

## ภาคผนวก ก

## การหาปริมาณองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของสาหร่ายผักกาด

*Ulva reticulata* และการวิเคราะห์น้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา1. การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างสาหร่ายผักกาด *Ulva reticulata*

## 1.1 การหาปริมาณความชื้น (Moisture)

- 1) ชั่งสาหร่ายประมาณ 2 g ใส่ในภาชนะ นำไปอบที่อุณหภูมิ 120°C
- 2) อบจนได้น้ำหนักคงที่รายงานผลเป็น % ความชื้น

## การคำนวณ

$$\% \text{ Moisture} = \frac{\text{นน. ของตัวอย่าง (g)} - \text{นน. ที่สูญหายไป (g)}}{\text{นน. ของตัวอย่าง (g)}} \times 100$$

## 1.2 การหาปริมาณเถ้า (Ash)

- 1) ชั่งสาหร่าย 2 g ใส่ในครุชชีเบ็ด นำไปเผาที่อุณหภูมิ 525°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- 2) นำครุชชีเบ็ดใส่ใน Desiccator ตั้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่รายงานผลเป็น % เถ้า

## การคำนวณ

$$\% \text{ Ash} = \frac{\text{นน. ของตัวอย่าง (g)} - \text{นน. ที่สูญหายไป (g)}}{\text{นน. ของตัวอย่าง (g)}} \times 100$$

## 1.3 การหาปริมาณไนโตรเจน (Total Nitrogen) และโปรตีน (Protein)

- 1) ชั่งตัวอย่างสาหร่ายผักกาดประมาณ 1.0 g ใส่ในหลอดย่อย และบันทึกน้ำหนักพร้อมเตรียม Blank
- 2) เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นและตัวเร่งปฏิกิริยา
- 3) ย่อยตัวอย่างด้วยเครื่องย่อยโปรตีนที่อุณหภูมิ 420°C จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียวใส ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

- 4) เติมน้ำกลั่นและ NaOH เข้มข้น 40%
- 5) เตรียมกรดบอริกเข้มข้น 2% ใส่ไว้ในขวดรูปชมพู่ และเติมอินดิเคเตอร์ แล้วรองไว้ที่เครื่องกลั่นโปรตีน
- 6) กลั่นตัวอย่างที่ผ่านการย่อยด้วยเครื่องกลั่น
- 7) ไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วย 0.1 N HCl จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้

การคำนวณปริมาณไนโตรเจนรวม (TKN)

$$\% \text{Total Nitrogen} = \frac{(S - B) \times 0.1 \times 14}{W \times 10}$$

W = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (g)

S = ปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (mL)

B = ปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตเตรท Blank (mL)

การคำนวณปริมาณโปรตีน

$$\% \text{Protein} = \text{Total Nitrogen} \times 6.25$$

#### 1.4 การหาปริมาณไขมัน (Fat and oil)

- 1) ชั่งตัวอย่างสำหรับสกัดประมาณ 1 g ใส่ในทิมเบิล (Paper Extraction Thimble) ที่ทำด้วยกระดาษกรอง และบันทึกน้ำหนัก
- 2) ชั่งน้ำหนักขวดสกัดซึ่งได้ออบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103°C และมีน้ำหนักคงที่ใส่ Petroleum ether ลงไปจำนวน 200 mL
- 3) ใส่ทิมเบิล ในชุดสกัดซอกซ์เลต โดยใช้ Petroleum ether เป็นตัวทำละลาย แล้วทำการสกัดด้วยอัตรา 20 รอบ/ชั่วโมง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
- 4) กลั่น Petroleum ether จากขวดสกัดในเครื่องระเหยแห้ง (evaporator) ที่อุณหภูมิ 80 °C จนแห้ง สามารถนำ Petroleum ether กลับมาใช้ได้อีก
- 5) ปล่อยให้ขวดสกัดเย็นในโลทำแห้งไม่น้อยกว่า 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\% \text{Fat and oil} = \frac{\text{ผลต่างของนน. ขวดสกัดก่อนสกัดและหลังสกัด (g)} \times 100}{\text{นน. ตัวอย่างเริ่มต้น (นน. แห้ง) (g)}}$$

### 1.5 การหาปริมาณเยื่อใย (Crude fiber)

- 1) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแน่นอนอย่างละเอียด 0.5-1.0 g ลงใน crucible วาง crucible ในอุปกรณ์เครื่องย่อยหาเยื่อใยพร้อมเปิดน้ำหล่อเย็น
  - 2) เติมกรด 1.25%  $H_2SO_4$  150 mL ลงในคอลัมน์เติม antifoam 3-4 หยด ต้มเดือด 30 นาที
  - 3) ปล่อยกรด  $H_2SO_4$  โดยการกรองแบบสุญญากาศที่ตัวอุปกรณ์ ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนซึ่งถูกทำให้ร้อน ครั้งละ 30 mL/3 ครั้ง
  - 4) เติม 1.25% NaOH (ผ่านการทำให้ร้อน) 150 mL พร้อมหยด antifoam 3-5 หยด ต้ม 30 นาที ล้างด้วยอะซิโตนครั้งละ 25 ml 3 ครั้ง
  - 5) อบที่  $100^{\circ}C$  เป็นเวลา 2 ชม. ปล่อยให้เย็นใน crucible ชั่งน้ำหนัก นำ crucible เผาที่  $500^{\circ}C$  เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วเผาซ้ำจนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนัก
- การคำนวณ

$$\% \text{ Crude fiber} = \frac{\text{ผลต่างของน. ตัวอย่างหลังอบและหลังเผา (g)}}{\text{น. ตัวอย่างเริ่มต้น (น.แห้ง) (g)}} \times 100$$

### 1.6 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total phenolic compounds) ในตัวอย่างสาหร่าย

- 1) ชั่งตัวอย่างสาหร่ายแห้งแล้วนำมาสกัดด้วยสารละลายเมทานอล 10 mL และ centrifuge เป็นเวลา 30 นาที
- 2) เตรียมสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ในสารละลายเมทานอลที่ความเข้มข้น 0.6, 0.4, 0.2, 0.1 และ 0.05 mg/mL
- 3) นำสารละลายที่สกัดได้ และสารละลายมาตรฐาน Gallic acid 1 mL เจือจางด้วยน้ำกลั่น 60 mL เติม Folin-Ciocalteu's reagent 5 mL รอให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 1 นาที แล้วเติมสารละลาย 15%  $Na_2CO_3$  15 mL รอให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 8 นาที จึงเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 100 mL ในขวดวัดปริมาตร และวางทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 759 นาโนเมตร

## 2. การวิเคราะห์น้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา

### 2.1 การวิเคราะห์หาของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solid)

- 1) นำแผ่นกรองใยแก้ว GF/C ขนาด 47 mL ไปอบในตู้อบที่ 103°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นโดยใส่ในตู้ดูดความชื้น 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
- 2) นำแผ่นกรองที่ชั่งน้ำหนักแล้ว มากรองตัวอย่างน้ำ โดยใช้ Vacuum pump ช่วยในการกรองโดยใช้ปริมาตรน้ำที่ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่เหมาะสม เช่น 500 mL แต่ถ้าตัวอย่างน้ำสกปรกมากก็อาจใช้ตัวอย่างน้ำน้อยกว่า เช่น 10 mL กรองจนแห้ง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 100 mL
- 3) เมื่อแห้งแล้วนำไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใส่ในตู้ดูดความชื้น 30 นาที ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองรวมกับของแข็งแขวนลอย

#### การคำนวณหาค่า TSS

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(E-D) \times 10^6}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (mL)}}$$

$$D = \text{น้ำหนักแผ่นกรอง (g)}$$

$$E = \text{น้ำหนักแผ่นกรองรวมกับของแข็งแขวนลอย (g)}$$

### 2.2 การวิเคราะห์หา COD (Chemical Oxygen Demand)

สำหรับการวิเคราะห์หาค่า COD ในงานวิจัยนี้ใช้วิธี Close Reflux; Titrimetric Method  
ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) ล้างหลอดทดลอง และฝาจุกด้วยกรดซัลฟิวริก 20% ก่อนเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสารอินทรีย์
- 2) ปิเปิดตัวอย่างนำมา 10 mL ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วเติม digestion reagent ลงไป 6 mL
- 3) ค่อยๆ เติม กรดซัลฟิวริก เข้มข้นที่ผสม  $\text{AgSO}_4$  ลงไป 14 mL ให้ไหลลงก้นหลอดแก้ว เพื่อให้ชั้นของกรดอยู่ใต้ชั้นของน้ำตัวอย่างและ digestion reagent

หมายเหตุ ภายหลังจากเติมกรดซัลฟิวริก ให้สังเกตสีของตัวอย่างดังต่อไปนี้

- ถ้าได้สีเขียว แสดงว่าปริมาณ  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  เหลืออยู่มาก ใช้ปริมาณน้ำตัวอย่างน้อยเกินไปต้องเพิ่มปริมาณน้ำตัวอย่างอีก

- ถ้าได้สีเขียวอมเหลือง แสดงว่าปริมาณน้ำตัวอย่างเหมาะสม สามารถนำตัวอย่างไปรีฟลักซ์ได้

- ถ้าได้สีเขียวอมฟ้า แสดงว่าปริมาณน้ำตัวอย่างมากเกินไป ต้องทำการเจือจางน้ำตัวอย่างให้มีความเข้มข้นน้อยกว่านี้

โดยจะใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำตัวอย่าง : น้ำกลั่น เท่าใดก็ได้ แต่ผลรวมของปริมาตรน้ำตัวอย่างต้องเท่ากับ 10 mL

4) ปิดจุกหลอดแก้วให้แน่น แล้วคว่ำหลอดแก้วไปมาหลายๆ ครั้งอย่างทั่วถึงก่อนจะนำตัวอย่างไปรีฟลักซ์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนสะสมอยู่ที่ก้นหลอด ซึ่งอาจแตกได้ในขณะทำการรีฟลักซ์

5) ให้ทำ Blank โดยใช้ น้ำกลั่น แทนน้ำตัวอย่างด้วยวิธีการทดลองเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง ประมาณ 1-2 หลอด

6) นำหลอดแก้วทั้งหมดที่ใส่น้ำตัวอย่างและ Blank วางบนที่ตั้งหลอดทดลอง แล้วเข้าเตาอบที่ทำให้อุณหภูมิสูงถึง  $150 \pm 2^{\circ}\text{C}$  ก่อนหน้านี้อันแล้ว เมื่อครบเวลา 2 ชั่วโมง ให้นำตัวอย่างออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งเย็น

7) เทตัวอย่างจากหลอดใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ไทเทรตกับสารละลาย FAS จนกระทั่งถึงจุดยุติ จะเห็นการเปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองเป็นสีฟ้าอมเขียวและเป็นสีน้ำตาลแดงที่จุดยุติ อ่านปริมาตรที่ไทเทรตตอนเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลแดงทันที

#### การคำนวณ

$$\text{COD, mg / L} = \frac{(a - b) \times N \times 8000}{\text{Sample (mL)}}$$

a = ปริมาตรของ  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$  ที่ใช้ไทเทรต Blank (หน่วย mL)

b = ปริมาตรของ  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$  ที่ใช้ไทเทรต น้ำตัวอย่าง (หน่วย mL)

N = ความเข้มข้นของ  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$  ที่ใช้ (หน่วย Normality)

ตารางผนวก ก-1 ปริมาณของตัวอย่างน้ำ และ Reagent ต่างๆ ในหลอดทดลอง

| Digestion vessel | Sample (mL) | Digestion solution<br>(mL) | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> reagent<br>(mL) | Total final volume<br>(mL) |
|------------------|-------------|----------------------------|--|----------------------------|
| Culture Tube :   |             |                            |  |                            |
| 16 x 100 mm      | 25          | 1.5                        | 3.5  | 7.5                        |
| 20 x150 mm       | 5.0         | 3.0                        | 7.0  | 15.0                       |
| 25 x 150 mm      | 10.0        | 14.0                       | 14.0   | 30.0                       |
| Standard         |             |                            |  |                            |
| 10- ml ampule    | 2.5         | 1.5                        | 3.5  | 7.5                        |

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

## ภาคผนวก ข

องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของสาหร่ายผักกาดและสมบัติทางกายภาพและเคมี  
บางประการของน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา1. องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของสาหร่ายผักกาด *Ulva reticulata*

ตารางผนวก ข – 1 ปริมาณความชื้น (Moisture) ของตัวอย่างสาหร่ายผักกาด

| การทดลอง                | น้ำหนักสาหร่ายเปียก<br>(g) | น้ำหนักสาหร่ายแห้งอบ<br>(g) | % Moisture |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------|
| 1                       | 2.634                      | 0.188                       | 92.9       |
| 2                       | 2.890                      | 0.202                       | 93.0       |
| 3                       | 2.659                      | 0.154                       | 94.2       |
| ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | 2.727                      | 0.181                       | 93.4       |
| SD                      | 0.141                      | 0.024                       | 0.70       |

ตารางผนวก ข – 2 ปริมาณเถ้า (Ash) ของตัวอย่างสาหร่ายผักกาด

| การทดลอง                | น้ำหนักสาหร่ายแห้ง<br>(g) | น้ำหนักสาหร่ายหลังเผา<br>(g) | Ash (% dry weight) |
|-------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------|
| 1                       | 0.136                     | 0.106                        | 21.9               |
| 2                       | 0.163                     | 0.125                        | 23.4               |
| 3                       | 0.149                     | 0.119                        | 19.8               |
| ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | 0.149                     | 0.117                        | 21.7               |
| SD                      | 0.014                     | 0.010                        | 1.81               |

ตารางผนวก ข – 3 ปริมาณไนโตรเจน (Total nitrogen) ของตัวอย่างสาหร่ายฝักกาด

| การทดลอง                | น้ำหนักสาหร่ายแห้ง<br>(g) | ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริก<br>(mL) | % Total nitrogen |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|
| 1                       | 0.147                     | 1.2                           | 1.05             |
| 2                       | 0.134                     | 1.0                           | 0.94             |
| 3                       | 0.115                     | 0.9                           | 0.97             |
| ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | 0.132                     | 1.03                          | 0.98             |
| SD                      | 0.016                     | 0.15                          | 0.05             |

ตารางผนวก ข – 4 ปริมาณโปรตีน (Protein) ของตัวอย่างสาหร่ายฝักกาด

| การทดลอง                | น้ำหนักสาหร่ายแห้ง<br>(g) | ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริก<br>(mL) | % Protein |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------|
| 1                       | 0.147                     | 1.2                           | 6.54      |
| 2                       | 0.134                     | 1.0                           | 5.88      |
| 3                       | 0.115                     | 0.9                           | 6.07      |
| ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | 0.132                     | 1.03                          | 6.16      |
| SD                      | 0.016                     | 0.15                          | 0.33      |

ตารางผนวก ข – 5 ปริมาณไขมัน (Fat and oil) ของตัวอย่างสาหร่ายฝักกาด

| การทดลอง                | น้ำหนักสาหร่ายแห้ง<br>(g) | น้ำหนักไขมัน<br>(g) | Crude lipids<br>(% dry weight) |
|-------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------------|
| 1                       | 0.206                     | 0.005               | 2.62                           |
| 2                       | 0.166                     | 0.004               | 2.28                           |
| 3                       | 0.201                     | 0.004               | 2.04                           |
| ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | 0.191                     | 0.004               | 2.31                           |
| SD                      | 0.022                     | 0.001               | 0.28                           |



ตารางผนวก ข – 6 ปริมาณเยื่อใย (Crude fiber) ของตัวอย่างสาหร่ายผักกาด

| การทดลอง                | น้ำหนักสาหร่าย<br>แห้ง (g) | น้ำหนักสาหร่าย<br>หลังอบ (g) | น้ำหนักสาหร่าย<br>หลังเผา (g) | Total fiber<br>(% dry weight) |
|-------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1                       | 0.155                      | 0.087                        | 0.006                         | 52.3                          |
| 2                       | 0.178                      | 0.100                        | 0.006                         | 52.8                          |
| 3                       | 0.157                      | 0.094                        | 0.007                         | 55.5                          |
| ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | 0.163                      | 0.094                        | 0.006                         | 53.5                          |
| SD                      | 0.013                      | 0.007                        | 0.001                         | 1.76                          |

ตารางผนวก ข – 7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total phenolic compounds)

ในตัวอย่างสาหร่ายผักกาด

| Standard gallic acid<br>concentration (mg/mL) | Abs at 759 nm |       |       | ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) |
|---|---------------|-------|-------|-------------------------|
|   | 1             | 2     | 3     |                         |
| 0.05  | 0.087         | 0.087 | 0.088 | 0.087                   |
| 0.1   | 0.225         | 0.226 | 0.227 | 0.226                   |
| 0.2   | 0.474         | 0.477 | 0.478 | 0.476                   |
| 0.4   | 0.753         | 0.755 | 0.756 | 0.755                   |
| 0.6   | 1.036         | 1.037 | 1.035 | 1.036                   |
| ตัวอย่างสารละลายที่สกัดได้จากสาหร่าย          | 0.008         | 0.010 | 0.009 | 0.009                   |

## 2. สมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา

ตารางผนวก ข – 8 ค่าของแข็งแขวนลอย (Total suspended solid; TSS) ในน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา

| การทดลอง                | TSS (mg/L) |
|-------------------------|------------|
| 1                       | 271        |
| 2                       | 272        |
| 3                       | 275        |
| ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | 272.7      |
| SD                      | 2.08       |

ตารางผนวก ข – 9 ค่า COD ในน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา

| การทดลอง                | dilution | ปริมาตร FAS ที่ใช้ (mL) | COD (mg/L) | COD*dilution (mg/L) |
|-------------------------|----------|-------------------------|------------|---------------------|
| 1                       | 40       | 1.80                    | 176        | 7040                |
| 2                       | 40       | 2.20                    | 35.2       | 1408                |
| 3                       | 40       | 1.80                    | 176        | 7040                |
| ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) |          |                         |            | 7040                |
| SD                      |          |                         |            | 0.00                |

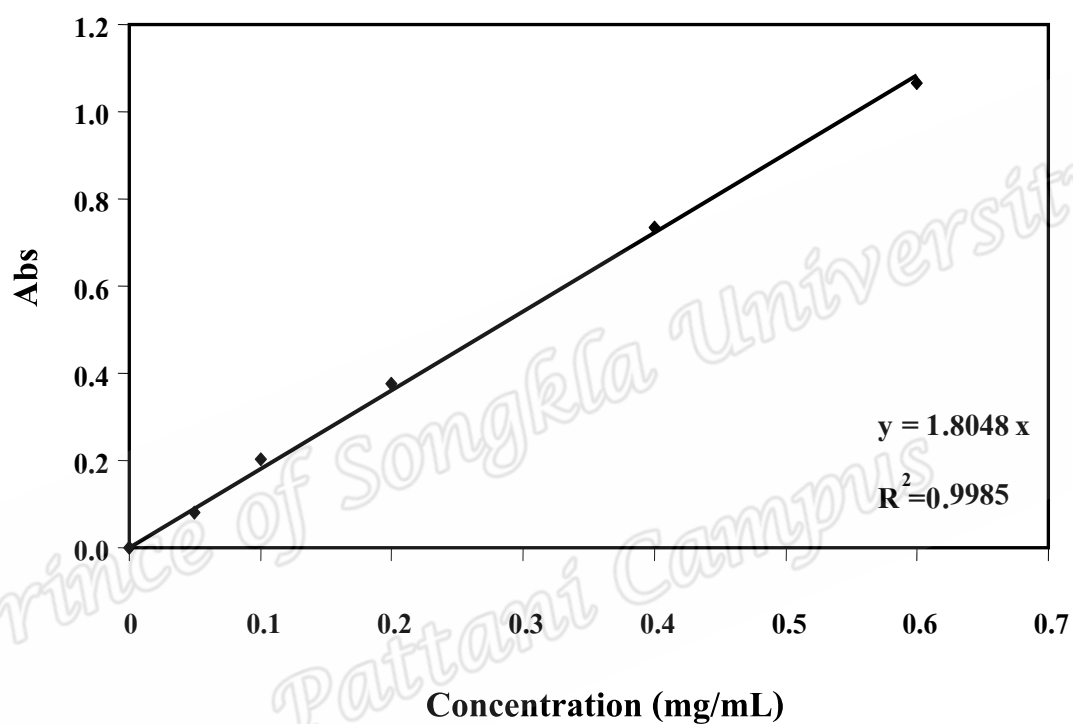
ตารางผนวก ข – 10 ปริมาณฟีนอล และ 4-คลอโรฟีนอล (mg/L) ในน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา

| การทดลอง                | ความเข้มข้นของฟีนอล (mg/L) | ความเข้มข้นของ 4-CP (mg/L) |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1                       | 2.83                       | 1.03                       |
| 2                       | 2.76                       | 0.87                       |
| 3                       | 2.81                       | 0.81                       |
| ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | 2.80                       | 0.90                       |
| SD                      | 0.04                       | 0.11                       |

## ภาคผนวก ค

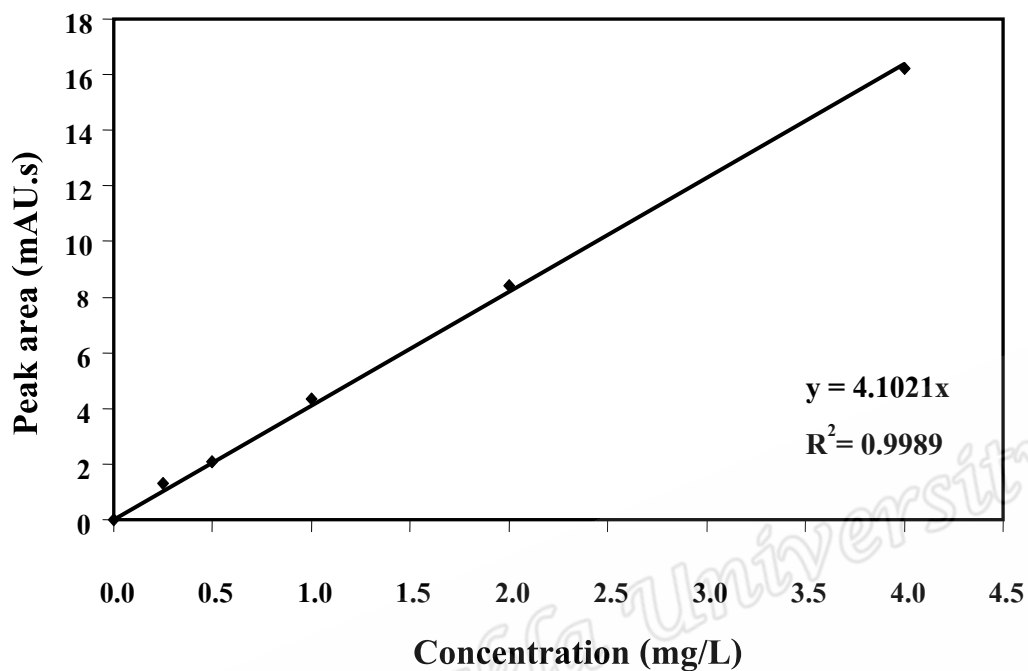
## กราฟมาตรฐาน

## 1. กราฟมาตรฐาน Gallic acid

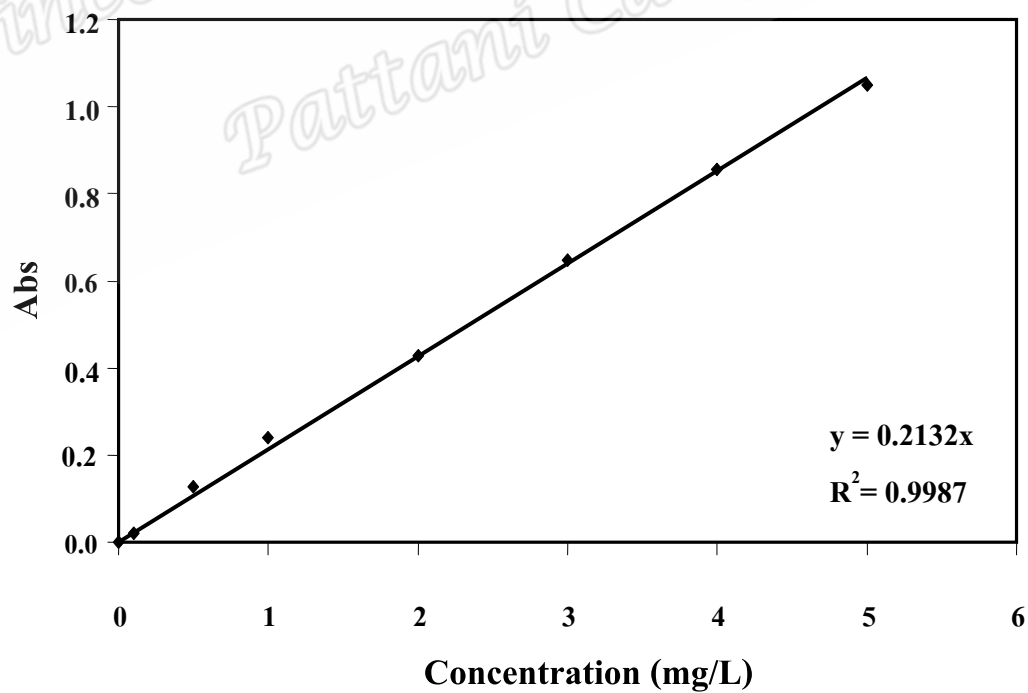


รูปภาคผนวก ค-1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 759 nm ที่ความเข้มข้นต่างๆ ของ Gallic acid

## 2. กราฟมาตรฐาน Phenol

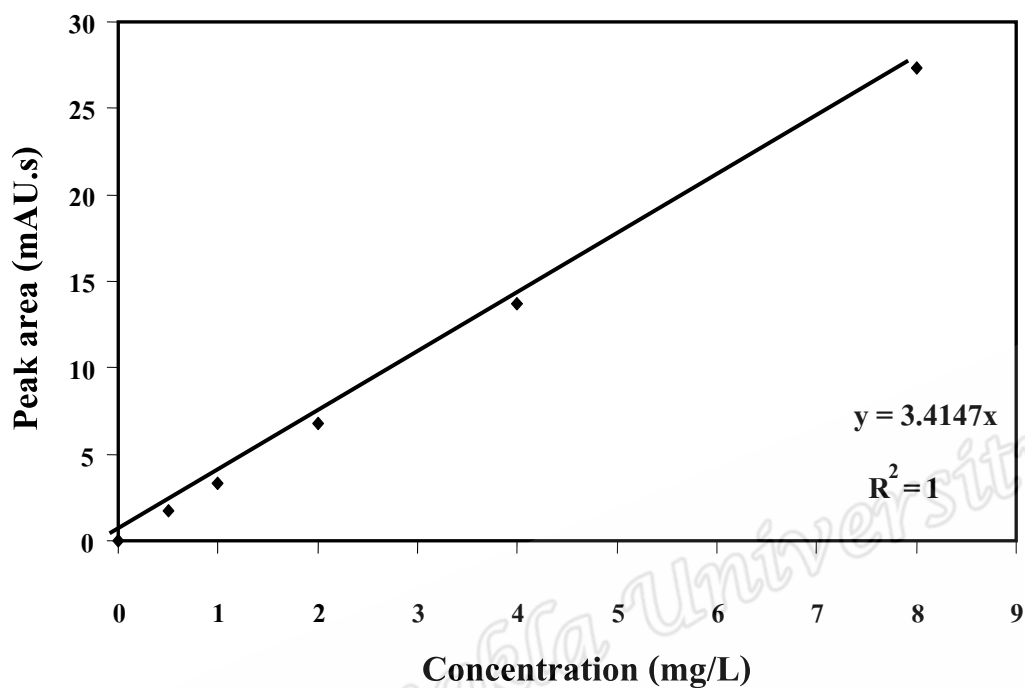


รูปภาคผนวก ค-2 ค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ความเข้มข้นต่างๆ ของ phenol

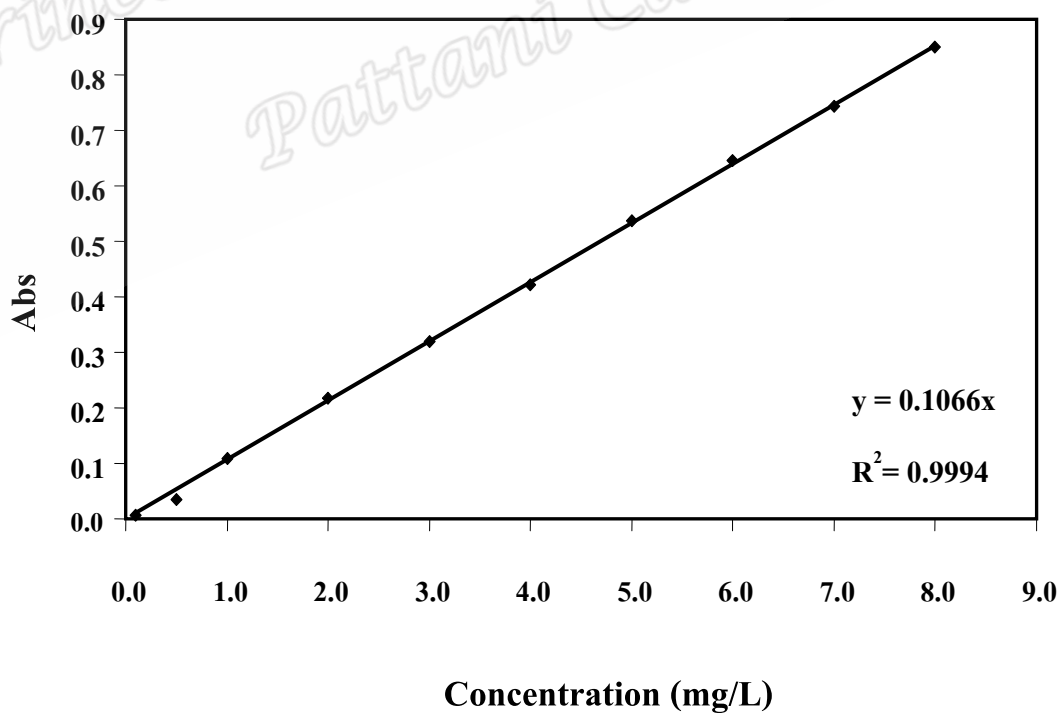


รูปภาคผนวก ค-3 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 nm ที่ความเข้มข้นต่างๆ ของ phenol

### 3. กราฟมาตรฐาน 4 - CP

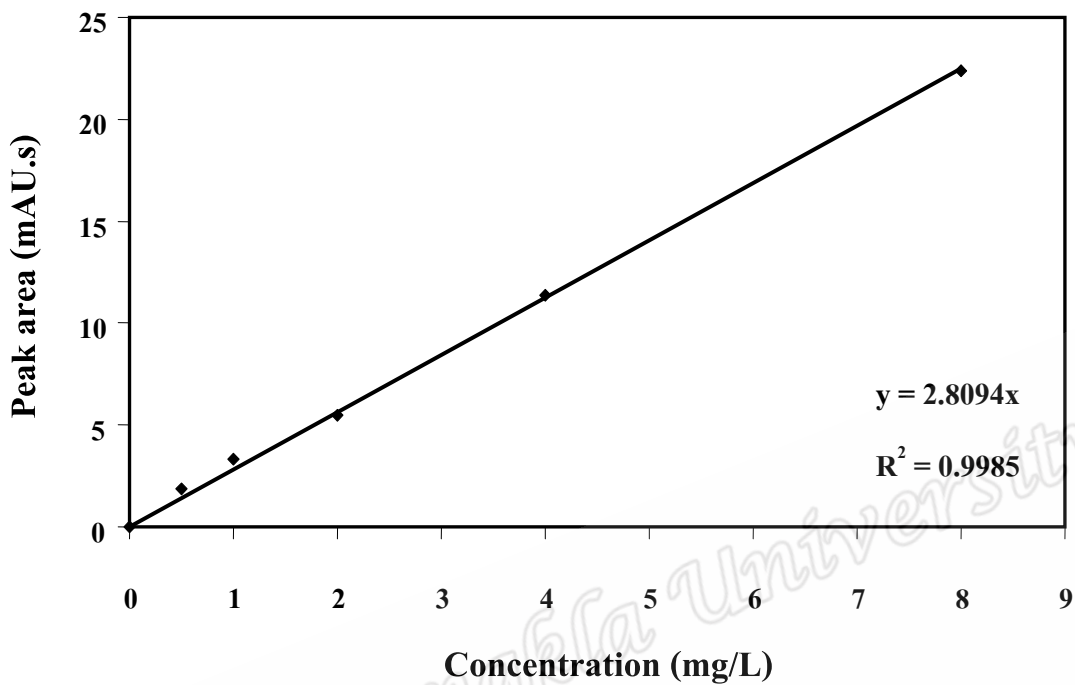


รูปภาคผนวก ก-4 ค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ความเข้มข้นต่างๆ ของ 4-CP

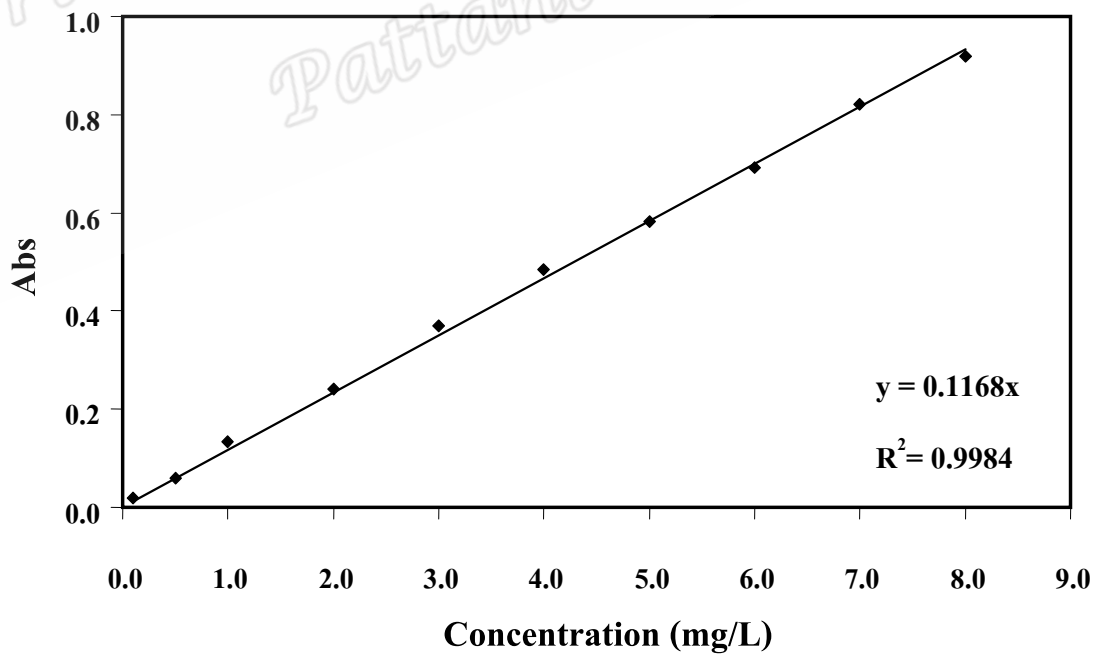


รูปภาคผนวก ก-5 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 nm ที่ความเข้มข้นต่างๆ ของ 4-CP

## 4. กราฟมาตรฐาน 2,4 - DCP



รูปภาคผนวก ก-6 ค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ความเข้มข้นต่างๆ ของ 2,4 -DCP



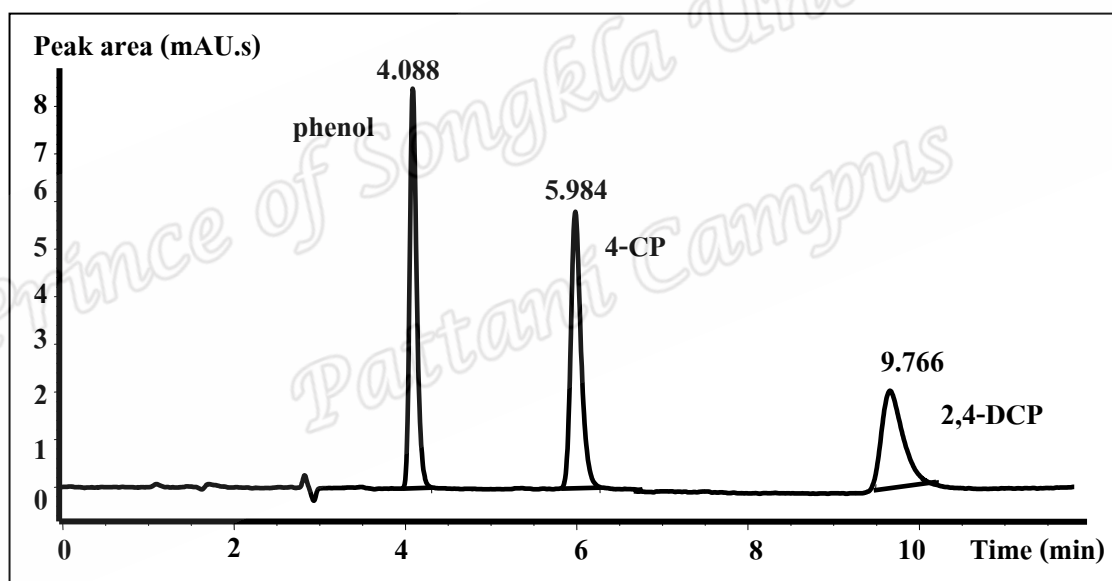
รูปภาคผนวก ก-7 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 nm ที่ความเข้มข้นต่างๆ ของ 2,4 -DCP

## ภาคผนวก ง

### ตัวอย่าง HPLC Chromatogram ของสารประกอบฟีนอล

#### สภาวะที่เหมาะสมของการทดลองที่วิเคราะห์ด้วย HPLC

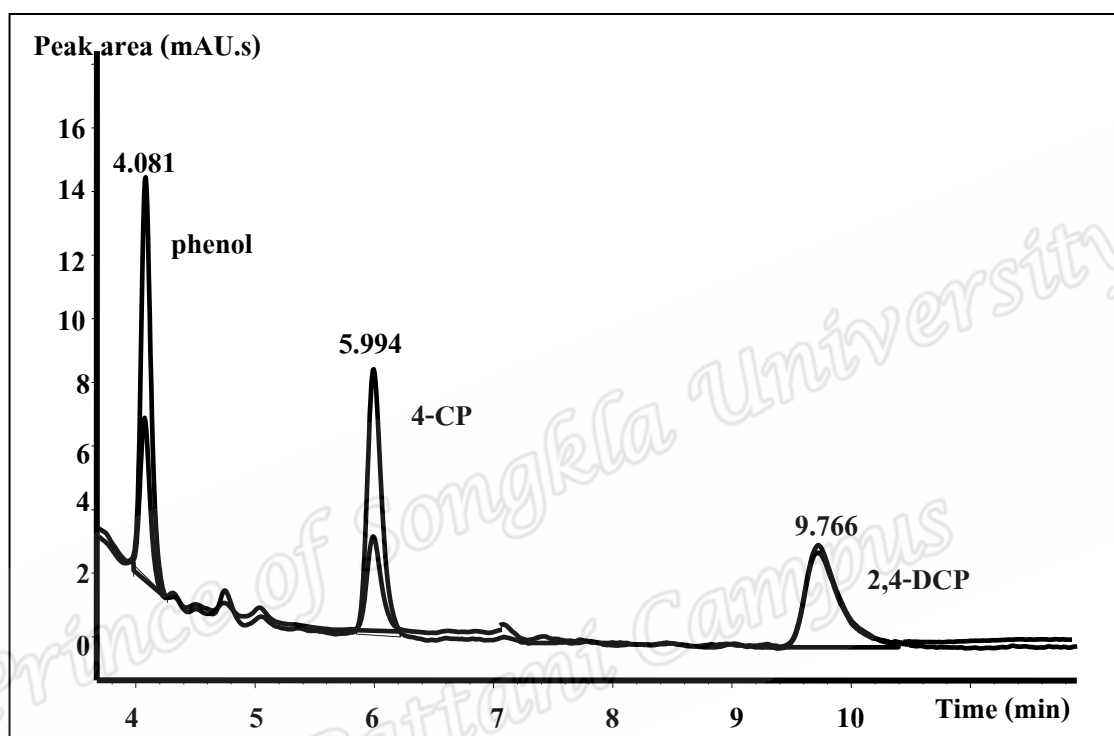
การทดลองตรวจวัดด้วย HPLC, Hewlett-Packard: Agilent HP 1100 โดยใช้คอลัมน์ C<sub>18</sub> reverse phase Pinnacle II C<sub>18</sub> (5  $\mu$ m 250  $\times$  4.6 mm) ตัวทำละลายคือ methanol : acetonitrile : DI water (30 : 30 : 40) อัตราการไหลเท่ากับ 1.0 mL/min และใช้ Photodiode array (DAD) เป็นตัวตรวจวัด ที่ความยาวคลื่น 280 nm ดังตัวอย่าง HPLC Chromatogram ของสารประกอบฟีนอลทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ฟีนอล, 4-CP และ 2,4-DCP ที่ความเข้มข้น 10 mg/L ในรูปภาคผนวก ง-1



รูปภาคผนวก ง-1 HPLC chromatogram ของสารประกอบฟีนอลทั้ง 3 ชนิด โดยใช้ methanol: acetonitrile: DI water (30 : 30 : 40) เป็นเฟสเคลื่อนที่

ตัวอย่าง HPLC Chromatogram ของสารประกอบฟีนอลทั้ง 3 ชนิด ในน้ำเสียจาก  
โรงงานไม้ยางพารา

วิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอล ได้แก่ ฟีนอล, 4-CP และ 2,4-DCP โดย  
วิธี Standard addition



รูปภาคผนวก ง-2 HPLC Chromatogram ของสารประกอบฟีนอลทั้ง 3 ชนิด ในน้ำเสียจากโรงงาน  
ไม้ยางพารา โดยใช้ methanol : acetonitrile : DI water (30 : 30 : 40) เป็นเฟส  
เคลื่อนที่ อัตราการไหล 1.0 mL/min



## ภาคผนวก จ

ความสามารถดูดซับสารประกอบฟีนอล โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด *Ulva reticulata*  
แบบระบบกะ (Batch System)

## 1. จลนศาสตร์ (Kinetics Profiles) ในการดูดซับสารประกอบฟีนอล โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด

ตารางผนวก จ – 1 ความสามารถในการดูดซับ (Q) ฟีนอลโดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาดที่เวลาต่างๆ

| ความเข้มข้นเริ่มต้นของฟีนอล 10 mg/L |          |      |      |      | ความเข้มข้นเริ่มต้นของฟีนอล 15 mg/L |           |      |      |      |      |           |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|-------------------------------------|-----------|------|------|------|------|-----------|
| เวลา<br>(นาทีก)                     | Q (mg/g) |      |      | SD   | เวลา<br>(นาทีก)                     | Q (mg/g)  |      |      | SD   |      |           |
|                                     | 1        | 2    | 3    |      |                                     | $\bar{X}$ | 1    | 2    |      | 3    | $\bar{X}$ |
| 5                                   | 2.21     | 2.14 | 1.54 | 2.18 | 0.05                                | 5         | 2.45 | 2.74 | 3.11 | 2.60 | 0.21      |
| 10                                  | 2.24     | 2.26 | 1.65 | 2.25 | 0.01                                | 10        | 3.04 | 2.76 | 3.32 | 2.90 | 0.20      |
| 15                                  | 2.39     | 2.46 | 1.84 | 2.43 | 0.05                                | 15        | 3.06 | 2.96 | 3.39 | 3.01 | 0.07      |
| 30                                  | 2.43     | 2.47 | 1.88 | 2.45 | 0.03                                | 30        | 3.09 | 3.03 | 3.42 | 3.06 | 0.04      |
| 60                                  | 2.52     | 2.51 | 2.09 | 2.52 | 0.01                                | 60        | 3.10 | 3.25 | 3.46 | 3.18 | 0.11      |
| 120                                 | 2.59     | 2.72 | 2.13 | 2.66 | 0.09                                | 120       | 3.20 | 3.26 | 3.49 | 3.23 | 0.04      |
| 180                                 | 2.60     | 2.76 | 2.16 | 2.68 | 0.11                                | 180       | 3.23 | 3.31 | 3.60 | 3.27 | 0.06      |
| 360                                 | 2.65     | 2.78 | 2.24 | 2.72 | 0.09                                | 360       | 3.40 | 3.45 | 3.64 | 3.43 | 0.04      |
| 720                                 | 2.69     | 2.82 | 2.28 | 2.76 | 0.09                                | 720       | 3.45 | 3.50 | 3.65 | 3.48 | 0.04      |

ตารางผนวก จ – 2 ความสามารถในการดูดซับ (Q) คลอโรฟีนอล (4-CP) โดยชีวมวลสาหร่าย  
พักกาศที่เวลาต่างๆ

| ความเข้มข้นเริ่มต้นของ 4-CP 10 mg/L |          |      |      |           |      | ความเข้มข้นเริ่มต้นของ 4-CP 15 mg/L |          |      |      |           |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|-----------|------|-------------------------------------|----------|------|------|-----------|------|
| เวลา<br>(นาที)                      | Q (mg/g) |      |      | $\bar{X}$ | SD   | เวลา<br>(นาที)                      | Q (mg/g) |      |      | $\bar{X}$ | SD   |
|                                     | 1        | 2    | 3    |           |      |                                     | 1        | 2    | 3    |           |      |
| 5                                   | 1.74     | 1.20 | 1.70 | 1.47      | 0.38 | 5                                   | 2.95     | 2.95 | 2.95 | 2.95      | 0.00 |
| 10                                  | 1.94     | 2.15 | 2.15 | 2.05      | 0.01 | 10                                  | 3.05     | 2.98 | 2.99 | 3.02      | 0.05 |
| 15                                  | 2.16     | 2.24 | 2.23 | 2.20      | 0.05 | 15                                  | 3.27     | 3.30 | 3.30 | 3.29      | 0.02 |
| 30                                  | 2.81     | 2.56 | 2.80 | 2.69      | 0.03 | 30                                  | 3.56     | 3.58 | 3.56 | 3.57      | 0.01 |
| 60                                  | 2.75     | 2.76 | 2.74 | 2.76      | 0.01 | 60                                  | 4.06     | 4.01 | 4.06 | 4.04      | 0.04 |
| 120                                 | 2.97     | 2.82 | 2.97 | 2.90      | 0.09 | 120                                 | 4.58     | 4.44 | 4.58 | 4.51      | 0.10 |
| 180                                 | 3.13     | 2.85 | 3.12 | 2.99      | 0.11 | 180                                 | 4.69     | 4.63 | 4.63 | 4.66      | 0.04 |
| 360                                 | 3.07     | 3.03 | 3.03 | 3.05      | 0.09 | 360                                 | 4.75     | 4.76 | 4.77 | 4.76      | 0.01 |
| 720                                 | 3.06     | 2.91 | 2.91 | 2.99      | 0.11 | 720                                 | 4.97     | 4.99 | 4.98 | 4.98      | 0.01 |

ตารางผนวก จ – 3 ความสามารถในการดูดซับ (Q) ไคคลอโรฟีนอล (2,4-DCP) โดยชีวมวล  
สาหร่ายฝักกาดที่เวลาต่างๆ

| ความเข้มข้นเริ่มต้นของ 2,4-DCP 10 mg/L |          |      |      |           |      | ความเข้มข้นเริ่มต้นของ 2,4-DCP 15 mg/L |          |      |      |           |      |
|--|----------|------|------|-----------|------|--|----------|------|------|-----------|------|
| เวลา<br>(นาที)                         | Q (mg/g) |      |      |           | SD   | เวลา<br>(นาที)                         | Q (mg/g) |      |      |           | SD   |
|  | 1        | 2    | 3    | $\bar{X}$ |      |  | 1        | 2    | 3    | $\bar{X}$ |      |
| 5                                      | 2.19     | 2.08 | 2.19 | 2.14      | 0.08 | 5                                      | 5.46     | 5.47 | 5.48 | 5.47      | 0.01 |
| 10                                     | 2.35     | 2.32 | 2.33 | 2.34      | 0.02 | 10                                     | 5.99     | 6.06 | 6.06 | 6.03      | 0.05 |
| 15                                     | 2.51     | 2.58 | 2.51 | 2.55      | 0.05 | 15                                     | 6.00     | 6.11 | 6.11 | 6.06      | 0.08 |
| 30                                     | 3.08     | 2.80 | 3.08 | 2.94      | 0.20 | 30                                     | 6.24     | 6.36 | 6.25 | 6.30      | 0.08 |
| 60                                     | 3.10     | 2.90 | 2.91 | 3.00      | 0.14 | 60                                     | 6.65     | 6.56 | 6.65 | 6.61      | 0.06 |
| 120                                    | 3.13     | 3.19 | 3.13 | 3.16      | 0.04 | 120                                    | 6.72     | 6.72 | 6.72 | 6.72      | 0.00 |
| 180                                    | 3.63     | 3.86 | 3.86 | 3.75      | 0.16 | 180                                    | 6.79     | 6.79 | 6.79 | 6.79      | 0.00 |
| 360                                    | 3.53     | 3.54 | 3.55 | 3.54      | 0.01 | 360                                    | 6.63     | 6.58 | 6.63 | 6.61      | 0.04 |
| 720                                    | 3.29     | 3.67 | 3.67 | 3.48      | 0.27 | 720                                    | 6.61     | 6.72 | 6.61 | 6.67      | 0.08 |

## 2. ผลของ pH ต่อความสามารถดูดซับสารประกอบฟีนอล โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด

ตารางผนวก จ – 4 ความสามารถในการดูดซับ (Q) ฟีนอลโดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาดที่ pH ต่างๆ

| ความเข้มข้นเริ่มต้นของ ฟีนอล 5 mg/L |          |      |      |           |      | ความเข้มข้นเริ่มต้นของ ฟีนอล 10 mg/L |          |      |      |           |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|-----------|------|--------------------------------------|----------|------|------|-----------|------|
| pH                                  | Q (mg/g) |      |      |           | SD   | pH                                   | Q (mg/g) |      |      |           | SD   |
|                                     | 1        | 2    | 3    | $\bar{X}$ |      |                                      | 1        | 2    | 3    | $\bar{X}$ |      |
| 2                                   | 0.46     | 0.41 | 0.42 | 0.44      | 0.04 | 2                                    | 1.36     | 1.46 | 1.30 | 1.37      | 0.08 |
| 3                                   | 0.45     | 0.50 | 0.45 | 0.46      | 0.04 | 3                                    | 1.65     | 1.55 | 1.54 | 1.58      | 0.06 |
| 4                                   | 0.55     | 0.69 | 0.55 | 0.56      | 0.09 | 4                                    | 1.65     | 1.77 | 1.59 | 1.67      | 0.09 |
| 5                                   | 0.84     | 0.90 | 0.84 | 0.87      | 0.04 | 5                                    | 2.00     | 1.99 | 2.01 | 2.00      | 0.01 |
| 6                                   | 0.84     | 0.93 | 0.92 | 0.89      | 0.06 | 6                                    | 2.00     | 1.98 | 2.00 | 1.99      | 0.01 |
| 7                                   | 0.85     | 0.93 | 0.76 | 0.89      | 0.05 | 7                                    | 2.01     | 2.00 | 2.02 | 2.01      | 0.01 |
| 8                                   | 0.80     | 0.95 | 0.95 | 0.88      | 0.10 | 8                                    | 2.06     | 2.01 | 2.06 | 2.03      | 0.03 |

ตารางผนวก จ – 5 ความสามารถในการดูดซับ (Q) คลอโรฟีนอล (4-CP) และ ไดคลอโรฟีนอล (2,4-DCP) โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาดที่ pH ต่างๆ

| ความเข้มข้นเริ่มต้นของ 4-CP 10 mg/L |          |      |      |           |      | ความเข้มข้นเริ่มต้นของ 2,4-DCP 10 mg/L |          |      |      |           |      |
|-------------------------------------|----------|------|------|-----------|------|--|----------|------|------|-----------|------|
| pH                                  | Q (mg/g) |      |      |           | SD   | pH                                     | Q (mg/g) |      |      |           | SD   |
|                                     | 1        | 2    | 3    | $\bar{X}$ |      |  | 1        | 2    | 3    | $\bar{X}$ |      |
| 2                                   | 2.13     | 2.18 | 2.13 | 2.16      | 0.04 | 2                                      | 2.56     | 2.83 | 2.57 | 2.70      | 0.19 |
| 3                                   | 2.22     | 2.22 | 2.22 | 2.22      | 0.00 | 3                                      | 2.72     | 2.72 | 2.72 | 2.72      | 0.00 |
| 4                                   | 2.32     | 2.29 | 2.29 | 2.31      | 0.02 | 4                                      | 2.88     | 3.04 | 2.89 | 2.96      | 0.11 |
| 5                                   | 3.07     | 3.10 | 3.10 | 3.09      | 0.02 | 5                                      | 3.92     | 3.93 | 3.92 | 3.93      | 0.01 |
| 6                                   | 2.69     | 2.72 | 2.69 | 2.71      | 0.02 | 6                                      | 3.29     | 3.17 | 3.17 | 3.23      | 0.08 |
| 7                                   | 2.78     | 2.82 | 2.79 | 2.80      | 0.03 | 7                                      | 3.22     | 3.19 | 3.22 | 3.21      | 0.02 |
| 8                                   | 2.84     | 2.78 | 2.82 | 2.81      | 0.04 | 8                                      | 3.37     | 3.00 | 3.37 | 3.19      | 0.26 |

### 3. ปริมาณชีวมวลสาหร่ายที่เหมาะสมในการดูดซับสารประกอบฟีนอล

ตารางผนวก จ – 6 ความสามารถในการกำจัด (% Removal) ฟีนอล โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด ในปริมาณต่างๆ

| ความเข้มข้นเริ่มต้นของ ฟีนอล 5 mg/L |           |      |      |           |     | ความเข้มข้นเริ่มต้นของ ฟีนอล 10 mg/L |           |      |      |           |     |
|-------------------------------------|-----------|------|------|-----------|-----|--------------------------------------|-----------|------|------|-----------|-----|
| ปริมาณ (g/L)                        | % Removal |      |      |           | SD  | ปริมาณ (g/L)                         | % Removal |      |      |           | SD  |
|                                     | 1         | 2    | 3    | $\bar{X}$ |     |                                      | 1         | 2    | 3    | $\bar{X}$ |     |
| 0.5                                 | 30.6      | 29.6 | 28.8 | 29.6      | 0.9 | 0.5                                  | 32.9      | 32.7 | 32.2 | 32.6      | 0.3 |
| 1.0                                 | 33.0      | 33.0 | 34.4 | 33.7      | 0.9 | 1.0                                  | 34.3      | 34.3 | 34.6 | 34.5      | 0.2 |
| 2.0                                 | 41.0      | 41.4 | 42.8 | 41.7      | 0.9 | 2.0                                  | 35.7      | 36.7 | 36.9 | 36.4      | 0.6 |
| 3.0                                 | 43.8      | 44.2 | 46.6 | 44.8      | 1.5 | 3.0                                  | 37.1      | 37.7 | 39.5 | 38.1      | 1.2 |
| 4.0                                 | 39.0      | 37.2 | 37.2 | 38.1      | 1.2 | 4.0                                  | 33.9      | 36.9 | 33.6 | 34.8      | 1.8 |

ตารางผนวก จ – 7 ความสามารถในการกำจัด (% Removal) คลอโรฟีนอล (4-CP) และไดคลอโรฟีนอล (2,4-DCP) โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาดในปริมาณต่างๆ

| ความเข้มข้นเริ่มต้นของ 4-CP 10 mg/L |           |      |      |           |      | ความเข้มข้นเริ่มต้นของ 2,4-DCP 10 mg/L |           |      |      |           |      |
|-------------------------------------|-----------|------|------|-----------|------|--|-----------|------|------|-----------|------|
| ปริมาณ (g/L)                        | % Removal |      |      |           | SD   | ปริมาณ (g/L)                           | % Removal |      |      |           | SD   |
|                                     | 1         | 2    | 3    | $\bar{X}$ |      |  | 1         | 2    | 3    | $\bar{X}$ |      |
| 0.5                                 | 42.9      | 42.3 | 42.3 | 42.6      | 0.42 | 0.5                                    | 60.8      | 57.6 | 60.8 | 59.2      | 2.26 |
| 1.0                                 | 51.1      | 52.0 | 51.2 | 51.6      | 0.64 | 1.0                                    | 71.2      | 68.7 | 71.3 | 70.0      | 1.77 |
| 2.0                                 | 63.7      | 64.9 | 63.7 | 64.3      | 0.85 | 2.0                                    | 74.7      | 73.7 | 74.6 | 74.2      | 0.71 |
| 3.0                                 | 54.9      | 55.2 | 55.2 | 55.1      | 0.21 | 3.0                                    | 69.0      | 73.3 | 73.4 | 71.2      | 3.04 |
| 4.0                                 | 46.4      | 47.6 | 46.4 | 47.0      | 0.85 | 4.0                                    | 56.6      | 65.5 | 56.5 | 61.1      | 6.29 |

#### 4. ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารประกอบฟีนอล

ตารางผนวก จ – 8 ความสามารถในการดูดซับ (Q) ฟีนอลโดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาดที่ความเข้มข้นต่างๆ ของสารละลายฟีนอล ที่ pH 5 และ 7

| ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/L) | Q (mg/g) ที่ pH 5 |      |      |           | SD   | ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/L) | Q (mg/g) ที่ pH 7 |      |      |           | SD   |
|----------------------------|-------------------|------|------|-----------|------|----------------------------|-------------------|------|------|-----------|------|
|                            | 1                 | 2    | 3    | $\bar{X}$ |      |                            | 1                 | 2    | 3    | $\bar{X}$ |      |
| 2.5                        | 0.54              | 0.57 | 0.57 | 0.56      | 0.02 | 2.5                        | 0.54              | 0.57 | 0.63 | 0.56      | 0.02 |
| 5.0                        | 0.99              | 1.03 | 1.01 | 1.01      | 0.02 | 5.0                        | 0.85              | 0.93 | 0.76 | 0.89      | 0.06 |
| 7.5                        | 1.55              | 1.43 | 1.41 | 1.46      | 0.08 | 7.5                        | 1.53              | 1.50 | 1.52 | 1.52      | 0.02 |
| 10.0                       | 1.90              | 1.98 | 1.86 | 1.91      | 0.06 | 10.0                       | 1.88              | 2.01 | 2.13 | 1.95      | 0.09 |
| 12.5                       | 2.02              | 2.03 | 2.22 | 2.09      | 0.11 | 15.0                       | 2.80              | 2.87 | 2.88 | 2.84      | 0.05 |
| 15.0                       | 2.87              | 2.86 | 3.03 | 2.92      | 0.10 |                            |                   |      |      |           |      |

ตารางผนวก จ – 9 ความสามารถในการดูดซับ (Q) คลอโรฟีนอล (4-CP) โดยชีวมวลสาหร่าย  
ฝักกาดที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ pH 5

| ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/L) | Q (mg/g) |      |      |           | SD   |
|----------------------------|----------|------|------|-----------|------|
|                            | 1        | 2    | 3    | $\bar{X}$ |      |
| 5.0                        | 1.84     | 1.80 | 1.81 | 1.82      | 0.02 |
| 10.0                       | 3.13     | 3.25 | 3.63 | 3.34      | 0.26 |
| 15.0                       | 4.60     | 4.63 | 4.16 | 4.46      | 0.26 |
| 20.0                       | 5.67     | 5.70 | 5.21 | 5.53      | 0.27 |
| 25.0                       | 6.32     | 6.25 | 6.69 | 6.42      | 0.24 |

ตารางผนวก จ – 10 ความสามารถในการดูดซับไดคลอโรฟีนอล (2,4-DCP) โดยชีวมวลสาหร่าย  
ฝักกาดที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ pH 5

| ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/L) | Q (mg/g) ที่ pH 5 |       |       |           | SD   | ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/L) | Q (mg/g) ที่ pH 7 |       |       |           | SD   |
|----------------------------|-------------------|-------|-------|-----------|------|----------------------------|-------------------|-------|-------|-----------|------|
|                            | 1                 | 2     | 3     | $\bar{X}$ |      |                            | 1                 | 2     | 3     | $\bar{X}$ |      |
| 10.0                       | 4.49              | 4.50  | 4.50  | 4.50      | 0.01 | 10.0                       | 3.53              | 3.40  | 3.40  | 3.47      | 0.07 |
| 15.0                       | 6.61              | 6.68  | 6.27  | 6.52      | 0.22 | 20.0                       | 7.23              | 7.03  | 7.22  | 7.13      | 0.05 |
| 20.0                       | 8.45              | 8.49  | 8.70  | 8.55      | 0.13 | 30.0                       | 11.21             | 11.30 | 11.29 | 11.26     | 0.02 |
| 25.0                       | 10.12             | 10.15 | 10.44 | 10.20     | 0.18 | 40.0                       | 15.16             | 14.93 | 15.16 | 15.05     | 0.03 |
| 30.0                       | 11.87             | 11.99 | 11.94 | 11.90     | 0.06 | 50.0                       | 19.56             | 19.50 | 19.55 | 19.53     | 0.00 |

ตารางผนวก จ – 11 ค่า  $C_{eq}/Q$  กับ  $C_{eq}$  (ความเข้มข้นของสารที่สมดุล) ของสารประกอบฟีนอล,  
4-CP และ 2,4-DCP ตาม Langmuir model ที่ pH 5

| Phenol   |            | 4-CP     |            | 2,4-DCP  |            |
|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| $C_{eq}$ | $C_{eq}/Q$ | $C_{eq}$ | $C_{eq}/Q$ | $C_{eq}$ | $C_{eq}/Q$ |
| 1.40     | 2.52       | 1.37     | 0.75       | 1.02     | 0.23       |
| 2.99     | 2.91       | 3.34     | 1.01       | 1.96     | 0.30       |
| 4.58     | 3.14       | 6.07     | 1.25       | 2.91     | 0.34       |
| 6.18     | 3.24       | 8.95     | 1.52       | 4.53     | 0.44       |
| 8.33     | 4.00       | 12.2     | 1.98       | 6.13     | 0.51       |

ตารางผนวก จ – 12 ค่า  $\log Q$  กับ  $\log C_{eq}$  (ความเข้มข้นของสารที่สมดุล) ของสารประกอบฟีนอล, 4-CP และ 2,4-DCP ตาม Freundlich model ที่ pH 5

| Phenol        |          | 4-CP          |          | 2,4-DCP       |          |
|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| $\log C_{eq}$ | $\log Q$ | $\log C_{eq}$ | $\log Q$ | $\log C_{eq}$ | $\log Q$ |
| 0.14          | -0.30    | 0.14          | 0.26     | 0.01          | 0.65     |
| 0.48          | 0.00     | 0.52          | 0.52     | 0.29          | 0.81     |
| 0.66          | 0.17     | 0.78          | 0.65     | 0.46          | 0.93     |
| 0.79          | 0.28     | 0.95          | 0.74     | 0.66          | 1.01     |
| 0.96          | 0.47     | 1.09          | 0.81     | 0.79          | 1.08     |

5. ความสามารถดูดซับสารประกอบฟีนอล จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดยชีวมวลสาหร่าย  
ผักกาด แบบระบบกะ

ตารางผนวก จ – 13 ความสามารถดูดซับฟีนอล และ 4-CP จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดย  
ชีวมวลสาหร่ายผักกาดแบบระบบกะ

| การทดลอง                | $Q_m$ (mg/g) |       |
|-------------------------|--------------|-------|
|                         | Phenol       | 4-CP  |
| 1                       | 1.39         | 0.45  |
| 2                       | 1.39         | 0.45  |
| 3                       | 1.40         | 0.40  |
| ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | 1.40         | 0.43  |
| SD                      | 0.007        | 0.029 |

## 6. กระบวนการ Sorption – Desorption ของสารประกอบฟีนอล

ตารางผนวก จ – 14 ความสามารถในการ Desorption ฟีนอล โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด  
ที่ความเข้มข้นต่างๆ

| Desorption reagent         | % Desorption |        |        |           | SD   |
|----------------------------|--------------|--------|--------|-----------|------|
|                            | 1            | 2      | 3      | $\bar{X}$ |      |
| 30% methanol               | 100.00       | 100.00 | 100.00 | 100.00    | 0.00 |
| 30% ethanol                | 100.00       | 100.00 | 100.00 | 100.00    | 0.00 |
| 30% acetone                | 100.00       | 100.00 | 100.00 | 100.00    | 0.00 |
| H <sub>2</sub> O           | 57.87        | 56.12  | 58.91  | 57.63     | 1.40 |
| 1.0 M NaOH                 | 77.62        | 79.43  | 78.50  | 78.52     | 0.90 |
| 3.0 M NaOH                 | 90.91        | 91.53  | 90.00  | 90.81     | 0.76 |
| 6.0 M NaOH                 | 91.92        | 89.79  | 90.11  | 90.61     | 1.14 |
| 1.0 M NH <sub>4</sub> OH   | 70.65        | 73.10  | 74.14  | 72.63     | 1.79 |
| 3.0 M NH <sub>4</sub> OH   | 86.87        | 82.14  | 82.02  | 83.68     | 2.76 |
| 6.0 M NH <sub>4</sub> OH   | 84.34        | 80.90  | 81.00  | 82.08     | 1.95 |
| 1.0 M HNO <sub>3</sub>     | 93.81        | 92.14  | 94.57  | 93.51     | 1.24 |
| 3.0 M HNO <sub>3</sub>     | 94.00        | 92.45  | 92.00  | 92.82     | 1.04 |
| 6.0 M HNO <sub>3</sub>     | 96.55        | 93.55  | 96.05  | 95.38     | 1.60 |
| 1.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 99.26        | 98.10  | 98.90  | 98.75     | 0.59 |
| 3.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 96.84        | 97.80  | 96.95  | 97.20     | 0.52 |
| 6.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 99.00        | 97.27  | 98.20  | 98.12     | 0.86 |



ตารางผนวก จ – 15 ความสามารถในการ Desorption คลอโรฟินอล (4-CP) โดยชีวมวลสาหร่าย  
 ผักกาดที่ความเข้มข้นต่างๆ

| Desorption reagent              | % Desorption |       |       | $\bar{X}$ | SD   |
|---------------------------------|--------------|-------|-------|-----------|------|
|                                 | 1            | 2     | 3     |           |      |
| <b>30% methanol</b>             | 96.54        | 94.58 | 95.56 | 95.56     | 0.98 |
| <b>30% ethanol</b>              | 89.20        | 94.83 | 92.01 | 92.01     | 2.81 |
| <b>30% acetone</b>              | 93.48        | 98.87 | 96.17 | 96.17     | 2.69 |
| <b>H<sub>2</sub>O</b>           | 59.18        | 57.00 | 60.00 | 58.72     | 1.55 |
| <b>1.0 M NaOH</b>               | 82.60        | 85.14 | 83.75 | 83.83     | 1.27 |
| <b>3.0 M NaOH</b>               | 91.87        | 93.96 | 92.00 | 92.61     | 1.17 |
| <b>6.0 M NaOH</b>               | 94.31        | 91.00 | 93.01 | 92.77     | 1.66 |
| <b>1.0 M NH<sub>4</sub>OH</b>   | 85.59        | 83.87 | 81.60 | 83.69     | 2.00 |
| <b>3.0 M NH<sub>4</sub>OH</b>   | 84.30        | 88.62 | 83.51 | 85.48     | 2.75 |
| <b>6.0 M NH<sub>4</sub>OH</b>   | 84.25        | 88.62 | 85.11 | 85.99     | 2.31 |
| <b>1.0 M HNO<sub>3</sub></b>    | 81.00        | 83.77 | 82.19 | 82.32     | 1.38 |
| <b>3.0 M HNO<sub>3</sub></b>    | 93.92        | 98.64 | 94.00 | 95.52     | 2.70 |
| <b>6.0 M HNO<sub>3</sub></b>    | 97.53        | 96.45 | 97.00 | 96.99     | 0.54 |
| <b>1.0 M CH<sub>3</sub>COOH</b> | 87.10        | 87.73 | 85.59 | 86.81     | 1.09 |
| <b>3.0 M CH<sub>3</sub>COOH</b> | 94.13        | 97.72 | 95.21 | 95.69     | 1.84 |
| <b>6.0 M CH<sub>3</sub>COOH</b> | 98.01        | 97.46 | 97.00 | 97.49     | 0.50 |

ตารางผนวก จ – 16 ความสามารถในการ Desorption ไคคลอโรฟีนอล (2,4-DCP) โดยชีวมวล  
สาหร่ายฝักกาดที่ความเข้มข้นต่างๆ

| Desorption reagent         | % Desorption |       |       |           | SD   |
|----------------------------|--------------|-------|-------|-----------|------|
|                            | 1            | 2     | 3     | $\bar{X}$ |      |
| 30% methanol               | 84.81        | 87.46 | 89.5  | 87.26     | 2.35 |
| 30% ethanol                | 84.62        | 85.05 | 89.75 | 86.47     | 2.84 |
| 30% acetone                | 85.17        | 85.98 | 88.95 | 86.70     | 1.99 |
| H <sub>2</sub> O           | 47.98        | 48.10 | 48.91 | 48.33     | 0.51 |
| 1.0 M NaOH                 | 78.41        | 77.05 | 73.70 | 76.39     | 2.42 |
| 3.0 M NaOH                 | 92.80        | 91.00 | 92.00 | 91.93     | 0.90 |
| 6.0 M NaOH                 | 92.37        | 91.08 | 90.00 | 91.15     | 1.18 |
| 1.0 M NH <sub>4</sub> OH   | 72.56        | 73.97 | 75.26 | 73.93     | 1.35 |
| 3.0 M NH <sub>4</sub> OH   | 75.13        | 72.86 | 71.00 | 73.00     | 2.06 |
| 6.0 M NH <sub>4</sub> OH   | 80.17        | 77.59 | 79.27 | 79.01     | 1.30 |
| 1.0 M HNO <sub>3</sub>     | 85.98        | 84.20 | 86.79 | 85.66     | 1.32 |
| 3.0 M HNO <sub>3</sub>     | 93.15        | 94.26 | 94.00 | 93.80     | 0.58 |
| 6.0 M HNO <sub>3</sub>     | 96.20        | 95.20 | 95.45 | 95.62     | 0.52 |
| 1.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 88.68        | 86.25 | 89.00 | 87.98     | 1.50 |
| 3.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 93.50        | 92.78 | 94.67 | 93.65     | 0.95 |
| 6.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 97.22        | 94.12 | 95.00 | 95.45     | 1.59 |

## การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA แบบจำแนกทางเดียว (One way analysis of variances) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test (Duncan, 1955) โดยทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.0

### 1. ข้อมูลทางสถิติของผลของ pH

#### 1.1 ผลของ pH ต่อความสามารถดูดซับฟีนอล โดยชีวมวลสาหร่ายผักกาด

| ANOVA          |                |    |             |        |       |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|-------|
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig.  |
| Between Groups | 1.273          | 6  | 0.212       | 75.407 | 0.000 |
| Within Groups  | 0.039          | 14 | 0.003       |        |       |
| Total          | 1.313          | 20 |             |        |       |

| Duncan <sup>a</sup>     |   |       |       |       |
|-------------------------|---|-------|-------|-------|
| Subset for alpha = 0.05 |   |       |       |       |
| VAR00001                | N | 1     | 2     | 3     |
| pH 2                    | 3 | 1.38  |       |       |
| pH 3                    | 3 |       | 1.58  |       |
| pH 4                    | 3 |       | 1.67  |       |
| pH 6                    | 3 |       |       | 1.99  |
| pH 5                    | 3 |       |       | 2.00  |
| pH 7                    | 3 |       |       | 2.01  |
| pH 8                    | 3 |       |       | 2.04  |
| Sig.                    |   | 1.000 | 0.057 | 0.305 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

### 1.2 ผลของ pH ต่อความสามารถดูดซับ 4-CP โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด

| ANOVA          |                |    |             |         |       |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|-------|
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig.  |
| Between Groups | 2.315          | 6  | 0.386       | 871.229 | 0.000 |
| Within Groups  | 0.006          | 14 | 0.000       |         |       |
| Total          | 2.321          | 20 |             |         |       |

#### Duncan<sup>a</sup>

| VAR00001 | N | Subset for alpha = 0.05 |       |       |       |       |       |
|----------|---|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |   | 1                       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| pH 2     | 3 | 2.15                    |       |       |       |       |       |
| pH 3     | 3 |                         | 2.22  |       |       |       |       |
| pH 4     | 3 |                         |       | 2.30  |       |       |       |
| pH 6     | 3 |                         |       |       | 2.70  |       |       |
| pH 7     | 3 |                         |       |       |       | 2.80  |       |
| pH 8     | 3 |                         |       |       |       |       | 2.81  |
| pH 5     | 3 |                         |       |       |       |       | 3.09  |
| Sig.     |   | 1.000                   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.349 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

### 1.3 ผลของ pH ต่อความสามารถดูดซับ 2,4-DCP โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด

| ANOVA          |                |    |             |        |       |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|-------|
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig.  |
| Between Groups | 3.265          | 6  | 0.544       | 46.327 | 0.000 |
| Within Groups  | 0.164          | 14 | 0.012       |        |       |
| Total          | 3.430          | 20 |             |        |       |

**Duncan<sup>a</sup>**

| VAR00001 | N | Subset for alpha = 0.05 |       |       |       |
|----------|---|-------------------------|-------|-------|-------|
|          |   | 1                       | 2     | 3     | 4     |
| pH 2     | 3 | 2.65                    |       |       |       |
| pH 3     | 3 | 2.72                    |       |       |       |
| pH 4     | 3 |                         | 2.94  |       |       |
| pH 6     | 3 |                         |       | 3.21  |       |
| pH 7     | 3 |                         |       | 3.21  |       |
| pH 8     | 3 |                         |       | 3.25  |       |
| pH 5     | 3 |                         |       |       | 3.92  |
| Sig.     |   | 0.464                   | 1.000 | 0.701 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

## 2. ข้อมูลทางสถิติของปริมาณชีวมวลสาหร่ายที่เหมาะสมในการดูดซับสารประกอบฟีนอล

### 2.1 ปริมาณชีวมวลสาหร่ายที่เหมาะสมในการดูดซับฟีนอล

#### ANOVA

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig.  |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|-------|
| Between Groups | 449.723        | 4  | 112.431     | 98.050 | 0.000 |
| Within Groups  | 11.467         | 10 | 1.147       |        |       |
| Total          | 461.189        | 14 |             |        |       |

**Duncan<sup>a</sup>**

| VAR00001        | N | Subset for alpha = 0.05 |       |       |       |       |
|-----------------|---|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                 |   | 1                       | 2     | 3     | 4     | 5     |
| 0.5 g/L biomass | 3 | 29.7                    |       |       |       |       |
| 1.0 g/L biomass | 3 |                         | 33.5  |       |       |       |
| 4.0 g/L biomass | 3 |                         |       | 37.8  |       |       |
| 2.0 g/L biomass | 3 |                         |       |       | 41.7  |       |
| 3.0 g/L biomass | 3 |                         |       |       |       | 44.9  |
| Sig.            |   | 1.000                   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

## 2.2 ปริมาณชีวมวลสาหร่ายที่เหมาะสมในการดูดซับ 4-CP

| ANOVA          |                |    |             |         |       |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|-------|
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig.  |
| Between Groups | 820.891        | 4  | 205.223     | 758.212 | 0.000 |
| Within Groups  | 2.707          | 10 | 0.271       |         |       |
| Total          | 823.597        | 14 |             |         |       |

### Duncan<sup>a</sup>

|                 |   | Subset for alpha = 0.05 |       |       |       |       |
|-----------------|---|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| VAR00001        | N | 1                       | 2     | 3     | 4     | 5     |
| 0.5 g/L biomass | 3 | 42.5                    |       |       |       |       |
| 4.0 g/L biomass | 3 |                         | 46.8  |       |       |       |
| 1.0 g/L biomass | 3 |                         |       | 51.4  |       |       |
| 3.0 g/L biomass | 3 |                         |       |       | 55.1  |       |
| 2.0 g/L biomass | 3 |                         |       |       |       | 64.1  |
| Sig.            |   | 1.000                   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

## 2.3 ปริมาณชีวมวลสาหร่ายที่เหมาะสมในการดูดซับ 2,4-DCP

| ANOVA          |                |    |             |        |       |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|-------|
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig.  |
| Between Groups | 593.224        | 4  | 148.306     | 19.062 | 0.000 |
| Within Groups  | 77.800         | 10 | 7.780       |        |       |
| Total          | 671.024        | 14 |             |        |       |

Duncan<sup>a</sup>

| VAR00001        | N | Subset for alpha = 0.05 |       |
|-----------------|---|-------------------------|-------|
|                 |   | 1                       | 2     |
| 4.0 g/L biomass | 3 | 59.5                    |       |
| 0.5 g/L biomass | 3 | 59.7                    |       |
| 1.0 g/L biomass | 3 |                         | 70.4  |
| 3.0 g/L biomass | 3 |                         | 71.9  |
| 2.0 g/L biomass | 3 |                         | 74.3  |
| Sig.            |   | 0.932                   | 0.130 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

### 3. ข้อมูลทางสถิติของกระบวนการ Sorption – Desorption ของสารประกอบฟีนอล

#### 3.1 กระบวนการ Sorption – Desorption ของฟีนอล

| ANOVA          |                |    |             |         |       |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|-------|
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig.  |
| Between Groups | 6374.540       | 15 | 424.969     | 261.300 | 0.000 |
| Within Groups  | 52.044         | 32 | 1.626       |         |       |
| Total          | 6426.584       | 47 |             |         |       |

Duncan<sup>a</sup>

| VAR00001                 | N | Subset for alpha = 0.05 |      |      |      |      |   |   |   |   |    |
|--------------------------|---|-------------------------|------|------|------|------|---|---|---|---|----|
|                          |   | 1                       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| H <sub>2</sub> O         | 3 | 57.6                    |      |      |      |      |   |   |   |   |    |
| 1.0 M NH <sub>4</sub> OH | 3 |                         | 72.6 |      |      |      |   |   |   |   |    |
| 1.0 M NaOH               | 3 |                         |      | 78.5 |      |      |   |   |   |   |    |
| 6.0 M NH <sub>4</sub> OH | 3 |                         |      |      | 82.1 |      |   |   |   |   |    |
| 3.0 M NH <sub>4</sub> OH | 3 |                         |      |      | 83.7 |      |   |   |   |   |    |
| 6.0 M NaOH               | 3 |                         |      |      |      | 90.6 |   |   |   |   |    |
| 3.0 M NaOH               | 3 |                         |      |      |      | 90.8 |   |   |   |   |    |

Duncan<sup>a</sup>

| VAR00001                   | N | Subset for alpha = 0.05 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|---|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            |   | 1                       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| 3.0 M HNO <sub>3</sub>     | 3 |                         |       |       | 92.8  | 92.8  |       |       |       |       |       |
| 1.0 M HNO <sub>3</sub>     | 3 |                         |       |       |       | 93.5  | 93.5  |       |       |       |       |
| 6.0 M HNO <sub>3</sub>     | 3 |                         |       |       |       |       | 95.4  | 95.4  |       |       |       |
| 3.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 3 |                         |       |       |       |       |       | 97.2  | 97.2  |       |       |
| 6.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 3 |                         |       |       |       |       |       |       | 98.2  | 98.2  |       |
| 1.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 3 |                         |       |       |       |       |       |       | 98.8  | 98.8  |       |
| 30% methanol               | 3 |                         |       |       |       |       |       |       |       | 100.0 |       |
| 30% ethanol                | 3 |                         |       |       |       |       |       |       |       | 100.0 |       |
| 30% acetone                | 3 |                         |       |       |       |       |       |       |       | 100.0 |       |
| <b>Sig.</b>                |   | 1.000                   | 1.000 | 1.000 | 0.135 | 0.052 | 0.512 | 0.081 | 0.091 | 0.167 | 0.123 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

### 3.2 การดูดซับและการดูดซับกลับของ 4-CP

#### ANOVA

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig.  |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|-------|
| Between Groups | 4188.048       | 15 | 279.203     | 80.295 | 0.000 |
| Within Groups  | 111.270        | 32 | 3.477       |        |       |
| Total          | 4299.318       | 47 |             |        |       |

Duncan<sup>a</sup>

| VAR00001                 | N | Subset for alpha = 0.05 |      |      |   |   |   |   |
|--------------------------|---|-------------------------|------|------|---|---|---|---|
|                          |   | 1                       | 2    | 3    | 4 | 5 | 6 | 7 |
| H <sub>2</sub> O         | 3 | 57.6                    |      |      |   |   |   |   |
| 1.0 M HNO <sub>3</sub>   | 3 |                         | 82.3 |      |   |   |   |   |
| 1.0 M NH <sub>4</sub> OH | 3 |                         | 83.7 | 83.7 |   |   |   |   |
| 1.0 M NaOH               | 3 |                         | 83.8 | 83.8 |   |   |   |   |



Duncan<sup>a</sup>

| VAR00001                   | N | Subset for alpha = 0.05 |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|---|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            |   | 1                       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| 3.0 M NH <sub>4</sub> OH   | 3 | 85.5                    | 85.5  |       |       |       |       |       |
| 6.0 M NH <sub>4</sub> OH   | 3 |                         |       | 86.0  |       |       |       |       |
| 1.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 3 |                         |       | 86.8  |       |       |       |       |
| 30% ethanol                | 3 |                         |       |       | 92.0  |       |       |       |
| 3.0 M NaOH                 | 3 |                         |       |       | 92.6  | 92.6  |       |       |
| 6.0 M NaOH                 | 3 |                         |       |       | 92.8  | 92.8  | 92.8  |       |
| 3.0 M HNO <sub>3</sub>     | 3 |                         |       |       |       | 95.5  | 95.5  | 95.5  |
| 30% methanol               | 3 |                         |       |       |       | 95.7  | 95.7  | 95.7  |
| 3.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 3 |                         |       |       |       | 95.7  | 95.7  | 95.7  |
| 30% acetone                | 3 |                         |       |       |       |       | 96.2  | 96.2  |
| 6.0 M HNO <sub>3</sub>     | 3 |                         |       |       |       |       |       | 97.0  |
| 6.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 3 |                         |       |       |       |       |       | 97.5  |
| Sig.                       |   | 1.000                   | 0.065 | 0.075 | 0.643 | 0.079 | 0.052 | 0.265 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

### 3.3 การขั้วพรมการ Sorption – Desorption ของ 2,4-DCP

| ANOVA          |                |    |             |         |       |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|-------|
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig.  |
| Between Groups | 6567.563       | 15 | 437.838     | 167.407 | 0.000 |
| Within Groups  | 83.693         | 32 | 2.615       |         |       |
| Total          | 6651.256       | 47 |             |         |       |

Duncan<sup>a</sup>

| VAR00001                   | N | Subset for alpha = 0.05 |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|---|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            |   | 1                       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| H <sub>2</sub> O           | 3 | 48.3                    |       |       |       |       |       |       |
| 3.0 M NH <sub>4</sub> OH   | 3 |                         | 73.0  |       |       |       |       |       |
| 1.0 M NH <sub>4</sub> OH   | 3 |                         | 73.9  | 73.9  |       |       |       |       |
| 1.0 M NaOH                 | 3 |                         |       | 76.4  | 76.4  |       |       |       |
| 6.0 M NH <sub>4</sub> OH   | 3 |                         |       |       | 79.0  |       |       |       |
| 1.0 M HNO <sub>3</sub>     | 3 |                         |       |       |       | 85.7  |       |       |
| 30% ethanol                | 3 |                         |       |       |       | 86.5  |       |       |
| 30% acetone                | 3 |                         |       |       |       | 86.7  |       |       |
| 30% methanol               | 3 |                         |       |       |       | 87.3  |       |       |
| 1.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 3 |                         |       |       |       | 87.9  |       |       |
| 6.0 M NaOH                 | 3 |                         |       |       |       |       | 91.2  |       |
| 3.0 M NaOH                 | 3 |                         |       |       |       |       | 91.9  |       |
| 3.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 3 |                         |       |       |       |       | 93.7  | 93.7  |
| 3.0 M HNO <sub>3</sub>     | 3 |                         |       |       |       |       |       | 93.8  |
| 6.0 M CH <sub>3</sub> COOH | 3 |                         |       |       |       |       |       | 95.4  |
| 6.0 M HNO <sub>3</sub>     | 3 |                         |       |       |       |       |       | 95.6  |
| Sig.                       |   | 1.000                   | 0.485 | 0.072 | 0.056 | 0.126 | 0.074 | 0.183 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

## ภาคผนวก จ

ความสามารถดูดซับสารประกอบฟีนอล โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด *Ulva reticulata*  
แบบระบบต่อเนื่อง (Continuous System)

ตารางผนวก จ – 1 ความสามารถดูดซับฟีนอล โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาดแบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของฟีนอล (mg/L) |      |      | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|----------------------------|------|------|----------------------------|------|
|             | 1                          | 2    | 3    |                            |      |
| 10          | 0.18                       | 0.18 | 0.17 | 0.18                       | 0.01 |
| 20          | 0.14                       | 0.15 | 0.19 | 0.16                       | 0.03 |
| 30          | 0.26                       | 0.28 | 0.24 | 0.26                       | 0.02 |
| 40          | 0.23                       | 0.28 | 0.29 | 0.27                       | 0.03 |
| 50          | 0.26                       | 0.23 | 0.34 | 0.28                       | 0.06 |
| 60          | 0.34                       | 0.35 | 0.33 | 0.34                       | 0.01 |
| 70          | 0.35                       | 0.39 | 0.37 | 0.37                       | 0.02 |
| 80          | 0.35                       | 0.47 | 0.38 | 0.4                        | 0.06 |
| 90          | 0.41                       | 0.45 | 0.38 | 0.41                       | 0.04 |
| 100         | 0.44                       | 0.41 | 0.41 | 0.42                       | 0.02 |
| 120         | 0.46                       | 0.43 | 0.49 | 0.46                       | 0.03 |
| 130         | 0.56                       | 0.51 | 0.53 | 0.53                       | 0.03 |
| 140         | 0.52                       | 0.59 | 0.49 | 0.53                       | 0.05 |
| 150         | 0.53                       | 0.59 | 0.51 | 0.54                       | 0.04 |
| 160         | 0.54                       | 0.53 | 0.57 | 0.55                       | 0.02 |
| 170         | 0.69                       | 0.73 | 0.74 | 0.72                       | 0.03 |
| 180         | 0.76                       | 0.77 | 0.79 | 0.77                       | 0.02 |
| 190         | 0.78                       | 0.73 | 0.79 | 0.77                       | 0.03 |
| 200         | 0.72                       | 0.76 | 0.72 | 0.73                       | 0.02 |
| 210         | 0.85                       | 0.81 | 0.85 | 0.84                       | 0.02 |
| 220         | 0.88                       | 0.82 | 0.81 | 0.84                       | 0.04 |
| 230         | 0.88                       | 0.89 | 0.81 | 0.86                       | 0.04 |

ตารางผนวก จ - 1 (ต่อ) ความสามารถดูดซับฟีนอล โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาคแบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของฟีนอล (mg/L) |      |      | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|----------------------------|------|------|----------------------------|------|
|             | 1                          | 2    | 3    |                            |      |
| 240         | 0.91                       | 0.93 | 0.93 | 0.92                       | 0.01 |
| 250         | 0.95                       | 0.97 | 0.93 | 0.95                       | 0.02 |
| 260         | 0.98                       | 0.96 | 0.95 | 0.96                       | 0.02 |
| 270         | 0.94                       | 0.98 | 0.99 | 0.97                       | 0.03 |
| 280         | 0.99                       | 1.00 | 0.99 | 0.99                       | 0.01 |
| 290         | 1.01                       | 1.00 | 1.00 | 1.00                       | 0.01 |
| 300         | 1.24                       | 1.15 | 1.42 | 1.27                       | 0.14 |
| 310         | 1.58                       | 1.62 | 1.55 | 1.58                       | 0.04 |
| 320         | 1.65                       | 1.52 | 1.61 | 1.59                       | 0.07 |
| 330         | 1.75                       | 1.81 | 1.82 | 1.79                       | 0.04 |
| 340         | 1.97                       | 1.99 | 1.99 | 1.98                       | 0.01 |
| 350         | 2.33                       | 2.34 | 2.1  | 2.26                       | 0.14 |
| 360         | 2.21                       | 2.12 | 2.43 | 2.25                       | 0.16 |
| 370         | 2.24                       | 2.41 | 2.45 | 2.37                       | 0.11 |
| 380         | 2.49                       | 2.52 | 2.53 | 2.51                       | 0.02 |
| 390         | 3.06                       | 3.14 | 3.25 | 3.15                       | 0.10 |
| 400         | 3.31                       | 3.41 | 3.59 | 3.44                       | 0.14 |
| 410         | 3.96                       | 3.60 | 3.81 | 3.79                       | 0.18 |
| 420         | 4.01                       | 4.20 | 3.89 | 4.03                       | 0.16 |
| 430         | 4.78                       | 4.91 | 4.98 | 4.89                       | 0.10 |
| 440         | 5.72                       | 5.75 | 5.89 | 5.79                       | 0.09 |
| 450         | 6.56                       | 6.44 | 6.41 | 6.47                       | 0.08 |
| 460         | 6.64                       | 6.71 | 6.89 | 6.75                       | 0.13 |
| 470         | 6.67                       | 6.99 | 6.87 | 6.84                       | 0.16 |
| 480         | 7.23                       | 7.32 | 7.49 | 7.35                       | 0.13 |
| 490         | 7.6                        | 7.77 | 7.81 | 7.73                       | 0.11 |
| 500         | 7.95                       | 8.03 | 8.11 | 8.03                       | 0.08 |

ตารางผนวก จ - 1 (ต่อ) ความสามารถดูดซับฟีนอล โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาดแบบ  
ระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของฟีนอล (mg/L) |      |      | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|----------------------------|------|------|----------------------------|------|
|             | 1                          | 2    | 3    |                            |      |
| 510         | 8.5                        | 8.01 | 8.22 | 8.24                       | 0.25 |
| 520         | 8.29                       | 8.50 | 8.71 | 8.50                       | 0.21 |
| 530         | 8.56                       | 8.00 | 8.70 | 8.42                       | 0.37 |
| 540         | 8.50                       | 8.01 | 8.22 | 8.24                       | 0.25 |
| 550         | 8.29                       | 8.50 | 8.71 | 8.50                       | 0.21 |
| 560         | 8.96                       | 9.00 | 9.07 | 9.01                       | 0.06 |
| 570         | 9.05                       | 9.01 | 9.22 | 9.09                       | 0.11 |
| 580         | 9.09                       | 9.50 | 9.31 | 9.30                       | 0.21 |
| 590         | 9.16                       | 9.00 | 9.20 | 9.12                       | 0.11 |
| 600         | 9.25                       | 9.01 | 9.22 | 9.16                       | 0.13 |
| 610         | 9.29                       | 9.15 | 9.21 | 9.22                       | 0.07 |
| 620         | 9.06                       | 9.11 | 9.37 | 9.18                       | 0.17 |
| 630         | 9.50                       | 9.51 | 9.22 | 9.41                       | 0.16 |
| 640         | 9.29                       | 9.50 | 9.71 | 9.50                       | 0.21 |
| 650         | 9.56                       | 9.31 | 9.70 | 9.52                       | 0.2  |
| 660         | 9.5                        | 9.51 | 9.22 | 9.41                       | 0.16 |
| 670         | 9.29                       | 9.50 | 9.71 | 9.50                       | 0.21 |
| 680         | 9.56                       | 9.41 | 9.7  | 9.56                       | 0.15 |
| 690         | 9.50                       | 9.01 | 9.22 | 9.24                       | 0.25 |
| 700         | 9.29                       | 9.5  | 9.71 | 9.5                        | 0.21 |

ตารางผนวก จ – 2 ความสามารถดูดซับ คลอโรฟีนอล (4-CP) โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด  
แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของ 4-CP (mg/L) |      |      | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|----------------------------|------|------|----------------------------|------|
|             | 1                          | 2    | 3    |                            |      |
| 10          | 0.11                       | 0.21 | 0.16 | 0.16                       | 0.05 |
| 20          | 0.21                       | 0.31 | 0.22 | 0.25                       | 0.06 |
| 30          | 0.15                       | 0.25 | 0.32 | 0.24                       | 0.09 |
| 40          | 0.16                       | 0.19 | 0.22 | 0.19                       | 0.03 |
| 50          | 0.29                       | 0.25 | 0.21 | 0.25                       | 0.04 |
| 60          | 0.29                       | 0.30 | 0.29 | 0.29                       | 0.01 |
| 70          | 0.42                       | 0.35 | 0.37 | 0.38                       | 0.04 |
| 80          | 0.43                       | 0.31 | 0.33 | 0.36                       | 0.06 |
| 90          | 0.53                       | 0.52 | 0.53 | 0.53                       | 0.01 |
| 100         | 0.51                       | 0.57 | 0.59 | 0.56                       | 0.04 |
| 120         | 0.62                       | 0.60 | 0.62 | 0.61                       | 0.01 |
| 130         | 0.64                       | 0.67 | 0.69 | 0.67                       | 0.03 |
| 140         | 0.67                       | 0.71 | 0.6  | 0.66                       | 0.06 |
| 150         | 0.71                       | 0.71 | 0.72 | 0.71                       | 0.01 |
| 160         | 0.83                       | 0.85 | 0.88 | 0.85                       | 0.03 |
| 170         | 0.89                       | 0.89 | 0.90 | 0.89                       | 0.01 |
| 180         | 0.98                       | 0.99 | 0.99 | 0.99                       | 0.01 |
| 190         | 1.01                       | 1.00 | 1.01 | 1.01                       | 0.01 |
| 200         | 1.04                       | 1.04 | 1.19 | 1.09                       | 0.09 |
| 210         | 1.19                       | 1.19 | 1.18 | 1.19                       | 0.01 |
| 220         | 1.24                       | 1.15 | 1.14 | 1.18                       | 0.06 |
| 230         | 1.44                       | 1.34 | 1.24 | 1.34                       | 0.10 |
| 240         | 1.30                       | 1.43 | 1.43 | 1.39                       | 0.08 |
| 250         | 1.73                       | 1.89 | 1.63 | 1.75                       | 0.13 |
| 260         | 1.53                       | 1.73 | 1.63 | 1.63                       | 0.10 |
| 270         | 1.59                       | 1.69 | 1.79 | 1.69                       | 0.10 |

ตารางผนวก จ – 2 (ต่อ) ความสามารถดูดซับ คลอโรฟีนอล (4-CP) โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด  
แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของ 4-CP (mg/L) |       |       | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|----------------------------|-------|-------|----------------------------|------|
|             | 1                          | 2     | 3     |                            |      |
| 280         | 1.74                       | 1.84  | 1.64  | 1.74                       | 0.10 |
| 290         | 1.96                       | 2.01  | 2.13  | 2.03                       | 0.09 |
| 300         | 2.93                       | 2.83  | 2.73  | 2.83                       | 0.10 |
| 310         | 3.67                       | 3.77  | 3.87  | 3.77                       | 0.10 |
| 320         | 4.33                       | 4.53  | 4.53  | 4.46                       | 0.12 |
| 330         | 4.78                       | 4.68  | 4.68  | 4.71                       | 0.06 |
| 340         | 5.02                       | 5.12  | 5.22  | 5.12                       | 0.10 |
| 350         | 5.85                       | 5.85  | 5.95  | 5.88                       | 0.06 |
| 360         | 6.94                       | 6.84  | 6.94  | 6.91                       | 0.06 |
| 370         | 7.93                       | 8.01  | 7.93  | 7.96                       | 0.05 |
| 380         | 8.91                       | 8.91  | 8.99  | 8.94                       | 0.05 |
| 390         | 9.37                       | 9.47  | 9.37  | 9.4                        | 0.06 |
| 400         | 10.2                       | 10.23 | 10.13 | 10.2                       | 0.05 |
| 410         | 10.57                      | 10.68 | 10.77 | 10.7                       | 0.10 |
| 420         | 11.01                      | 11.20 | 11.00 | 11.10                      | 0.11 |
| 430         | 12.11                      | 12.40 | 12.30 | 12.30                      | 0.15 |
| 440         | 12.51                      | 12.67 | 12.45 | 12.50                      | 0.11 |
| 450         | 12.87                      | 12.99 | 12.85 | 12.90                      | 0.08 |
| 460         | 13.02                      | 13.12 | 13.40 | 13.20                      | 0.20 |
| 470         | 13.45                      | 13.12 | 13.50 | 13.40                      | 0.21 |
| 480         | 13.60                      | 13.87 | 13.79 | 13.80                      | 0.14 |
| 490         | 14.11                      | 14.10 | 14.04 | 14.10                      | 0.04 |
| 500         | 13.90                      | 14.00 | 13.99 | 14.00                      | 0.06 |
| 510         | 13.98                      | 14.10 | 13.99 | 14.00                      | 0.07 |
| 520         | 13.99                      | 14.20 | 14.00 | 14.10                      | 0.12 |
| 530         | 14.00                      | 14.00 | 14.10 | 14.00                      | 0.06 |

ตารางผนวก จ – 2 (ต่อ) ความสามารถดูดซับ คลอโรฟีนอล (4-CP) โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด  
แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของ 4-CP (mg/L) |       |       | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|----------------------------|-------|-------|----------------------------|------|
|             | 1                          | 2     | 3     |                            |      |
| 540         | 14.01                      | 14.20 | 14.00 | 14.10                      | 0.11 |
| 550         | 13.90                      | 14.30 | 14.10 | 14.10                      | 0.20 |
| 560         | 13.98                      | 14.00 | 14.50 | 14.20                      | 0.29 |
| 570         | 14.02                      | 14.30 | 14.40 | 14.20                      | 0.20 |
| 580         | 13.99                      | 14.30 | 14.20 | 14.20                      | 0.16 |
| 590         | 14.12                      | 14.10 | 14.20 | 14.10                      | 0.05 |
| 600         | 13.90                      | 14.30 | 14.40 | 14.20                      | 0.26 |
| 610         | 14.10                      | 14.50 | 14.60 | 14.40                      | 0.26 |
| 620         | 13.99                      | 13.90 | 14.50 | 14.10                      | 0.32 |
| 630         | 13.99                      | 14.50 | 13.89 | 14.10                      | 0.33 |
| 640         | 14.11                      | 14.20 | 14.10 | 14.10                      | 0.06 |
| 650         | 13.90                      | 14.30 | 14.10 | 14.10                      | 0.20 |
| 660         | 13.98                      | 14.30 | 14.22 | 14.20                      | 0.17 |
| 670         | 14.09                      | 14.51 | 14.31 | 14.30                      | 0.21 |
| 680         | 13.99                      | 14.36 | 14.24 | 14.20                      | 0.19 |
| 690         | 13.98                      | 14.21 | 14.32 | 14.20                      | 0.17 |
| 700         | 13.90                      | 14.44 | 14.13 | 14.20                      | 0.27 |

ตารางผนวก จ – 3 ความสามารถดูดซับ ไดคลอโรฟีนอล (2,4-DCP) โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด  
แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของ 2,4-DCP (mg/L) |      |      | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|-------------------------------|------|------|----------------------------|------|
|             | 1                             | 2    | 3    |                            |      |
| 10          | 0.22                          | 0.26 | 0.23 | 0.24                       | 0.02 |
| 20          | 0.28                          | 0.23 | 0.27 | 0.26                       | 0.03 |
| 30          | 0.35                          | 0.30 | 0.25 | 0.30                       | 0.05 |
| 40          | 0.36                          | 0.26 | 0.32 | 0.31                       | 0.05 |
| 50          | 0.39                          | 0.35 | 0.32 | 0.35                       | 0.04 |



ตารางผนวก จ – 3 (ต่อ) ความสามารถดูดซับไคคลอโรฟีนอล (2,4-DCP) โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด  
แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของ 2,4-DCP (mg/L) |      |      | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|-------------------------------|------|------|----------------------------|------|
|             | 1                             | 2    | 3    |                            |      |
| 60          | 0.45                          | 0.45 | 0.43 | 0.44                       | 0.01 |
| 70          | 0.49                          | 0.43 | 0.43 | 0.45                       | 0.03 |
| 80          | 0.53                          | 0.53 | 0.53 | 0.53                       | 0.00 |
| 90          | 0.58                          | 0.65 | 0.56 | 0.60                       | 0.05 |
| 100         | 0.65                          | 0.74 | 0.76 | 0.72                       | 0.06 |
| 120         | 0.82                          | 0.84 | 0.83 | 0.83                       | 0.01 |
| 130         | 0.89                          | 0.84 | 0.88 | 0.87                       | 0.03 |
| 140         | 0.91                          | 0.95 | 0.97 | 0.94                       | 0.03 |
| 150         | 1.56                          | 1.86 | 1.85 | 1.76                       | 0.17 |
| 160         | 1.91                          | 1.91 | 1.99 | 1.94                       | 0.05 |
| 170         | 2.07                          | 2.17 | 2.27 | 2.17                       | 0.10 |
| 180         | 2.68                          | 2.58 | 2.68 | 2.65                       | 0.06 |
| 190         | 2.91                          | 2.91 | 2.95 | 2.92                       | 0.02 |
| 200         | 3.28                          | 3.38 | 3.35 | 3.34                       | 0.05 |
| 210         | 3.94                          | 3.90 | 4.00 | 3.95                       | 0.05 |
| 220         | 5.11                          | 5.21 | 5.17 | 5.16                       | 0.05 |
| 230         | 5.35                          | 5.30 | 5.38 | 5.34                       | 0.04 |
| 240         | 6.15                          | 6.18 | 6.17 | 6.17                       | 0.02 |
| 250         | 6.22                          | 6.32 | 6.29 | 6.28                       | 0.05 |
| 260         | 7.21                          | 7.31 | 7.25 | 7.26                       | 0.05 |
| 270         | 8.23                          | 8.13 | 8.33 | 8.23                       | 0.10 |
| 280         | 8.47                          | 8.37 | 8.35 | 8.40                       | 0.06 |
| 290         | 8.52                          | 8.62 | 8.72 | 8.62                       | 0.10 |
| 300         | 9.69                          | 9.59 | 9.60 | 9.63                       | 0.06 |
| 310         | 9.85                          | 9.80 | 9.81 | 9.82                       | 0.03 |
| 320         | 9.88                          | 9.90 | 9.80 | 9.86                       | 0.05 |

ตารางผนวก จ – 3 (ต่อ) ความสามารถดูดซับไดคลอโรฟีนอล (2,4-DCP) โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด  
แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของ 2,4-DCP (mg/L) |       |       | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|-------------------------------|-------|-------|----------------------------|------|
|             | 1                             | 2     | 3     |                            |      |
| 330         | 9.98                          | 9.99  | 9.97  | 9.98                       | 0.01 |
| 340         | 10.10                         | 10.15 | 10.17 | 10.10                      | 0.04 |
| 350         | 10.20                         | 10.24 | 10.29 | 10.20                      | 0.05 |
| 360         | 10.30                         | 10.36 | 10.33 | 10.30                      | 0.03 |
| 370         | 10.50                         | 10.56 | 10.58 | 10.50                      | 0.04 |
| 380         | 10.60                         | 10.64 | 10.63 | 10.60                      | 0.02 |
| 390         | 10.80                         | 10.89 | 10.98 | 10.90                      | 0.09 |
| 400         | 11.10                         | 11.21 | 11.22 | 11.20                      | 0.07 |
| 410         | 11.30                         | 11.39 | 11.30 | 11.30                      | 0.05 |
| 420         | 11.40                         | 11.47 | 11.41 | 11.40                      | 0.04 |
| 430         | 11.50                         | 11.56 | 11.57 | 11.50                      | 0.04 |
| 440         | 11.60                         | 11.68 | 11.60 | 11.60                      | 0.05 |
| 450         | 12.00                         | 12.50 | 12.00 | 12.20                      | 0.29 |
| 460         | 12.50                         | 12.51 | 12.65 | 12.60                      | 0.08 |
| 470         | 12.70                         | 12.71 | 12.70 | 12.7                       | 0.01 |
| 480         | 12.80                         | 12.89 | 12.98 | 12.9                       | 0.09 |
| 490         | 13.52                         | 13.50 | 13.52 | 13.5                       | 0.01 |
| 500         | 13.70                         | 13.74 | 13.75 | 13.7                       | 0.03 |
| 510         | 13.90                         | 13.40 | 13.95 | 13.8                       | 0.30 |
| 520         | 14.20                         | 14.12 | 14.25 | 14.2                       | 0.07 |
| 530         | 13.90                         | 13.40 | 13.99 | 13.8                       | 0.32 |
| 540         | 14.48                         | 14.45 | 14.40 | 14.4                       | 0.04 |
| 550         | 14.68                         | 14.60 | 14.56 | 14.6                       | 0.06 |
| 560         | 14.40                         | 14.41 | 14.40 | 14.4                       | 0.01 |
| 570         | 14.60                         | 14.60 | 14.56 | 14.6                       | 0.02 |
| 580         | 14.40                         | 14.44 | 14.54 | 14.50                      | 0.07 |

ตารางผนวก จ – 3 (ต่อ) ความสามารถดูดซับไดคลอโรฟีนอล (2,4-DCP) โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของ 2,4-DCP (mg/L) |       |       | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|-------------------------------|-------|-------|----------------------------|------|
|             | 1                             | 2     | 3     |                            |      |
| 590         | 14.40                         | 14.43 | 14.41 | 14.40                      | 0.02 |
| 600         | 14.60                         | 14.56 | 14.67 | 14.60                      | 0.06 |
| 610         | 14.40                         | 14.48 | 14.34 | 14.40                      | 0.07 |
| 620         | 14.60                         | 14.46 | 14.56 | 14.50                      | 0.07 |
| 630         | 14.60                         | 14.36 | 14.46 | 14.50                      | 0.12 |
| 640         | 14.60                         | 14.66 | 14.56 | 14.60                      | 0.05 |
| 650         | 14.60                         | 14.36 | 14.46 | 14.50                      | 0.12 |
| 660         | 14.60                         | 14.36 | 14.60 | 14.50                      | 0.14 |
| 670         | 14.60                         | 14.46 | 14.60 | 14.60                      | 0.08 |
| 680         | 14.20                         | 14.52 | 14.42 | 14.40                      | 0.16 |
| 690         | 14.60                         | 14.36 | 14.46 | 14.50                      | 0.12 |
| 700         | 14.60                         | 14.66 | 14.60 | 14.60                      | 0.03 |

ตารางผนวก จ – 4 ความสามารถดูดซับฟีนอล จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของฟีนอล (mg/L) |   |   | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD |
|-------------|----------------------------|---|---|----------------------------|----|
|             | 1                          | 2 | 3 |                            |    |
| 10          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 20          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 30          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 40          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 50          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 60          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 70          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 80          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 90          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |

ตารางผนวก จ - 4 (ต่อ) ความสามารถดูดซับฟีนอล จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดยชีวมวล  
สำหรับยักกาด แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของฟีนอล (mg/L) |   |   | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD |
|-------------|----------------------------|---|---|----------------------------|----|
|             | 1                          | 2 | 3 |                            |    |
| 100         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 120         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 130         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 140         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 150         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 160         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 170         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 180         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 190         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 200         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 210         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 220         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 230         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 240         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 250         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 260         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 270         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 280         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 290         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 300         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 310         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 320         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 330         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 340         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 350         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 360         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |

ตารางผนวก ก - 4 (ต่อ) ความสามารถดูดซับฟีนอล จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดยชีวมวล  
สาหร่ายฝักกาด แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของฟีนอล (mg/L) |      |      | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|----------------------------|------|------|----------------------------|------|
|             | 1                          | 2    | 3    |                            |      |
| 370         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 380         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 390         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 400         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 410         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 420         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 430         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 440         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 450         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 460         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 470         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 480         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 490         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 500         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 510         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 520         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 530         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 540         | 0                          | 0    | 0    | 0                          | 0    |
| 550         | 0.05                       | 0.09 | 0.04 | 0.06                       | 0.03 |
| 560         | 0.11                       | 0.20 | 0.19 | 0.17                       | 0.05 |
| 570         | 0.22                       | 0.31 | 0.29 | 0.27                       | 0.05 |
| 580         | 0.33                       | 0.40 | 0.56 | 0.43                       | 0.12 |
| 590         | 0.51                       | 0.68 | 0.71 | 0.63                       | 0.11 |
| 600         | 1.15                       | 1.16 | 1.19 | 1.17                       | 0.02 |
| 610         | 1.16                       | 1.17 | 1.19 | 1.17                       | 0.02 |
| 620         | 1.41                       | 1.43 | 1.51 | 1.45                       | 0.05 |

ตารางผนวก จ - 4 (ต่อ) ความสามารถดูดซับฟีนอล จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดยชีวมวล  
สาหร่ายฝักกาด แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของฟีนอล (mg/L) |      |      | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|----------------------------|------|------|----------------------------|------|
|             | 1                          | 2    | 3    |                            |      |
| 630         | 1.67                       | 1.59 | 1.66 | 1.64                       | 0.04 |
| 640         | 1.95                       | 1.96 | 1.99 | 1.97                       | 0.02 |
| 650         | 2.06                       | 2.17 | 2.29 | 2.17                       | 0.12 |
| 660         | 2.26                       | 2.23 | 2.11 | 2.20                       | 0.08 |
| 670         | 2.25                       | 2.36 | 2.19 | 2.27                       | 0.09 |
| 680         | 2.36                       | 2.37 | 2.39 | 2.37                       | 0.02 |
| 690         | 2.41                       | 2.53 | 2.45 | 2.46                       | 0.06 |
| 700         | 2.57                       | 2.59 | 2.56 | 2.57                       | 0.02 |
| 710         | 2.65                       | 2.66 | 2.59 | 2.63                       | 0.04 |
| 720         | 2.68                       | 2.67 | 2.69 | 2.68                       | 0.01 |
| 730         | 2.65                       | 2.66 | 2.69 | 2.67                       | 0.02 |
| 740         | 2.60                       | 2.67 | 2.69 | 2.65                       | 0.05 |
| 750         | 2.61                       | 2.63 | 2.61 | 2.62                       | 0.01 |
| 760         | 2.67                       | 2.59 | 2.66 | 2.64                       | 0.04 |
| 770         | 2.65                       | 2.66 | 2.59 | 2.63                       | 0.04 |
| 780         | 2.60                       | 2.67 | 2.69 | 2.65                       | 0.05 |
| 790         | 2.66                       | 2.63 | 2.61 | 2.63                       | 0.03 |
| 800         | 2.75                       | 2.66 | 2.69 | 2.70                       | 0.05 |
| 810         | 2.60                       | 2.67 | 2.69 | 2.65                       | 0.05 |
| 820         | 2.61                       | 2.63 | 2.65 | 2.63                       | 0.02 |
| 830         | 2.77                       | 2.59 | 2.66 | 2.67                       | 0.09 |
| 840         | 2.75                       | 2.66 | 2.59 | 2.67                       | 0.08 |
| 850         | 2.80                       | 2.77 | 2.69 | 2.75                       | 0.06 |
| 860         | 2.61                       | 2.73 | 2.71 | 2.68                       | 0.06 |
| 870         | 2.75                       | 2.66 | 2.69 | 2.70                       | 0.05 |
| 880         | 2.80                       | 2.77 | 2.69 | 2.75                       | 0.06 |

ตารางผนวก จ - 4 (ต่อ) ความสามารถดูดซับฟีนอล จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดยชีวมวล  
สาหร่ายฝักกาด แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของฟีนอล (mg/L) |      |      | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD   |
|-------------|----------------------------|------|------|----------------------------|------|
|             | 1                          | 2    | 3    |                            |      |
| 890         | 2.61                       | 2.73 | 2.71 | 2.68                       | 0.06 |
| 900         | 2.77                       | 2.59 | 2.66 | 2.67                       | 0.09 |
| 910         | 2.75                       | 2.66 | 2.59 | 2.67                       | 0.08 |
| 920         | 2.80                       | 2.77 | 2.69 | 2.75                       | 0.06 |
| 930         | 2.76                       | 2.73 | 2.71 | 2.73                       | 0.03 |
| 940         | 2.75                       | 2.66 | 2.69 | 2.70                       | 0.05 |
| 950         | 2.80                       | 2.77 | 2.69 | 2.75                       | 0.06 |
| 960         | 2.61                       | 2.73 | 2.71 | 2.68                       | 0.06 |
| 970         | 2.77                       | 2.59 | 2.66 | 2.67                       | 0.09 |
| 980         | 2.75                       | 2.66 | 2.59 | 2.67                       | 0.08 |
| 990         | 2.80                       | 2.77 | 2.69 | 2.75                       | 0.06 |

ตารางผนวก จ - 5 ความสามารถดูดซับ 4-CP จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดยชีวมวล  
สาหร่ายฝักกาด แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของ 4-CP (mg/L) |   |   | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD |
|-------------|----------------------------|---|---|----------------------------|----|
|             | 1                          | 2 | 3 |                            |    |
| 10          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 20          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 30          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 40          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 50          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 60          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 70          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 80          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 90          | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 100         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |

ตารางผนวก จ - 5 (ต่อ) ความสามารถดูดซับ 4-CP จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดยชีวมวล  
สำหรับฝักกาด แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของ 4-CP (mg/L) |   |   | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD |
|-------------|----------------------------|---|---|----------------------------|----|
|             | 1                          | 2 | 3 |                            |    |
| 110         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 120         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 130         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 140         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 150         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 160         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 170         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 180         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 190         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 200         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 210         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 220         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 230         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 240         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 250         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 260         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 270         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 280         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 290         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 300         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 310         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 320         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 330         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 340         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 350         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |
| 360         | 0                          | 0 | 0 | 0                          | 0  |



ตารางผนวก ก – 5 (ต่อ) ความสามารถดูดซับ 4-CP จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดยชีวมวล  
สำหรับยักกาด แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของ 4-CP (mg/L) |       |       | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD    |
|-------------|----------------------------|-------|-------|----------------------------|-------|
|             | 1                          | 2     | 3     |                            |       |
| 370         | 0                          | 0     | 0     | 0                          | 0     |
| 380         | 0.020                      | 0.015 | 0.019 | 0.018                      | 0.003 |
| 390         | 0.030                      | 0.031 | 0.025 | 0.029                      | 0.003 |
| 400         | 0.039                      | 0.041 | 0.035 | 0.038                      | 0.003 |
| 410         | 0.051                      | 0.055 | 0.049 | 0.052                      | 0.003 |
| 420         | 0.070                      | 0.065 | 0.080 | 0.072                      | 0.008 |
| 430         | 0.082                      | 0.088 | 0.082 | 0.084                      | 0.004 |
| 440         | 0.088                      | 0.090 | 0.070 | 0.083                      | 0.011 |
| 450         | 0.120                      | 0.190 | 0.085 | 0.132                      | 0.054 |
| 460         | 0.250                      | 0.200 | 0.180 | 0.210                      | 0.036 |
| 470         | 0.310                      | 0.330 | 0.240 | 0.293                      | 0.047 |
| 480         | 0.550                      | 0.610 | 0.370 | 0.510                      | 0.125 |
| 490         | 0.660                      | 0.710 | 0.590 | 0.653                      | 0.060 |
| 500         | 0.690                      | 0.710 | 0.880 | 0.760                      | 0.104 |
| 510         | 0.860                      | 0.870 | 0.900 | 0.877                      | 0.021 |
| 520         | 0.900                      | 0.890 | 0.900 | 0.897                      | 0.006 |
| 530         | 0.880                      | 0.810 | 0.900 | 0.863                      | 0.047 |
| 540         | 0.900                      | 0.890 | 0.820 | 0.87                       | 0.044 |
| 550         | 0.870                      | 0.850 | 0.900 | 0.873                      | 0.025 |
| 560         | 0.900                      | 0.890 | 0.900 | 0.897                      | 0.006 |
| 570         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 580         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 590         | 0.790                      | 0.900 | 0.900 | 0.863                      | 0.064 |
| 600         | 0.900                      | 0.900 | 0.810 | 0.870                      | 0.052 |
| 610         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 620         | 0.900                      | 0.880 | 0.900 | 0.893                      | 0.012 |

ตารางผนวก จ – 5 (ต่อ) ความสามารถดูดซับ 4-CP จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดยชีวมวล  
สำหรับฝักกาด แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของ 4-CP (mg/L) |       |       | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD    |
|-------------|----------------------------|-------|-------|----------------------------|-------|
|             | 1                          | 2     | 3     |                            |       |
| 630         | 0.840                      | 0.900 | 0.900 | 0.880                      | 0.035 |
| 640         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 650         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 660         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 670         | 0.900                      | 0.870 | 0.900 | 0.890                      | 0.017 |
| 680         | 0.780                      | 0.900 | 0.860 | 0.847                      | 0.061 |
| 690         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 700         | 0.900                      | 0.830 | 0.900 | 0.877                      | 0.040 |
| 710         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 720         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 730         | 0.880                      | 0.900 | 0.900 | 0.893                      | 0.012 |
| 740         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 750         | 0.880                      | 0.900 | 0.900 | 0.893                      | 0.012 |
| 760         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 770         | 0.900                      | 0.890 | 0.900 | 0.897                      | 0.006 |
| 780         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 790         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 800         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 810         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 820         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 830         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 840         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 850         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 860         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 870         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 880         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |

ตารางผนวก จ – 5 (ต่อ) ความสามารถดูดซับ 4-CP จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดยชีวมวล  
สำหรับฝักกาด แบบระบบต่อเนื่อง

| Volume (mL) | ความเข้มข้นของ 4-CP (mg/L) |       |       | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | SD    |
|-------------|----------------------------|-------|-------|----------------------------|-------|
|             | 1                          | 2     | 3     |                            |       |
| 890         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 900         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 910         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 920         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 930         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 940         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 950         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 960         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 970         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 980         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |
| 990         | 0.900                      | 0.900 | 0.900 | 0.900                      | 0.000 |

การคำนวณปริมาตรของตัวดูดซับในคอลัมน์และความสามารถในการดูดซับแบบ  
ระบบต่อเนื่อง

การคำนวณปริมาตรของตัวดูดซับในคอลัมน์

ปริมาตรของตัวดูดซับในคอลัมน์ (Bed Volume; BV)

$$BV = \frac{\pi D^2 h}{4}$$

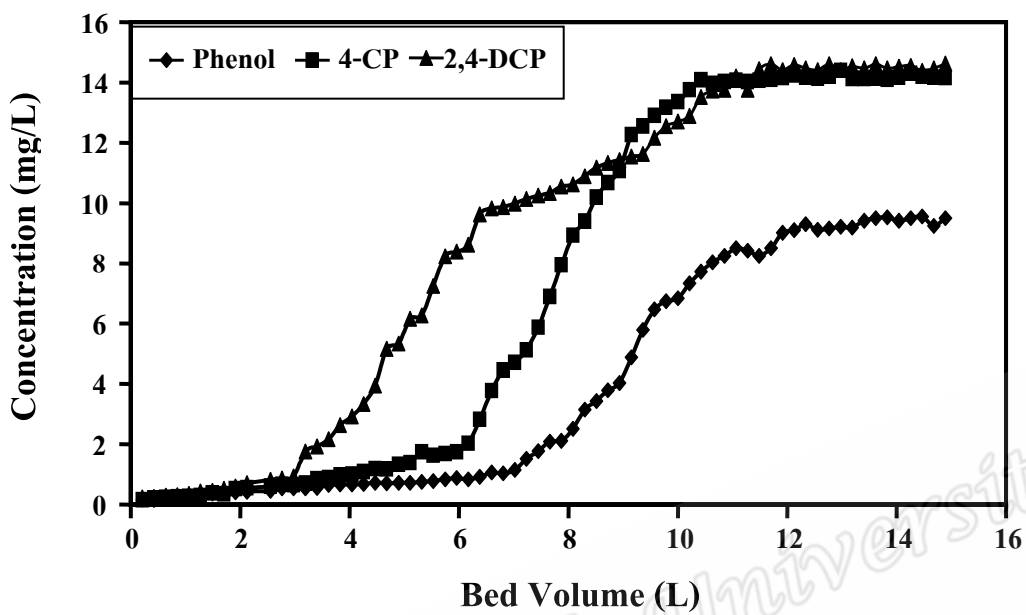
เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางในคอลัมน์ (เซนติเมตร)

h = ความสูงของตัวดูดซับในคอลัมน์ (เซนติเมตร)

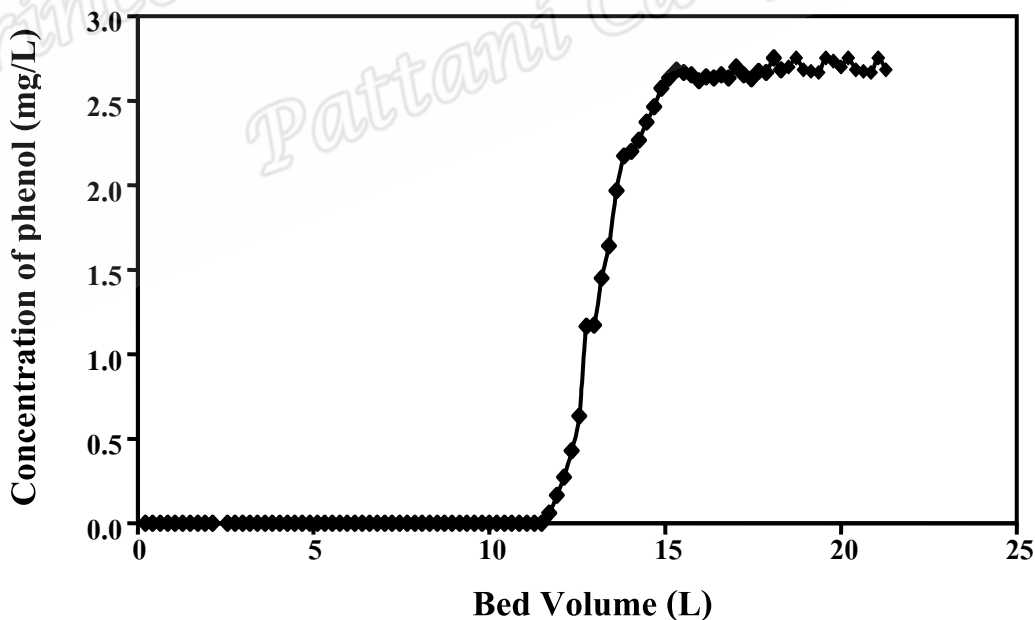
จากการทดลองใช้คอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในคอลัมน์ (D) เท่ากับ 2.0  
เซนติเมตร ความสูงของตัวดูดซับในคอลัมน์ (h) เท่ากับ 30 เซนติเมตร

$$\text{ดังนั้น } BV = \frac{\pi \times 2.0^2 \times 15 \times 1L}{4 \times 1000}$$

เพราะฉะนั้น 1BV = 0.047 L



รูปภาคผนวก จ – 1 กราฟ Breakthrough ของการดูดซับสารประกอบฟีนอล 3 ชนิด โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด (1 BV 0.047 L)

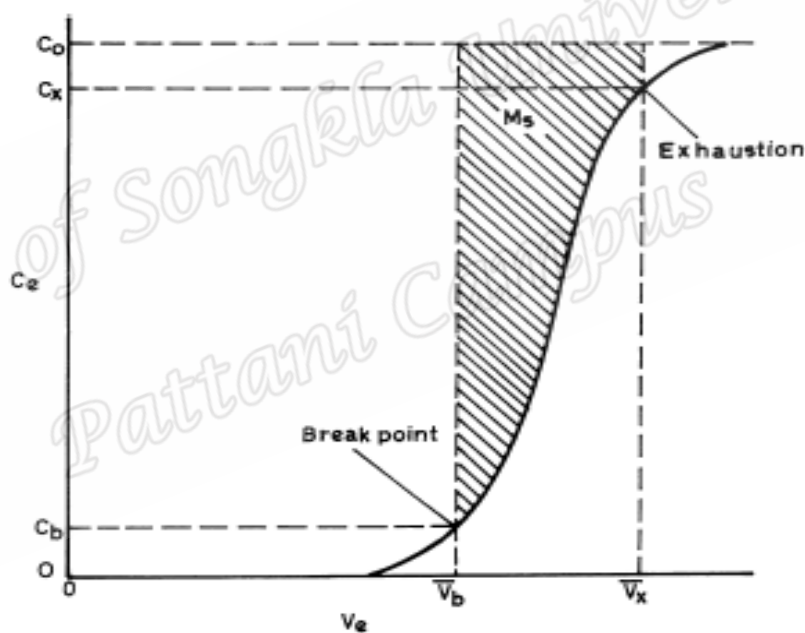


รูปภาคผนวก จ – 2 กราฟ Breakthrough ของการดูดซับฟีนอล จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด (1 BV 0.047 L)

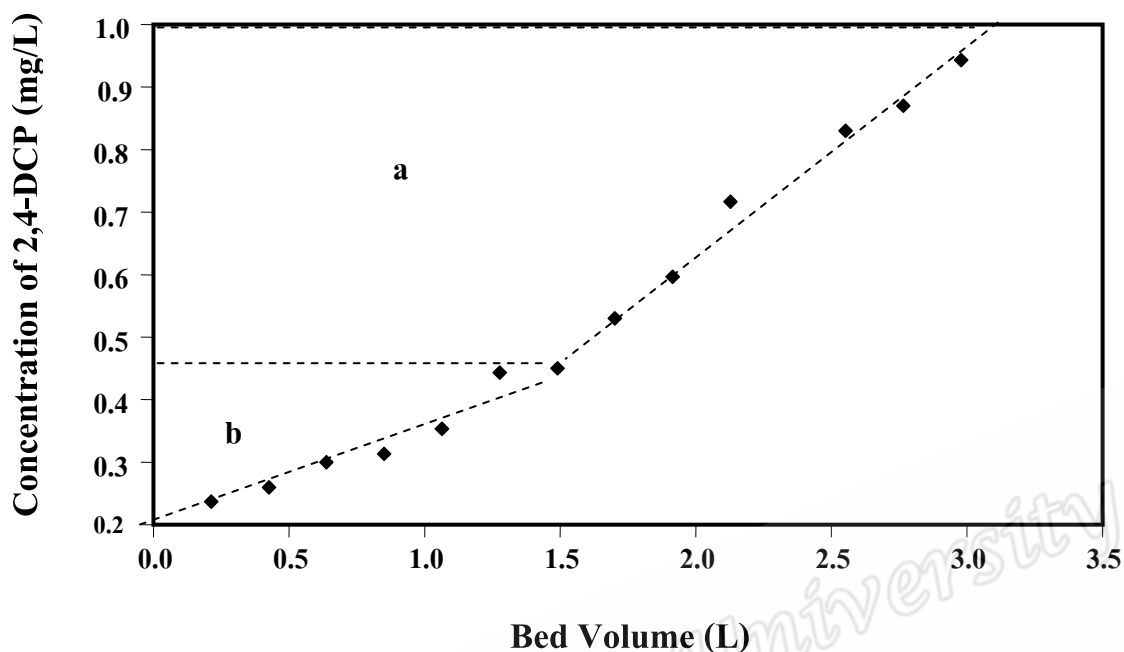
### ตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการดูดซับสารประกอบฟีนอลแบบระบบต่อเนื่อง

คำนวณความสามารถในการดูดซับสารประกอบฟีนอล โดยชีวมวลสาหร่ายฝักกาด ที่บรรจุชีวมวลสาหร่ายฝักกาดในคอลัมน์จำนวน 3 g โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10 mg/L สำหรับฟีนอล, 15 mg/L สำหรับ 4-CP และ 2,4-DCP และ 2.80 mg/L สำหรับฟีนอล ในน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา และ อัตราการไหล 1.5 mL/min

โดยกำหนดค่า Break point (รูปภาคผนวก ง – 3) ซึ่งมีค่าเท่ากับ ค่ามาตรฐานสารประกอบฟีนอลในน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมที่ยอมรับได้ เท่ากับ 1.0 mg/L โดยนำค่าความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลในช่วงเริ่มต้นจนถึง ค่า Break point มาพลอตกับค่า BV เพื่อหาพื้นที่เหนือเส้นกราฟ ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณจะเท่ากับ ค่าความสามารถในการดูดซับสารประกอบฟีนอลแบบระบบต่อเนื่อง (Weber, 1972)



รูปภาคผนวก ง – 3 Ideal breakthrough curve



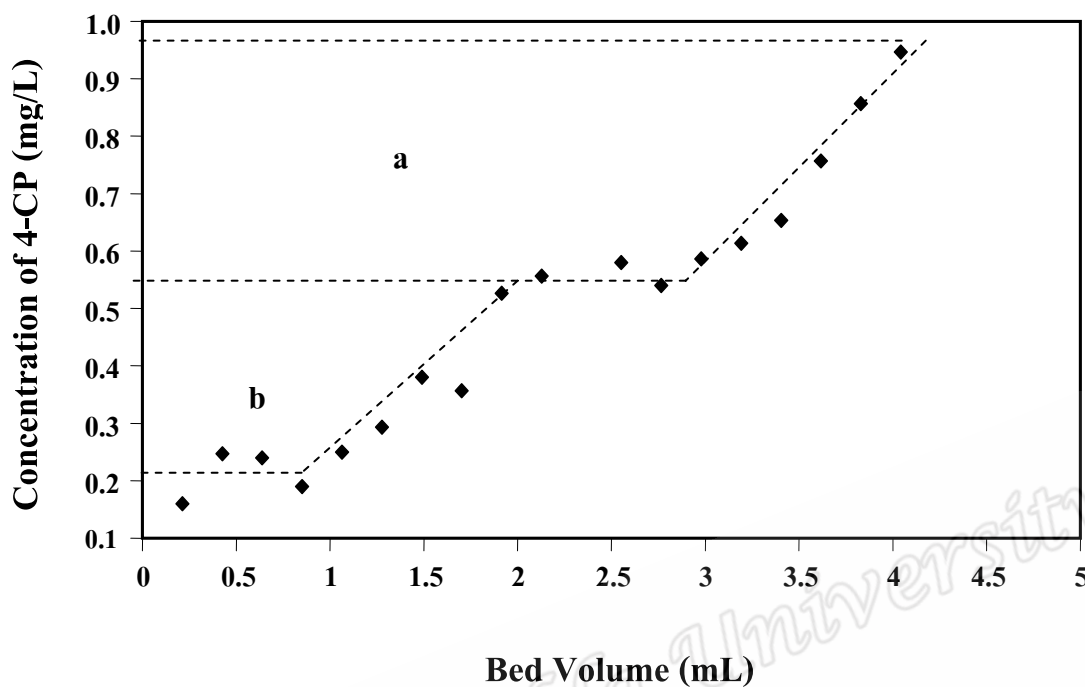
รูปภาคผนวก จ - 4 ความเข้มข้นของ 2,4-DCP ในช่วงเริ่มต้นจนถึง Break point ในการดูดซับแบบระบบต่อเนื่องของ 2,4-DCP ที่ Bed Volume ต่างๆ

$$\begin{aligned}
 \text{Adsorption Capacity} &= \text{พื้นที่เหนือเส้นกราฟ} \\
 &= a + b \\
 &= [1/2(3.13 + 1.49) \times (0.56)] + [1/2(1.49) \times (0.25)] \\
 &= 1.48 \text{ L} \\
 &= 1.48 \text{ L} \times 15.0 \text{ mg/L} \\
 &= 22.20 \text{ mg}
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น Adsorption Capacity เท่ากับ 22.20 mg

ชีวมวลสาหร่ายฝักกาด 3.0 g มีความสามารถในการดูดซับ 2,4-DCP ได้เท่ากับ 22.20 mg

ดังนั้น ชีวมวลสาหร่ายฝักกาด 1.0 g จึงมีความสามารถในการดูดซับ 2,4-DCP เท่ากับ 7.40 mg



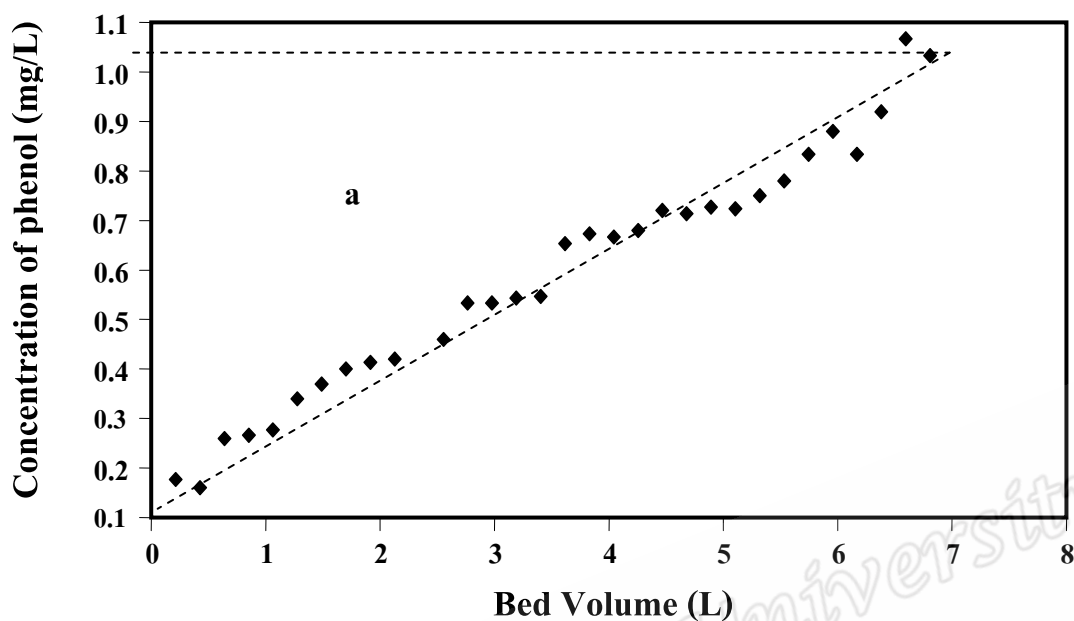
รูปภาคผนวก จ - 5 ความเข้มข้นของ 4-CP ในช่วงเริ่มต้นจนถึง Break point ในการดูดซับแบบระบบต่อเนื่องของ 4-CP ที่ Bed Volume ต่างๆ

$$\begin{aligned}
 \text{Adsorption Capacity} &= \text{พื้นที่เหนือเส้นกราฟ} \\
 &= a + b \\
 &= [1/2(4.04 + 2.80) \times 0.40] + [1/2(1.91 + 0.85) \times 0.33] \\
 &= 1.82 \text{ L} \\
 &= 1.82 \text{ L} \times 15.0 \text{ mg/L} \\
 &= 27.3 \text{ mg}
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น Adsorption Capacity เท่ากับ 27.3 mg

ชีวมวลสาหร่ายฝักกาด 3.0 g มีความสามารถในการดูดซับ 4-CP ได้เท่ากับ 27.3 mg

ดังนั้น ชีวมวลสาหร่ายฝักกาด 1.0 g จึงมีความสามารถในการดูดซับ 4-CP เท่ากับ 9.1 mg



รูปภาคผนวก จ – 6 ความเข้มข้นของฟีนอล ในช่วงเริ่มต้นจนถึง Break point ในการ ดูดซับ  
แบบระบบต่อเนื่องของฟีนอล ที่ Bed Volume ต่างๆ

$$\begin{aligned}
 \text{Adsorption Capacity} &= \text{พื้นที่เหนือเส้นกราฟ} \\
 &= a \\
 &= [1/2(7.0)(0.93)] \\
 &= 3.25 \text{ L} \\
 &= 3.25 \text{ L} \times 10 \text{ mg/L} \\
 &= 32.50 \text{ mg}
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น Adsorption Capacity เท่ากับ 32.50 mg

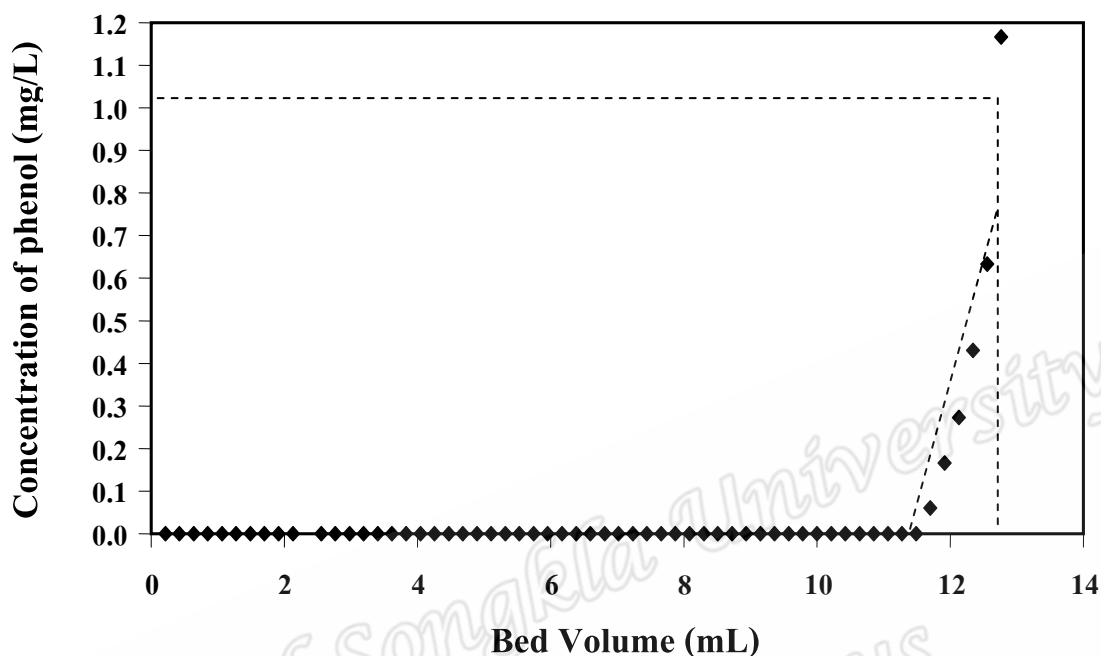
ชีวมวลสาหร่ายฝักกาด 3.0 g มีความสามารถในการดูดซับฟีนอล ได้เท่ากับ 32.50 mg

ดังนั้น ชีวมวลสาหร่ายฝักกาด 1.0 g จึงมีความสามารถในการดูดซับฟีนอล เท่ากับ 10.83 mg



การคำนวณประสิทธิภาพชีวมวลสาหร่ายในการกำจัดสารประกอบฟีนอลแบบระบบต่อเนื่อง

1) ฟีนอล



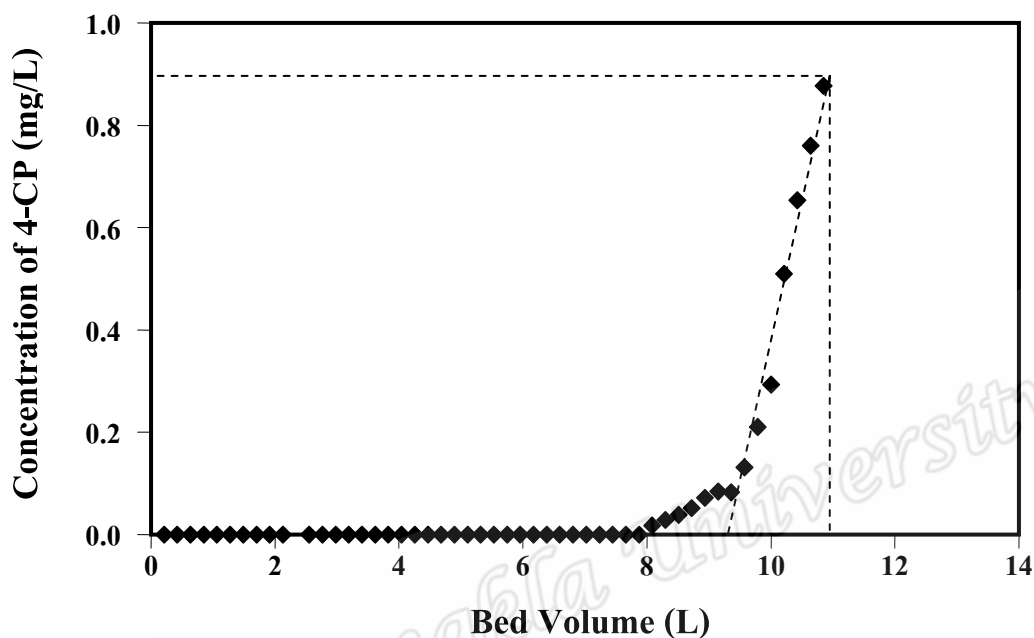
รูปภาคผนวก จ - 7 ความเข้มข้นของฟีนอล ในช่วงเริ่มต้นจนถึง Break point ที่ Bed Volume ต่างๆ

$$\begin{aligned}
 \text{Adsorption Capacity} &= \text{พื้นที่เหนือเส้นกราฟ} \\
 &= a - b \\
 &= (12.6 \times 1.0) - [1/2(1.1) \times (0.69)] \\
 &= 12.22 \text{ L} \\
 &= 12.22 \text{ L} \times 2.80 \text{ mg/L} \\
 &= 34.22 \text{ mg}
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น Adsorption Capacity เท่ากับ 34.22 mg

ชีวมวลสาหร่ายฝักกาด 3.0 g มีความสามารถในการดูดซับฟีนอล จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา ได้เท่ากับ 34.22 mg ดังนั้น ชีวมวลสาหร่ายฝักกาด 1.0 g จึงมีความสามารถในการดูดซับฟีนอล จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา เท่ากับ 11.41 mg

## 2) 4-CP



รูปภาคผนวก ฉ – 8 ความเข้มข้นของ 4-CP ในช่วงเริ่มต้นจนถึง Break point ที่ Bed Volume ต่างๆ

$$\begin{aligned}
 \text{Adsorption Capacity} &= \text{พื้นที่เหนือเส้นกราฟ} \\
 &= a - b \\
 &= (10.85 \times 0.88) - [1/2(2.98) \times (10.85)] \\
 &= 6.62 \text{ L} \\
 &= 6.62 \text{ L} \times 0.90 \text{ mg/L} \\
 &= 5.96 \text{ mg}
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น Adsorption Capacity เท่ากับ 5.96 mg

ชีวมวลสาหร่ายฝักกาด 3.0 g มีความสามารถในการดูดซับ 4-CP จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา ได้เท่ากับ 5.96 mg ดังนั้น ชีวมวลสาหร่ายฝักกาด 1.0 g จึงมีความสามารถในการดูดซับซับฟีนอล จากน้ำเสียโรงงานไม้ยางพารา เท่ากับ 2.00 mg