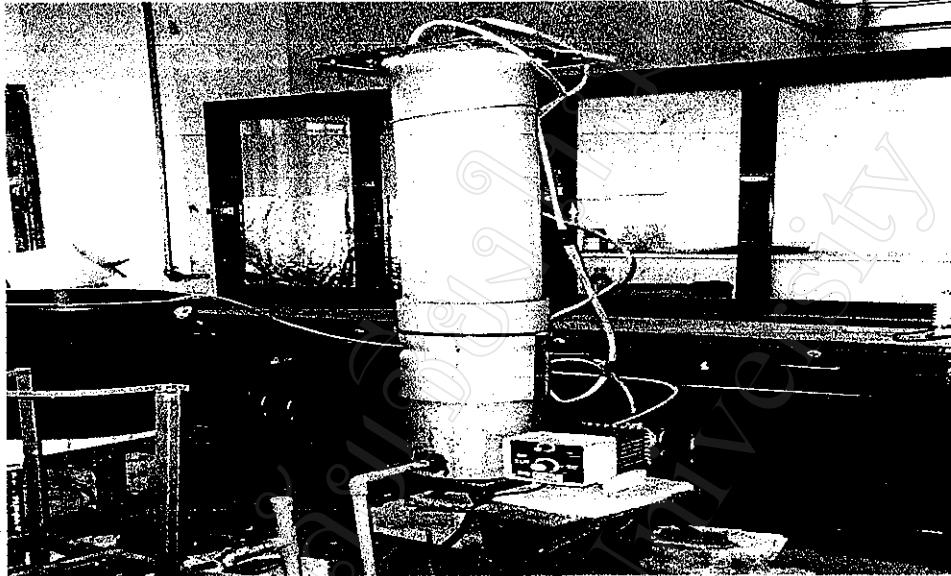


รูปที่ 3.1 หน้าตัดของถังจำลองที่จะใช้ในการศึกษา

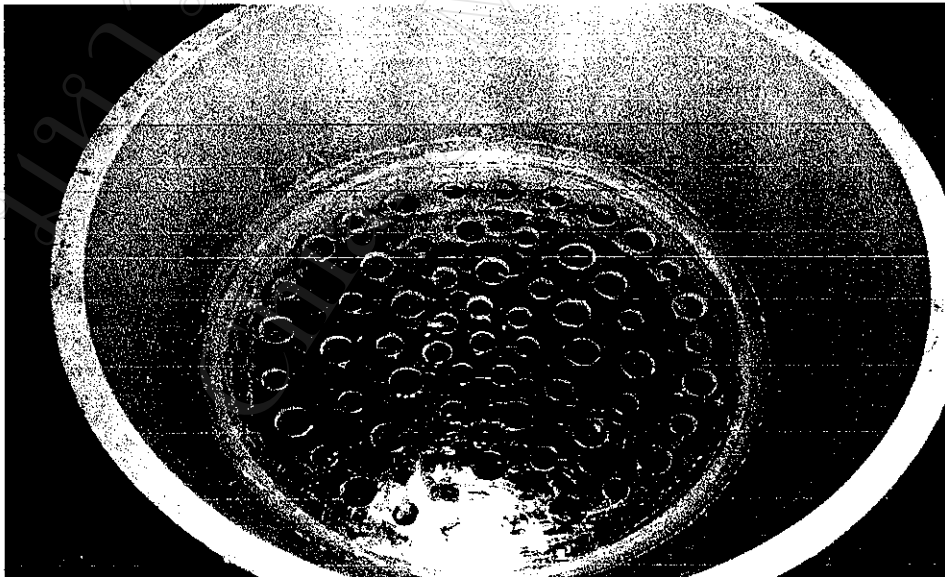


รูปที่ 3.2 รายละเอียดของท่อหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอย

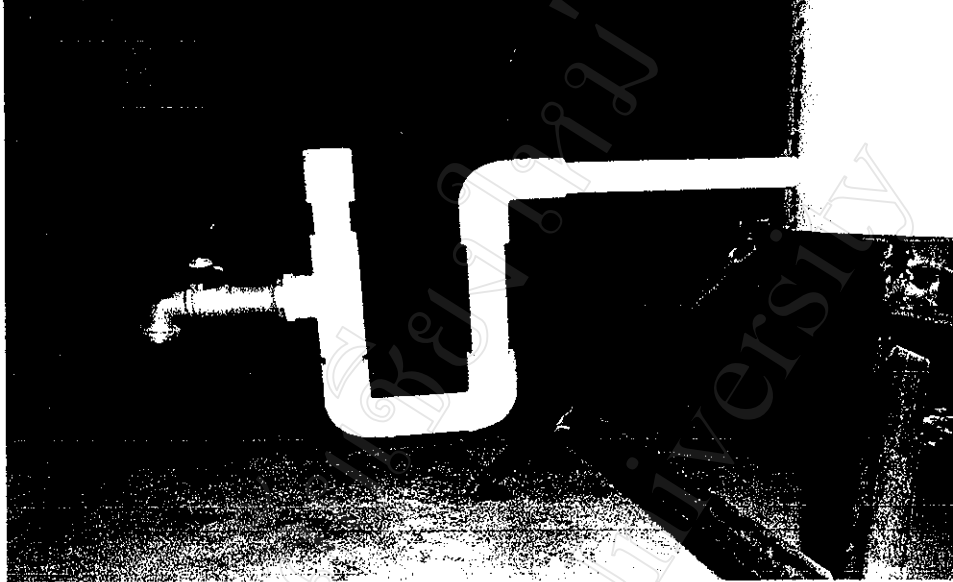
การควบคุมความหนาแน่นของมูลฝอยที่บรรจุในถังปฏิกิริยาเพื่อให้มีความหนาแน่นใกล้เคียงกันตลอดทั้งถัง ทำได้โดยใช้น้ำหนักมูลฝอยและนำไปเทลงในถังปฏิกิริยาจากนั้นทำการบรรจุมูลฝอยให้มีน้ำหนักเท่ากันที่ทุก ๆ ความสูง 35 ซม.



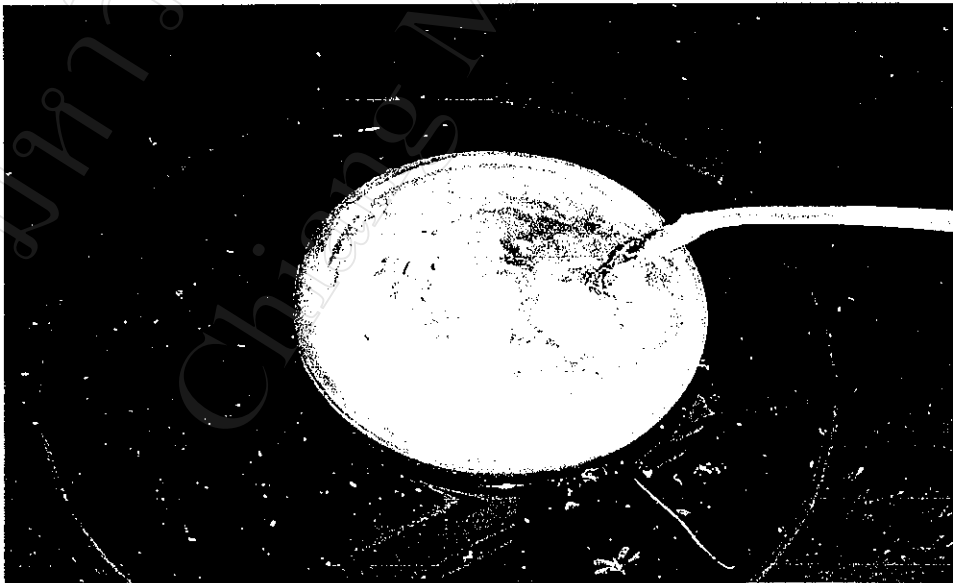
รูปที่ 3.3 ถังจำลองที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 3.4 แผ่นพีวีซีเจาะรู



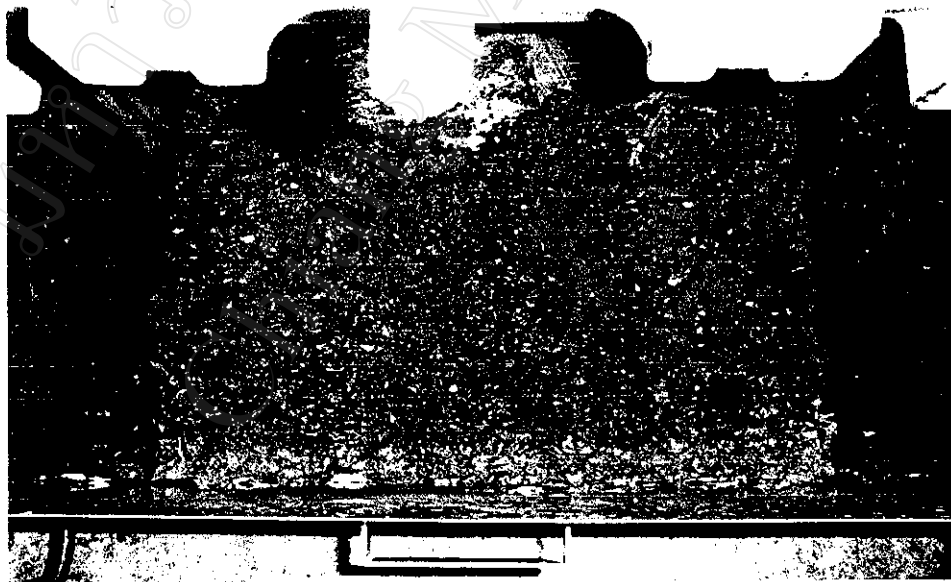
รูปที่ 3.5 ท่อเก็บตัวอย่างน้ำชะมูลฝอย



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาตรก๊าซ (แทนที่น้ำ)



รูปที่ 3.7 การบดมูลฝอยให้มีขนาดเล็ก



รูปที่ 3.8 มูลฝอยที่ผ่านการบดให้เป็นชิ้นเล็กแล้ว

3.3 การดำเนินการวิจัย

การทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการสร้างถังปฏิกิริยาที่มีสถานะเสถียร (ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ก) และขั้นตอนที่สองเป็นการกำจัดมูลฝอยใหม่โดยใช้น้ำ ชะมูลฝอยจากถังปฏิกิริยาที่มีสถานะเสถียรเป็นตัวช่วยเร่งการย่อยสลายสารอินทรีย์ในมูลฝอยใหม่ (ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ข) สำหรับรายละเอียดของการทดลองทั้ง 2 ขั้นตอน มีดังต่อไปนี้ (ดูรูปที่ 3.9 และตารางที่ 3.2 ประกอบ)

ขั้นตอนแรก การสร้างถังปฏิกิริยาที่มีสถานะเสถียร จำนวน 4 ใบ

เริ่มดำเนินการทดลองโดยนำมูลฝอยสดจากตลาดต้นพยอมซึ่งผ่านการคัดแยกเอามูลฝอยที่เป็นสารอินทรีย์ออก เช่น ถูพลาสติก เศษผ้า แก้ว โลหะ ฯลฯ มาบดให้มีขนาดประมาณ 2.5 ซม. บรรจุลงในถังปฏิกิริยา ST 1-1, ST 1-2, ST 1-3 และ ST 1-4 (ดูตารางที่ 3.3) ให้มีความหนาแน่นเท่ากันทุกถัง พร้อมกับเติมกากตะกอนจากการหมักไร้ออกซิเจนจากลิซเบดเพื่อเร่งให้เกิดการสร้างเชื้อแบคทีเรียที่เหมาะสมกับการย่อยสลายมูลฝอยและน้ำประปา (ที่ดักทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน) เพื่อให้มีน้ำชะมูลฝอยปริมาตรเพียงพอต่อการหมวนเวียนและการวิเคราะห์โดยเติมน้ำประปาในถังปฏิกิริยาให้มีปริมาตรเท่ากันทุกใบ รายละเอียดการดำเนินการทดลองในส่วนของการเตรียมมูลฝอย การเติมกากตะกอนและความหนาแน่นในการบรรจุมูลฝอยในขั้นตอนการสร้างถังปฏิกิริยาที่มีสถานะเสถียรแสดงในตารางที่ 3.1 น้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากถังปฏิกิริยานี้ได้ถูกสูบกลับไปหมวนเวียนในถังมูลฝอยทุกวัน ปริมาตรน้ำชะมูลฝอยที่ทำการหมวนเวียนในถังปฏิกิริยาทั้ง 4 ถังเท่ากันคือ ร้อยละ 20 ของปริมาตรถังมูลฝอยในถังปฏิกิริยา ในแต่ละวันทำการหมวนเวียนน้ำชะมูลฝอย 1 ครั้ง นานครั้งละ 15 นาที ด้วยอัตรา 0.30 ลิ./นาที เพื่อให้เกิดการสร้างเชื้อแบคทีเรียที่เหมาะสมกับการย่อยสลายมูลฝอยแบบไร้ออกซิเจน เมื่อมูลฝอยถูกย่อยสลายจนเสถียรแล้วก็ถูกนำไปต่อกับถังปฏิกิริยาที่บรรจุมูลฝอยใหม่ในขั้นตอนที่สอง ระหว่างการทดลองทำการเก็บข้อมูลปริมาณและวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้น ได้แก่ ออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอนและมีเทน และทำการวิเคราะห์ลักษณะน้ำชะมูลฝอยซึ่งได้แก่ สีโอดี ความเป็นด่างรวม ความเป็นกรดระเหย รายละเอียดการดำเนินการทดลองแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการดำเนินการทดลองในขั้นตอนการสร้างถังปฏิกิริยาที่มีสถานะเสถียร

ถังปฏิกิริยา	น้ำหนักเปียก (กก.)			อัตราส่วนระหว่างมวล ฝอยสดต่อกากตะกอน	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
	มวลฝอยสด	กากตะกอน ^{*1}	รวม		
ST 1-1	11.5	7.19	18.6	1:1.59	866
ST 1-2	11.9	7.19	19.1	1:1.66	854
ST 1-3	12.7	7.19	19.8	1:1.76	874
ST 1-4	12.2	7.19	19.3	1:1.70	866

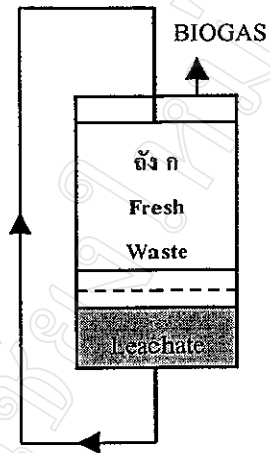
หมายเหตุ : ^{*1} กากตะกอนที่ใช้เป็นกากตะกอนที่ได้จากการย่อยสลายมูลฝอยจากตลาดต้นพยอมแบบไร้ออกซิเจนจนเสถียรแล้ว

^{*2} ST หมายถึง ถังปฏิกิริยาที่มีสถานะเสถียร (Stabilized Reactor)

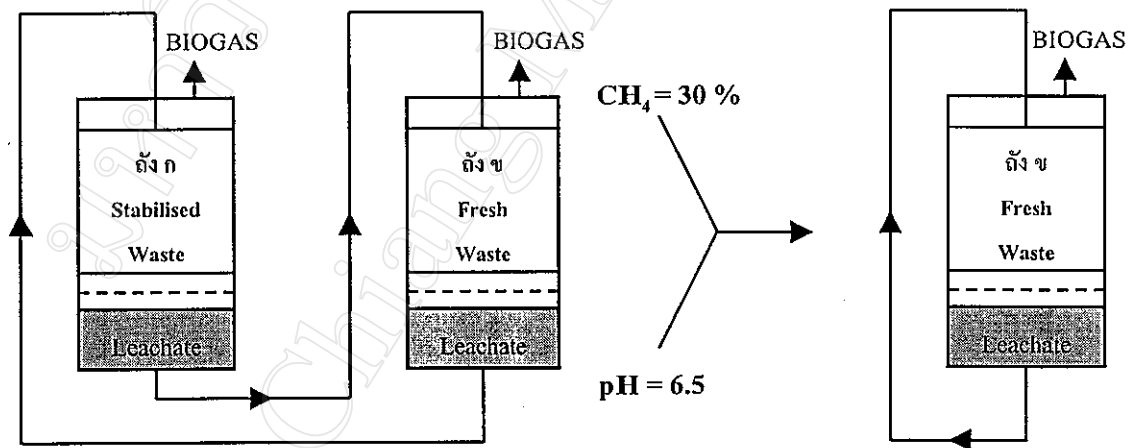
ขั้นตอนที่สอง การย่อยสลายมูลฝอยใหม่

บรรจุมูลฝอยใหม่ลงในถังปฏิกิริยาจำนวน 4 ใบ แต่ละใบบรรจุมูลฝอยหนัก 16 กก. (นน.เปียก) และความหนาแน่น 714 กก./ลบ.ม. (ถึง ข ในรูปที่ 3.9) ปฏิบัติเหมือนขั้นตอนแรก และเติมน้ำประปา (ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน) เพื่อให้มีน้ำชะมูลฝอยปริมาณเพียงพอต่อการหมุนเวียนและการวิเคราะห์ จากนั้นนำน้ำชะมูลฝอยที่เกิดจากถังปฏิกิริยาที่มีสถานะเสถียร (ST 1-1 ถึง ST 1-4) จากขั้นตอนแรก (ถึง ก ในรูปที่ 3.9) ป้อนเข้าสู่ถังปฏิกิริยาที่บรรจุมูลฝอยใหม่ FR 2-1, FR 2-2, FR 2-3 และ FR 2-4 (ถึง ข ในรูปที่ 3.9) เป็นคู่ ๆ ด้วยอัตราการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 ของปริมาณชั้นมูลฝอยในถังปฏิกิริยาตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ 3.2) ในแต่ละวันทำการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอย 1 ครั้ง นานครั้งละ 15 นาที ด้วยอัตรา 0.08, 0.15, 0.30 และ 0.45 ลิ./นาทีตามลำดับ เพื่อนำแบคทีเรียไปช่วยเร่งการย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังปฏิกิริยาใบใหม่ เมื่อพีเอชและองค์ประกอบของก๊าซมีเทนของถังปฏิกิริยาที่บรรจุมูลฝอยใหม่ FR 2-1, FR 2-2, FR 2-3 และ FR 2-4 มีค่าสูงกว่า 6.5 และร้อยละ 30 ตามลำดับก็ได้หยุดการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกิริยาที่มีสถานะเสถียรและได้ทำการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยภายในถังปฏิกิริยาของตนเองแทนเก็บข้อมูลปริมาณและลักษณะของก๊าซและน้ำชะมูลฝอยจนกระทั่งถังปฏิกิริยา FR 2-1, FR 2-2, FR 2-3 และ FR 2-4 เข้าสู่สถานะเสถียรจึงหยุดดำเนินการทดลอง

สถานะเสถียรในที่นี้หมายถึงมูลฝอยในถังปฏิกิริยาได้ถูกย่อยสลายจนถึงขั้นกระบวนการสร้างก๊าซมีเทนจนกระทั่งเลยช่วงที่มีการผลิตก๊าซมีเทนสูงสุด ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเริ่มลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งปริมาณของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นน้อยกว่าร้อยละ 20 ของปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นสูงสุด หรือกล่าวได้ว่าความสามารถในการผลิตก๊าซมีเทนลดลงและสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกย่อยสลายไปเกือบหมดโดยดูได้จากค่าซีโอดีและกรดระเหยของน้ำชะมูลฝอยค่อนข้างคงที่



ก. ไคอะแกรมการทดลองการสร้างถังปฏิกิริยาที่มีสถานะเสถียร



ข. ไคอะแกรมแสดงการทดลองการย่อยสลายมูลฝอยใหม่

รูปที่ 3.9 ไคอะแกรมการทดลองการกำจัดมูลฝอยด้วยวิธีการหมักไร้ออกซิเจนแบบลิชเบค

ตารางที่ 3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

ชุดการทดลองที่	การทดลอง	อัตราการหมุนเวียน น้ำชะมูลฝอยต่อวัน	
		ร้อยละ ^{*1}	ปริมาณ (ลิตร)
ST ^{*2} 1-1 , ST 1-2, ST 1-3 และ ST 1-4	เป็นการสร้าง Stabilized Reactor	20	4.54
FR ^{*3} 2-1 (5) ^{*4}	มีการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา ST 1-1	5	1.15
FR 2-2 (10)	มีการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา ST 1-2	10	2.27
FR 2-3 (20)	มีการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา ST 1-3	20	4.54
FR 2-4 (30)	มีการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยจากถังปฏิกริยา ST 1-4	30	6.81

หมายเหตุ : ^{*1} ร้อยละของปริมาตรชั้นมูลฝอย

^{*2} ST หมายถึง ถังปฏิกริยาที่มีสภาวะเสถียร (Stabilized Reactor)

^{*3} FR หมายถึง ถังปฏิกริยาที่บรรจุมูลฝอยใหม่ (FreshWaste Recirculation Reactor)

^{*4} (5) หมายถึง ถังปฏิกริยาที่มีการหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอยร้อยละ 5 ของปริมาตรชั้นมูลฝอย

รายละเอียดการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างในขั้นตอนที่ 2 แสดงในตารางที่ 3.3 และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

ประเภทตัวอย่าง	พารามิเตอร์	ความถี่ในการวิเคราะห์
มูลฝอยเริ่มต้น	ความชื้น ความหนาแน่น ปริมาณของแข็งรวม Volatile-Solid, Fixed Solid ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน	1 ครั้ง ก่อนบรรจุมูล ฝอยลงในถังทดลอง
ก๊าซ	ปริมาตรก๊าซ องค์ประกอบของก๊าซ : มีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์	1 ครั้ง/วัน 2 ครั้ง/สัปดาห์
น้ำชะมูลฝอย	พีเอช ซีไอดี ความเป็นด่างรวมและกรดระเหยรวม บีไอดี ไนโตรเจนรวม แอมโมเนียไนโตรเจน	2 ครั้ง/สัปดาห์ 1 ครั้ง/สัปดาห์ 1 ครั้ง/2 สัปดาห์
มูลฝอยภายหลัง การหมัก	การลดลงของมวล ความชื้น ความหนาแน่น ปริมาณของ แข็งรวม Volatile Solid, Fixed Solid ปริมาณอินทรีย์ คาร์บอน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก โพแทสเซียม ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม	1 ครั้ง ภายหลังเสร็จ สิ้นการทดลอง

ตารางที่ 3.4 วิธีการวิเคราะห์

ตัวอย่าง	วิธีการวิเคราะห์	หนังสืออ้างอิง
มูลฝอยก่อนและหลังการหมัก ความชื้น ความหนาแน่น ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด Volatile Solid และ Fixed Solid ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสรวม โปแทสเซียม ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก การลดลงของมวล	อบในเตาอบ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เวลา 5 วัน ตักมูลฝอยใส่ถังปริมาตร 70 ลิตร ยกสูงจากพื้น 30 ซม. ปล่อยให้กระแทกพื้นและชั่งน้ำหนัก อบในเตาอบ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เวลา 5 วัน บดมูลฝอยรวมให้มีขนาด 1 มม. อบในตู้อบ 100°C 2 ชม. และนำไปเผาในเตาอุณหภูมิ $600-650^{\circ}\text{C}$ จนน้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่หายไปคือ Volatile Solid ส่วนน้ำหนักที่เหลืออยู่ก็คือ Fixed Solid Wet Oxidation Kjeldahl Method Acid Digestion and Ascorbic Acid Flame Photometry Ammonium Saturation Gravimetric Method	CMU and JICA (1992) " " Black (1982) " " Rich (1965) Black (1982)
ก๊าซ	Gas Chromatography (TCD detector) ซีห้อ SHIMADZU รุ่น GC-8A ใช้ Column : Molecular Sieve 5A สำหรับวิเคราะห์ก๊าซมีเทน ใช้ Column : Porapak สำหรับวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	
น้ำระเหย ฟิเอช บีไอดี ซีไอดี ไนโตรเจนรวม แอมโมเนียไนโตรเจน ความเป็นด่างรวม กรดอะซิติก	ฟิเอชมิเตอร์ ซีห้อ HORIBA รุ่น D-14E Dilution Method Dichromate Reflux Kjeldahl Method Distillation and Acid Titration Acid Titration Method Direct Titration Method	APHA, AWWA, and WPCF (1992) " " " " Dilallo and Albertson (1960)

เลขหมู่.....

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

 2/004
 368.728
 01711C

C. 2