บทที่ 2

วิธีการทดลอง

2.1 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตจิบเบอเรลลิน ซึ่งน้ำเสียที่นำมาใช้แยกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะของน้ำเสียคือ

1. น้ำเสียที่เกิดจากการหมักจิบเบอเรลลินในถังหมักขนาด 300 ลิตร ของสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งน้ำเสียนี้จะไม่ผ่านกระบวนการแยกสกัดจิบเบอเรลลินออกจากน้ำหมักเนื่องจากการหมักที่ไม่สมบูรณ์ ใช้เวลาหมักเพียง 4 วัน (ปกติใช้เวลาหมัก 7 วัน) เมื่อนำน้ำหมักมาหมุนเหวี่ยง แยกเซลล์จุลินทรีย์ออกจากน้ำหมัก จะได้น้ำเสียที่มีสีเหลืองใสและมีกลิ่นเฉพาะตัว องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่น้ำตาลที่เหลือจากการหมัก และกรดอินทรีย์

2. น้ำเสียที่ได้จากการสกัดจิบเบอเรลลินออกจากน้ำหมัก โดยการนำน้ำหมักที่หมักได้สมบูรณ์ (ใช้เวลาหมัก 7 วัน) มาหมุนเหวี่ยงแยกเซลล์จุลินทรีย์ออกจากน้ำหมัก จากนั้นนำน้ำหมักมาผ่านกระบวนการแยกสกัดจิบเบอเรลลินออกจากน้ำหมัก โดยใช้เครื่องแยกสกัดสารแบบใช้ตัวทำละลาย (liquid - liquid extraction) ซึ่งใช้เอทิลแอซีเตตเป็นตัวทำละลาย ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการนี้จะมีเอทิลแอซีเตตปนอยู่ในน้ำเสีย

2.2 ตะกอนแบคทีเรียที่ใช้เริ่มต้น

ใช้ตะกอนแบคทีเรียเริ่มต้น ต่อจากงานวิจัยการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการหมักกรดมะนาวของ สัมพันธ์ เขียวเหมือน (2540) ซึ่งตะกอนแบคทีเรียเหล่านี้ผ่านภาวะล้มเหลวมาก่อน ลักษณะของตะกอนแบคทีเรียส่วนมากมีสีดำ และที่ก้นถังหมักจะพบแบคทีเรียที่มีสีขาว และสีน้ำตาล เป็นส่วนมาก ขนาดของแบคทีเรียมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-2 มิลลิเมตร

2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานทดลองนี้ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

1) ถังหมักมีเทน เป็นถังหมักแบบยูเอเอสบี ทำจากพลาสติกอะคริลิก ลักษณะถังเป็นทรงกระบอก 2 ชั้น (เพื่อหล่อน้ำในชั้นนอกให้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 °c) ความสูงของถังหมักประมาณ

137 เซนติเมตร ปริมาตรการใช้งานของถังชั้นใน 9.97 ลิตร มีท่อเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูงของถังหมักเท่ากับ 5, 10, 15, 20, 30, 40 เซนติเมตร ขนาดและสัดส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 มีกรวยแยกตะกอน (gas-solid separator) อยู่ทางตอนบนของถังหมักเพื่อทำหน้าที่แยกตะกอนแบคทีเรีย น้ำ และก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ออกจากกัน น้ำเสียจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่างและไหลล้นออกทางท่อด้านบน รายละเอียดต่างๆ ของถังหมักมีเทนแสดงในรูปที่ 2.2

กรวยแยกตะกอน (gas-solid separator) ทำจากพลาสติกพีวีซี ซึ่งเป็นท่อรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.0 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ตอนบนเป็นรูปกรวยที่มีความชัน 50 องศา และมีท่อทางออกของก๊าซอยู่ทางด้านบน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ขนาด สัดส่วน และรายละเอียดต่างของกรวยแยกตะกอนดังแสดงในรูปที่ 2.3

2) ปั๊มสำหรับสูบน้ำร้อนเป็นแบบ circulating pump รุ่น PMD - 311 ขนาด 45 วัตต์ ความเร็วรอบ 2800 รอบ/นาที ยี่ห้อ SANSO ของบริษัท SANSO ELECTRIC MFG ประเทศญี่ปุ่น

3) เครื่องป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ

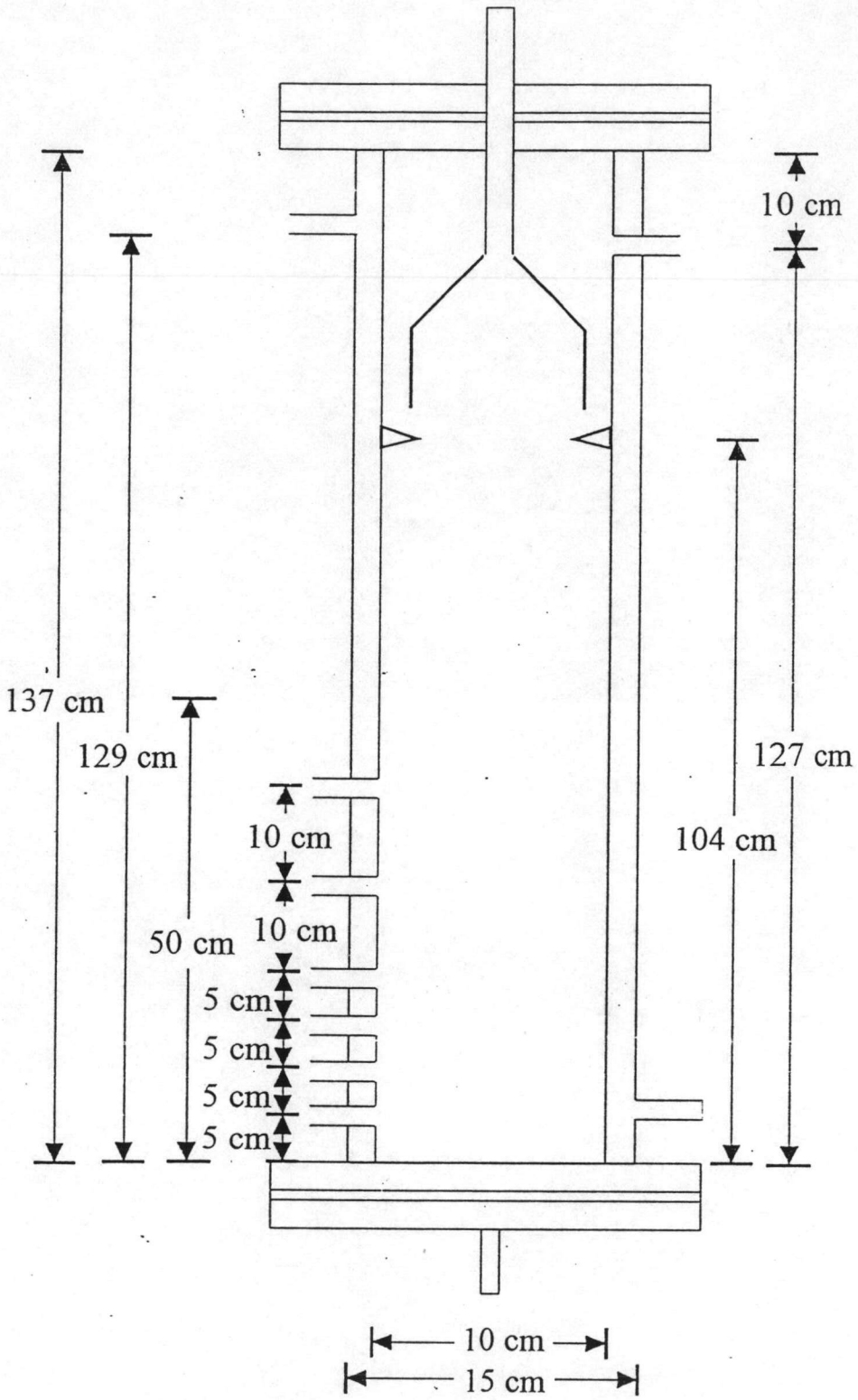
ปั๊มแบบ peristatic pump (microprocessor pump drive) รุ่น 7524 - 15 ยี่ห้อ MASTERFLEX ของบริษัท Cole Parmer Instrument ประเทศสหรัฐอเมริกา

4) เครื่องวัดปริมาตรก๊าซ (gas meter) ทำจากพลาสติกอะคริลิก ดังรูปที่ 2.4 การวัดปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้ใช้วิธีการแทนที่น้ำ โดยก๊าซที่ผลิตขึ้นจากถังหมักจะออกทางด้านบนของถังหมักแล้วเข้าสู่กล่องพลาสติกซึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องวัดปริมาตรก๊าซ โดยการนับจำนวนครั้งที่กล่องพลาสติกพลิกก็จะได้ปริมาตรทั้งหมดของก๊าซที่ผลิตในแต่ละวัน ซึ่งในการพลิกหนึ่งครั้งสำหรับเครื่องมือวัดปริมาตรก๊าซที่ใช้ในการทดลองนี้คิดเป็นปริมาตร 14 มิลลิลิตร

5) ตู้เย็น เพื่อใช้ในการแช่น้ำเสียก่อนที่จะป้อนเข้าสู่ถังหมักเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำเสีย โดยตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 4 °C

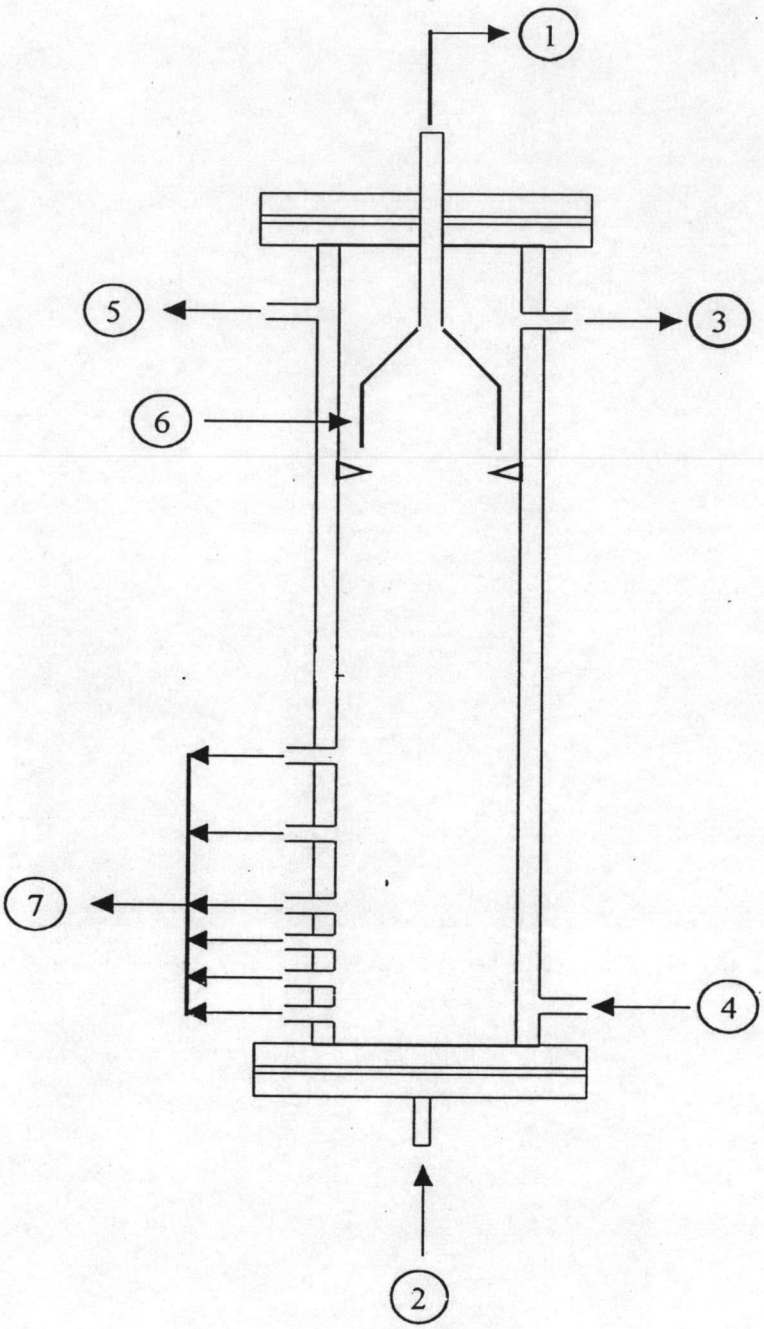
2.4 <u>เงื่อนไขและภาวะที่ใช้ในการทดลอง</u>

ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ (COD) อัตราการไหลและอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองในส่วนที่ 1 (น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการสกัดแยกจิบเบอเรลลินออกจากน้ำหมัก) และส่วนที่ 2 (น้ำเสียที่ผ่านการสกัดแยกจิบเบอเรลลินออกจากน้ำหมัก) แสดงดังในตารางที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ ในการทดลองได้เตรียมน้ำเสียโดยการเจือจางน้ำเสียให้มีค่าซีโอดีอยู่ในช่วงที่ต้องการ และทำการเติม ยูเรียและ KH_2PO_4 เป็นสารอาหารเพื่อปรับค่า COD : N :P เท่ากับ



<u>หมายเหตุ</u> เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 1.0 เซนติเมตร

รูปที่ 2.1 ขนาดและสัดส่วนของถังหมักมีเทนแบบยูเอเอสบี



รูปที่ 2.2 รายละเอียดของถังหมักมีเทนแบบยูเอเอสบี

1 ทางออกของก๊าซที่เกิดขึ้น

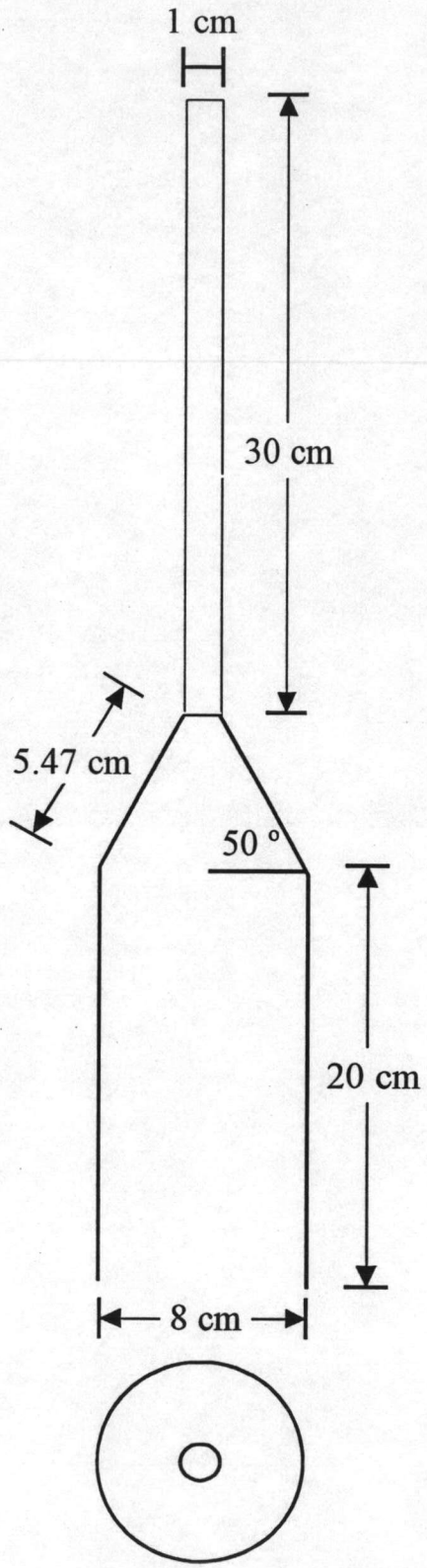
2 ทางเข้าของน้ำเสีย

3 ทางออกของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด

4,5 ทางเข้า-ออกของน้ำร้อน ตามลำดับ

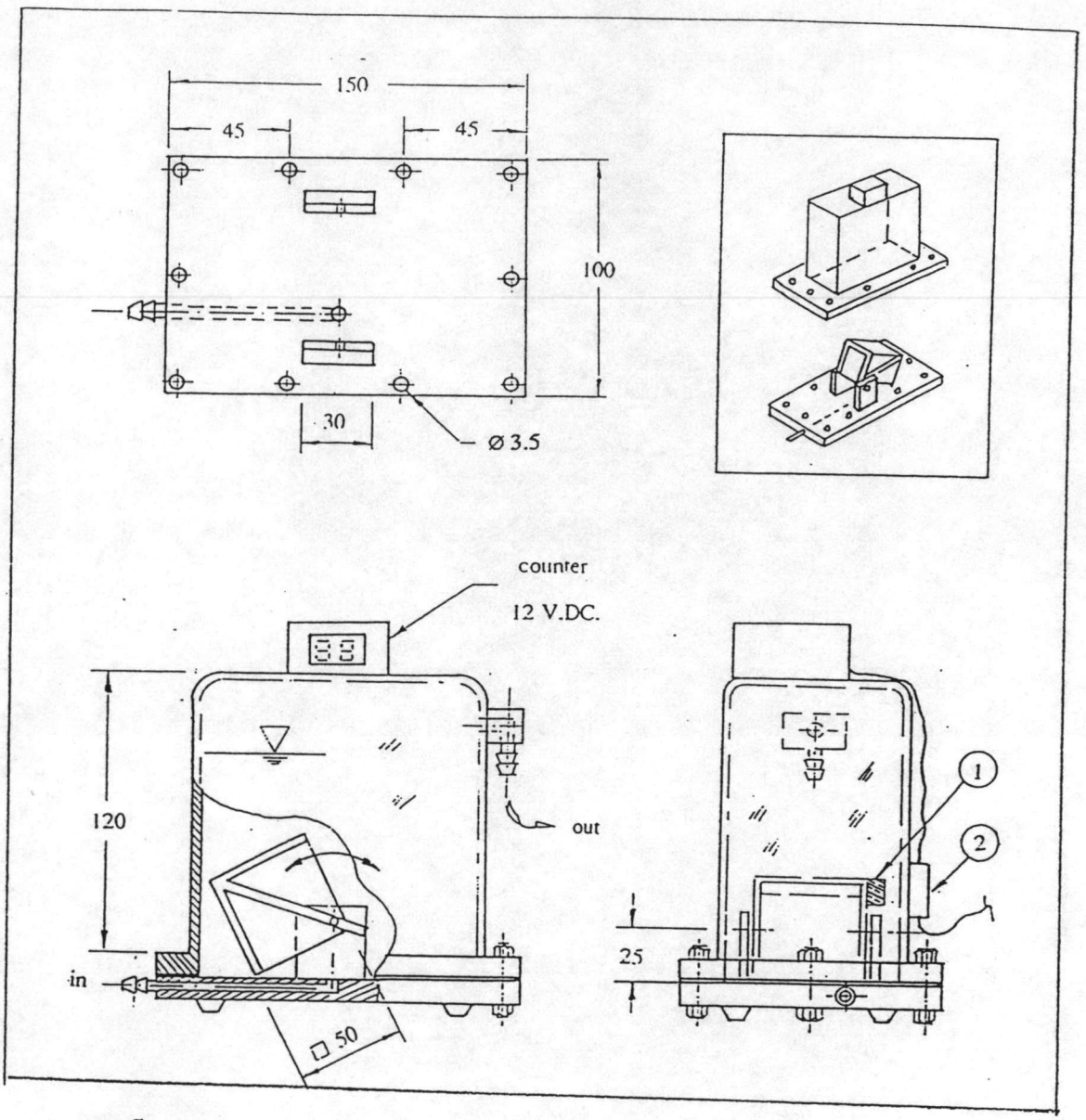
6 กรวยแยกตะกอน

7 ตำแหน่งต่างๆในการเก็บตัวอย่าง



<u>หมายเหตุ</u> ความหนาของวัสดุที่ใช้เท่ากับ 3 มิลลิเมตร

รูปที่ 2.3 กรวยแยกตะกอน (Gas-Solid Separator)



1. แม่เหล็กถาวร
2. สวิทช์แม่เหล็ก

รูปที่ 2.4 แบบเครื่องวัดปริมาณก๊าซ (อรรถวุทธิ์ รื่นเริงใจ, 2541)

ตารางที่ 2.1 ภาวะของระบบหมักที่ใช้ในการทดลองส่วนที่ 1 (น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการสกัดแยกจิบเบอเรลลินออกจากน้ำหมัก)

วันที่ทำการทดลอง	COD (mg/l)	อัตราการไหล (l/day)	อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (kgCOD / m^3-day)	ระยะเวลากักเก็บ (วัน)
1-20	2,815	1.296	0.37	7.69
36-51	8,350	1.296	1.11	7.69
52-71	14,112	1.728	2.45	5.76
72-85	24,217	1.728	4.20	5.76
86-98	35,280	1.728	6.11	5.76
99-112	55,120	1.728	9.55	5.76
113-129	74,880	1.728	12.98	5.76

หมายเหตุ วันที่ 20-35 ของการทดลองยังคงเดินระบบที่ อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.37 kgCOD / m^3-day แต่ไม่ได้เก็บข้อมูลมาวิเคราะห์

ตารางที่ 2.2 ภาวะของระบบหมักที่ใช้ในการทดลองส่วนที่ 2 (น้ำเสียที่ผ่านการสกัดแยกจิบเบอเรลลินออกจากน้ำหมัก)

วันที่ทำการทดลอง	COD (mg/l)	อัตราการไหล (l/day)	อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (kgCOD / m^3-day)	ระยะเวลากักเก็บ (วัน)
1-42	4,590	1.728	0.80	5.76
43-54	11,424	1.728	1.98	5.76
55-58	21,624	1.728	3.25	5.76
59-74	4,896	1.728	0.85	5.76
75-88	12,852	1.728	2.23	5.76
89-104	21,760	1.728	3.77	5.76
105-118	32,640	1.728	5.66	5.76

100 : 2.2 : 0.4 (สุเมธ ชวเดช, 2535)และจะทำการเพิ่มอัตราการป้อนสารอินทรีย์ขึ้นไป เรื่อยๆจนกระทั่งระบบหมักเข้าสู่ภาวะ เสียสมดุล เพื่อที่จะดูว่าระบบมีความสามารถในการรับอัตราการป้อนสารอินทรีย์ได้สูงสุดเท่าใด และทำการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ เพื่อหาอัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียนี้โดยดูจากประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์และประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพที่สูงที่สุด โดยการทดลองในแต่ละอัตราการป้อนสารอินทรีย์นั้น จะรอจนกระทั่งระบบหมักเข้าสู่ภาวะคงตัว (steady state) ซึ่งสังเกตได้จากค่าซีโอดี ของน้ำเสียที่ออกจากระบบและปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากระบบคงที่(นาฏนดา, 2537; Borja and Banks, 1994) จึงทำการเปลี่ยนอัตราการป้อนสารอินทรีย์ให้เพิ่มสูงขึ้นไปอีก

2.5 <u>การเก็บตัวอย่าง</u>

จุดที่เก็บตัวอย่าง

- น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ
- น้ำเสียที่ออกจากระบบ
- ก๊าซชีวภาพ จะทำการเก็บตัวอย่างจากท่อเก็บตัวอย่างก๊าซ โดยใช้หลอดสูญญากาศแล้วนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ โดยนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี (gas chromatography; GC) โดยทำการเก็บตัวอย่างทุกวัน

แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 2.3

<u>ตารางที่ 2.3</u> ดรรชนีต่างๆ และกำหนดเวลาในการตรวจวิเคราะห์

ดรรชนีที่ต้องวิเคราะห์	กำหนดเวลาในการตรวจวิเคราะห์		
	น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังหมัก	น้ำเสียที่ออกจากถังหมัก	ก๊าซชีวภาพ
COD	ทุกวัน	ทุกวัน	-
อุณหภูมิ	ทุกวัน	ทุกวัน	-
พีเอช	ทุกวัน	ทุกวัน	-
VFA	ทุกวัน	ทุกวัน	-
ALK	ทุกวัน	ทุกวัน	-
ปริมาณก๊าซชีวภาพ	-	-	ทุกวัน
องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ	-	-	ทุกวัน

2.6 การวิเคราะห์

วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียและการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ได้ปฏิบัติตามวิธีวิเคราะห์ในวิธีมาตรฐาน(มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์,2538 ; ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2535; APHA ,1989) ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก.

2.7 การประเมินประสิทธิภาพและเสถียรภาพของระบบ

นำข้อมูลจากการทดลองที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่างๆ มาคำนวณประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์ (COD reduction) และประเมินประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งได้แก่ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (gas production rate) และคำนวณประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร / กิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด) จากผลการทดลองที่ได้นี้จะทำให้สามารถประเมินอัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่เหมาะสมได้ โดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาคือ มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์และอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสูง รวมทั้งระบบหมักจะต้องมีเสถียรภาพสูงขึ้นด้วย การพิจารณาเสถียรภาพของระบบหมักจะพิจารณาจากพีเอช ปริมาณกรดไขมันระเหย และค่าสภาพความเป็นด่าง นอกจากนี้ยังพิจารณาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้และองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพด้วย โดยทั่วไประบบหมักที่มีเสถียรภาพดีควรมีค่า VFA น้อยกว่า 500 มิลลิกรัม/ลิตร พีเอชประมาณ 7 - 8 ค่าสภาพความเป็นด่าง 1,000 - 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร และองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพควรมีสัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินร้อยละ 40 นอกจากนี้ควรจะพิจารณาหาความสัมพันธ์ของลักษณะสมบัติและปริมาณตะกอนแบคทีเรียในระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่างๆ