

## บทที่ 2

### วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

#### 1. สารเคมี

- 1.1 เมทานอล
- 1.2 อะซีโตน
- 1.3 โทลูอิน
- 1.4 เบนซีน
- 1.5 เมทิลเอทิลคีโตน
- 1.6 ไอโซโพรพานอล
- 1.7 hexadecanol
- 1.8 1-octadecanol

#### 2. อุปกรณ์

##### 2.1 ชุดอุปกรณ์การทดลอง ประกอบด้วย

- ถังระเหยขนาด กว้าง 0.4 เมตร ยาว 3.9 เมตร และสูง 0.2 เมตร ซึ่งติดตั้งอยู่ภายใต้อุโมงค์ลมขนาด กว้าง 0.5 เมตร ยาว 4 เมตร และสูง 0.5 เมตร
- แหล่งกำเนิดลม (blower)
- บั๊ม
- อินเวอร์เตอร์ (inverter)
- ถังน้ำร้อน

2.2 แก๊สโครมาโทกราฟี (Hewlett Packard, model 5790A) ประกอบด้วย เฟลมไอออไนเซชัน ดีเทคเตอร์ (Flame Ionization Detector, FID) และ pack column

##### 2.3 เทอร์โมมิเตอร์

##### 2.4 เทอร์โมคัปเปิล เทอร์โมมิเตอร์

##### 2.5 เครื่องวัดความชื้นและความเร็วลม

##### 2.6 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

## 2.7 เครื่องแก้ว

- บีกเกอร์
- หลอดหยด
- หลอดทดลอง
- แท่งแก้วคน
- กระจกตวง
- ปิเปต
- ขวดวัดปริมาตร
- ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 10 ml

## 2.8 ลูกยาง

## 2.9 ขั้วนดักสาร

## 2.10 ชุดกวนผสม

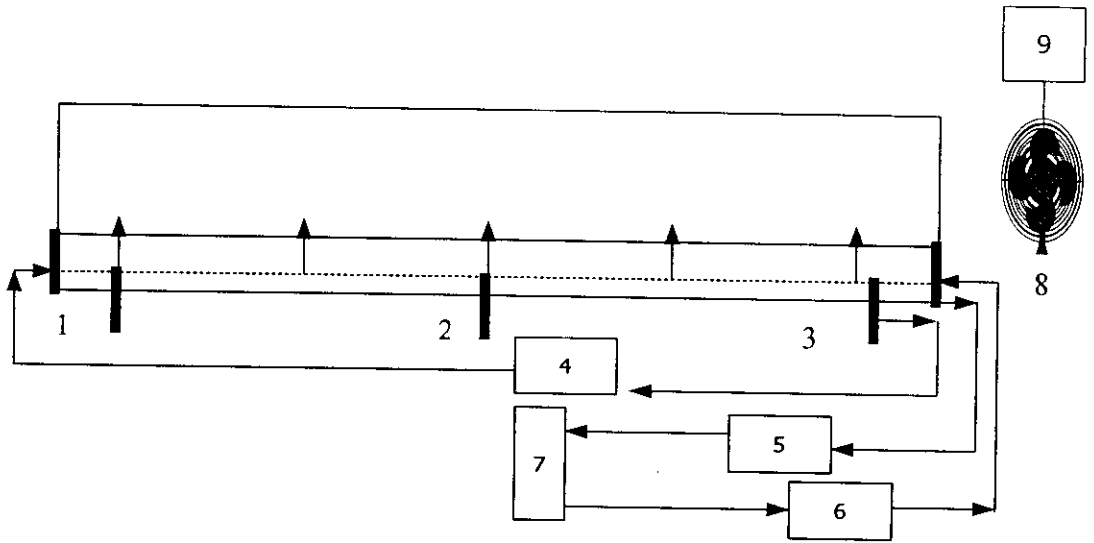
## 2.11 พาราฟิล์มเอ็ม (parafilm M)

## 2.12 ไมโครปิเปต

## 2.13 เครื่องกรองน้ำ activated carbon 0.3 ไมครอน

## 3. วิธีการทดลอง

การระเหยของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile organic compound, VOC) จากแหล่งน้ำเปิด ได้ทำการศึกษาในอุโมงค์ลมขนาด กว้าง 0.5 เมตร ยาว 4 เมตร และสูง 0.5 เมตร ภายในบรรจุถังระเหยที่มีขนาด กว้าง 0.4 เมตร ยาว 3.9 เมตร และสูง 0.2 เมตร ดังแสดงในภาพประกอบ 1 พัดลมจะถูกติดตั้งที่ส่วนท้ายของอุโมงค์ลม ทำหน้าที่ให้กระแสลมพัดผ่านผิวน้ำ โดยความเร็วลมในอุโมงค์ลมสามารถควบคุมได้โดยการปรับความเร็วของมอเตอร์ของพัดลมโดยใช้อินเวอร์เตอร์ ส่วนอุณหภูมิของน้ำในถังระเหยควบคุมโดยใช้น้ำร้อนหล่อในแจ็กเก็ต



ภาพประกอบ 1 ชุดอุปกรณ์การทดลอง (1,2,3 = sampling port, 4 = circulation pump, 5,6 = pump, 7 = hot water tank, 8 = Blower, 9 = inverter)

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ (1) เมทานอล (2) อะซีโตน (3) MEK (4) เบนซีน และ (5) โทลูอีน โดยความเข้มข้นเริ่มต้นของเมทานอล อะซีโตน MEK เบนซีน และโทลูอีน เท่ากับ 1,000 1,000 1,000 500 และ 250 mg/L ตามลำดับ ส่วนสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ได้แก่ hexadecanol และ 1-octadecanol ซึ่งมีสถานะเป็นของแข็ง

### 3.1 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารลดแรงตึงผิวต่อค่า $k_{G,a}$ และ $k_{L,a}$

#### 3.1.1 ผลของชนิดและปริมาณของสารลดแรงตึงผิวที่เติมลงไปต่อค่า $k_{G,a}$

- กรณีไม่มีฟิล์ม

1. เตรียมสารละลายเมทานอลในน้ำให้มีความเข้มข้น 1000 mg/L ปริมาตร 120 ลิตร
2. บั้มสารละลายเมทานอลจากข้อ 1 เข้าสู่ถังระเหย
3. เปิดปั๊มหมุนเวียน (circulation pump) ของถังระเหยให้สารละลายในถังเกิดการไหลเวียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ความเข้มข้นของสารละลายเท่ากันทั่วทั้งถัง
4. เก็บสารละลายตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้น โดยเก็บที่ 3 จุด ตามความยาวของถัง
5. เก็บสารละลายตัวอย่างทุกๆ 2 ชั่วโมง จนสิ้นสุดการทดลอง
6. นำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์หาความเข้มข้น โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

- กรณีที่มีฟิล์ม

1. เตรียมสารละลาย hexadecanol ให้ได้ปริมาณของ hexadecanol ต่อพื้นที่ของการระเหยเท่ากับ  $2.06 \times 10^{-8} \text{ mol/cm}^2$  ( $5 \text{ } \mu\text{g/cm}^2$ ) โดยชั่ง hexadecanol 0.078 กรัม แล้วละลายด้วย isopropanol ปริมาณน้อยที่สุด
2. เตรียมสารละลายเมทานอลในน้ำให้มีความเข้มข้น 1000 mg/L ปริมาตร 120 ลิตร
3. บำรุงสารละลายเมทานอลตามข้อ 2 เข้าถึงระเหย
4. หยดสารละลาย hexadecanol ลงบนผิวน้ำให้ทั่ว แล้วทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าสารลดแรงตึงผิวได้กระจายปกคลุมทั่วผิวน้ำ
5. เปิดปั๊มหมุนเวียน (circulation pump) ให้สารละลายในถังเกิดการไหลเวียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ความเข้มข้นของสารละลายเท่ากันทั่วทั้งถัง
6. เก็บสารละลายตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้น โดยเก็บที่ 3 จุด ตามความยาวของถังเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ข้างต้น
7. เก็บสารละลายตัวอย่างทุกๆ 2 ชั่วโมง จนสิ้นสุดการทดลอง
8. นำสารตัวอย่างไปวิเคราะห์หาความเข้มข้น โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี
9. ทำการทดลองซ้ำเหมือนข้อ 1 – 8 โดยเปลี่ยนปริมาณของ hexadecanol ต่อพื้นที่การระเหยเป็น  $4.12 \times 10^{-8}$ ,  $6.19 \times 10^{-8}$ ,  $8.25 \times 10^{-8}$ ,  $10.31 \times 10^{-8}$ ,  $12.37 \times 10^{-8}$  และ  $14.44 \times 10^{-8} \text{ mol/cm}^2$  (10, 15, 20, 25, 30 และ  $35 \text{ } \mu\text{g/cm}^2$ )
10. ทำการทดลองเหมือนข้อ 1-9 แต่เปลี่ยนชนิดของสารลดแรงตึงผิวจาก hexadecanol เป็น 1-octadecanol
11. นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปคำนวณค่า  $K_{OL,a}$  และ  $k_{G,a}$  ตามสมการที่ (1.7) และ (1.12) ตามลำดับ

3.1.2 ผลของชนิดและปริมาณของสารลดแรงตึงผิวที่เติมลงไปต่อค่า  $k_{L,a}$

ทำการทดลองเช่นเดียวกับการศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวต่อค่า  $k_{G,a}$  แต่ใช้สารละลายโพลีเอทิลีนในน้ำที่ความเข้มข้น 250 mg/L แทนสารละลายเมทานอล และเก็บสารละลายตัวอย่างทุกๆ 1 ชั่วโมง

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปคำนวณค่า  $K_{OL,a}$  และ  $k_{L,a}$  ตามสมการที่ (1.7) และ (1.11) ตามลำดับ

### 3.1.3 ตรวจสอบประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิวในการลดการระเหยของ VOC จากน้ำ

ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับการศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวต่อค่า  $k_{G,a}$  แต่เปลี่ยนชนิดของสารละลาย VOC จากสารละลายเมทานอลในน้ำ มาเป็นสารละลายอะซีโตน MEK และเบนซีนในน้ำ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 1,000 1,000 และ 500 mg/L ตามลำดับ โดยการศึกษานี้ 3 กรณี คือ

1. กรณีที่ไม่มีฟิล์มของสารลดแรงตึงผิว
2. กรณีที่มีฟิล์มของ hexadecanol ในปริมาณเท่ากับ  $10.31 \times 10^{-8} \text{ mol/cm}^2$  ( $25 \text{ }\mu\text{g/cm}^2$ ) ปกคลุมบนผิวน้ำ
3. กรณีที่มีฟิล์มของ 1-octadecanol ในปริมาณเท่ากับ  $5.55 \times 10^{-8} \text{ mol/cm}^2$  ( $15 \text{ }\mu\text{g/cm}^2$ ) ปกคลุมบนผิวน้ำ

## 3.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิของวัฏภาคของเหลวต่อประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิวในการป้องกันการระเหยของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายจากแหล่งน้ำ

### 3.2.1 ผลของอุณหภูมิของวัฏภาคของเหลวต่อค่า $k_{G,a}$

1. เตรียมสารละลาย 1-octadecanol ให้ได้ปริมาณของ 1-octadecanol ต่อพื้นที่ของการระเหยเท่ากับ  $5.55 \times 10^{-8} \text{ mol/cm}^2$  ( $15 \text{ }\mu\text{g/cm}^2$ ) โดยชั่ง 1-octadecanol 0.234 กรัม มาละลายด้วย isopropanol ปริมาณน้อยที่สุด
2. เตรียมสารละลายเมทานอลในน้ำให้มีความเข้มข้น 1000 mg/L ปริมาตร 120 ลิตร
3. บั้มสารละลายเมทานอลเข้าสู่ถังระเหย
4. หยดสารละลาย 1-octadecanol ลงบนผิวน้ำ ทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าสารลดแรงตึงผิวได้กระจายไปปกคลุมทั่วผิวน้ำแล้ว
5. เปิดปั๊มหมุนเวียน (circulation pump) ให้สารละลายในถังเกิดการไหลเวียนอย่างต่อเนื่อง
6. ปั๊มน้ำร้อนเข้าแจ็กเก็ตเพื่อควบคุมให้สารละลายมีอุณหภูมิเท่ากับ  $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$
7. เก็บสารละลายตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้น โดยเก็บที่ 3 จุดเช่นเดียวกัน
8. เก็บสารละลายตัวอย่างทุกๆ 2 ชั่วโมง จนสิ้นสุดการทดลอง
9. นำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์หาความเข้มข้น โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

10. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 - 9 แต่เปลี่ยนอุณหภูมิของสารละลายในถังมาเป็น 40 และ 45 °C
11. นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปคำนวณหาค่า  $K_{OL,a}$  และ  $k_{G,a}$  จากสมการ (1.7) และ (1.12) ตามลำดับ

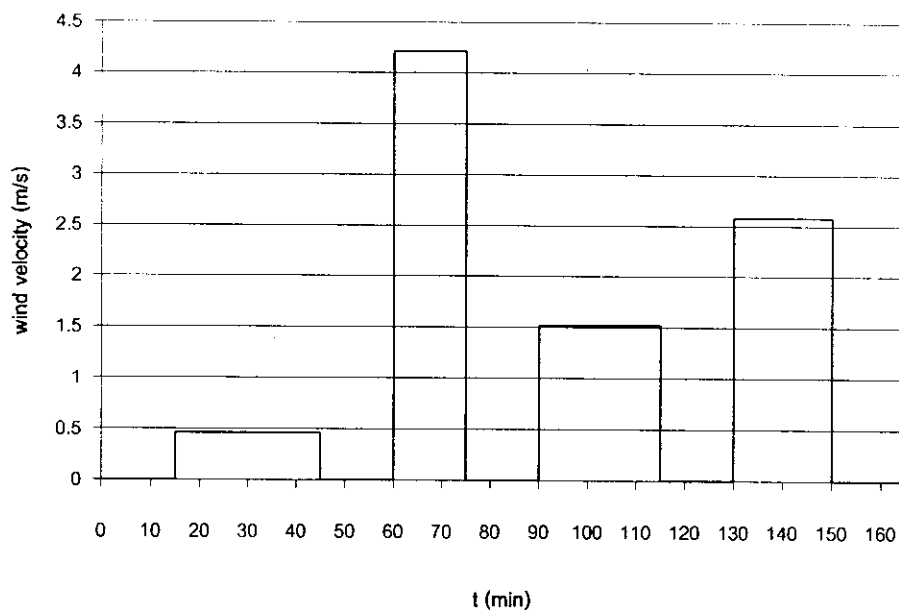
### 3.2.2 ผลของอุณหภูมิของวัฏภาคของเหลวต่อค่า $k_{L,a}$

ทำการทดลองเช่นเดียวกับการศึกษาผลของอุณหภูมิของวัฏภาคของเหลวต่อค่า  $k_{G,a}$  แต่ใช้สารละลายโทลูอีนในน้ำที่ความเข้มข้น 250 mg/L แทนสารละลายเมทานอล และเก็บสารละลายตัวอย่างทุกๆ 1 ชั่วโมง

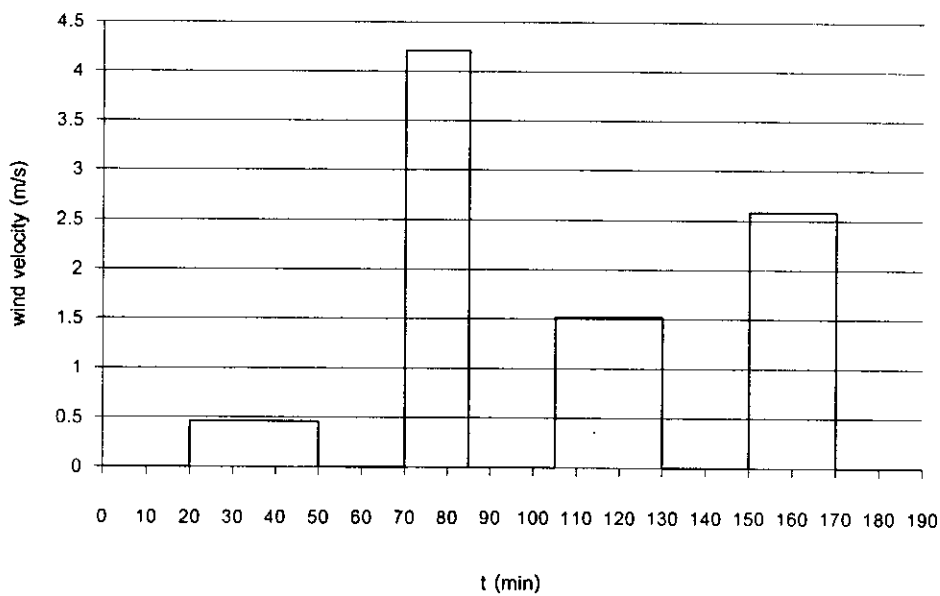
นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปคำนวณหาค่า  $K_{OL,a}$  และ  $k_{L,a}$  จากสมการ (1.7) และ (1.11) ตามลำดับ

### 3.3 ศึกษาผลของความเร็วลมเหนือผิวน้ำต่อประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิวในการป้องกันกระเหยของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายจากแหล่งน้ำ

เนื่องจากสภาวะจริงในธรรมชาติ กระแสลมที่พัดผ่านจะเป็นแบบไม่คงที่และไม่ต่อเนื่องตลอดเวลา มีการพัดและหยุดพัดอย่างไม่เป็นแบบแผนที่แน่นอน ดังนั้นจึงศึกษาอิทธิพลของความเร็วลมในรูปแบบนี้ โดยกำหนดรูปแบบความเร็วลมที่ศึกษา 2 รูปแบบ ซึ่งมีการแปรเปลี่ยนความเร็วลมอยู่ในช่วง 0 – 4.21 m/s โดยควบคุมอุณหภูมิของแหล่งน้ำให้อยู่ที่ 27 °C ดังแสดงในภาพประกอบ 2 และ 3



ภาพประกอบ 2 ความเร็วลมและการกระชอกรูปแบบที่ 1



ภาพประกอบ 3 ความเร็วลมและการกระชอกรูปแบบที่ 2

### ขั้นตอนการทดลอง

- กรณีที่ไม่มีฟิล์มของสารลดแรงตึงผิว และมีความเร็วลมตามรูปแบบที่ 1

1. เตรียมสารละลายเมทานอลในน้ำที่ความเข้มข้น 1000 mg/L ปริมาตร 120 ลิตร
2. บ่มสารละลายตามข้อ 1 เข้าสู่ถังระเหย
3. เปิดปั๊มหมุนเวียน (circulation pump) ให้สารละลายภายในถังเกิดการไหลเวียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ความเข้มข้นของสารละลายเท่ากันทั่วทั้งถัง
4. เก็บสารละลายตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้น โดยเก็บที่ 3 จุด ตามความยาวของถัง
5. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเก็บสารละลายตัวอย่าง
6. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 0.46 m/s เป็นระยะเวลา 30 นาที
7. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
8. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
9. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 4.21 m/s เป็นระยะเวลา 15 นาที
10. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
11. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
12. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 1.52 m/s เป็นระยะเวลา 25 นาที
13. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
14. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
15. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 2.58 m/s เป็นระยะเวลา 20 นาที
16. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
17. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
18. นำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์หาความเข้มข้น โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี
19. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 – 18 แต่เปลี่ยนชนิดของสารละลาย VOC จากสารละลายเมทานอลในน้ำมาเป็นสารละลายโทลูอีนในน้ำ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 250 mg/L



- กรณีที่ไม่มีฟิล์มของสารลดแรงตึงผิว และมีความเร็วลมตามรูปแบบที่ 2

1. เตรียมสารละลายเมทานอลในน้ำที่ความเข้มข้น 1000 mg/L ปริมาตร 120 ลิตร
2. บีบสารละลายตามข้อ 1 เข้าสู่ถังระเหย
3. เปิดปั๊มหมุนเวียน (circulation pump) ให้สารละลายภายในถังเกิดการไหลเวียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ความเข้มข้นของสารละลายเท่ากันทั่วทั้งถัง
4. เก็บสารละลายตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้น โดยเก็บที่ 3 จุด ตามความยาวของถัง
5. ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเก็บสารละลายตัวอย่าง
6. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 0.46 m/s เป็นระยะเวลา 30 นาที
7. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
8. ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
9. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 4.21 m/s เป็นระยะเวลา 15 นาที
10. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
11. ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
12. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 1.52 m/s เป็นระยะเวลา 25 นาที
13. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
14. ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
15. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 2.58 m/s เป็นระยะเวลา 20 นาที
16. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
17. ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
18. นำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์หาความเข้มข้น โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี
19. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 – 18 แต่เปลี่ยนชนิดของสารละลาย VOC จากสารละลายเมทานอลในน้ำมาเป็นสารละลายโทลูอีนในน้ำ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 250 mg/L

- กรณีที่มีฟิล์มของสารลดแรงตึงผิว และมีความเร็วลมตามรูปแบบที่ 1

1. เตรียมสารละลาย hexadecanol ให้ได้ปริมาณของ hexadecanol ต่อพื้นที่ผิวของการระเหยเท่ากับ  $10.31 \text{ mol/cm}^2$  ( $25 \text{ } \mu\text{g/cm}^2$ ) โดยชั่ง hexadecanol 0.390 กรัม แล้วละลายด้วย isopropanol ในปริมาณน้อยที่สุด

2. เตรียมสารละลายเมทานอลในน้ำที่ความเข้มข้น 1000 mg/L ปริมาตร 120 ลิตร

3. ป้อนสารละลายตามข้อ 1 เข้าสู่ถังระเหย

4. หยดสารละลาย hexadecanol ลงบนผิวน้ำ แล้วทิ้งไว้ 30 นาที

5. เปิดปั๊มหมุนเวียน (circulation pump) ให้สารละลายภายในถังเกิดการไหลเวียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ความเข้มข้นของสารละลายเท่ากันทั่วทั้งถัง

6. เก็บสารละลายตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้น โดยเก็บที่ 3 จุด ตามความยาวของถัง

7. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเก็บสารละลายตัวอย่าง

8. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 0.46 m/s เป็นระยะเวลา 30 นาที

9. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย

10. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย

11. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 4.21 m/s เป็นระยะเวลา 15 นาที

12. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย

13. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย

14. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 1.52 m/s เป็นระยะเวลา 25 นาที

15. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย

16. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย

17. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 2.58 m/s เป็นระยะเวลา 20 นาที

18. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย

19. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย

20. นำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์หาความเข้มข้น โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

21. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 – 20 แต่เปลี่ยนชนิดของสารละลาย VOC จากสารละลาย เมทานอลในน้ำมาเป็นสารละลายโทลูอีนในน้ำ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 250 mg/L

22. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 – 20 แต่เปลี่ยนชนิดของสารลดแรงตึงผิวจาก hexadecanol มาเป็นสารละลาย 1-octadecanol ที่มีปริมาณ 1-octadecanol ต่อพื้นที่ผิวการ ระเหยเท่ากับ  $5.55 \times 10^{-8} \text{ mol/cm}^2$  ( $15 \mu\text{g/cm}^2$ )

23. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 – 20 แต่เปลี่ยนชนิดของสารละลาย VOC จากสารละลาย เมทานอลในน้ำมาเป็นสารละลายโทลูอีนในน้ำที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 250 mg/L และเปลี่ยนชนิด ของสารลดแรงตึงผิวจาก hexadecanol มาเป็นสารละลาย 1-octadecanol ที่มีปริมาณ 1-octadecanol เท่ากับ  $5.55 \times 10^{-8} \text{ mol/cm}^2$  ( $15 \mu\text{g/cm}^2$ )

- กรณีที่มีฟิล์มของสารลดแรงตึงผิว และมีความเร็วลมตามรูปแบบที่ 2

1. เตรียมสารละลาย hexadecanol ให้ได้ปริมาณของ hexadecanol ต่อพื้นที่ผิวของการ ระเหยเท่ากับ  $10.31 \times 10^{-8} \text{ mol/cm}^2$  ( $25 \mu\text{g/cm}^2$ ) โดยชั่ง hexadecanol 0.390 กรัม แล้ว ละลายด้วย isopropanol ในปริมาณน้อยที่สุด

2. เตรียมสารละลายเมทานอลในน้ำที่ความเข้มข้น 1000 mg/L ปริมาตร 120 ลิตร

3. บั้มสารละลายตามข้อ 1 เข้าสู่ถังระเหย

4. หยดสารละลาย hexadecanol ลงบนผิวน้ำ แล้วทิ้งไว้ 30 นาที

5. เปิดปั๊มหมุนเวียน (circulation pump) ให้สารละลายภายในถังเกิดการไหลเวียนอย่าง ต่อเนื่อง เพื่อให้ความเข้มข้นของสารละลายเท่ากันทั่วทั้งถัง

6. เก็บสารละลายตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้น โดยเก็บที่ 3 จุด ตามความยาวของถัง

7. ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเก็บสารละลายตัวอย่าง

8. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 0.46 m/s เป็นระยะเวลา 30 นาที

9. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย

10. ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย

11. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 4.21 m/s เป็นระยะเวลา 15 นาที

12. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย

13. ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย

14. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 1.52 m/s เป็นระยะเวลา 25 นาที
  15. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
  16. ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
  17. เปิดอินเวอร์เตอร์ควบคุมพัดลมให้เกิดกระแสลมพัดผ่านผิวน้ำด้วยความเร็ว 2.58 m/s เป็นระยะเวลา 20 นาที
  18. ปิดอินเวอร์เตอร์ แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
  19. ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเก็บตัวอย่างสารละลาย
  20. นำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์หาความเข้มข้น โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี
  21. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 – 20 แต่เปลี่ยนชนิดของสารละลาย VOC จากสารละลาย เมทานอลในน้ำมาเป็นสารละลายโทลูอินในน้ำ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 250 mg/L
  22. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 – 20 แต่เปลี่ยนชนิดของสารลดแรงตึงผิวจาก hexadecanol มาเป็นสารละลาย 1-octadecanol ที่มีปริมาณ 1-octadecanol ต่อพื้นที่ผิวการระเหยเท่ากับ  $5.55 \times 10^{-8} \text{ mol/cm}^2$  ( $15 \mu\text{g/cm}^2$ )
  23. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 – 20 แต่เปลี่ยนชนิดของสารละลาย VOC จากสารละลาย เมทานอลในน้ำมาเป็นสารละลายโทลูอินในน้ำที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 250 mg/L และเปลี่ยนชนิดของสารลดแรงตึงผิวจาก hexadecanol มาเป็นสารละลาย 1-octadecanol ที่มีปริมาณ 1-octadecanol เท่ากับ  $5.55 \times 10^{-8} \text{ mol/cm}^2$  ( $15 \mu\text{g/cm}^2$ )
- เมื่อได้ค่าความเข้มข้นที่เวลาต่างๆ แล้วนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลรวมเฉลี่ย เมื่อเทียบกับวัฏภาคของเหลว ( $K_{OL,a,avg}$ ) เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีฟิล์มของสารลดแรงตึงผิวน้ำ

### 3.4 การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

การหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างที่เวลาต่างๆ โดยใช้แก๊สโครมาโทกราฟีในการวิเคราะห์ โดยวิธี Internal Standardization ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้หาปริมาณของสารได้ถูกต้องที่สุด

#### 3.4.1 การเตรียม calibration curve ของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย

- calibration curve ของสารละลายเมทานอลมาตรฐาน

1. เตรียมสารละลาย isopropanol ในน้ำให้มีความเข้มข้น 800 mg/L ใช้เป็นสารละลาย internal standard

2. เตรียมสารละลายเมทานอลมาตรฐานในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 200, 400, 600, 800 และ 1,000 mg/L

3. ผสมสารละลาย isopropanol (จากข้อ 1) กับสารละลายเมทานอล (จากข้อ 2) อย่างละ 5 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน

4. นำส่วนผสมจากข้อ 3 ไปฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี โดยสภาวะที่วิเคราะห์ คือ

- FID ทำงานที่อุณหภูมิ 300 °C
- อุณหภูมิของ injection port เท่ากับ 250 °C
- อุณหภูมิของ oven เท่ากับ 60 °C
- อัตราการไหลของแก๊สพาเท่ากับ 20 ml.min<sup>-1</sup>

จะได้พื้นที่ใต้พีกของสารละลายมาตรฐานและสารละลาย internal standard

5. หาอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกจากสูตร

$$\text{อัตราส่วนของพื้นที่ใต้พีก} = \frac{\text{พื้นที่ใต้พีกของสารละลายมาตรฐาน}}{\text{พื้นที่ใต้พีกของสารละลาย internal standard}} \quad (2.3.4.1)$$

6. เขียนกราฟระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกกับความเข้มข้นของสารละลายเมทานอลมาตรฐาน

- calibration curve ของสารละลายอะซีโตนมาตรฐาน

1. เตรียมสารละลายเมทิลเอทิลคีโตนในน้ำให้มีความเข้มข้น 800 mg/L ใช้เป็นสารละลาย internal standard

2. เตรียมสารละลายอะซีโตนมาตรฐานในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 200, 400, 800 และ 1,000 mg/L

3. ผสมสารละลายเมทิลเอทิลคีโตน (จากข้อ 1) กับสารละลายอะซีโตน (จากข้อ 2) อย่างละ 5 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน

4. นำส่วนผสมจากข้อ 3 ไปฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี โดยสภาวะที่วิเคราะห์ คือ

- FID ทำงานที่อุณหภูมิ 300 °C
- อุณหภูมิของ injection port เท่ากับ 250 °C
- อุณหภูมิของ oven เท่ากับ 60 °C
- อัตราการไหลของแก๊สพาเท่ากับ 20 ml.min<sup>-1</sup>

จะได้พื้นที่ใต้พีกของสารละลายมาตรฐานและสารละลาย internal standard

5. หาอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกจากสมการ (2.3.4.1)

6. เขียนกราฟระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกกับความเข้มข้นของสารละลายอะซีโตนมาตรฐาน

- calibration curve ของสารละลายโทลูอีนมาตรฐาน

1. เตรียมสารละลายเบนซีนในน้ำให้มีความเข้มข้น 100 mg/L ใช้เป็นสารละลาย internal standard

2. เตรียมสารละลายโทลูอีนมาตรฐานในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 50, 100, 150 และ 200 mg/L

3. ผสมสารละลายเบนซีน (จากข้อ 1) กับสารละลายโทลูอีน (จากข้อ 2) อย่างละ 5 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน

4. นำส่วนผสมจากข้อ 3 ไปฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี โดยสภาวะที่วิเคราะห์ คือ

- FID ทำงานที่อุณหภูมิ 300 °C
- อุณหภูมิของ injection port เท่ากับ 250 °C
- อุณหภูมิของ oven เท่ากับ 100 °C
- อัตราการไหลของแก๊สพาเท่ากับ 20 ml.min<sup>-1</sup>

จะได้พื้นที่ใต้พีกของสารละลายมาตรฐานและสารละลาย internal standard

5. หาอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกจากสมการ (2.3.4.1)

6. เขียนกราฟระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกกับความเข้มข้นของสารละลายโทลูอีนมาตรฐาน

- calibration curve ของสารละลายเมทิลเอทิลคีโตนมาตรฐาน

1. เตรียมสารละลายอะซีโตนในน้ำให้มีความเข้มข้น 1000 mg/L ใช้เป็นสารละลาย internal standard

2. เตรียมสารละลายเมทิลเอทิลคีโตนมาตรฐานในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 200, 400, 600, 800 และ 1,000 mg/L

3. ผสมสารละลายอะซีโตน (จากข้อ 1) กับสารละลายเมทิลเอทิลคีโตน (จากข้อ 2) อย่างละ 5 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน

4. นำส่วนผสมจากข้อ 3 ไปฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี โดยสภาวะที่วิเคราะห์ คือ

- FID ทำงานที่อุณหภูมิ 300 °C
- อุณหภูมิของ injection port เท่ากับ 250 °C
- อุณหภูมิของ oven เท่ากับ 60 °C
- อัตราการไหลของแก๊สพาเท่ากับ 20 ml.min<sup>-1</sup>

จะได้พื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานและสารละลาย internal standard

5. หาอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคจากสมการ (2.3.4.1)

6. เขียนกราฟระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของสารละลายเมทิลเอทิลดี

โตนมาตรฐาน

### 3.4.2 หาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

1. เตรียมสารละลาย internal standard
2. นำสารละลายตัวอย่างที่เก็บที่เวลาต่างๆ มาผสมกับสารละลาย internal standard อย่างละ 5 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน
3. นำสารละลายที่ผสมแล้วจากข้อ 2 มาฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี
4. หาอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคจากสูตร

$$\text{อัตราส่วนของพื้นที่ใต้พีค} = \frac{\text{พื้นที่ใต้พีคของสารละลายตัวอย่าง}}{\text{พื้นที่ใต้พีคของสารละลาย internal standard}} \quad (2.3.4.2)$$

5. นำค่าที่ได้ไปหาความเข้มข้นของ VOC ได้ จาก calibration curve