สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการวิจัย

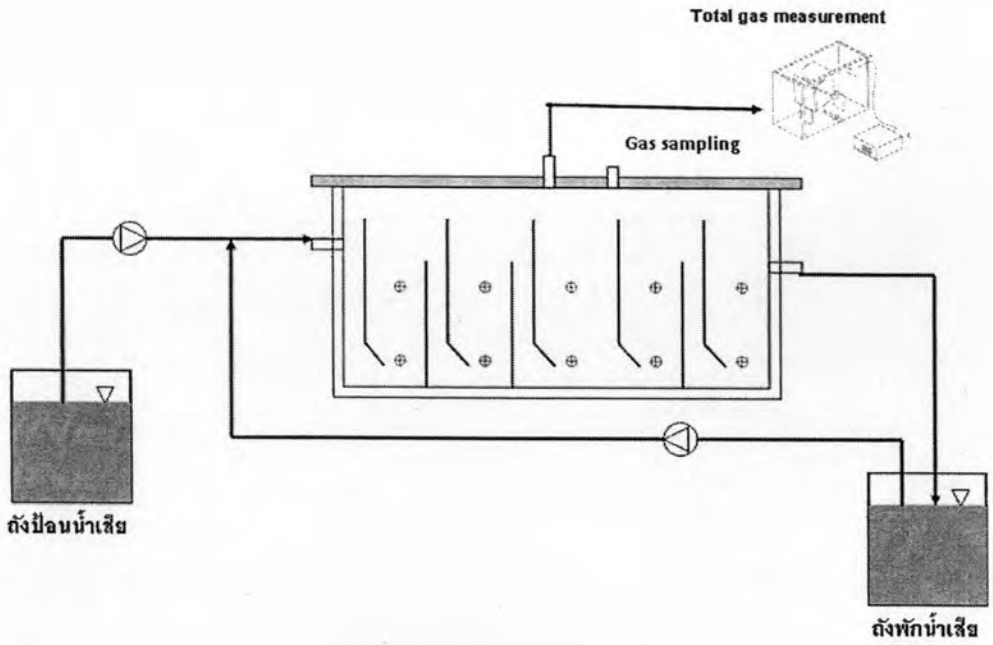
การวิจัยครั้งนี้ทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ทำการศึกษาผลของการหมุนเวียนน้ำทิ้งในระบบบำบัดแบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจนต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำกากส่า โดยกำหนดภาระซีโอดีและอัตราการไหลคงที่ตลอดการทดลอง คือ ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 6.25 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.–วัน และอัตราการไหล 5 ลิตร/วัน แปรผันอัตราส่วนการหมุนเวียนน้ำทิ้ง (R) เท่ากับ 1, 2, 4 และ 6 โดยใช้ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจนที่มีจำนวนห้อง 5 ห้อง มีปริมาตรน้ำในระบบ 20 ลิตร จำนวน 2 ถัง ทำการทดลองโดยเดินระบบแบบต่อเนื่องที่อุณหภูมิห้อง

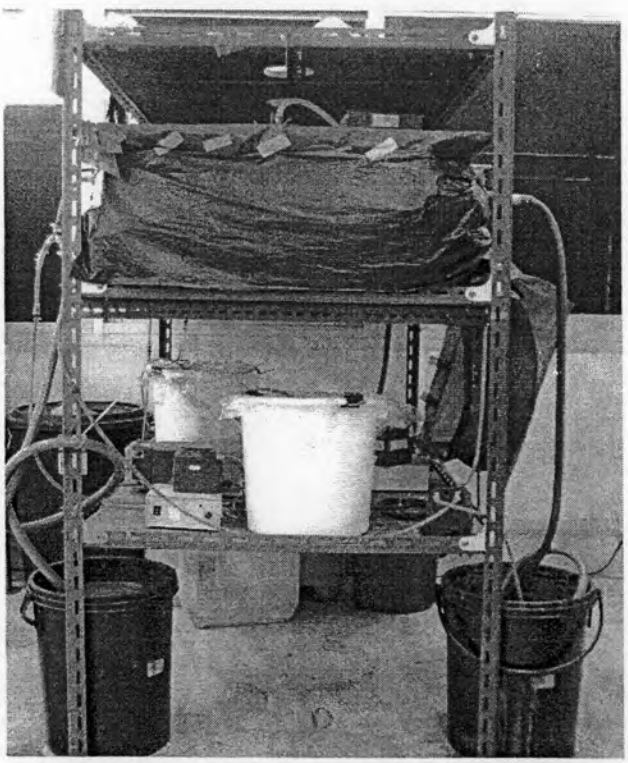
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ชุดระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจนประกอบด้วย 4 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

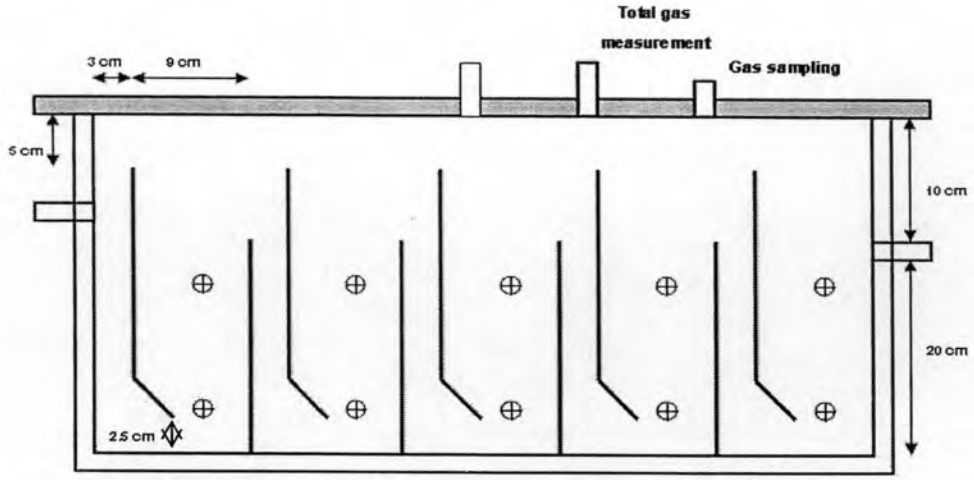
3.2.1 ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน

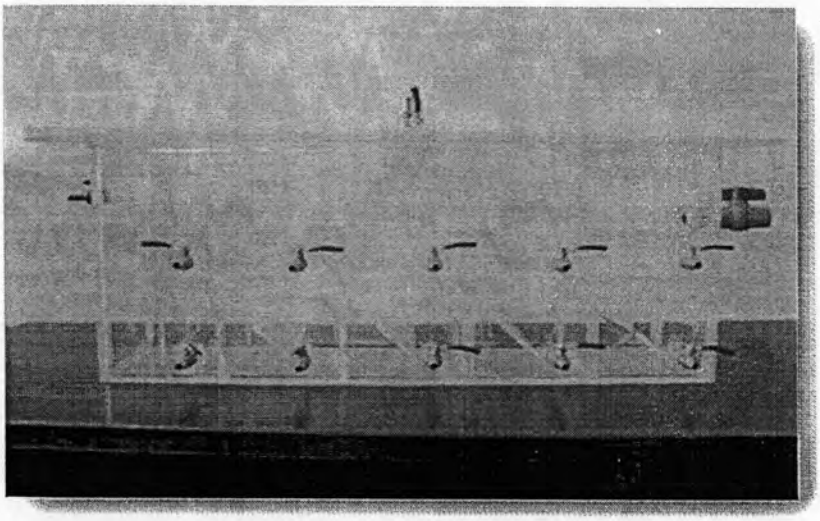
ใช้ถังปฏิกรณ์แบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากวัสดุอะครีลิกใส จำนวน 3 ถัง มีขนาด 0.3 ม. X 0.15 ม. X 0.6 ม. (ความสูง X ความกว้าง X ความยาว)โดยมีความสูงของน้ำในถัง 0.2 ม. ปริมาตรน้ำในระบบ 20 ลิตร มีจำนวนห้อง 5 ห้อง ในแต่ละห้องจะมีการติดตั้งแผ่นกั้นในแนวตั้ง (Vertical baffles) ซึ่งทำให้ในแต่ละห้องถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่น้ำไหลลง (downcomer) และส่วนที่น้ำไหลขึ้น (upcomer) โดยในการออกแบบจะเลือกข้อดีต่างๆที่ได้จากงานวิจัยเกี่ยวกับระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจนที่ผ่านมา นำมาร่วมประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม ได้แก่ มีการติดตั้งแผ่นกั้นให้มีส่วนที่น้ำไหลลงและส่วนที่น้ำไหลขึ้นมีความกว้าง 3 และ 9 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 3.2 ทำให้มีอัตราส่วนความกว้างของส่วนที่น้ำไหลลงและขึ้นมีค่าเท่ากับ 1:3 ซึ่งจะช่วยให้เกิดการพักตะกอนได้ดีโดยไม่เพิ่ม deadspace มากนักซึ่งได้ผลดีกว่าการติดตั้งแผ่นกั้นไว้ตำแหน่งตรงกลางของห้อง (Dama และคณะ, 2003) ส่วนปลายของแผ่นกั้นระหว่างส่วนที่น้ำไหลลงและไหลขึ้นจะทำมุม 45 องศากับแนวราบซึ่งข้อดีคือช่วยบังคับทิศทางหลักของการไหลของน้ำส่วนที่ไหลขึ้นให้อยู่แนวตรงกลาง ทำให้ช่วยเพิ่มการผสมผสานและสัมผัสกันระหว่างน้ำเสียและตะกอนจุลชีพในส่วนล่างของห้องและลดการเกิด deadspace ที่บริเวณส่วนที่น้ำไหลขึ้นและบริเวณทิศทางที่มีการไหลของน้ำได้ (Dama และคณะ, 2003; Amirfakhri, Vossoughi และ Soltanieh, 2006) บริเวณด้านข้างของถังปฏิกรณ์มีจุดรับน้ำเสียเข้าสู่ระบบ และจุดปล่อยน้ำเสียออกจากระบบ มีการติดตั้งจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียและตะกอนจุลชีพในแต่ละห้อง ด้านบนของถังปฏิกรณ์มีช่องต่อไปยังชุดอุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนที่น้ำและช่องเก็บตัวอย่างก๊าซ ดังภาพที่ 3.1





ภาพที่ 3.1 ลักษณะชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

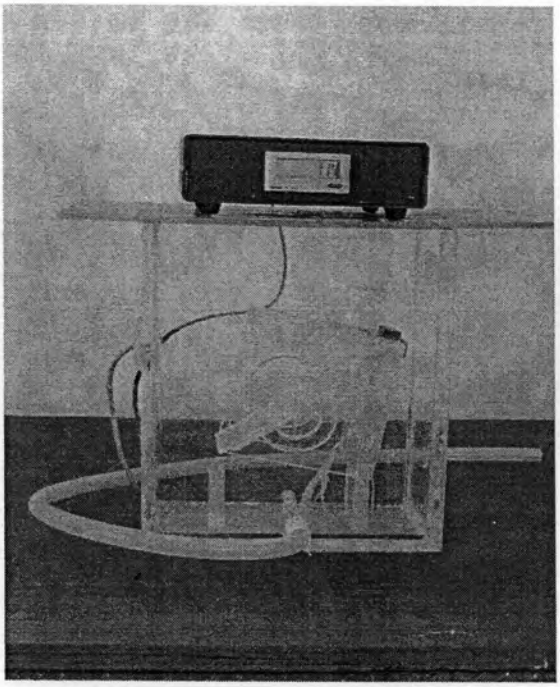




ภาพที่ 3.2 ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน

3.2.2 ชุดอุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนที่น้ำ

ชุดอุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนที่น้ำทำจากวัสดุอะครีลิคใส โดยใช้หลักการของการแทนที่น้ำ ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะผ่านมาตามท่อยางจากวาล์วด้านบนระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน ผ่านหลอดแก้วรูปตัว U แล้วต่อกับชุดอุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนที่น้ำ ภายในจะมีกล่องอะครีลิคที่พลิกไปมาได้ เมื่อก๊าซชีวภาพบรรจุเต็มช่องว่างของกล่องอะครีลิคแล้ว กล่องอะครีลิคก็จะพลิกกลับไปอีกด้านหนึ่ง จากนั้นเคาท์เตอร์จะนับจำนวนครั้งการพลิกของกล่องอะครีลิค ทำให้ทราบปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นได้ ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ชุดอุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนที่น้ำ

3.2.3 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบ

ในแต่ละชุดการทดลองจะมีเครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบ ชุดการทดลองละ 2เครื่อง โดยใช้ในการสูบน้ำเสียและหมุนเวียนน้ำทิ้ง อย่างละ 1 เครื่อง

3.2.4 ถังป้อนน้ำเสียและถังพักน้ำทิ้ง

ในแต่ละชุดการทดลองจะมีถังป้อนน้ำเสียและถังพักน้ำทิ้ง ชุดการทดลองละ 1 ใบ โดยใช้ถังพลาสติกขนาด 15 ลิตรและ 20 ลิตร ตามลำดับ

I24897๙๙

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 การเตรียมน้ำเสีย

วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียเบื้องต้น ได้แก่ ซีโอดี ซีโอดีกรองพีเอช สภาพความเป็นด่างทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนรวม และปริมาณฟอสฟอรัส

ทำการเจือจางน้ำเสียให้มีค่าความเข้มข้นซีโอดี 25,000 มก./ล. และทำการเติมสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพในระบบ โดยให้มีอัตราส่วน COD:N:P เท่ากับ 150:1.1:0.2 โดยแหล่งไนโตรเจนและแหล่งฟอสฟอรัสที่ใช้ ได้แก่ ยูเรีย และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ตามลำดับ และเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 2,000 มก./ล. เพื่อรักษาสภาพด่างในระบบ โดยจะเติมในช่วงแรกของการเดินระบบจนเข้าสู่สภาวะคงตัวเท่านั้น ในช่วงการแปรผันอัตราส่วนการหมุนเวียนน้ำทิ้งจะไม่มีการเติม $NaHCO_3$

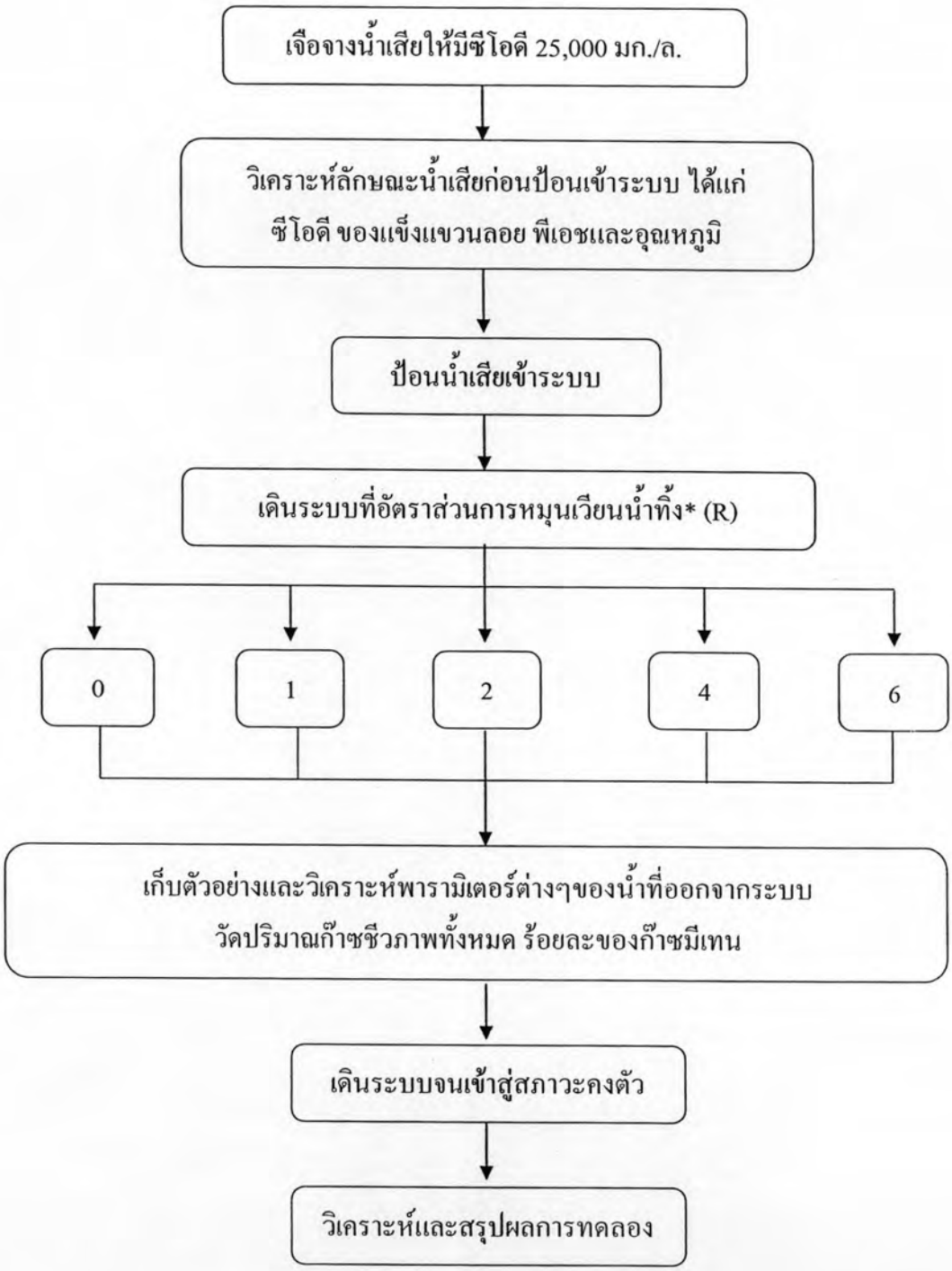
จากนั้นจึงนำน้ำเสียที่เตรียมไว้ไปวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียเข้าระบบ ได้แก่ ซีโอดี พีเอช และอุณหภูมิ ก่อนป้อนเข้าสู่ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน

3.3.2 การเริ่มต้นระบบ (Start up)

การเริ่มต้นระบบทำได้โดยการเติมหัวเชื้อจุลชีพที่ได้จากระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนลงไปในระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจนประมาณร้อยละ 40 ของปริมาตรถัง จากนั้นทำการป้อนน้ำเสียที่ผ่านการปรับพีเอชที่มีซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 5,000 มก./ล. เพื่อให้จุลชีพปรับตัวให้เข้ากับน้ำเสีย และเมื่อจุลชีพสามารถปรับตัวได้ ทำการป้อนน้ำเสียที่มีซีโอดีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งป้อนน้ำเสียที่มีซีโอดี 25,000 มก./ล. ซึ่งเป็นภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดที่ระบบสามารถรับได้ ทำการเดินระบบต่อเนื่อง โดยวิเคราะห์พีเอช อุณหภูมิ สภาพความเป็นด่างทั้งหมด กรดไขมันระเหยง่าย ปริมาณของแข็งแขวนลอย ซีโอดีของน้ำที่ออกจากระบบ และปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น

3.3.3 การเดินระบบ

เมื่อทำการเริ่มต้นระบบจนเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว จึงทำการหมุนเวียนน้ำทิ้งที่ออกจากระบบเข้าสู่ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจนที่อัตราส่วนการหมุนเวียนทิ้ง (R) เท่ากับ 1, 2, 4 และ 6 ทำการเดินระบบต่อเนื่อง ดังตารางที่ 3.1 โดยวิเคราะห์พีเอช อุณหภูมิ สภาพความเป็นด่างทั้งหมด กรดไขมันระเหยง่าย ปริมาณของแข็งแขวนลอย ซีโอดีของน้ำที่ออกจากระบบ และปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 3.4 แผนภาพขั้นตอนการทดลองช่วงการเดินระบบ

* อัตราส่วนการหมุนเวียนน้ำทิ้ง (Effluent Recycle Ratio; R) = $\frac{\text{Recycle Flow Rate (L/d)}}{\text{Influent Flow Rate (L/d)}}$

ตารางที่ 3.1 การแปรผันอัตราหมุนเวียนน้ำทิ้ง

ระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน	ชุดการทดลอง		
	ชุดที่ 1	**ชุดที่ 2**	**ชุดที่ 3**
ABR 1	ชุดควบคุม (ไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้ง)	อัตราหมุนเวียนน้ำทิ้งเท่ากับ 1 เท่า	อัตราหมุนเวียนน้ำทิ้งเท่ากับ 4 เท่า
ABR 2	ชุดควบคุม (ไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้ง)	อัตราหมุนเวียนน้ำทิ้งเท่ากับ 2 เท่า	อัตราหมุนเวียนน้ำทิ้งเท่ากับ 6 เท่า

3.4 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองและพารามิเตอร์ที่ต้องทำการวิเคราะห์เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวมีดังนี้

3.4.1 ตัวแปรอิสระ

- อัตราส่วนการหมุนเวียนน้ำทิ้ง (R) 4 ค่า ได้แก่ 1, 2, 4 และ 6 เท่าของอัตราการไหล

3.4.2 ตัวแปรตาม

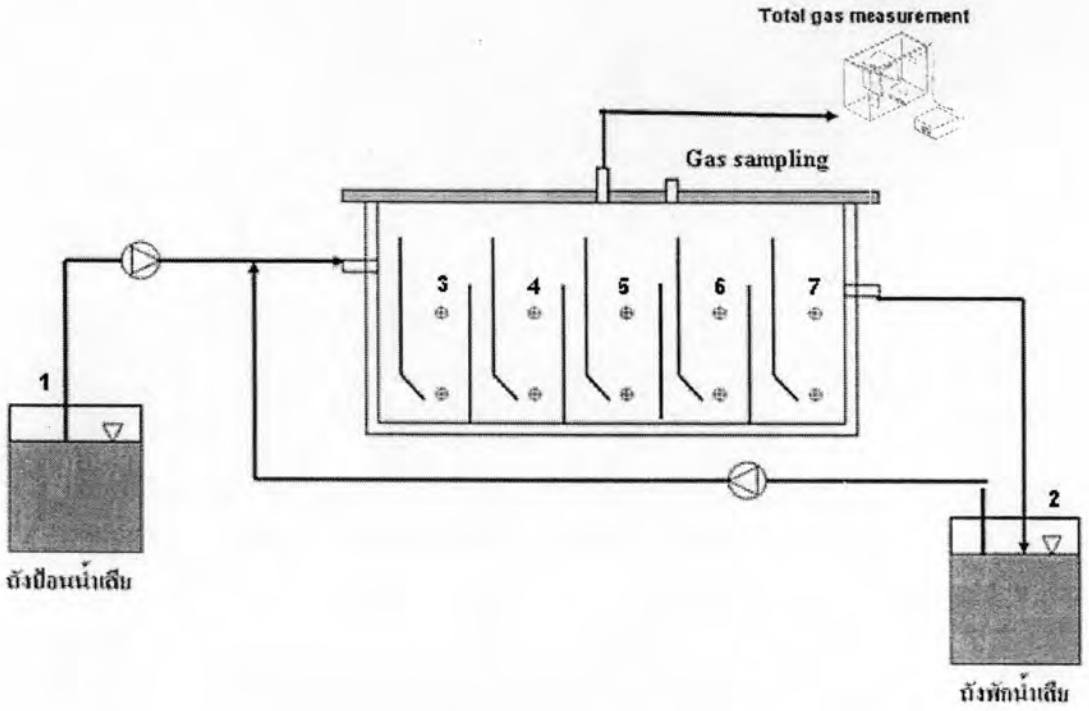
- ซีโอดีกรอง (Soluble Chemical Oxygen Demand: S-COD)
- ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS)
- พีเอชและอุณหภูมิ (pH and Temperature)
- สภาพความเป็นด่างทั้งหมด (Total Alkallinity)
- กรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acid: VFA)
- ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมด
- ร้อยละของปริมาณก๊าซมีเทน

3.4.3 ตัวแปรควบคุม

- ซีโอดีน้ำเสียป้อนเข้าระบบ 25,000 มก./ล.
- อัตราไหลของน้ำเสียเข้าระบบ 5 ลิตร/วัน
- เวลากักพักชลศาสตร์ 4 วัน
- ปริมาตรน้ำในถังปฏิกรณ์ 20 ลิตร

3.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ผล

ในการทดลองนี้จะเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอนจุลชีพ และก๊าซ แสดงดังภาพที่ 3.5 นำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ทำการวิเคราะห์ผลและสรุปผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย



ภาพที่ 3.5 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ ก๊าซ และตะกอนจุลชีพ

จากภาพที่ 3.5 มีจุดเก็บตัวอย่างดังนี้

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำมีทั้งหมด 7 จุด ได้แก่

  จุดที่ 1 น้ำเสียที่เข้าระบบเก็บจากถังป้อนน้ำเสีย (หมายเลข 1)

  จุดที่ 2 น้ำทิ้งที่ออกจากระบบเก็บจากถังพักน้ำทิ้ง (หมายเลข 2)

  จุดที่ 3–7 น้ำเสียในระบบเก็บจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำห้องที่ 1–5 (หมายเลข 3–7)

โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาผลของการหมุนเวียนน้ำทิ้งต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำกากส่า ในช่วงการเดินระบบจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งในจุดที่ 1 และ 2 และเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งในจุดที่ 3–6 แล้วทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ดังตารางที่ 3.2

- การเก็บตัวอย่างก๊าซ จะเก็บตัวอย่างก๊าซโดยใช้ถุงเก็บก๊าซ ณ จุดเก็บตัวอย่างก๊าซบริเวณด้านบนของถัง แล้วนำไปวิเคราะห์หาร้อยละของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ระบบผลิตได้ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี (GC–2014 SHIMADZU Thermal Conductivity Detector (TCD)) โดยใช้ระบบตรวจแบบ flame ionization detector (FID) มีความยาวคอลัมน์ 2 เมตร ความกว้าง 3.3 มิลลิเมตร อุณหภูมิของคอลัมน์ที่ใช้งานเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของ injector และ detector ที่ใช้เท่ากับ 140 องศาเซลเซียส ปริมาตรตัวอย่างที่ฉีดคือ 1 มิลลิลิตร โดยใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สพา (carrier gas) และปรับอัตราการไหลของแก๊สเท่ากับ 40 มิลลิลิตร/นาที

ตารางที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์	จุดเก็บตัวอย่าง			ความถี่ในการวิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์
	น้ำเข้าระบบ	น้ำออกจากระบบ	จุดเก็บก๊าซ		
ซีโอดี	✓	✓		อังคาร, พฤหัสบดี, เสาร์	วิธีรีฟลักซ์แบบปิด*
ปริมาณของแข็งแขวนลอย	✓	✓		อังคาร, พฤหัสบดี, เสาร์	อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส*
สภาพความเป็นด่างทั้งหมด	✓	✓		อังคาร, พฤหัสบดี, เสาร์	วิธีไทเทรต*
กรดไขมันระเหย	✓	✓		อังคาร, พฤหัสบดี, เสาร์	วิธีไทเทรต*
พีเอชและอุณหภูม	✓	✓		ทุกวัน	เครื่องวัดพีเอช
โออาร์พ	✓	✓		ทุกวัน	เครื่องวัดพีเอช
ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมด			✓	ทุกวัน	อุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนที่น้ำ
ร้อยละของปริมาณก๊าซมีเทน			✓	ที่สภาวะคงตัว	เครื่อง GC

หมายเหตุ * วิธีและเทคนิควิเคราะห์จากคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, 2545)