

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 รูปแบบการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสม และปริมาณไนโตรเจนรวมที่เพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อเกิดการย่อยสลายในน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ ที่มีความเข้มข้นสูงสุดร้อยละ 100 และความเข้มข้นต่ำสุดร้อยละ 50 ในสภาวะที่มีออกซิเจน โดยตั้งปฏิกิริยาจำลองที่ใช้ศึกษาเป็นระบบของถังหมักที่มีกระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง (Continuous Fermentation) ประกอบด้วยถังปฏิกิริยา ซึ่งบรรจุกากผักตบชวาแห้งไว้ครึ่งถังส่วนบน และดำเนินการป้อนน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์เข้าสู่ถังปฏิกิริยาบริเวณก้นถังแบบ upflow อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการหมุนเวียนน้ำที่เข้าสู่ระบบใหม่ และมีการเติมอากาศให้แก่ระบบผ่านหัวกระจายอากาศตลอดเวลาของการทดลอง

#### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ลักษณะการติดตั้งเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง แสดงไว้ในรูปภาพที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1. ถังใส่น้ำเสียขนาดความจุ 20 ลิตร เป็นถังبيبทำด้วยสังกะสี ซึ่งเชื่อมก๊อกน้ำไว้ที่ด้านข้างของبيبสูงจากก้นถังประมาณ 8 เซนติเมตร จำนวน 2 ถัง
2. ถังปฏิกิริยาจำลองทำด้วยสังกะสีมีความสูง 60 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร มีความจุประมาณ 42 ลิตร ซึ่งแต่ละถังมีลักษณะดังนี้
  - ที่ก้นถังเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร เพื่อต่อกับสายยางสำหรับรับน้ำเสียเข้าถัง
  - ที่ความสูงจากก้นถัง 10 เซนติเมตร เชื่อมก๊อกน้ำสำหรับเก็บน้ำเสีย เพื่อวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ
  - จากขอบถังด้านบนลงมา 5 เซนติเมตร เจาะรูต่อท่อน้ำทิ้ง

- แผ่นสังกะสีกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร เจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร  
ทั่วทั้งแผ่นติดตั้งไว้ที่ความสูง 5 เซนติเมตร เพื่อกระจายน้ำเสียจากกันดั้มให้สม่ำเสมอ และที่ความ  
สูง 30 เซนติเมตร เพื่อรองรับก้นผักตบชวาในถังปฏิบัติการ

3. สายยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตรจำนวน 2 เส้น

4. เครื่องเติมอากาศชนิด Aquarium air pump ซึ่งจะต่อเข้ากับถังปฏิบัติการ เพื่อเติมอากาศ  
ให้กับน้ำเสียในถังปฏิบัติการ

5. ถังรองรับน้ำล้น 2 ถัง

6. ถังพลาสติกมีฝาปิดขนาดความจุ 10 ลิตร จำนวน 8 ถัง เพื่อใช้เก็บน้ำเสียสำหรับ  
ทดลอง

7. ถังอูมิเนียมมีหูหิ้วขนาดความจุ 1 ลิตร ผูกด้วยเชือกยาว 50 เซนติเมตร ต่อกับท่อไอน้ำ  
ยาว 120 เซนติเมตร สำหรับใช้ตักน้ำเสีย

8. ถูมือยาง 1 คู่

9. กระซอนผ้าพลาสติกถูละเอียด 1 อัน สำหรับกรองน้ำเสียก่อนเทใส่ถังพลาสติก  
นำกลับมาทดลอง

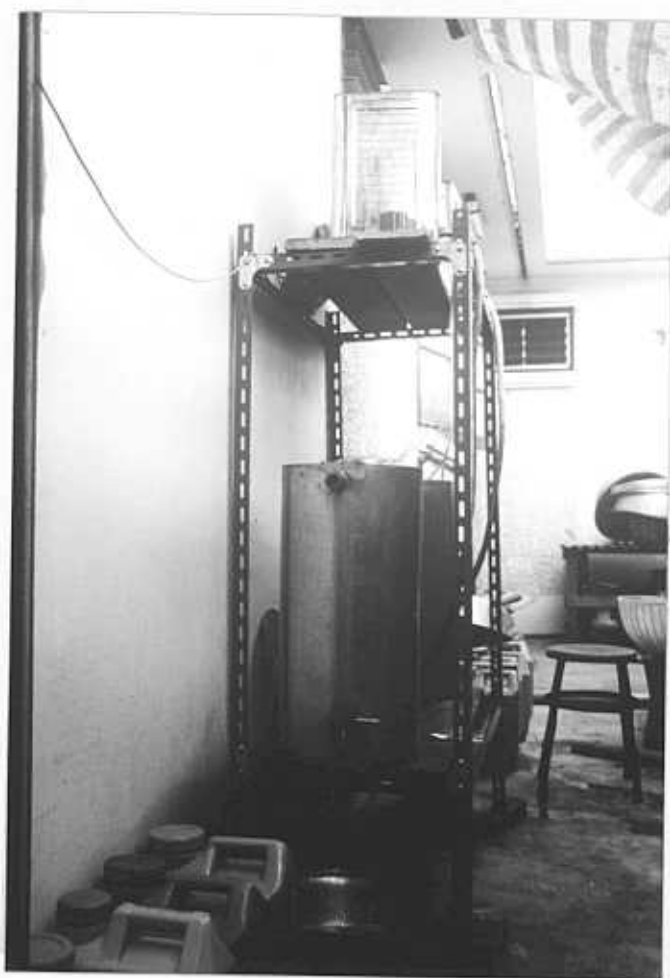
10. พีเอชมิเตอร์ (pH meter) ชนิดพกพา 1 อัน

11. ปรีทวดอุณหภูมิ 2 อัน

12. กระป๋องพลาสติกขนาดความจุ 750 CC. จำนวน 6 กระป๋อง สำหรับเก็บน้ำเสีย  
จากระบบมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ

13. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ค่า BOD TKN TS สี และความขุ่น  
ดังภาคผนวก ข





ภาพที่ 3.2 ลักษณะการติดตั้งระบบการทดลอง

### 3.3 ผักตบชวาที่ใช้ในการทดลอง

- 1) คัดเลือกก้านผักตบชวาให้มีลักษณะใกล้เคียงกัน เพื่อควบคุมให้ค่าไนโตรเจนรวมที่ใช้ในการทดลองให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด ตามเกณฑ์พิจารณาในข้อตกลงเบื้องต้น
- 2) นำมาล้างคราบสกปรกออกด้วยน้ำประปา
- 3) ทำการหั่นให้เป็นท่อนสั้น ๆ ขนาดเท่า ๆ กันตลอดทั้งก้านผักตบชวา ซึ่งจะได้ก้านผักตบชวาเป็นท่อนสั้นขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร แต่จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง และเส้นรอบวงที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับขนาดของก้านผักตบชวา เพราะตลอดทั้งก้านผักตบชวาจะไม่เท่ากันคือส่วนโคนก้านจะพอง และเล็กลงในส่วนปลายของก้านผักตบชวาที่ติดกับใบดังภาพที่ 3.5
- 4) นำก้านผักตบชวาที่หั่นได้ทั้งหมดไปแช่น้ำหนัก จะได้น้ำหนักผักตบชวาสด หลังจากนั้นนำไปอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Hot air oven) ที่ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ (ดังภาพที่ 3.6)
- 5) นำก้านผักตบชวาที่อบแห้งมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง จะได้น้ำหนักแห้งของผักตบชวาทั้งหมด
- 6) ทำการชั่งน้ำหนักผักตบชวา แบ่งใส่ดังปฏิกิริยาทั้งสองให้เท่ากัน เพื่อเป็นการควบคุมจำนวนผักตบชวา และความหนาแน่นที่ใช้ในการทดลองในดังปฏิกิริยาให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด

### 3.4 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

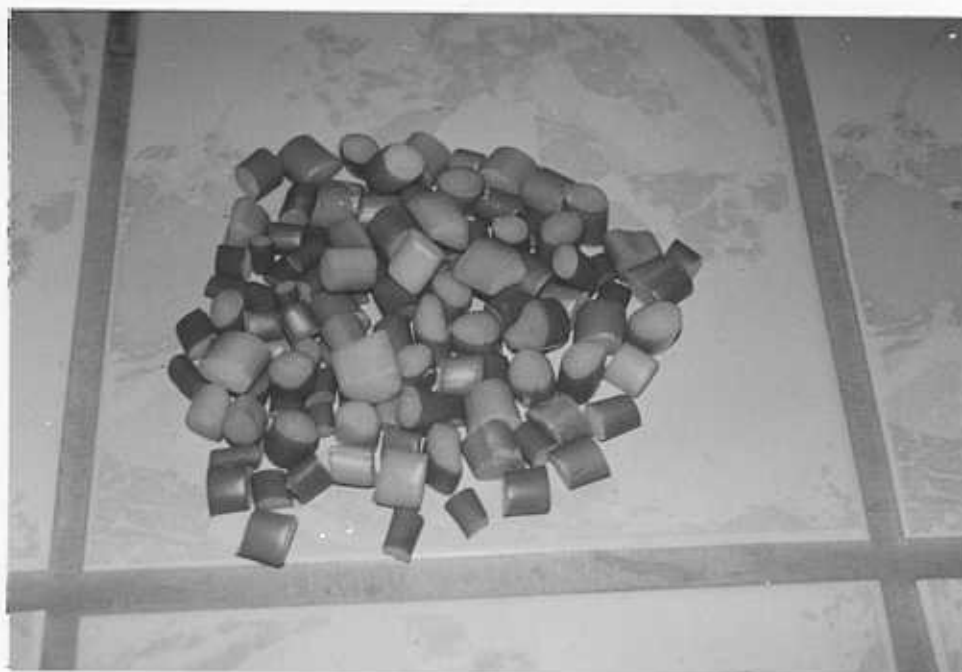
- 1) เก็บน้ำเสียห่างจากขอบสระประมาณ 1 เมตร ลึก 0.5 เมตรด้วยอุปกรณ์ตักน้ำเสียที่เตรียมไว้ และเทน้ำเสียใส่ถังเก็บน้ำเสียขนาด 10 ลิตรผ่านกระชอนผ้าพลาสติกรูละเอียด เพื่อกรองเศษสิ่งสกปรกที่ไม่ต้องการออก ซึ่งน้ำเสียที่ได้ ถือว่าเป็นน้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นสูงร้อยละ 100
- 2) เตรียมน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ที่มีค่าความเข้มข้นค่าร้อยละ 50 โดยเจือจางน้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นสูงร้อยละ 100 ด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 : 1



ภาพที่ 3.3 ลักษณะผักตบชวาที่เก็บมาจากแหล่งน้ำ



ภาพที่ 3.4 ลักษณะของก้านผักตบชวาที่คัดเลือกมาทำการทดลอง



ภาพที่ 3.5 ก้านฉีกตบขวาภายหลังจากหั่นเป็นท่อนมีขนาด 0.5-1.0 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.6 ก้านฉีกตบขวาภายหลังจากตากแห้งและมีน้ำหนักคงที่

### 3.5 วิธีการทดลอง

แต่ละความเข้มข้นของน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์คือที่ร้อยละ 100 และร้อยละ 50 ได้นำมาเพิ่มค่าในโตรเจนให้แก่ก้านผักตบชวาแห้งโดยใส่ในถังปฏิกิริยาแต่ละถังดังนี้

- 1) ปล่อยน้ำเสียจากถังเก็บน้ำเสีย (ก) เข้าสู่ถังปฏิกิริยา (ข) ประมาณครึ่งถังหรือที่ความสูงจากก้นถัง 30 เซนติเมตรจะได้ปริมาตร 21 ลิตร
- 2) เปิดเครื่องเติมอากาศให้กับน้ำเสียตลอดการทดลอง
- 3) ใส่ก้านผักตบชวาแห้งที่เตรียมไว้ลงในถังปฏิกิริยา ในระดับที่ต่ำกว่าท่อน้ำทิ้ง โดยชั่งน้ำหนักก่อนได้ 1.3 กิโลกรัม เพื่อควบคุมให้จำนวนผักตบชวาในถังปฏิกิริยาทั้ง 2 ถังเท่ากัน แล้วปิดด้วยตะแกรง เพื่อกั้นไม่ให้ก้านผักตบชวาเลื่อนจากถังเมื่อปล่อยน้ำเสียไหลผ่านก้านผักตบชวา
- 4) ปล่อยให้น้ำเสียไหลผ่านก้านผักตบชวาในอัตราประมาณ 1.2 ลิตรต่อชั่วโมง โดยคิดจาก ปริมาตรที่ว่างในถังปฏิกิริยาดังนี้

ความจุของถังปฏิกิริยา 42 ลิตร แบ่งเป็นความจุของน้ำเสียจากก้นถังถึงความสูงของถัง 30 เซนติเมตร จะใช้น้ำเสีย 21 ลิตร ส่วนในช่วงของถังปฏิกิริยาที่บรรจุก้านผักตบชวาจะมีปริมาตรที่ว่าง ด้วยเนื่องจากก้านผักตบชวามีความพรุน สมมุติให้มีค่าเท่ากับ  $x$  ลิตร (ได้มาจากภายหลังจากบรรจุก้านผักตบชวาลงในถังปฏิกิริยาจนเต็มแล้ว ทดลองกดก้านผักตบชวาให้ยุบลงเต็มที่ แล้ววัดปริมาตรที่ว่างที่ยุบลง) ดังนั้นจะได้อัตราการไหลของน้ำเสียผ่านก้านผักตบชวาเท่ากับ  $21 + x$  ลิตรต่อวัน

- 5) ทำการวัด DO pH และอุณหภูมิของน้ำเสียทุกวันที่เวลา 8.00 น. และ 14.00 น.
- 6) เก็บตัวอย่างน้ำเสียและก้านผักตบชวาไปวิเคราะห์ทุกวันโดย
  - 6.1) เก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ตำแหน่ง 1 และ 2 เพื่อหา  $BOD_5$  TKN ซี และความขุ่น โดยใช้ภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำโดยตรงจากก๊อกและท่อน้ำทิ้ง แล้วนำไปวิเคราะห์ทันทีที่ห้องปฏิบัติการ (ด้วยวิธีวิเคราะห์ดังภาคผนวก ข)
  - 6.2) ตัวอย่างก้านผักตบชวา
    - ใช้คีมขยักก้านผักตบชวาจากด้านบนของถังที่ตำแหน่งต่างกัน 3 ตำแหน่ง และเก็บที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตร ในลักษณะเดียวกันแต่ให้มีระดับในแนวตั้งเดียวกัน
    - นำก้านผักตบชวาที่เก็บแยกตามระดับความลึก ไปอบที่ตู้อบควบคุมให้อุณหภูมิไม่เกิน 103 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

- นำก้านผักตบชวาที่อบแล้วมาบดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 0.1 ถึง 0.2 เซนติเมตร เก็บไว้ในภาชนะที่แห้งปิดฝาให้สนิท แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่า TKN ในก้านผักตบชวา (ตามวิธีวิเคราะห์ในภาคผนวก ข)

### 3.6 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง (รายละเอียดภาคผนวก ข)

- 1) วิเคราะห์ค่า pH โดยใช้ pH Meter
- 2) วิเคราะห์ค่า DO และ BOD<sub>5</sub> ด้วยวิธี Azide Modification
- 3) วิเคราะห์ค่า TKN ของน้ำตัวอย่าง และก้านผักตบชวากับด้วย Kjeldahl Method
- 4) วิเคราะห์ค่า TS ของน้ำตัวอย่างด้วยการอบแห้งที่ 103-105°C
- 5) วิเคราะห์ค่าของสีด้วยวิธี แพลตตินัมโคบอลท์มาตรฐาน (Platinum Cobalt Standard)
- 6) วิเคราะห์ ความขุ่นด้วย Nephelometric Method

### 3.7 ตัวแปรสำหรับการวิจัย

- 1) ตัวแปรอิสระ
  - BOD<sub>5</sub> และ TKN ของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่ความเข้มข้นสูงร้อยละ 100 และความเข้มข้นต่ำร้อยละ 50
  - ระยะเวลาในการทดลอง
- 2) ตัวแปรตาม
  - TKN ในก้านผักตบชวา
- 3) ตัวแปรควบคุม
  - ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ในถังปฏิกรณ์ฯ โดยเปิดเครื่องเติมอากาศตลอดการทดลอง

### 3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) ค่าเฉลี่ยของ BOD<sub>5</sub> และ TKN ของน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ก่อนที่ไหลผ่านก้านผักตบชวาและหลังจากที่ไหลผ่านก้านผักตบชวา

- 2) ค่าเฉลี่ยของ TKN ในก้นฝักคบขนา
- 3) ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ pH ี ความขุ่น ของแข็งทั้งหมด
- 4) Wilcoxon Rank-Sum Tests และ Mann-Whitney Test เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย TKN ในก้นฝักคบขนาจากถึงปฏิกิริยาที่ใช้น้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นสูงร้อยละ 100 กับถึงปฏิกิริยาที่ใช้น้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นต่ำร้อยละ 50 ที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

### 3.9 สถานที่ทำการวิจัย

- 1) ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- 2) ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น