# บทที่ 4

# ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

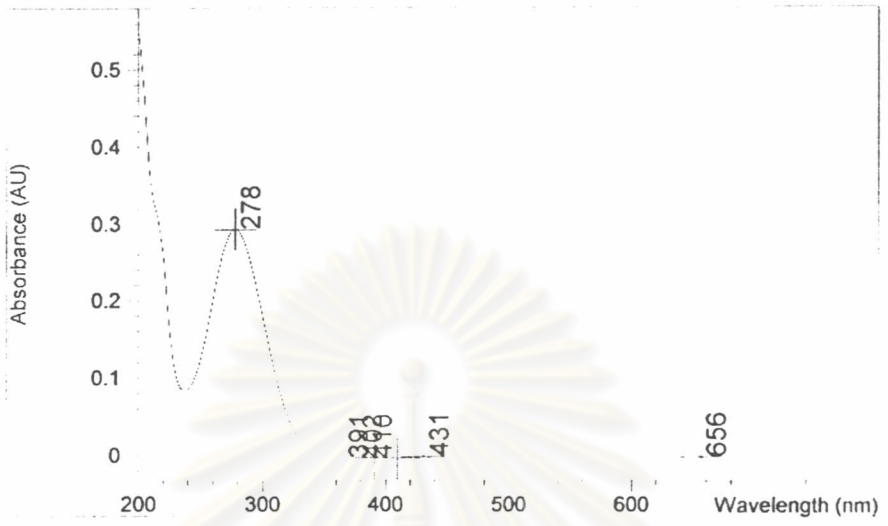
การศึกษาการปนเปื้อนของคลอแรมเฟนิคอลในดินจากบ่อเลี้ยงกุ้ง แสดงผลการวิเคราะห์ได้ตามลำดับขั้นดังนี้

1. ผลของสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอล โดยใช้ HPLC
2. ผลการศึกษาความสามารถในการตรวจวัดคลอแรมเฟนิคอลด้วย HPLC
3. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณการปนเปื้อนของคลอแรมเฟนิคอลในดิน และความสัมพันธ์ของปริมาณคลอแรมเฟนิคอลที่ปนเปื้อนในดินตามระดับความลึกของดิน
4. ผลการเปรียบเทียบปริมาณคลอแรมเฟนิคอลที่ปนเปื้อนในดินตามสถานีต่างๆ
5. ผลการศึกษาการสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลในดินที่สภาวะต่างๆ และการชะละลาย

## 4.1 ผลของสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดิน

### 4.1.1 ผลการหาการดูดกลืนแสงของคลอแรมเฟนิคอลที่ความยาวคลื่น 200-800 นาโนเมตร

ในการศึกษานี้ เป็นการศึกษาหาความยาวคลื่นที่คลอแรมเฟนิคอลสามารถดูดกลืนแสงอุลตร้าไวโอเลตได้สูงสุด โดยใช้เครื่อง UV-vis spectophotometer ตั้งแต่ความยาวคลื่น 200 - 800 นาโนเมตร (nm) พบว่า คลอแรมเฟนิคอลสามารถดูดกลืนแสงอุลตร้าไวโอเลตได้สูงสุดที่ความยาวคลื่น 278 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.1




รูปที่ 4.1 การดูดกลืนแสงอุลตร้าไวโอเลตของคลอแรมเฟนิคอลความเข้มข้น 10 ppm ที่ความยาวคลื่น 200–800 นาโนเมตร

ที่มา : ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer

**4.1.2 ผลการศึกษาสภาวะของโมบายล์เฟสที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลด้วย HPLC**

การศึกษาขั้นตอนนี้ โดยเปรียบเทียบค่า Retention time และ Peak height ของโมบายล์เฟสแต่ละชนิด เพื่อหาโมบายล์เฟสที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดิน โดยใช้คอลัมน์ในการศึกษา 2 คอลัมน์ ดังนี้

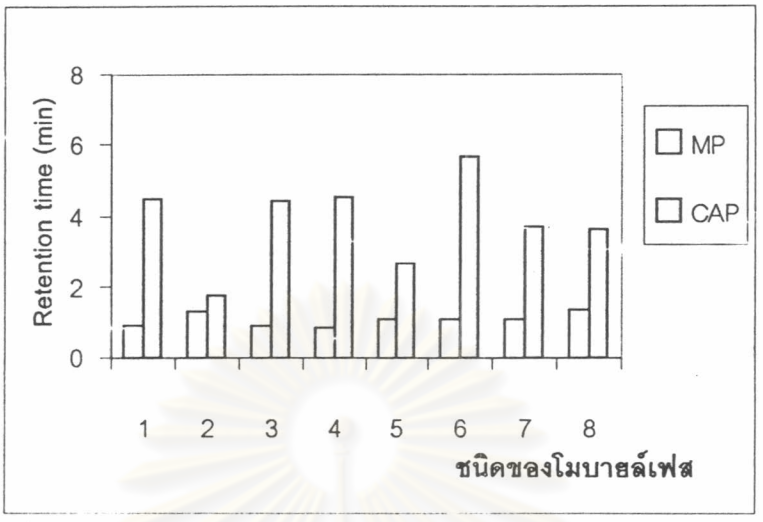
4.1.2.1 โดยใช้คอลัมน์ 5 μm Nucleosil C18

การศึกษาผลของสภาวะของโมบายล์เฟสที่เหมาะสม โดยใช้คอลัมน์ 5 μm Nucleosil C18 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2-4.3

ตารางที่ 4.1 ผลของโมบายล์เฟสที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอล โดยใช้คอลัมน์ 5 μm Nucleosil C18

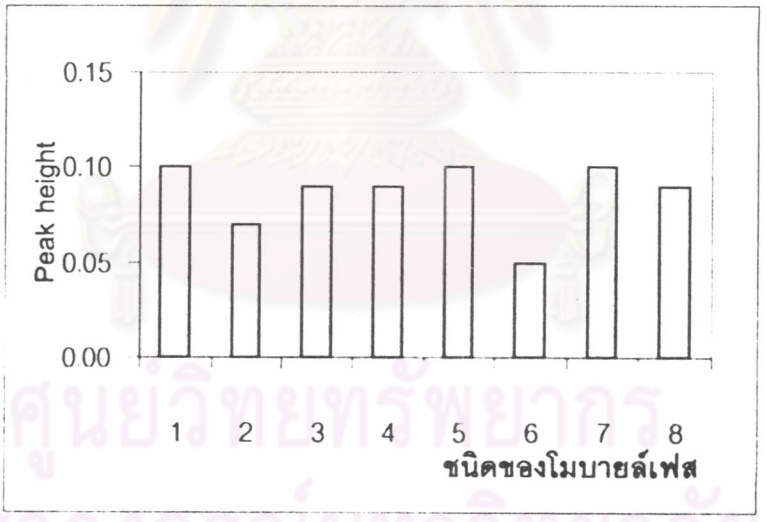
| ชนิดของโมบายล์เฟส | ค่า Retention time ของโมบายล์เฟส (min) | ค่า Retention time ของคลอแรมเฟนิคอล (min) | ค่า Peak Height ของคลอแรมเฟนิอคอล (mV) |
|---|---|---|---|
| 1. Methanol : $H_2O$ (30:70) | 0.89 ± 0.01 | 4.48 ± 0.01 | 0.10 ± 0.01 |
| 2. Methanol : $H_2O$ : Acetic acid (62:37:1) | 1.28 ± 0.02 | 1.74 ± 0.04 | 0.07 ± 0.01 |
| 3. Methanol : $H_2O$ : Acetic acid (30:69:1) | 0.89 ± 0.01 | 4.43 ± 0.02 | 0.09 ± 0.01 |
| 4. 30 % Methanol + 100 mg $K_2HPO_4$/L | 0.87 ± 0.01 | 4.54 ± 0.04 | 0.09 ± 0.01 |
| 5. Acetonitrile : $H_2O$ (30:70) | 1.08 ± 0.01 | 2.64 ± 0.02 | 0.10 ± 0.01 |
| 6. Acetonitrile : $H_2O$ : Acetate buffer (20:80:1) | 1.08 ± 0.02 | 5.69 ± 0.05 | 0.05 ± 0.01 |
| 7. Acetonitrile : 0.01 M aq. Sodium acetate (2.5:7.5) | 1.07 ± 0.01 | 3.70 ± 0.01 | 0.10 ± 0.01 |
| 8. Acetonitrile : 0.01 M Sodium acetate buffer (25:75) | 1.38 ± 0.01 | 3.65 ± 0.04 | 0.09 ± 0.01 |

ที่มา : ผลการวิเคราะห์ด้วย HPLC




รูปที่ 4.2 ค่า Retention time ของโมบายล์เฟส และคลอแรมเฟนิคอล เมื่อใช้โมบายล์เฟสชนิดต่างๆ

หมายเหตุ : MP คือ โมบายล์เฟส และ CAP คือ คลอแรมเฟนิคอล




รูปที่ 4.3 ค่า Peak height ของคลอแรมเฟนิคอล เมื่อใช้โมบายล์เฟสชนิดต่างๆ

หมายเหตุ : ชนิดของโมบายล์เฟส ได้แก่

1. Methanol:$H_2O$ (30:70)
2. Methanol:$H_2O$:Acetic acid (62:37:1)
3. Methanol:$H_2O$:Acetic acid (30:69:1)
4. 30% Methanol+100 mg $K_2HPO_4$/L
5. Acetonitrile:$H_2O$ (30:70)
6. Acetonitrile:$H_2O$:Acetate buffer (20:80:1)
7. Acetonitrile:0.01M aq.Sodium acetate(2.5:7.5)
8. Acetonitrile:0.01M Sodium acetate buffer(25:75)

จากตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบโมบายล์เฟสทั้งหมด 8 ชนิด โดยเปรียบเทียบค่า Retention time ผลที่ได้ คือ ค่า Retention time ของคลอแรมเฟนิคอล มีค่าใกล้เคียงกับค่า Retention time ของโมบายล์เฟสแต่ละชนิด ซึ่งโมบายล์เฟสดังกล่าว ได้แก่ Methanol : $H_2O$ : Acetic acid (62:37:1) , Acetonitrile : $H_2O$ (30:70) , Acetonitrile : 0.01 M aq. Sodium acetate (2.5:7.5) และ Acetonitrile : 0.01 M Sodium acetate buffer (25:75) ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นสภาวะในการศึกษา ดังรูปที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบโมบายล์เฟสที่เหลืออีก 4 ชนิด พบว่า โมบายล์เฟสที่มี ค่า Peak height สูงสุด ได้แก่ โมบายล์เฟส ชนิด Methanol : $H_2O$ (30:70) ซึ่งจะให้ค่าความเข้มข้นของคลอแรมเฟนิคอลสูงสุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่า โมบายล์เฟสที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอล คือ Methanol : $H_2O$ (30:70) ดังรูปที่ 4.3

4.1.2.2 โดยใช้คอลัมน์ 5 μm Hypersil BDS C18

การศึกษาผลของสภาวะของโมบายล์เฟสที่เหมาะสม โดยใช้คอลัมน์ 5 μm Hypersil BDS C18 ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

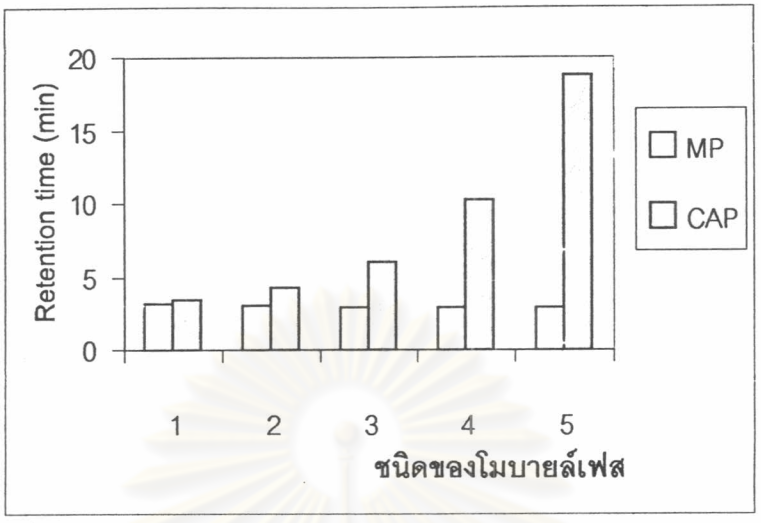
จากตารางที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบโมบายล์เฟสชนิด Methanol : $H_2O$ ทั้งหมด 5 อัตราส่วน โดยเปรียบเทียบค่า Retention time ผลที่ได้ พบว่า Methanol : $H_2O$ (70:30) , Methanol : $H_2O$ (60:40) มีค่า Retention time ของคลอแรมเฟนิคอล ใกล้เคียงกับค่า Retention time ของโมบายล์เฟส จึงไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นสภาวะในการศึกษา ดังรูปที่ 4.4 และเมื่อเปรียบเทียบโมบายล์เฟสที่เหลือ ปรากฏว่า Methanol : $H_2O$ (50:50) มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นสภาวะในการศึกษามากที่สุด เนื่องจากมีค่า Peak height มากที่สุด ดังรูปที่ 4.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ผลของโมบายล์เฟสที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอล โดยใช้คอลัมน์ 5 μm Hypersil BDS C18

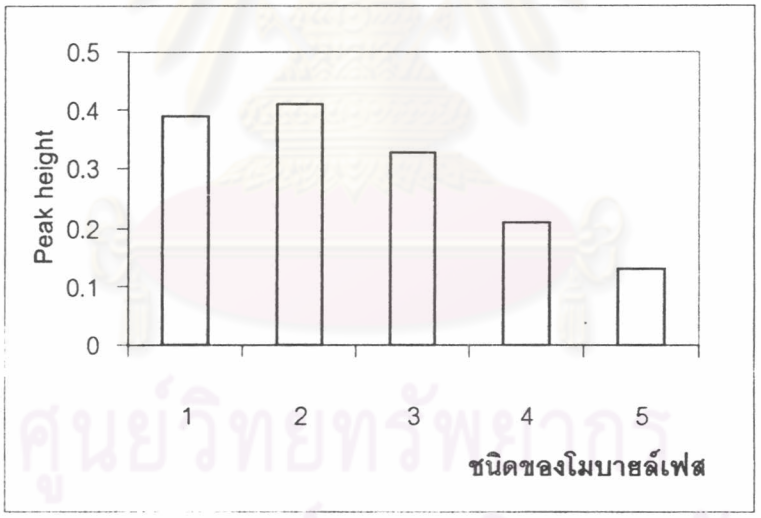
| ชนิดของโมบายล์เฟส | ค่า Retention time ของโมบายล์เฟส (min) | ค่า Retention time ของคลอแรมเฟนิคอล (min) | ค่า Peak height ของคลอแรมเฟนิคอล (mV) |
|---|---|---|---|
| 1. Methanol : $H_2O$ (70:30) | 3.18 ± 0.03 | 3.49 ± 0.05 | 0.39 ± 0.06 |
| 2. Methanol : $H_2O$ (60:40) | 3.01 ± 0.04 | 4.28 ± 0.03 | 0.41 ± 0.04 |
| 3. Methanol : $H_2O$ (50:50) | 2.83 ± 0.01 | 6.02 ± 0.01 | 0.33 ± 0.02 |
| 4. Methanol : $H_2O$ (40:60) | 2.82 ± 0.01 | 10.21 ± 0.01 | 0.21 ± 0.01 |
| 5. Methanol : $H_2O$ (30:70) | 2.82 ± 0.02 | 18.78 ± 0.01 | 0.13 ± 0.02 |

ที่มา : ผลการวิเคราะห์ด้วย HPLC




รูปที่ 4.4 ค่า Retention time ของโมบายล์เฟส และคลอแรมเฟนิคอล เมื่อใช้โมบายล์เฟสชนิดต่างๆ

หมายเหตุ : MP คือ โมบายล์เฟส และ CAP คือ คลอแรมเฟนิคอล




รูปที่ 4.5 ค่า Peak height ของคลอแรมเฟนิคอล เมื่อใช้โมบายล์เฟสชนิดต่างๆ

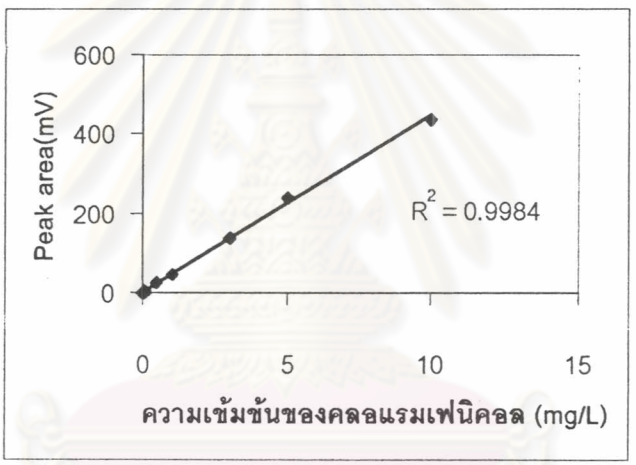
หมายเหตุ : ชนิดของโมบายล์เฟส ได้แก่

1. Methanol : $H_2O$ (70:30)
2. Methanol : $H_2O$ (60:40)
3. Methanol : $H_2O$ (50:50)
4. Methanol : $H_2O$ (40:60)
5. Methanol : $H_2O$ (30:70)

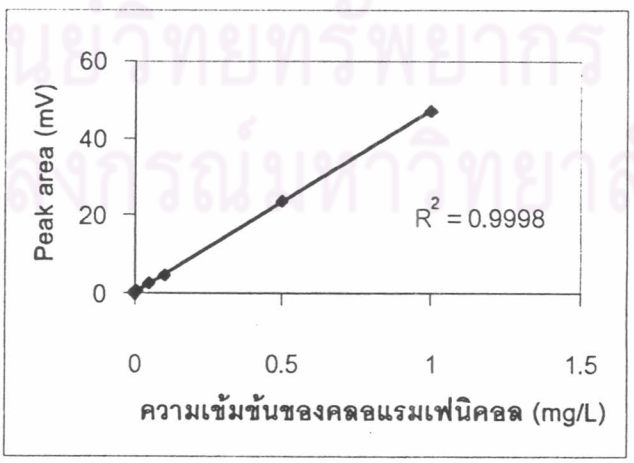
## 4.2 ผลการศึกษาความสามารถในการตรวจวัดคลอแรมเฟนิคอลด้วย HPLC

### 4.2.1 ผลการศึกษาช่วงการตรวจวัดปริมาณคลอแรมเฟนิคอลที่เหมาะสม

การศึกษานี้เพื่อหาช่วงความเข้มข้นของคลอแรมเฟนิคอลที่สามารถตรวจวัดได้โดยใช้ HPLC พบว่า ที่ความเข้มข้นจาก 0.001-10 มิลลิกรัมต่อลิตรสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลได้ กราฟที่ได้เป็นเส้นตรง มีค่า $R^2 = 0.9984$ ตามรูปที่ 4.6 แต่ผลวิเคราะห์ที่ควรใช้มากกว่าคือ ที่ความเข้มข้น 0.001-1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งกราฟที่ได้เป็นเส้นตรง มีค่า $R^2 = 0.9998$ ผลดังแสดงในรูปที่ 4.7




รูปที่ 4.6 Calibration range ของคลอแรมเฟนิคอล ที่ความเข้มข้น 0.001 - 10 มิลลิกรัมต่อลิตร




รูปที่ 4.7 Calibration range ของคลอแรมเฟนิคอล ที่ความเข้มข้น 0.001 - 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

### 4.2.2 ผลการศึกษาค่า Limit of detection (LOD)

การศึกษานี้เป็นการหาความสามารถของเครื่องมือที่จะตรวจวัดสัญญาณที่ Retention time เดียวกับคลอแรมเฟนิคอล ด้วยเครื่อง HPLC ผลการวิเคราะห์ค่า Peak area ของโมบายล์เฟส ที่ Retention time 6 นาที ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่า Peak area ของโมบายล์เฟส

| ซ้ำที่ | ค่า Peak area ของโมบายล์เฟส (mV) |
|---|---|
| 1 | 0.2122 |
| 2 | 0.1965 |
| 3 | 0.2098 |
| 4 | 0.2123 |
| 5 | 0.1854 |
| 6 | 0.2326 |
| 7 | 0.1889 |
| 8 | 0.2113 |
| 9 | 0.2254 |
| 10 | 0.2497 |
| ค่าเฉลี่ย | 0.2124 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 0.0197 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน × 3 | 0.0591 |
| Peak area | 0.2124+0.0591 = 0.2715 |

จากตารางที่ 4.3 นำค่า Peak area ที่คำนวณได้ เท่ากับ 0.2715 mV มาคำนวณปริมาณคลอแรมเฟนิคอลเทียบกับสารมาตรฐาน โดยใช้สมการ y = 46.4078x + 0.1745 จากรูปที่ 4.9 จะได้ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลเท่ากับ 0.002 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หรือ 2 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่ง

ก็คือค่า Limit of detection (สำหรับสารละลาย) คิดเป็น 0.0007 ไมโครกรัมต่อกรัม หรือ 0.7 นาโนกรัมต่อกรัม (เมื่อคิดจากน้ำหนักดิน 3 กรัม)

### 4.2.3 ผลการศึกษาค่า Limit of quantitation (LOQ)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิธีการตรวจวัดปริมาณของคลอแรมเฟนิคอลที่ต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ด้วย HPLC โดยนำผลการวิเคราะห์ค่า Peak area ของโมบายล์เฟสในตารางที่ 4.3 มาทำการคำนวณค่า LOQ

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่า Peak area ของโมบายล์เฟสเท่ากับ 0.2124 mV และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.0197 ซึ่ง ค่า Peak area ของค่า LOQ = ค่าเฉลี่ย + (10 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ดังนั้น ค่า Peak area ของค่า LOQ เท่ากับ $0.2124 + (10 \times 0.0197) = 0.4094$ จากนั้นนำค่า Peak area ที่คำนวณได้ เท่ากับ 0.4094 mV มาคำนวณปริมาณคลอแรมเฟนิคอลเทียบกับสารมาตรฐาน โดยใช้สมการ $y = 46.4078x + 0.1745$ จากรูปที่ 4.9 จะได้ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลเท่ากับ 0.005 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หรือ 5 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งก็คือค่า LOQ (สำหรับสารละลาย) คิดเป็น 0.0017 ไมโครกรัมต่อกรัม หรือ 1.7 นาโนกรัมต่อกรัม (เมื่อคิดจากน้ำหนักดิน 3 กรัม)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 4.2.4 ผลการวิเคราะห์หาค่าความแม่นยำในรูปส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์

การศึกษานี้เพื่อหาค่าความแม่นยำของการสกัดคลอแรมเฟนิคอลในตัวอย่างดิน พบว่า ค่าความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ 4.18 % แสดงผลการวิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 4.4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 ค่าความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์สำหรับคลอแรมเฟนิคอล (%)

| ซ้ำที่ | ปริมาณคลอแรมเฟนิคอล (ng/g) |
|---|---|
| 1 | 25.62 |
| 2 | 25.08 |
| 3 | 26.05 |
| 4 | 25.79 |
| 5 | 27.94 |
| ค่าเฉลี่ย | 26.10 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 1.0903 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (RSD) | (1.0903 × 100) / 26.10 = 4.18 |

ที่มา : ผลการวิเคราะห์ด้วย HPLC

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 4.2.5 ผลการวิเคราะห์ค่า Recovery ของการวิเคราะห์

การศึกษานี้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวิธีที่ใช้สกัดคลอแรมเฟนิคอลในดิน โดยผลการวิเคราะห์ค่า Recovery พบว่า ค่า Recovery ของวิธีการวิเคราะห์ มีค่า 73.6 ± 2.64 % แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่า Recovery ของวิธีการวิเคราะห์สำหรับคลอแรมเฟนิคอล (%)

| ลำดับที่ | ความเข้มข้นที่ Spiked (ng/g) | ความเข้มข้นที่วัดได้ หักลบดินควบคุมแล้ว (ng/g) | Recovery (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 7.13 | 71.3 |
| 2 | 10 | 7.65 | 76.5 |
| 3 | 10 | 7.31 | 73.1 |
| ค่าเฉลี่ย | 10 | 7.36 | 73.6 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | - | 0.26 | 2.64 |

ที่มา : ผลการวิเคราะห์ด้วย HPLC

หมายเหตุ : ดินควบคุมมีค่าคลอแรมเฟนิคอล 0.17 ± 0.01 นาโนกรัมต่อกรัม (n = 10)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 4.3 ผลการศึกษาการปนเปื้อนของคลอแรมเฟนิคอลในดิน

### 4.3.1 ผลการเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ทั้งหมดสุ่มจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งในจังหวัดฉะเชิงเทรา ในสถานีต่างๆ สามารถเก็บดินได้ลึกจากผิวดินระหว่าง 10-20 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันออกไปตามบริเวณ

สถานี A และ B เป็นสถานีควบคุมที่เก็บจากบริเวณบ้านพักอาศัย โดยสถานี A เก็บดินได้ 2 จุด โดยจุด A1 และ A2 สามารถเก็บได้ลึก 10 และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ และสถานี B เก็บดินได้ 1 จุด เก็บได้ลึก 15 เซนติเมตร โดยดินที่เก็บได้มีสีน้ำตาลปนส้ม มีลักษณะแข็งและแห้ง มีความชื้นอยู่ในช่วง 18-23% โดยดินชั้นบนจะมีความชื้นน้อยกว่าดินชั้นล่าง ซึ่งอาจเกิดจากดินชั้นบนถูกแสงแดดมากกว่าดินชั้นล่าง

สถานี C เป็นสถานีควบคุมจากคลองชลประทานใกล้กับสถานี B เป็นดินก้นคลอง เก็บดินได้ 1 จุด ลึก 10 เซนติเมตรซึ่งไม่สามารถเก็บได้ถึงชั้นของดินแข็ง โดยดินที่เก็บได้มีสีดำ ลักษณะเหลว ซึ่งอาจเกิดจากมีการพัดพาดินไปตามกระแสน้ำ มีความชื้นอยู่ในช่วง 40-49% ซึ่งดินชั้นบนจะมีความชื้นสูงเนื่องจากเป็นชั้นที่มีการสัมผัสกับน้ำ และดินจะมีความชื้นน้อยลงเมื่อระดับความลึกของดินเพิ่มขึ้น

สถานี D และ E เก็บที่บ่อน้ำทิ้งจากบ่ออนุบาลลูกกุ้ง โดยสถานี D มีพื้นที่บ่อประมาณ 1 ไร่ และสถานี E มีขนาดบ่อประมาณ 200 ตารางวา ซึ่งเป็นบ่อสำหรับปล่อยน้ำที่มีการใช้ในการเพาะเลี้ยงลูกกุ้งแล้ว เก็บได้รวม 3 จุด โดยจุด D1, D2 และ E1 สามารถเก็บดินได้ลึก 20, 20 และ 10 เซนติเมตร โดยดินที่เก็บได้สามารถแบ่งออกเป็นส่วนของดินตะกอน และดินแข็ง ซึ่งส่วนของดินตะกอนจะมีสีดำ กลิ่นเหม็น มีลักษณะเหลว มีความชื้นอยู่ในช่วง 39-47% ส่วนในชั้นของดินแข็งจะมีลักษณะเหนียว มีสีเทา มีความชื้นอยู่ในช่วง 31-36%

สถานี F เก็บที่บ่อเลี้ยงกุ้งที่มีการตากแห้ง 10 วันหลังการใช้เลี้ยงกุ้ง เก็บได้ 6 จุด โดยดินที่เก็บได้มีลักษณะแข็ง และแห้ง มีสีน้ำตาลปนส้ม โดยดินจากจุด F1, F3 และ F5 เก็บได้ลึก

10 เซนติเมตร และ จุด F2, F4 และ F6 เก็บได้ลึก 15 เซนติเมตร มีความชื้นอยู่ในช่วง 20-26% โดยจุด F3 และ F4 เป็นจุดที่เก็บบริเวณกลางบ่อ ส่วนจุด F1, F2, F5 และ F6 เป็นจุดที่เก็บริมบ่อ

สถานี G เก็บจากบ่อเลี้ยงกุ้งซึ่งเป็นบ่อที่เตรียมเลี้ยงกุ้งรุ่นต่อไป มีน้ำท่วมขังสูงประมาณ 10 เซนติเมตร เก็บได้ 6 จุด ซึ่งดินที่เก็บได้ จุดที่ G1, G2, G5 และ G6 เป็นจุดริมบ่อ เก็บได้ลึก 15 เซนติเมตร ส่วนจุดที่ G3 และ G4 เป็นจุดกลางบ่อ เก็บได้ลึก 20 เซนติเมตร

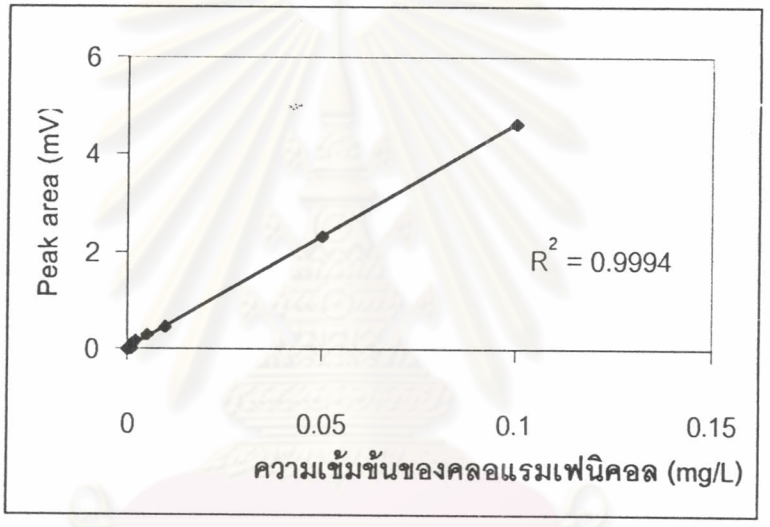
สถานี H เก็บจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีการเลี้ยงกุ้ง เก็บได้ 5 จุด ซึ่งดินที่เก็บได้ จุดที่ H1, H3-5 เก็บดินได้ลึก 15 เซนติเมตร ส่วน H2 สามารถเก็บได้เพียง 10 เซนติเมตร โดยจุด H1, H2 และ H4 เป็นจุดริมบ่อ ส่วนจุด H3 เป็นจุดกลางบ่อ และจุด H5 เป็นกองเลนที่อยู่ใกล้บ่อเลี้ยงกุ้ง

โดยดินที่เก็บได้ในสถานี G และ H แบ่งออกเป็นดินตะกอน และดินแข็ง ซึ่งดินตะกอนจะมีสีดำ ลักษณะเหลว มีความชื้นอยู่ในช่วง 42-51% และดินแข็งจะมีสีน้ำตาลอ่อนปนส้ม มีลักษณะเหนียว มีความชื้นอยู่ในช่วง 32-38% ดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 ลักษณะของตัวอย่างดินที่เก็บจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ตามแนวดิ่ง

4.3.2 Standard calibration curve **สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดิน โดยเทคนิค** HPLC

จากการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในสารละลายมาตรฐาน ความเข้มข้นระหว่าง 0.001–0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเทคนิค HPLC ได้ Standard calibration curve สำหรับคลอแรมเฟนิคอลในดิน ดังรูปที่ 4.9




รูปที่ 4.9 Standard calibration curve ของการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดิน

4.3.3 **ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดิน**

การวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินที่เก็บได้จากสถานีต่างๆ ตามระดับความลึก โดยทำการวิเคราะห์ด้วย HPLC ชนิด UV detector ปรากฏผลดังนี้

4.3.3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินจากสถานีควบคุม

จากการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดิน พบว่า ดินสถานีควบคุมบริเวณบ้านพักอาศัย ที่บริเวณผิวดินระดับความลึก 0-2 เซนติเมตร มีปริมาณคลอแรมเฟนิคอลเท่ากับ 0.18 นาโนกรัมต่อกรัม (ng/g) โดยคลอแรมเฟนิคอลที่พบในดินจากสถานีควบคุมบริเวณบ้านพักอาศัยอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าความสามารถที่จะตรวจวัดได้โดยใช้ HPLC (LOD=0.70 ng/g) ดังนั้นดินจากสถานีควบคุมจากบ้านพักอาศัยอาจไม่มีการปนเปื้อนของคลอแรมเฟนิคอลหรือมีการปนเปื้อนน้อยมาก และสถานีควบคุมจากคลองชลประทาน จะพบการปนเปื้อนของคลอแรมเฟนิคอลในดินที่ระดับความลึก 0-2 เซนติเมตร แต่มีค่าสูงกว่าคือ 5.93 $\pm$ 0.43 ng/g และลดลงตามระดับความลึก ซึ่งปริมาณคลอแรมเฟนิคอลสูงที่สุดที่ระดับความลึก 0-2 เซนติเมตร อาจเนื่องจากเป็นดินใหม่มาจากการทับถมของดินจากแหล่งน้ำอื่นๆ และดินระดับ 10-15 เซนติเมตรเป็นดินที่สะสมมานานไม่มีการเคลื่อนย้าย ซึ่งคลอแรมเฟนิคอลอาจเกิดการสลายตัว สำหรับคลอแรมเฟนิคอลที่พบในดินจากคลองชลประทานเป็นไปได้ว่าน่าจะมาจากการใช้ของเกษตรกรในพื้นที่นั้น และปล่อยน้ำทิ้งและตะกอนจากการเลี้ยงกุ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ผลวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.10

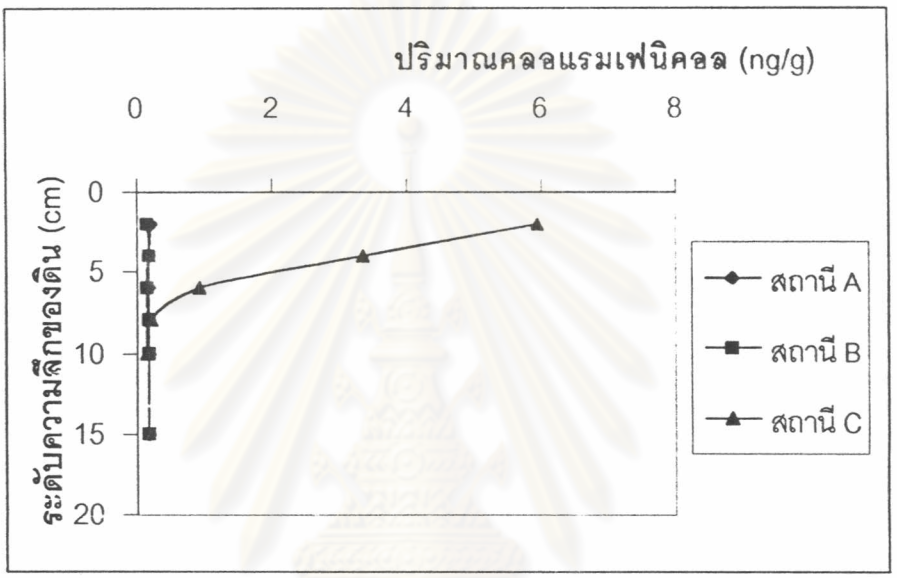
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ปริมาณความเข้มข้นของคลอแรมเฟนิคอลในดินจากสถานีควบคุมบริเวณบ้านพักอาศัย และคลองชลประทาน ทั้งหมด 3 สถานี

| ระดับความลึกของดิน (cm) | ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดิน (ng/g) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | สถานี A | | สถานี B | สถานี C |
| | จุดที่ A 1 | จุดที่ A 2 | จุดที่ B 1 | จุดที่ C 1 |
| 0 – 2 | 0.18 ± 0.01 | 0.20 ± 0.03 | 0.16 ± 0.01 | 5.93 ± 0.43 |
| 2 – 4 | 0.12 ± 0.01 | 0.17 ± 0.01 | 0.19 ± 0.02 | 3.35 ± 0.31 |
| 4 – 6 | 0.21 ± 0.02 | 0.19 ± 0.01 | 0.15 ± 0.01 | 0.92 ± 0.10 |
| 6 – 8 | 0.20 ± 0.01 | 0.18 ± 0.01 | 0.18 ± 0.01 | 0.22 ± 0.02 |
| 8 – 10 | 0.21 ± 0.02 | 0.18 ± 0.01 | 0.19 ± 0.02 | 0.14 ± 0.01 |
| 10 – 15 | - | 0.18 ± 0.01 | 0.18 ± 0.01 | - |

ที่มา : ผลการวิเคราะห์ด้วย HPLC

หมายเหตุ : สถานี A และ B เก็บบริเวณบ้านพักอาศัย ส่วนสถานี C เก็บในคลองชลประทาน




รูปที่ 4.10 การกระจายตัวตามแนวดิ่งของคลอแรมเฟนิคอลในดินจากสถานีควบคุม

หมายเหตุ : สถานี A เป็นผลการวิเคราะห์เฉลี่ยจากจุด A1 และ A2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินจากบ่อน้ำทิ้งจากบ่ออนุบาลลูกกุ้ง

จากการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคลอแรมเฟนิคอลในดินจากบ่อน้ำทิ้ง ในสถานี D จุดที่ D1 และ D2 พบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนของคลอแรมเฟนิคอลในระดับความลึก 0–4 เซนติเมตร โดยที่ระดับความลึก 0-2 เซนติเมตร มีค่าเป็น 1.73 $\pm$ 0.23 และ 1.86 $\pm$ 0.19 ng/g ตามลำดับ ส่วนในสถานี E จุดที่ E1 พบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนของคลอแรมเฟนิคอลในระดับความลึก 0–4 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 0–2 เซนติเมตร มีค่าเป็น 12.33 $\pm$ 0.44 ng/g โดยความเข้มข้นของคลอแรมเฟนิคอลจะมีปริมาณลดลงตามระดับความลึกในชั้นของดินตะกอน ดังตารางที่ 4.10 แต่ส่วนชั้นของดินแข็งไม่สามารถตรวจพบการปนเปื้อนของคลอแรมเฟนิคอลในดิน เช่นเดียวกับตัวอย่างดินที่เก็บจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดิน จากสถานี E มีปริมาณมากกว่า สถานี D อาจเนื่องมาจากสถานี E มีขนาดเล็กกว่าสถานี D ซึ่งจะมีการสะสมตัวอย่างชัดเจน ในขณะที่สถานี D มีขนาดใหญ่ ทำให้มีการกระจายมาก จึงตรวจพบคลอแรมเฟนิคอลได้น้อย

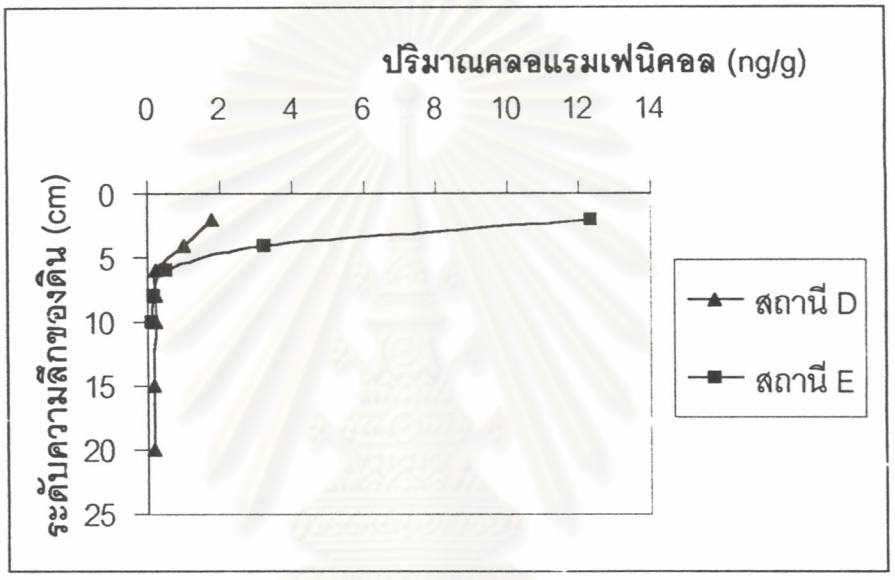
โดยคลอแรมเฟนิคอลที่พบในดินที่ลึกกว่า 4 เซนติเมตรมีระดับต่ำกว่าความสามารถที่จะตรวจวัดได้โดยใช้ HPLC (LOD = 0.70 ng/g) อาจไม่มีการปนเปื้อนของคลอแรมเฟนิคอลหรือมีการปนเปื้อนที่น้อยมาก สำหรับคลอแรมเฟนิคอลที่พบในดินจากบ่อน้ำทิ้งจากบ่ออนุบาลลูกกุ้งเป็นไปได้ว่าน่าจะมาจากการใช้ของเกษตรกรในพื้นที่นั้น และปล่อยน้ำและเลนจากการเลี้ยงกุ้งลงสู่บ่อน้ำทิ้ง ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และ รูปที่ 4.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ปริมาณความเข้มข้นของคลอแรมเฟนิคอลในดินจากบ่อน้ำทิ้งจากบ่ออนุบาลลูกกุ้ง ทั้งหมด 2 สถานี

| ระดับความลึกของดิน (cm) | ปริมาณของคลอแรมเฟนิคอล (ng/g) | | |
|---|---|---|---|
| | สถานี D | | สถานี E |
| | จุดที่ D 1 | จุดที่ D 2 | จุดที่ E 1 |
| 0 – 2 | 1.73 ± 0.23 | 1.86 ± 0.19 | 12.33 ± 0.44 |
| 2 – 4 | 0.95 ± 0.09 | 1.01 ± 0.12 | 3.24 ± 0.23 |
| 4 – 6 | 0.19 ± 0.02 | 0.22 ± 0.03 | 0.49 ± 0.02 |
| 6 – 8 | 0.20 ± 0.02 | 0.19 ± 0.01 | 0.17 ± 0.01 |
| 8 – 10 | 0.17 ± 0.01 | 0.22 ± 0.02 | 0.13 ± 0.01 |
| 10 – 15 | 0.15 ± 0.01 | 0.20 ± 0.02 | - |
| 15 – 20 | 0.16 ± 0.02 | 0.19 ± 0.01 | - |

ที่มา : ผลการวิเคราะห์ด้วย HPLC




รูปที่ 4.11 การกระจายตัวตามแนวดิ่งของคลอแรมเฟนิคอลตามระดับความลึกของดิน ในบ่อน้ำทิ้งจากบ่ออนุบาลลูกกุ้ง

หมายเหตุ : สถานี D เป็นผลวิเคราะห์เฉลี่ยจากจุด D1 และ D2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.3.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

จากการวิเคราะห์พบปริมาณคลอแรมเฟนิคอลที่ทำการศึกษาจากดินที่มีการเลี้ยงกุ้งทั้ง 3 สถานี จากฟาร์มกุ้ง 3 ฟาร์ม พบว่า

สถานี F (หลังจากตากแห้ง 10 วัน) มีปริมาณสูงสุดในตัวอย่างดินบริเวณกลางบ่อ คือ จุดที่ F3 และ F4 พบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนของคลอแรมเฟนิคอลในระดับความลึก 0–6 เซนติเมตร โดยจุดที่ F3 และ F4 ในระดับความลึก 0–2 เซนติเมตร มีค่าเป็น 3.26 $\pm$ 0.25 และ 3.82 $\pm$ 0.38 ng/g ตามลำดับ

สถานี G (เตรียมเลี้ยง) จุดที่ G3 และ G4 ตรวจพบความเข้มข้นของคลอแรมเฟนิคอลในดินเฉพาะในระดับที่ 0-4 เซนติเมตร โดยจุดที่ G3 และ G4 ที่ระดับความลึก 0–2 เซนติเมตร มีค่าเป็น 5.69 $\pm$ 0.39 และ 3.10 $\pm$ 0.32 ng/g ตามลำดับ

สถานี H (บ่อกุ้งกำลังเลี้ยง) จุดที่ H3 ตรวจพบความเข้มข้นของคลอแรมเฟนิคอลที่ระดับความลึก 0-6 เซนติเมตร โดยที่ระดับความลึก 0–2 เซนติเมตร มีค่าเป็น 11.79 $\pm$ 0.49 ng/g

โดยปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินจากทุกสถานีบริเวณจุดกลางบ่อจะสูงที่สุดและมีปริมาณลดลงตามระดับความลึกในชั้นของดินตะกอน แต่ในชั้นของดินแข็งตรวจพบการปนเปื้อนของคลอแรมเฟนิคอลน้อย อาจเกิดจากคลอแรมเฟนิคอลสะสมมากที่ผิวดินมากกว่าการซึมผ่านชั้นดิน และบ่อเลี้ยงมีการเอาตะกอนที่ทับถมออกเป็นระยะ สำหรับจุดเก็บตัวอย่างดินบริเวณจุดริมบ่อตรวจพบปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินประมาณ 0.16 ng/g ซึ่งมีค่าใกล้เคียงสถานีควบคุมจากบ้านพักอาศัย ซึ่งถือว่ามีปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินน้อยหรือไม่มีเลย อาจเนื่องจากการเลี้ยงกุ้งจะมีการใช้ใบพัดพัดเลนไปรวมกันที่บริเวณกลางบ่อ ทำให้บริเวณกลางบ่อมีปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินสูงกว่าบริเวณริมบ่อ โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณของคลอแรมเฟนิคอลในแต่ละสถานี แสดงดังตารางที่ 4.8–4.10 และ รูปที่ 4.12

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.8-4.10 พบว่า สถานี F < G < H อาจเนื่องจากว่า สถานี F เก็บจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีการลอกเลนที่เกิดจากการทับถมของเศษอาหาร สิ่งขับถ่ายของกุ้งออก และทำการตากแดดเป็นระยะเวลา 10 วัน ซึ่งคลอแรมเฟนิคอลที่ตกค้างจากการลอกเลนและเมื่อถูกแสงแดดคลอแรมเฟนิคอลจึงสลายตัวไปบางส่วน ทำให้ปริมาณของคลอแรมเฟนิคอลในดินมีปริมาณน้อยกว่าสถานี G และ H ซึ่งสถานี G เป็นบ่อที่มีการเตรียมบ่อสำหรับเลี้ยงกุ้งรุ่นต่อไป ซึ่งอาจมีการใช้คลอแรมเฟนิคอลเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อนทำการเลี้ยงกุ้ง โดยอาจใช้เพียงเล็กน้อย จึงมีปริมาณมากกว่าสถานี F แต่น้อยกว่าสถานี H โดยสถานี H เป็นสถานีที่มีปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินสูงที่สุด ซึ่งเก็บจากบ่อที่กำลังเลี้ยงกุ้งอยู่โดยขณะเลี้ยงอาจมีการใช้อาหารและยาสัตว์ที่ผสมคลอแรมเฟนิคอลในการป้องกันและรักษาโรคกุ้งเป็นระยะๆ จึงทำให้มีการปนเปื้อนคลอแรมเฟนิคอลในดินมากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ปริมาณความเข้มข้นของคลอแรมเฟนิคอลในดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งสถานี F (หลังจากตากแห้ง 10 วัน)

| ระดับความลึก (cm) | ปริมาณของคลอแรมเฟนิคอล (ng/g) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ F 1 | จุดที่ F 2 | จุดที่ F 3 | จุดที่ F 4 | จุดที่ F 5 | จุดที่ F 6 |
| 0 – 2 | 0.19 ± 0.02 | 0.20 ± 0.03 | 3.26 ± 0.25 | 3.82 ± 0.38 | 0.20 ± 0.03 | 0.21 ± 0.02 |
| 2 – 4 | 0.17 ± 0.02 | 0.16 ± 0.01 | 1.46 ± 0.21 | 1.33 ± 0.17 | 0.17 ± 0.02 | 0.19 ± 0.02 |
| 4 – 6 | 0.20 ± 0.03 | 0.17 ± 0.01 | 1.26 ± 0.11 | 1.03 ± 0.10 | 0.18 ± 0.02 | 0.18 ± 0.01 |
| 6 – 8 | 0.19 ± 0.01 | 0.19 ± 0.02 | 0.13 ± 0.02 | 0.20 ± 0.02 | 0.17 ± 0.02 | 0.18 ± 0.02 |
| 8 – 10 | 0.20 ± 0.03 | 0.19 ± 0.02 | 0.11 ± 0.01 | 0.14 ± 0.01 | 0.19 ± 0.04 | 0.17 ± 0.01 |
| 10 – 15 | - | 0.15 ± 0.01 | - | 0.14 ± 0.01 | - | 0.15 ± 0.01 |

ที่มา : ผลการวิเคราะห์ด้วย HPLC

หมายเหตุ : จุดที่ 1, 2, 5 และ 6 เป็นจุดเก็บตัวอย่างดินบริเวณริมบ่อเลี้ยงกุ้ง

จุดที่ 3 และ 4 เป็นจุดเก็บตัวอย่างดินบริเวณกลางบ่อเลี้ยงกุ้ง

ตารางที่ 4.9 ปริมาณความเข้มข้นของคลอแรมเฟนิคอลในดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งสถานี G (เตรียมเลี้ยง)

| ระดับความลึก (cm) | ปริมาณของคลอแรมเฟนิคอล (ng/g) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ G 1 | จุดที่ G 2 | จุดที่ G 3 | จุดที่ G 4 | จุดที่ G 5 | จุดที่ G 6 |
| 0 – 2 | 0.14 ± 0.01 | 0.15 ± 0.02 | 5.69 ± 0.39 | 3.10 ± 0.32 | 0.15 ± 0.03 | 0.15 ± 0.02 |
| 2 – 4 | 0.15 ± 0.02 | 0.15 ± 0.03 | 4.16 ± 0.28 | 1.97 ± 0.19 | 0.13 ± 0.01 | 0.16 ± 0.03 |
| 4 – 6 | 0.14 ± 0.01 | 0.16 ± 0.01 | 0.26 ± 0.03 | 0.20 ± 0.03 | 0.13 ± 0.01 | 0.14 ± 0.02 |
| 6 – 8 | 0.14 ± 0.01 | 0.15 ± 0.02 | 0.25 ± 0.04 | 0.16 ± 0.01 | 0.14 ± 0.01 | 0.16 ± 0.02 |
| 8 – 10 | 0.13 ± 0.02 | 0.16 ± 0.02 | 0.20 ± 0.01 | 0.18 ± 0.02 | 0.13 ± 0.02 | 0.13 ± 0.01 |
| 10 – 15 | 0.14 ± 0.01 | 0.15 ± 0.02 | 0.20 ± 0.02 | 0.15 ± 0.01 | 0.14 ± 0.01 | 0.14 ± 0.02 |
| 15 – 20 | - | - | 0.23 ± 0.03 | 0.14 ± 0.01 | - | - |

ที่มา : ผลการวิเคราะห์ด้วย HPLC

หมายเหตุ : จุดที่ 1, 2, 5 และ 6 เป็นจุดเก็บตัวอย่างดินบริเวณริมบ่อเลี้ยงกุ้ง

จุดที่ 3 และ 4 เป็นจุดเก็บตัวอย่างดินบริเวณกลางบ่อเลี้ยงกุ้ง

ตารางที่ 4.10 ปริมาณความเข้มข้นของคลอแรมเฟนิคอลในดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งสถานี H (บ่อกุ้งกำลังเลี้ยง)

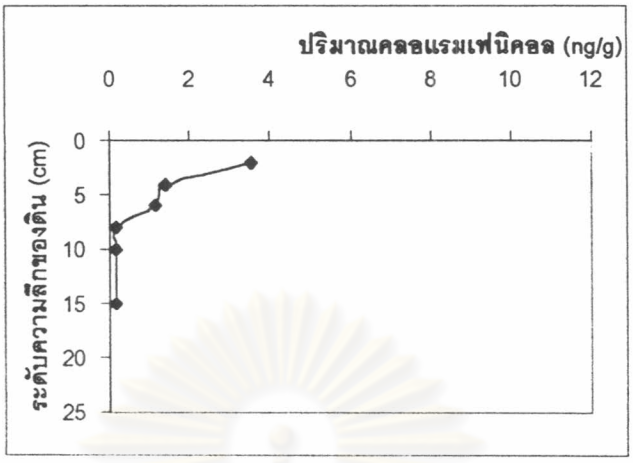
| ระดับความลึก (cm) | ปริมาณของคลอแรมเฟนิคอล (ng/g) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | จุดที่ H 1 | จุดที่ H 2 | จุดที่ H 3 | จุดที่ H 4 | จุดที่ H 5 |
| 0 – 2 | 0.17 ± 0.01 | 0.20 ± 0.03 | 11.79 ± 0.49 | 0.21 ± 0.04 | 0.55 ± 0.07 |
| 2 – 4 | 0.17 ± 0.03 | 0.18 ± 0.02 | 4.98 ± 0.34 | 0.20 ± 0.02 | 0.47 ± 0.05 |
| 4 – 6 | 0.12 ± 0.01 | 0.15 ± 0.01 | 1.22 ± 0.05 | 0.19 ± 0.02 | 0.20 ± 0.03 |
| 6 – 8 | 0.12 ± 0.01 | 0.13 ± 0.01 | 0.33 ± 0.03 | 0.18 ± 0.02 | 0.21 ± 0.03 |
| 8 – 10 | 0.13 ± 0.02 | 0.12 ± 0.01 | 0.22 ± 0.02 | 0.19 ± 0.03 | 0.20 ± 0.01 |
| 10 – 15 | 0.12 ± 0.01 | - | 0.15 ± 0.02 | 0.17 ± 0.01 | 0.16 ± 0.02 |

ที่มา : ผลการวิเคราะห์ด้วย HPLC

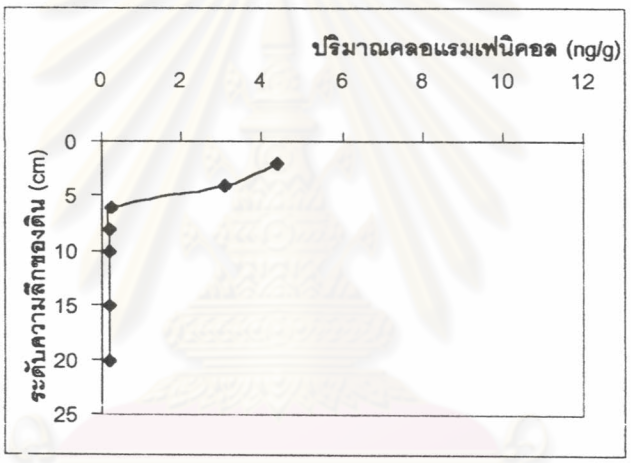
หมายเหตุ : จุดที่ 1, 2 และ 4 เป็นจุดเก็บตัวอย่างดินบริเวณริมบ่อเลี้ยงกุ้ง

จุดที่ 3 เป็นจุดเก็บตัวอย่างดินบริเวณกลางบ่อเลี้ยงกุ้ง

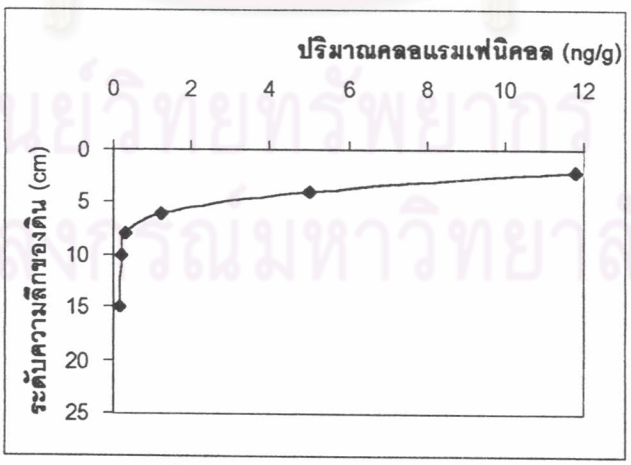
จุดที่ 5 เป็นจุดเก็บตัวอย่างดินกองเลนตากแห้งใกล้บ่อเลี้ยงกุ้ง




(ก) บ่อเลี้ยงกุ้ง สถานี F (หลังจากตากแห้ง 10 วัน)




(ข) บ่อเลี้ยงกุ้ง สถานี G (เตรียมเลี้ยง)

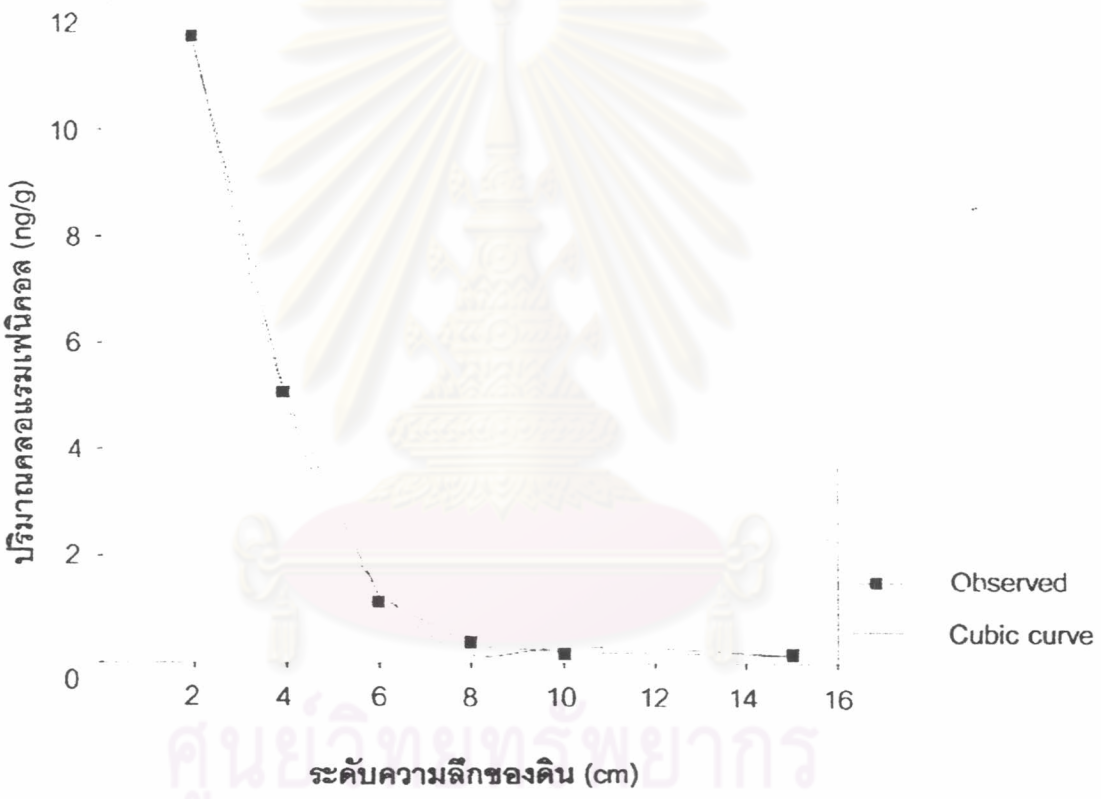



(ค) บ่อเลี้ยงกุ้ง สถานี H (บ่อกุ้งกำลังเลี้ยง)

รูปที่ 4.12 การกระจายตัวตามแนวดิ่งของคลอแรมเฟนิคอลตามระดับความลึกของดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.6-4.10 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินจากสถานีควบคุม บ่อน้ำทิ้งจากบ่ออนุบาลลูกกุ้ง และบ่อเลี้ยงกุ้ง ยกเว้นสถานีควบคุมบริเวณบ้านพักอาศัย นำมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินต่อระดับความลึกของดิน พบว่า มีความสัมพันธ์ในรูปแบบ Cubic ให้ค่า $R^2$ ในช่วง 0.94-1.00 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 4.13




รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินกับระดับความลึกของดินในรูปแบบ Cubic (สถานี H จุดที่ H3 บ่อกุ้งบริเวณกลางบ่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 4.4 ผลการเปรียบเทียบปริมาณของคลอแรมเฟนิคอลในดินจากสถานีต่างๆ

จากข้อมูลในตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินตามสถานีต่างๆ นำมาเปรียบเทียบปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินตามระดับความลึก และปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินที่ระดับความลึก 0-2 เซนติเมตรทั้ง 8 สถานีมาเปรียบเทียบกัน

ตารางที่ 4.11 ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินที่ระดับความลึกแตกต่างกัน ตามสถานีต่างๆ

| ระดับความลึก (cm) | ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในสถานี (ng/g) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | สถานีควบคุม | | | บ่อน้ำทิ้ง | | บ่อเลี้ยงกุ้ง (จุดกลางบ่อ) | | |
| | A | B | C | D | E | F | G | H |
| 0-2 | 0.20 | 0.16 | 5.93 | 1.80 | 12.33 | 3.54 | 4.40 | 11.79 |
| 2-4 | 0.17 | 0.19 | 3.35 | 0.98 | 3.24 | 1.40 | 3.07 | 4.98 |
| 4-6 | 0.19 | 0.15 | 0.92 | 0.21 | 0.49 | 1.15 | 0.23 | 1.22 |
| 6-8 | 0.18 | 0.18 | 0.22 | 0.20 | 0.17 | 0.17 | 0.20 | 0.33 |
| 8-10 | 0.18 | 0.19 | 0.14 | 0.20 | 0.13 | 0.13 | 0.19 | 0.22 |
| 10-15 | 0.18 | 0.18 | - | 0.18 | - | 0.14 | 0.18 | 0.15 |
| 15-20 | - | - | - | 0.18 | - | - | 0.18 | - |

จากข้อมูลในตารางที่ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินตามระดับความลึก พบว่า ในสถานี A และ B มีปริมาณคลอแรมเฟนิคอลใกล้เคียงกันในทุกระดับความลึก แต่ในสถานี C-H พบว่าที่ระดับความลึก 0-2 เซนติเมตรจากผิวดิน จะมีปริมาณคลอแรมเฟนิคอลสูงที่สุด ซึ่งสูงกว่าดินในทุกระดับความลึก แต่จะมีปริมาณใกล้เคียงกับระดับความลึก 2-4 เซนติเมตร และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณคลอแรมเฟนิคอลในดินที่ระดับความลึก 0-2 เซนติเมตรจากผิวดินตามสถานีต่างๆ พบว่า จะมีความแตกต่างกันทุกสถานี โดยสถานี A และ B จะมีปริมาณคลอแรมเฟนิคอลน้อยที่สุด ประมาณ 0.20 ng/g และสถานี E และ H จะมีปริมาณคลอแรมเฟนิคอลมากที่สุด ประมาณ 12 ng/g ส่วนสถานี C, D, F และ G จะมีปริมาณคลอแรมเฟนิคอลใกล้เคียงกัน ประมาณ 2-6 ng/g ซึ่งจะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับสถานีอื่น

## 4.5 ผลการศึกษาการสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลในดิน และการชะละลายจากดินที่ปนเปื้อนคลอแรมเฟนิคอล

### 4.5.1 ผลการศึกษาการสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลในดิน

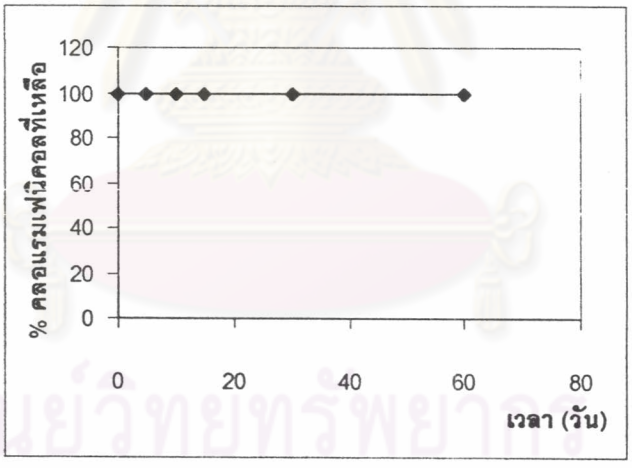
ศึกษาการสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลในดิน โดยศึกษาในสภาวะต่างๆ กัน คือ

#### 4.5.1.1 ผลการสลายตัวโดยเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 °ซ

โดยเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 °ซ เป็นระยะเวลา 0, 5, 10, 15, 30 และ 60 วัน พบว่า การเก็บตัวอย่างดินไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 °ซ ไม่มีผลต่อการสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลในดิน เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีปริมาณการลดลงของคลอแรมเฟนิคอลน้อยมาก ซึ่งในระยะเวลา 10 วันจะไม่มีการสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอล แสดงว่าเมื่อเก็บคลอแรมเฟนิคอลไว้ที่อุณหภูมิ –20 °ซ จะสามารถลดการสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลลงได้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.12 และ รูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.12 การสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลในดินโดยการเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่ –20 °ซ

| เวลา (วัน) | ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลที่พบ (ng/g) | คลอแรมเฟนิคอลที่เหลือ (%) | การสลายตัว (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 26.10 ± 1.09 | 100.00 | 0.00 |
| 5 | 26.10 ± 0.92 | 100.00 | 0.00 |
| 10 | 26.10 ± 0.76 | 100.00 | 0.00 |
| 15 | 26.04 ± 1.20 | 99.89 | 0.11 |
| 30 | 25.95 ± 1.05 | 99.89 | 0.11 |
| 60 | 25.77 ± 0.97 | 99.66 | 0.34 |




รูปที่ 4.14 การสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลเมื่อเก็บไว้ในตู้แช่แข็ง ที่อุณหภูมิ – 20 °ซ

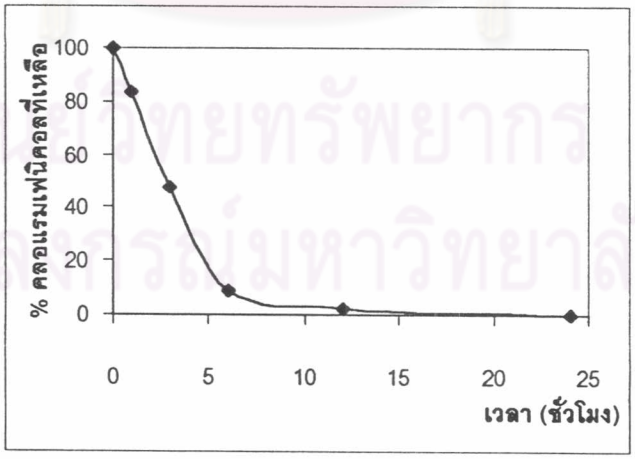
4.5.1.2 ผลการสลายตัวโดยการอบจนแห้ง

โดยอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 °ซ แปรผันเวลา 1, 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ปรากฏว่า คลอแรมเฟนิคอลมีปริมาณลดลงตามระยะเวลาในการอบ เมื่อใช้เวลาในการอบ

1 ชั่วโมง คลอแรมเฟนิคอลสามารถสลายตัวได้ถึง 16.22 % และคลอแรมเฟนิคอลสามารถสลายตัวได้ 100 % ภายในเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งแสดงว่า ความร้อนมีผลต่อการสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลในดิน โดยความเข้มข้นลดลงเหลือครึ่งหนึ่งเมื่ออบนาน 3 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.15

ตารางที่ 4.13 การสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลในดินโดยการอบจนแห้ง

| เวลา (ชั่วโมง) | ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลที่พบ (ng/g) | คลอแรมเฟนิคอลที่เหลือ (%) | การสลายตัว (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 26.10 ± 1.09 | 100.00 | 0.00 |
| 1 | 21.90 ± 0.95 | 83.88 | 16.12 |
| 3 | 12.60 ± 0.51 | 48.00 | 52.00 |
| 6 | 2.40 ± 0.32 | 9.05 | 90.95 |
| 12 | 0.60 ± 0.08 | 2.49 | 97.51 |
| 24 | 0.00 ± 0.00 | 0.00 | 100.00 |



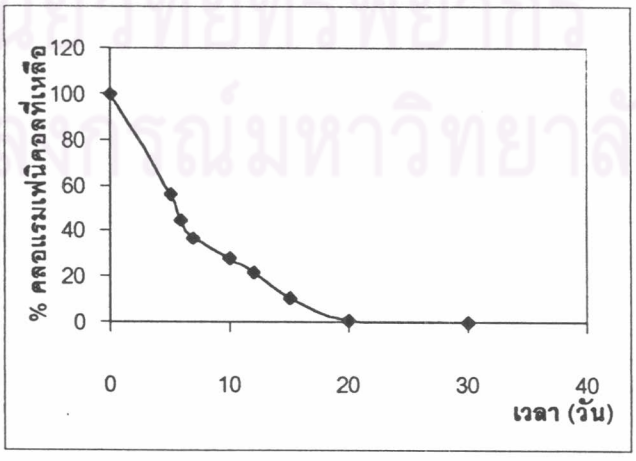

รูปที่ 4.15 การสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลในดิน โดยการอบจนแห้ง

4.2.1.3 ผลการสลายตัวโดยการตากแดดจนแห้ง ในเวลา 5 วัน

ศึกษาโดยแปรผันเวลา 5, 6, 7, 10, 12, 15, 20 และ 30 วัน พบว่า มีปริมาณการสลายตัวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่มีการตากแห้ง ซึ่งคลอแรมเฟนิคอลจะสามารถสลายตัวได้เมื่อถูกแสงสว่าง โดยความเข้มข้นของคลอแรมเฟนิคอลลดลงเหลือครึ่งหนึ่งเมื่อตากแดดนาน 6 วัน ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.16

ตารางที่ 4.14 การสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลในดินโดยการตากแดดจนแห้ง

| เวลา (วัน) | ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลที่พบ (ng/g) | คลอแรมเฟนิคอลที่เหลือ (%) | การสลายตัว (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 26.10 ± 1.09 | 100.00 | 0.00 |
| 5 | 14.40 ± 0.77 | 55.69 | 44.31 |
| 6 | 11.70 ± 0.58 | 45.09 | 54.91 |
| 7 | 9.60 ± 0.52 | 36.84 | 63.16 |
| 10 | 7.20 ± 0.31 | 27.80 | 72.20 |
| 12 | 5.70 ± 0.29 | 21.62 | 78.38 |
| 15 | 2.70 ± 0.12 | 10.91 | 89.09 |
| 20 | 0.30 ± 0.09 | 0.76 | 99.24 |
| 30 | 0.00 ± 0.00 | 0.00 | 100.00 |




รูปที่ 4.16 การสลายตัวของคลอแรมเฟนิคอลในดินโดยการตากแห้ง

### 4.5.2 ผลของการชะละลายจากดินที่ปนเปื้อนคลอแรมเฟนิคอล

ในการศึกษาการชะละลายของคลอแรมเฟนิคอลในดิน พบว่า ในน้ำที่มีสภาพเป็นกรด (pH 5) จะมีการชะละลายของคลอแรมเฟนิคอลในดิน 5.29 % สำหรับน้ำที่มีสภาพเป็นด่าง (pH 8-11) มีการชะละลายของคลอแรมเฟนิคอลในดิน มีค่าเฉลี่ยเป็น 9.32 % ส่วนในน้ำที่มีสภาพเป็นกลาง (pH 7) พบว่าการชะละลายมีค่าเป็น 7.51 % แสดงว่า น้ำที่มีสภาพเป็นด่างมีผลต่อการชะละลายของคลอแรมเฟนิคอลในดินมากที่สุด รองลงมา คือ น้ำที่มีสภาพเป็นกลาง และเป็นกรด ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การชะละลายของคลอแรมเฟนิคอล

| สภาวะของสารละลาย | ปริมาณคลอแรมเฟนิคอลที่พบจากสารละลายที่สกัดได้ (ppb) | การชะละลาย (%) |
|---|---|---|
| pH 5 | 3.97 $\pm$ 0.18 | 5.29 |
| pH 7 | 5.64 $\pm$ 0.20 | 7.51 |
| pH 8 (น้ำกลั่น) | 6.87 $\pm$ 0.15 | 9.15 |
| pH 9 | 7.04 $\pm$ 0.21 | 9.37 |
| pH 11 | 7.08 $\pm$ 0.12 | 9.43 |

หมายเหตุ : ดินควบคุมมีปริมาณคลอแรมเฟนิคอล 75.10 $\pm$ 0.69 ppb

โดยน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง ส่วนใหญ่มีค่า pH ประมาณ 7-9 ดังนั้นจึงมีโอกาสที่จะชะเอาคลอแรมเฟนิคอลที่ปนเปื้อนอยู่ในดินปะปนออกมากับน้ำได้ แต่เมื่อพิจารณาการชะละลายแล้วคลอแรมเฟนิคอล มากกว่า 90% ยังคงอยู่ในดิน ดังนั้นการกำจัดคลอแรมเฟนิคอลควรจะมุ่งไปที่ดินมากกว่า