

การวิเคราะห์เชิงปริมาณโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน
ที่ปนเปื้อนในดินบริเวณที่มีการเผาขยะมูลฝอยในที่โล่งแจ้ง



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49285
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2547

| |
|--------|
| b..... |
| i..... |

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Semi-Quantitative Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
Contaminated in Soil at Opened Burning Rubbish Area**



**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science
Department of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**

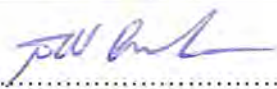
2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การวิเคราะห์เชิงกึ่งปริมาณ โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน
 ที่ปนเปื้อนในดินบริเวณที่มีการเผาขยะมูลฝอยในที่โล่งแจ้ง
นักศึกษา นางสาววิพรรณ ทองห่อ
 นางสาว อาภาพรรณ ชัญไพศาล
 นางสาว อูมาพร อนันควานิช
ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กัลลินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์
 ดร. สุวรรณณี จรรยาพูน

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

| คณะกรรมการตรวจสอบ | ลายมือชื่อ |
|---|--|
| ประธานกรรมการ ดร. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย |  |
| กรรมการ ดร. อสารัตน์ กักดีสุคนธ์ |  |
| กรรมการ อาจารย์กัลลินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ |  |
| กรรมการ ดร. สุวรรณณี จรรยาพูน |  |


 (รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย)
 หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|----------------------|---|
| หัวข้อโครงการพิเศษ | การวิเคราะห์เชิงกึ่งปริมาณ โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนในดินบริเวณที่มีการเผาขยะมูลฝอยในที่โล่งแจ้ง |
| นักศึกษา | รวิพรรณ ทองห่อ อาภาพรรณ ชัญไพศาล อุมาพร อนันควานิช |
| ภาควิชา | เคมี คณะวิทยาศาสตร์ |
| สาขาวิชา | เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม |
| ปีการศึกษา | 2545 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | อ. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | ดร.สุวรรณี จรรยาพูน |

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวิเคราะห์เชิงกึ่งปริมาณของ โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) ในดิน โดยทำการศึกษาดินบริเวณที่มีการเผาขยะมูลฝอยในที่โล่งแจ้ง ซึ่งทำการศึกษาหาปริมาณของพีเอเอชทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ พีแนนทริน ฟลูโอแรนทริน ไพรีน และเบนโซ[เอ]ไพรีน โดยนำตัวอย่างดินมาทำการสกัดด้วยวิธีการซอกซ์เลตเป็นเวลา 24 ชั่วโมงใช้สารละลายไดคลอโรมีเทนเป็นตัวสกัด หลังจากนั้นนำไประเหยไดคลอโรมีเทนออกจนเหลือประมาณ 2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเฮกเซน 10 มิลลิลิตรและนำไประเหยต่อจนเหลือปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปแยกสาร โดยใช้คอลัมน์โครมาโทกราฟีโดยใช้ตัวชะละลายที่ได้จากการทำโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง ในที่นี้คือใช้เฮกเซน 100 เปอร์เซ็นต์ นำเฮกเซน 100 มิลลิลิตร ชะผ่านคอลัมน์โครมาโทกราฟี จากนั้นเก็บสารละลายที่ชะผ่านคอลัมน์ ทุกๆ 10 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์หาพีเอเอช โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง พบว่าที่ปริมาตร 40, 50 และ 60 มิลลิลิตร จะพบพีเอเอชนำสารละลายที่ได้มารวมกัน แล้วระเหยตัวทำละลายออกจนเหลือปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์หาชนิด และปริมาณพีเอเอชด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีตัววัดสัญญาณชนิดฟลูออโรสเซนซ์

จากการศึกษาหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน โดยเติมสารละลายมาตรฐานผสมของพีเอเอชทั้ง 4 ชนิดที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็มลงในดิน หมักเป็นเวลา 7 วัน ในที่มีดิน พบว่าเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนของ พีแนนทริน ฟลูโอแรนทริน ไพรีน เท่ากับ 92.72 เปอร์เซ็นต์, 80.00 เปอร์เซ็นต์, 82.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเบนโซ[เอ]ไพรีน ไม่สามารถตรวจวัดได้ การวิเคราะห์หาปริมาณพีเอเอช ในตัวอย่างดินบริเวณที่มีการเผาขยะ โดยการสุ่มตัวอย่างดินจำนวน 5 จุด มาผสมกัน พบว่ามี พีเอเอชปนเปื้อนในตัวอย่างดินเพียงชนิดเดียวคือ พีแนนทริน มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 2.9×10^3 มิลลิกรัมพีแนนทรินต่อน้ำหนักดิน 1 กิโลกรัม

คำสำคัญ : พีเอเอช, เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟต์วักต์สัญญาณชนิดเฟลมไอออไนเซชัน, ดิน, ขยะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|-----------------------------------|--|
| Special Project Title | Semi-Quantitative Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Contaminated in Soil at Open Burning Rubbish Area |
| Name | Raviphan Thonghor Apan Chatpaisarn Umaporn Anankavanich |
| Department | Chemistry |
| Program | Environmental Resource |
| Academic Year | 2002 |
| Special Project Advisor | Arjam Klinsukon Suwannarat |
| Special Project Co-Advisor | Dr. Suwannee Junyapoon |

ABSTRACT

This special project aims to study semi-quantitative analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) contaminated in soil at open burning rubbish area. In this study, Phenanthrene, Fluoranthene, Pyrene and Benzo[a]pyrene were observed. Soil samples were extracted with dichloromethane for 24 hours by using soxhlet extraction. The extracts was concentrated to 2 ml by using a rotary evaporator. The extracted sample was dissolved in 10 ml of hexane and then was evaporated until the volume was concentrated to 2 ml. Subsequently it was roughly separated using column chromatography. Silica gel was used as packing materials. The optimum eluting solvent was studied by using Thin – Layer Chromatography (TLC). It was found that 100% hexane was a suitable solvent. 100 ml of hexane were passed through the column and each 10 ml of the eluent was taken to analyze PAHs using TLC technique. It was found that PAHs were detected in the eluent at 40 ml, 50 ml and 60 ml. The eluents contained PAHs were mixed and evaporated to 2 ml, then analyzed by using Gas Chromatograph - Flame Ionization Detector (GC-FID).

From the study, % recovery of PAHs was analyzed by adding 10 ppm of mixed PAHs standard solutions into a soil sample and incubated at dark place for 7 days, then extracted PAHs with the method mentioned above. It was found that % recovery of Phenanthrene, Fluoranthene,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pyrene were 92.72 %, 80.00 % and 82.72 %, respectively. While Benzo[*a*]pyrene was not detected. Five soil samples were taken randomly from an open burning rubbish area and used as a contaminated PAHs soil sample. Only Phenanthrene was detected and the mean concentration of Phenanthrene was 2.9×10^{-3} milligrams of Phenanthrene / soil 1 kilogram.

Keywords : PAHs, GC-FID , Soil, Rubbish



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยคำแนะนำ การช่วยเหลือ และความเอาใจใส่ดูแลจาก อาจารย์ก่ลินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมโครงการพิเศษ และ คร. สุวรรณิ จรรยาพูน ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ร่วมควบคุมโครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย และ คร.อุสารัตน์ ภักดีสุข อาจารย์และคณะกรรมการ ตรวจสอบโครงการพิเศษ ที่กรุณาตรวจทานแก้ไขโครงการพิเศษฉบับนี้ให้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ สำหรับสารมาตรฐานในการทำโครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ตะวัน สุขน้อย ในคำแนะนำ และความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ

ขอขอบพระคุณ ดร.พัชนี เจริญยิ่ง ในคำแนะนำ เครื่องมืออุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในวิธีโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง

ขอขอบคุณ คุณชาติรี เวชวิชชนอง สำหรับคำแนะนำในการใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ น้อง และเพื่อนนักศึกษาทุกท่านที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนการทำโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด

นอกจากนี้ขอขอบคุณบุคคลท่านอื่นๆ ที่ให้ความกรุณาช่วยเหลือซึ่งผู้จัดทำมิได้กล่าวถึงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

รวิพรรณ ทองห่อ

อาภาพรรณ ชัญไพศาล

อุมาพร อนันตวานิช

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | จ |
| สารบัญ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ณ |
| สารบัญรูป | ญ |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 2 |
| 1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน | 2 |
| 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ | |
| 2.1 ไฟลิวไฮคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน | 3 |
| 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน | 8 |
| 2.3 การสกัด PAHs (Extraction of PAHs) | 9 |
| 2.4 การแยกสาร โดยใช้วิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี | 9 |
| 2.5 การวิเคราะห์ | |
| 2.5.1 การแยกสารเบื้องต้นโดยโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง | 10 |
| 2.5.2 แก๊สโครมาโทกราฟี | 11 |
| 2.5.3 เฟลมไอออไนเซชัน ดีเทคเตอร์ (Flame Ionization Detector , FID) | 17 |
| 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 19 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย | |
| 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง | 23 |
| 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง | |
| 3.2.1 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน | 23 |
| 3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง | 23 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 3.3 การเตรียมเครื่องมือ | |
| 3.3.1 การเตรียมเครื่องมือชอกซ์เลต | 24 |
| 3.3.2 การเตรียมคอลัมน์โครมาโทกราฟี | 25 |
| 3.3.3 การเตรียมเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี | 25 |
| ตัววัดสัญญาณชนิดเฟลม ไอออไนเซชัน | |
| 3.4 การทดลอง | |
| 3.4.1 การหาระบบตัวทำละลายที่เหมาะสมโดยใช้ | 26 |
| กระดาษโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง | |
| 3.4.2 การหาปริมาณของตัวทำละลายที่ระเหย PAHs | 27 |
| 3.4.3 การทำกราฟมาตรฐาน | 27 |
| 3.4.4 การหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน | 27 |
| 3.4.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน | 29 |
| บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์ผล | |
| 4.1 การหาน้ำหนักดินแห้ง | 31 |
| 4.2 การหาระบบตัวทำละลายที่เหมาะสมในการแยกสาร | 32 |
| ด้วยวิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี | |
| 4.3 การหาปริมาณของตัวทำละลายที่ระเหย PAHs | 33 |
| ออกจากคอลัมน์โครมาโทกราฟี | |
| 4.4 การหาเวลาการคงไว้ของสารละลายมาตรฐาน | 34 |
| โดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี | |
| 4.5 การสร้างกราฟมาตรฐาน | 34 |
| 4.6 การหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนของ PAHs ในดิน | 37 |
| 4.7 การวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ในตัวอย่างดิน | 38 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ | |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย | 42 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 43 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| บรรณานุกรม | 44 |
| ภาคผนวก ก การเตรียมสารละลายมาตรฐาน | 47 |
| ภาคผนวก ข ข้อกำหนดในการเก็บตัวอย่างดิน | 49 |
| ภาคผนวก ค ข้อมูลพื้นที่ได้พีคของ PAHs 4 ชนิด จากเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ | 52 |
| ภาคผนวก ง การคำนวณผลการทดลอง | 54 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติและความเป็นพิษของ พีแนนทริน ฟลูโอแรนทีน ไพรีน และ เบนโซ[เอ]ไพรีน | 5 |
| ตารางที่ 2.2 แสดงสารประกอบหรือแก๊สต่างๆที่ไม่ตอบสนองต่อ เฟลมไอออไนเซชัน | 19 |
| ตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินที่ไม่มีการเผาไหม้ | 31 |
| ตารางที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินที่มีการเผาไหม้ | 32 |
| ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณของตัวทำละลายเฮกเซนที่ชะ PAHs กับ การพบ PAHs บนกระดาษ TLC | 33 |
| ตารางที่ 4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนในการเติมสารละลายมาตรฐานลงดิน | 38 |
| ตารางที่ 4.5 แสดงพื้นที่ใต้พีคของตัวอย่างดินที่มีการเผาไหม้เป็นจำนวน 5 ตัวอย่าง | 40 |
| ตารางที่ ค.1 แสดงพื้นที่ใต้พีคของพีแนนทริน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม | 52 |
| ตารางที่ ค.2 แสดงพื้นที่ใต้พีคของฟลูโอแรนทีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม | 52 |
| ตารางที่ ค.3 แสดงพื้นที่ใต้พีคของไพรีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม | 53 |
| ตารางที่ ค.4 แสดงพื้นที่ใต้พีคของเบนโซ[เอ]ไพรีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม | 53 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของ PAHs 16 ชนิด ที่ US EPA กำหนด | 3 |
| รูปที่ 2.2 แสดงการปนเปื้อนของดิน | 8 |
| รูปที่ 2.3 แสดงเครื่องสกัดซอกซ์เลต | 9 |
| รูปที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบของคอลัมน์ซิลิกาเจล | 10 |
| รูปที่ 2.5 แสดงเครื่องมือพื้นฐานของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี | 12 |
| รูปที่ 2.6 แสดงการวัดความสูงของพีค | 13 |
| รูปที่ 2.7 แสดงการวัดพื้นที่ใต้พีคของโครมาโทแกรม | 13 |
| รูปที่ 2.8 แสดงการหาพื้นที่นอร์มอลไลเซชัน | 14 |
| รูปที่ 2.9 แสดงตัววัดสัญญาณชนิดฟลอมไอออไนเซชัน (FID) | 18 |
| รูปที่ 4.1 กราฟแสดงระยะทางของ PAHs ในกระดาษ TLC กับเปอร์เซ็นต์เฮกเซนต่อไดคลอโรมีเทน | 32 |
| รูปที่ 4.2 แสดงเวลาการคงไว้ของสารละลายมาตรฐานผสม PAHs ทั้ง 4 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม | 34 |
| รูปที่ 4.3 กราฟแสดงมาตรฐานพีแนทรีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม | 35 |
| รูปที่ 4.4 กราฟแสดงมาตรฐานฟลูโอแรนทีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม | 35 |
| รูปที่ 4.5 กราฟแสดงมาตรฐานไพรีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม | 36 |
| รูปที่ 4.6 กราฟแสดงมาตรฐานเบนโซ[เอ]ไพรีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม | 36 |
| รูปที่ 4.7 กราฟแสดง PAHs ที่ได้จากการหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน | 37 |
| รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ของตัวอย่างดินที่ไม่มีการเผาไหม้ | 39 |
| รูปที่ 4.9 กราฟแสดงพีแนทรีนที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างดิน | 40 |
| รูปที่ ข.1 แสดงลักษณะการเก็บตัวอย่างดิน | 50 |
| รูปที่ ข.2 รูปแสดงพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่ไม่มีการเผาไหม้ | 51 |
| รูปที่ ข.3 รูปแสดงพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่มีการเผาไหม้ | 51 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ในปัจจุบันจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วไปพร้อมกับความเจริญก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในการผลิตเครื่องอุปโภคบริโภคเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ ถึงแม้จะมีข้อดีคือทำให้มนุษย์มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น แต่ข้อเสียที่ตามมาก็คือ สิ่งที่มีมนุษย์ไม่ต้องการ หลังจากการใช้งานแล้วหรือที่เรียกว่า ขยะมูลฝอย เช่น เศษอาหาร พลาสติก กระดาษ โฟม ขวด แก้ว ยาง เป็นต้น ในแต่ละวันได้มีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มการเกิดขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้น การกำจัดขยะมูลฝอยอาจใช้วิธีฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะหรือวิธีเผา อย่างไรก็ตาม ในบางพื้นที่ที่ห่างไกล การเก็บขนมูลฝอยอาจทำได้ไม่ทั่วถึง ทำให้ชุมชนเกิดการกำจัดขยะเอง โดยการเผา ในบริเวณพื้นที่โล่งแจ้ง นอกจากจะเกิดเขม่าควันที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุทางจราจรแล้วการเผาขยะนี้เป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดการปลดปล่อยมลพิษต่าง ๆ ออกมาสู่สิ่งแวดล้อม เช่น เขม่า ควัน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ สารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ อีกมากมาย รวมทั้งสารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ซึ่งทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ได้ ถ้าร่างกายได้รับปริมาณมากเกินไป

สารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs) เป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย สารนี้เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน (IPCS, 1998) หรือจากสารอินทรีย์อื่นๆ เช่น ควันบุหรี่ (Alsberg และคณะ, 1985) รวมทั้งการเผาขยะ PAHs ที่ถูกปล่อยออกจากขบวนการเผาขยะ (US EPA, 1997) จะสามารถสะสมตัวอยู่ในอนุภาคดินซึ่งสามารถปนเปื้อนเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารจากการที่สัตว์ เช่น วัว ควายกินหญ้าที่ปนเปื้อนสารนี้เข้าไป หรืออาจไหลซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ PAHs อาจแพร่กระจายไปกับอากาศ โดยปลิวไปตกมายังพื้นที่อื่น ๆ ทำให้เกิดความเป็นพิษได้ (Alsberg และคณะ, 1985)

PAHs จัดเป็นสารที่ก่อมะเร็ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะหาปริมาณของ PAHs ที่ปนเปื้อนอยู่ในดินบริเวณที่มีการเผาขยะในพื้นที่โล่งแจ้ง ซึ่งเมื่อทำการเผาขยะ PAHs จะถูกปลดปล่อย ออกมาสู่สิ่งแวดล้อมและสะสมอยู่ในดิน ชนิด PAHs ที่สนใจที่จะศึกษาคือ ฟีนแอนทริน (Phenanthrene), ฟลูออแรนทีน (Fluoranthene), ไพรีน (Pyrene) และ เบนโซ[เอ]ไพรีน (Benzo[a]pyrene) การวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ในดินใช้วิธีการสกัด PAHs ออกจากดินด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยวิธีซอกซ์เลต (Soxhlet extraction) หลังจากนั้นทำให้ PAHs เข้มข้นโดยการระเหยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน แล้วใช้คอลัมน์โครมาโทกราฟี (column Chromatography) ในการทำการแยกสารออกจากกัน แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี โดยใช้ตัวตรวจวัดสัญญาณชนิดฟเลมไอออไนเซชัน (Gas Chromatography – Flame Ionization Detector, GC-FID) ซึ่งทำให้ทราบชนิดและปริมาณ PAHs เพื่อที่จะหามาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษ PAHs ออกมาสู่สิ่งแวดล้อมให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหาชนิดและปริมาณ PAHs ที่ปนเปื้อนในดินบริเวณที่มีการเผาขยะมูลฝอย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณ PAHs ที่ปนเปื้อนในดินบริเวณที่ไม่มีการเผาขยะและดินบริเวณที่มีการเผาขยะมูลฝอยในที่โล่งแจ้ง โดยใช้ดินที่ความลึก 0-6 นิ้ว จำนวน 100 กรัม
2. ทำการศึกษาเปรียบเทียบการเรียกกลับคืนของ PAHs ในดิน เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพในการทดลอง

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษา และค้นคว้าข้อมูล
2. ออกแบบการทดลอง และจัดเตรียมอุปกรณ์ และสารเคมี
3. ทำการทดลอง
4. วิเคราะห์ผลการทดลอง
5. สรุป และวิจารณ์ผลการทดลอง

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงชนิดและปริมาณ PAHs ที่ปนเปื้อนในดินบริเวณที่มีการเผาขยะมูลฝอยในที่โล่งแจ้ง
2. เพื่อเป็นข้อมูลที่บ่งชี้ถึงอันตรายที่เกิดจากการเผาขยะมูลฝอยในบริเวณที่โล่งแจ้ง
3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาหาชนิดและปริมาณ PAHs ที่ปนเปื้อนในดินที่มีกิจกรรมอื่น ๆ ต่อไป

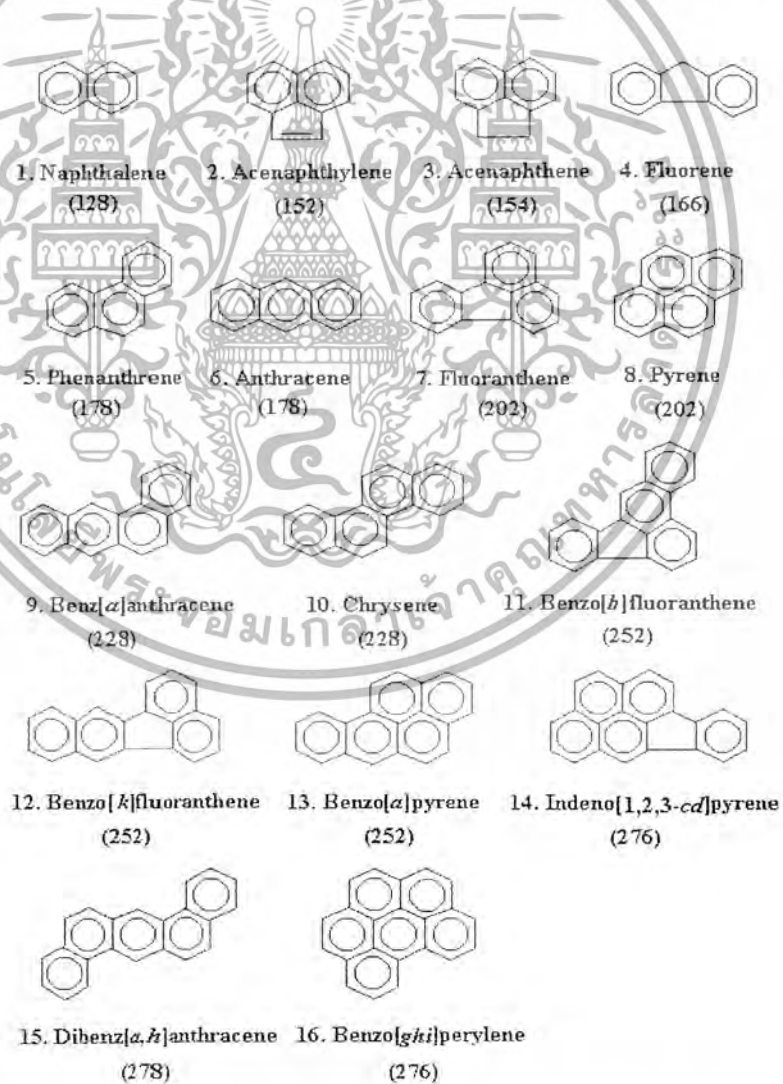
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)

PAHs เป็นกลุ่มสารเคมีที่มีโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยวงอะโรมาติก (aromatic ring) ตั้งแต่ 2 วงเรียงเชื่อมต่อกัน ลักษณะการเชื่อมต่อกันคือวงอะโรมาติก 2 วงที่อยู่ติดกันจะใช้คาร์บอน 2 อะตอมร่วมกัน วงอะโรมาติกอาจมีคาร์บอน 5 หรือ 6 อะตอมก็ได้ วงอะโรมาติกหลายวงมาต่อกันสามารถเกิดเป็นโครงสร้างได้หลายแบบ ซึ่ง PAHs แต่ละชนิดจะมีอันตรายแตกต่างกัน (Goodson Tool, 1997) ตัวอย่างของ PAHs 16 ชนิด ที่กำหนดโดย US EPA แสดงในรูปที่ 2.1 (US EPA, 1984)



รูปที่ 2.1 แสดง PAHs 16 ชนิด ที่กำหนดโดย US EPA (US EPA, 1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PAHs เป็นสารอินทรีย์ที่ปรากฏอยู่ในธรรมชาติ เช่น ในน้ำมันดิบ ถ่านหิน รวมทั้งปรากฏอยู่ในควันจากภูเขาไฟ และสามารถเกิดได้จากการกระทำของมนุษย์ ที่สำคัญคือ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น การเผาไม้ กระจก ยางรถยนต์ หรือการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากซากฟอสซิล และการเผาถ่านหินซึ่งเป็นแหล่งปล่อย PAHs ออกสู่สิ่งแวดล้อมที่สำคัญ (กรมควบคุมมลพิษ, 2539) ในทางอุตสาหกรรมสามารถเกิด PAHs ได้จากการสกัดแยกจากน้ำมันดิน (coal tar) PAHs หลายชนิดมีความสำคัญทางอุตสาหกรรม โดยส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตสารเคมีอื่นๆ เช่น ฟลูโอเรนทีน ใช้ผลิตสีชนิดเรืองแสง ไพริน ใช้ผลิตสีชนิด perinon pigment เป็นต้น (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2538)

PAHs เข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้หลายทางทั้งจากธรรมชาติ เช่น การซึมของน้ำมันดิบจากแหล่งน้ำมันใต้ดิน ไฟไหม้ป่า ภูเขาไฟระเบิดทำให้ PAHs ปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติ ดิน อากาศและจากการกระทำของมนุษย์ที่สำคัญคือ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งนับเป็นกิจกรรมที่สำคัญที่ปล่อย PAHs สู่สิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ซึ่งการเผาไหม้ชนิดไม่สมบูรณ์ก่อให้เกิด PAHs ได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่เผาไหม้และกระบวนการเผาไหม้ (กองจัดการสารอันตราย และ กากของเสีย, 2000)

ในกรณีที่ PAHs ปนเปื้อนในดินการย่อยสลายของ PAHs เกิดจากปฏิกิริยาย่อยสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน (aerobic biodegradation) และการย่อยสลายโดยตรง (photolysis) (Alsberg และคณะ, 1986)

ความเป็นพิษของ PAHs ได้แก่

1. การเป็นสารก่อเกิดมะเร็ง (carcinogenicity)
2. การเป็นสารก่อเกิดการกลายพันธุ์ (mutagenicity)
3. การเป็นสารทำให้เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมี (biochemical interaction)
4. การเป็นสารที่เสริมพิษและต่อต้านพิษ (potentiation and antagonism)
5. การระคายเคืองเบื้องต้น (primary irritation)

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษา PAHs ทั้งหมด 4 ชนิดด้วยกัน คือ พีแนนทริน, ฟลูโอเรนทีน, ไพริน, เบนโซ [เอ]ไพรีน จัดเป็น PAHs ที่ US EPA กำหนด ซึ่งคุณสมบัติและความเป็นพิษ แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติและความเป็นพิษของ ฟีนแอนทริน, ฟลูโอแรนทีน, ไพรีน และ เบนโซ [เอ]ไพรีน (Acoros Organics, 2002); (Carcinogenic PAHs RaPID Assay, 2002)

| ชื่อสารเคมี | |
|--|--|
| ฟีนแอนทริน | ฟลูโอแรนทีน |
| CAS : 85018 | CAS : 20644 |
| สูตรโมเลกุล : $C_{14}H_{10}$ | สูตรโมเลกุล : $C_{16}H_{10}$ |
| มวลโมเลกุล : 178.23 | มวลโมเลกุล : 202.26 |
| จุดหลอมเหลว : 100.5 องศาเซลเซียส | จุดหลอมเหลว : 108.8 องศาเซลเซียส |
| จุดเดือด : 338 องศาเซลเซียส | จุดเดือด : 383 องศาเซลเซียส |
| จุดวาบไฟ : ไม่มีข้อมูล | จุดวาบไฟ : 188 องศาฟาเรนไฮต์ |
| พลังงานที่ใช้ในการระเหย : 52.7 กิโลจูล/โมล | พลังงานที่ใช้ในการระเหย : 66.5 กิโลจูล/โมล |
| ค่าการละลายน้ำ : 7.2×10^{-3} มิลลิโมล/ลิตร | ค่าการละลายน้ำ : 1.3×10^{-3} มิลลิโมล/ลิตร |
| ความดันไอ : 6.8×10^{-6} มิลลิเมตรปรอท | ความดันไอ : 6×10^{-6} มิลลิเมตรปรอท |
| ค่าครึ่งชีวิตจากการย่อยสลายโดยแสง : 174-1000 ชั่วโมง | ค่าครึ่งชีวิตจากการย่อยสลายโดยแสง : 81-1000 ชั่วโมง |
| ลักษณะ : เป็นของแข็งสีน้ำตาลอ่อน | ลักษณะ : เป็นสีเขียวปนเหลืองเมื่ออยู่ในรูปของเหลวมีกลิ่นฉุนอ่อนๆ |
| ความเสถียร : มีความเสถียรในอุณหภูมิห้องและความดันปกติ แต่จะเกิดปฏิกิริยาอย่างรุนแรงกับออกซิไดซิงเอเจนต์ | ความเสถียร : มีความเสถียรในอุณหภูมิห้องและความดันปกติ แต่จะเกิดปฏิกิริยาอย่างรุนแรงกับออกซิไดซิงเอเจนต์ |
| การติดไฟ : สามารถติดไฟได้ถ้าอยู่ใกล้วัตถุต้นกำเนิด เมื่อเกิดการลุกไหม้ของไฟทำการดับโดยใช้น้ำหรือสารเคมีแห้ง | การติดไฟ : สามารถติดไฟได้ถ้าอยู่ใกล้วัตถุต้นกำเนิด เมื่อเกิดการลุกไหม้ของไฟทำการดับ โดยใช้โฟม, สารเคมีแห้ง, คาร์บอนไดออกไซด์, น้ำ |
| ความเป็นพิษ : ถ้าหายใจเอาสารนี้เข้าไปจะเกิดอาการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ เกิดอาการไอ, จาม, เวียนศีรษะและอาจเกิดอาการชัก ถ้ารับประทานสารนี้เข้าไปจะเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินอาหาร เกิดอาการคลื่นเหียนอาเจียน ถ้าสารกระเด็นเข้าตาจะทำให้เกิดการระคายเคือง | ความเป็นพิษ : ถ้าหายใจเอาสารนี้เข้าไปจะเกิดอาการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ปวดศีรษะ หน้ามืดตาลาย และส่งผลต่อระบบประสาท ถ้ารับประทานสารนี้จะเกิด |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| พีแนทรีน | ฟลูโอเรนทีน |
|---|--|
| <p>ปวดแสบปวดร้อน ถ้าสัมผัสสารนี้ในระยะเวลาสั้นจะทำให้ผิวหนังแห้งขาดความชุ่มชื้น</p> <p>ข้อมูลความเป็นพิษ : LD₅₀ = 700-1000 mg/kg ในหนู mouse ได้รับโดยการกิน, LD₅₀ = 56 mg/kg ในหนู mouse ได้รับโดยการฉีดเข้าเส้นเลือด</p> <p>ค่าวิกฤตในดิน : 0.2 - 5.0 พีพีเอ็ม</p> <p>การป้องกัน :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. กรณีสารกระเด็นเข้าตา ควรทำการล้างตาด้วยน้ำไหลผ่านทันทีเป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที จากนั้นรักษาอาการเบื้องต้นก่อนนำส่งแพทย์ 2. กรณีสารสัมผัสผิวหนัง ควรทำความสะอาดบริเวณนั้นด้วยสบู่และล้างด้วยน้ำสะอาดอย่างน้อย 15 นาที ส่วนเสื้อผ้าที่สวมใส่อยู่ควรถอดออก 3. ควรสวมถุงมือและเครื่องแต่งกายที่เหมาะสมก่อนสัมผัสสาร 4. ควรสวมแว่นตานิรภัย 5. กรณีถ้าเกิดอุบัติเหตุหรือรู้สึกไม่สบายควรไปพบแพทย์ทันที | <p>การระคายเคืองต่อกระเพาะอาหาร มีอาการคลื่นไส้อาเจียน ท้องร่วง ถ้าสารกระเด็นเข้าตาทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อตา ถ้าสัมผัสสารนี้ซ้ำ ๆ จะทำให้ผิวหนังแห้งขาดความชุ่มชื้นแล้วเกิดการระคายเคือง</p> <p>ข้อมูลความเป็นพิษ : LD₅₀ = 100 mg/kg ในหนูmouseได้รับ โดยการฉีดเข้าเส้นเลือด, LD₅₀ = 2000mg/kgในหนูratได้รับ โดยทางปาก, LD₅₀ = 3,180 mg/kg ในกระด่ายได้รับสาร โดย การป้ายบนผิวหนัง</p> <p>ค่าวิกฤตในดิน : 0.2 - 0.5 พีพีเอ็ม</p> <p>การป้องกัน : เช่นเดียวกับ พีแนทรีน</p> |
| ไพรีน | เบนโซ[เอ]ไพรีน |
| <p>CAS : 129000</p> <p>ลักษณะ : สีเขียว หรือ สีเหลืองอ่อนเป็นผงไม่มีกลิ่น</p> <p>สูตรโมเลกุล : C₁₆H₁₀</p> <p>มวลโมเลกุล : 202.26</p> <p>จุดหลอมเหลว : 150.4 องศาเซลเซียส</p> <p>จุดเดือด : 393 องศาเซลเซียส</p> <p>จุดวาบไฟ : 410 องศาฟาเรนไฮต์</p> | <p>CAS : 50328</p> <p>ลักษณะ : เป็นผลึกของแข็งสีเหลืองใส ไม่มีกลิ่น</p> <p>สูตรโมเลกุล : C₂₀H₁₀</p> <p>มวลโมเลกุล : 252.32</p> <p>จุดหลอมเหลว : 178.1 องศาเซลเซียส</p> <p>จุดเดือด : 496 องศาเซลเซียส</p> <p>จุดวาบไฟ : 188 องศาฟาเรนไฮต์</p> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ไพรีน | เบนโซ[เอ]ไพรีน |
|---|--|
| <p>พลังงานที่ใช้ในการระเหย : 65.8 กิโลจูล/โมล ค่าการละลายน้ำ : 7.2×10^{-4} มิลลิโมล/ลิตร ความดันไอ : 6.85×10^{-7} มิลลิเมตรปรอท ค่าครึ่งชีวิตจากการย่อยสลายโดยแสง : 155-1000 ชั่วโมง</p> <p>ความเสถียร : มีความเสถียรสูงภายใต้อุณหภูมิและความดันปกติแต่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันรุนแรงกับออกซิโดซิงเจนต์</p> <p>การคิดไฟ : สามารถติดไฟได้ถ้าอยู่ใกล้วัตถุต้นกำเนิด เมื่อเกิดการลุกไหม้ของไฟทำการดับโดยใช้น้ำ, คาร์บอนไดออกไซด์, โฟม</p> <p>ความเป็นพิษ : ถ้าหายใจเอาสารนี้จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ปวดศีรษะหน้ามืดตาสาย หายใจติดขัด ถ้ารับประทานสารนี้จะเกิดการระคายเคืองต่อกระเพาะอาหาร มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ถ้ากระเด็นเข้าตาจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อตา ถ้าสัมผัสสารนี้จะเกิดการระคายเคืองผิวหนังอย่างรุนแรงเกิดอาการบวมแดงบริเวณที่สัมผัส</p> <p>ข้อมูลความเป็นพิษ : $LD_{50} = 514-678$ mg/kg ในหนู mouse ใต้รับ โดยการฉีดเข้าช่องท้อง, $LD_{50} = 800$ mg/kg ในหนู mouse ใต้รับ โดยทางปาก, $LD_{50} = 2,700$ mg/kg ในหนู rat ใต้รับ โดยทางปาก, $LD_{50} = 170$ mg/m³ ในหนู rat ใต้รับ โดยการหายใจ</p> <p>ค่าวิกฤตในดิน : 0.1 - 1.0 พีพีเอ็ม</p> <p>การป้องกัน : เช่นเดียวกับ ฟีนทรีน</p> | <p>พลังงานที่ใช้ในการระเหย : 71.1 กิโลจูล/โมล ค่าการละลายน้ำ : 1.5×10^{-5} มิลลิโมล/ลิตร ความดันไอ : 5×10^{-7} มิลลิเมตรปรอท ค่าครึ่งชีวิตจากการย่อยสลายโดยแสง : 125-805 ชั่วโมง</p> <p>ความเสถียร : ไม่เสถียรเมื่อถูกแสง แต่มีความเสถียรสูงภายใต้อุณหภูมิและความดันปกติ แต่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันรุนแรงกับออกซิโดซิงเจนต์</p> <p>การคิดไฟ : สามารถติดไฟได้ถ้าอยู่ใกล้วัตถุต้นกำเนิด เมื่อเกิดการลุกไหม้ของไฟทำการดับโดยใช้น้ำ, แอลกอฮอล์โฟม, พอลิเมอร์โฟม, คาร์บอนไดออกไซด์</p> <p>ความเป็นพิษ : ถ้าหายใจเอาสารนี้เข้าไปจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อเยื่อทางเดินหายใจ มีอาการไอ หอบคลุมอัสเสบ ถ้าหญิงตั้งครรภ์กินระหว่างตั้งท้องจะทำให้ลูกมีความผิดปกติต่อระบบสืบพันธุ์หรืออาจเป็นหมันได้ ถ้าสัมผัสทางผิวหนังจะทำให้เกิดอาการผิดปกติของผิวหนัง คือ เป็นหูด นอกจากนี้ยังมีอาการแสบร้อน และมีตุ่มหนองเกิดขึ้น อาการเหล่านี้รุนแรงมากขึ้นเมื่อได้รับแสงอัลตราไวโอเล็ต</p> <p>ข้อมูลความเป็นพิษ : $LD_{50} = >1,600$ mg/kg ในหนู mouse ใต้รับ โดยทางปาก</p> <p>ค่าวิกฤตในดิน : 0.01-0.5 พีพีเอ็ม</p> <p>การป้องกัน : เช่นเดียวกับ ฟีนทรีน</p> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

ดินมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ โครงสร้างของดินประกอบด้วย ของแข็ง ของเหลวและก๊าซ ซึ่งองค์ประกอบและการจัดเรียงตัวของแข็งจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของของเหลวและก๊าซ โดยการจัดเรียงตัวของของแข็งเป็นตัวกำหนดปริมาตรช่องว่าง (pore space) ของเหลวและก๊าซจะเข้าไปอยู่ภายในช่องว่างของอนุภาคดิน (Anderson, 2001)

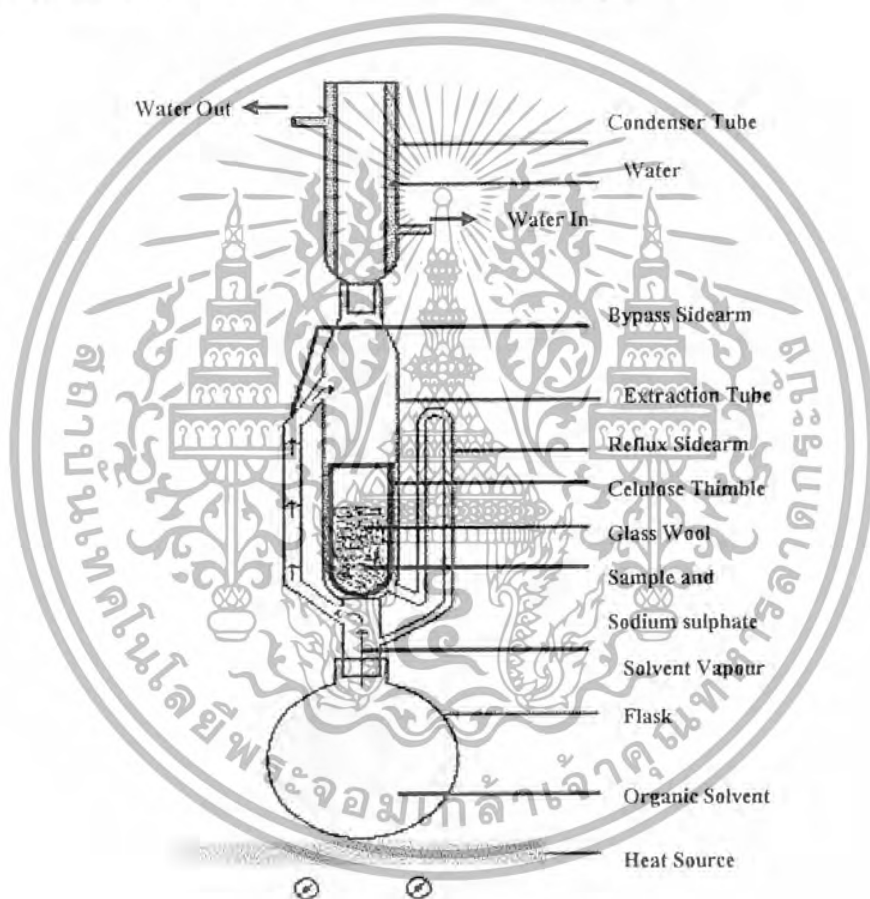


รูปที่ 2.2 ขบวนการปนเปื้อนของดิน (CWRU, 2001)

มวลสารสามารถเคลื่อนที่แพร่กระจายผ่านอนุภาคดินโดยขบวนการแพร่ (diffusion) และการพา (convection) ซึ่งขบวนการ diffusion เป็นการกระจายอนุภาคโมเลกุลโดยอาศัยหลักการแพร่ผ่านความเข้มข้นที่ต่างกัน ส่งผลให้อนุภาคจะเคลื่อนที่ไปอย่างช้าๆ ในขณะที่ขบวนการ convection เป็นการเคลื่อนตัวของโมเลกุลโดยที่จะอาศัยแรงการไหลของของไหล เช่น น้ำฝน หรือลม ในที่นี้ น้ำจะเป็นตัวพาอนุภาคให้เคลื่อนที่ในดิน ซึ่งการปนเปื้อนของ PAHs ในดินอาจปนเปื้อนลงสู่ น้ำใต้ดิน หรือสะสมในพืช หรือสัตว์กินพืชได้ (CWRU, 2001)

2.3 การสกัด PAHs (Extraction of PAHs)

PAHs ที่ปนเปื้อนในสารตัวอย่างที่เป็นของแข็ง สามารถทำการสกัดด้วยตัวทำละลายได้ ซึ่งเรียกรวมการสกัดนี้ว่า Solid-Liquid extraction ซึ่งการสกัดนี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายของ PAHs ในตัวทำละลายและเวลาที่ใช้ในการสกัด ในที่นี้ PAHs มีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่ำหรือต้องใช้เวลาานาน (รำไพ, 2541) ดังนั้นจำเป็นต้องใช้เทคนิคของการสกัดอย่างต่อเนื่อง เครื่องมือที่ใช้สำหรับทำการสกัดอย่างต่อเนื่องที่รู้จักกันดีคือเครื่องสกัดซอกเกต (Soxhlet extractor) หรือ Dis-continuous-infusion extraction แสดงดังรูปที่ 2.3



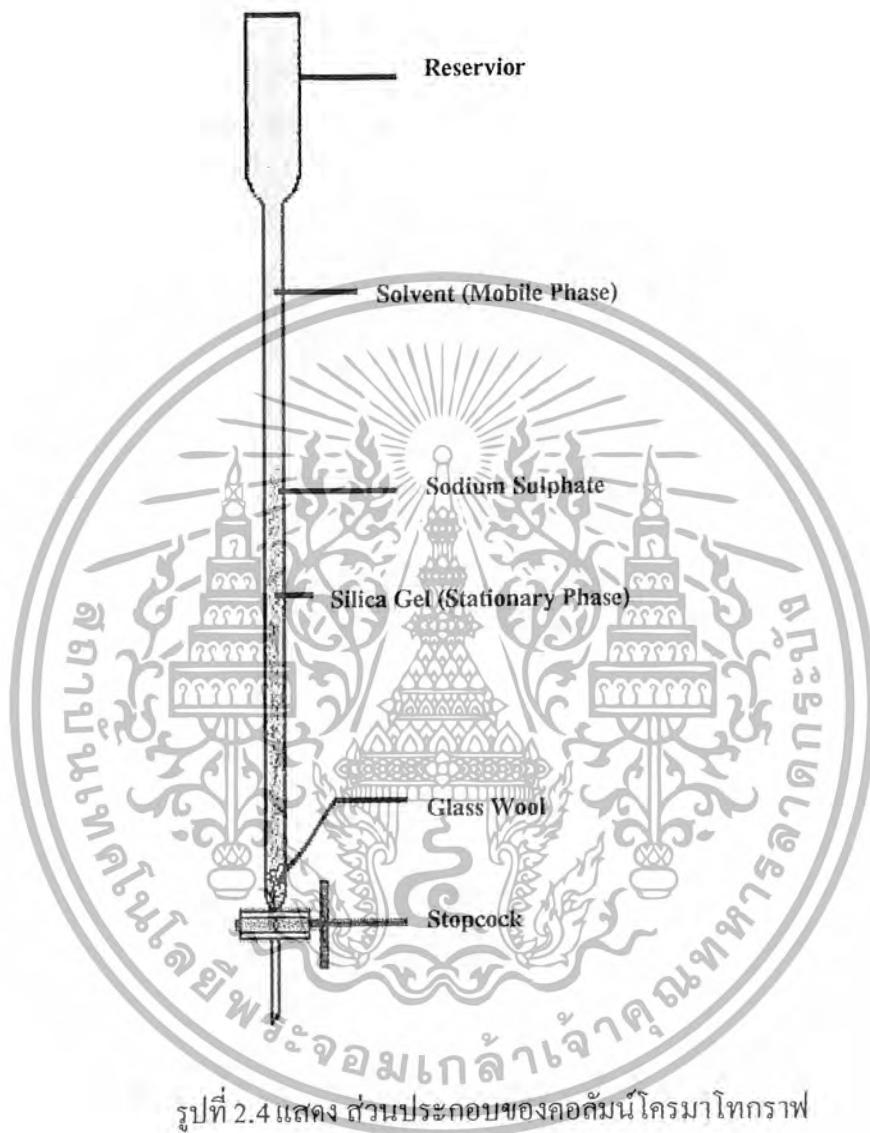
รูปที่ 2.3 แสดงเครื่องสกัดซอกเกต (Contaminant Analysis techniques, 1997)

2.4 การแยกสารให้บริสุทธิ์โดยใช้วิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี

เป็นวิธีการแยกสาร โดยให้สารเคลื่อนที่ไปบนเฟสคงที่ ซึ่งบรรจุในหลอดแก้วทวงที่เรียกว่า คอลัมน์ คอลัมน์ส่วนใหญ่จะต้องมีอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความยาวของคอลัมน์เท่ากับ 1 : 10 การเลือกขนาดของคอลัมน์ขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการแยกของสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง เช่น คอลัมน์นี้ยังยาวความสามารถในการแยกสารจะดี เหมาะสำหรับการแยกสารตัวอย่างผสม



รูปที่ 2.4 แสดง ส่วนประกอบของคอลัมน์โครมาโทกราฟี

2.5 การวิเคราะห์

2.5.1 การแยกสารเบื้องต้นโดยโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (Thin-Layer Chromatography, TLC)

เป็นการแยกสาร โดยใช้เฟสคงที่ (stationary phase) ซึ่งเป็นแผ่นอะลูมิเนียม (aluminium) หรือ โพลีเอททิลีน (polyethylene) เมื่อหยดสารผสมลงบนเฟสคงที่แล้วจึงนำแผ่น TLC ที่ได้ไปใส่ภาชนะ ซึ่งบรรจุเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดกระบวนการที่ตัวทำละลายจะเคลื่อนที่ ผ่านไปบนเฟสคงที่ ซึ่งเรียกว่า ภาวะที่ปรากฏชัดขึ้น (development) ขณะที่เกิดการเคลื่อนที่ สารก็จะแยกออกจากกัน

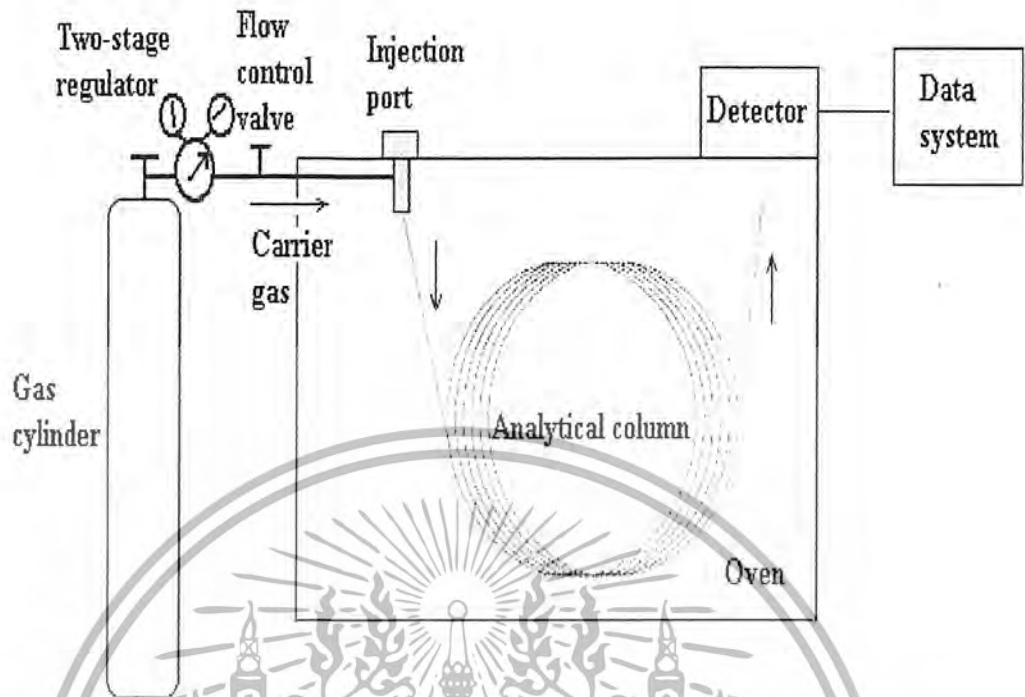
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ TLC ในการศึกษามลสารที่ปนเปื้อนในดิน (Crisp และ Williamson, 1999)

1. ใช้วิเคราะห์หาสารเบื้องต้นว่ามีกี่ชนิด และบางครั้งอาจบอกได้ว่าเป็นสารประเภทใด
2. ใช้เป็นวิธีวิเคราะห์สารเบื้องต้นเพื่อหาตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับคอลัมน์โครมาโทกราฟี
3. ใช้ตรวจสอบสัดส่วนต่างๆ (fraction) ที่ได้มาจากคอลัมน์โครมาโทกราฟี (column chromatography) เพื่อรวมสัดส่วนที่เหมือนกัน
4. แยกสารบางชนิดที่มีน้อย
5. ใช้แยกสารปริมาณมาก ซึ่งแยกโดยวิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี (column chromatography) ไม่ได้ผล
6. ใช้หาปริมาณสารในสารผสม

2.5.2 แก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC)

แก๊สโครมาโทกราฟีเป็นเทคนิคการแยกสารที่ใช้ในการวิเคราะห์สารผสมที่ระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย (volatile compounds) ประกอบด้วย 2 เฟส คือ เฟสคงที่ และเฟสเคลื่อนที่ ที่เป็นแก๊ส ส่วนประกอบต่างๆ ของสารผสมจะถูกแยกออกจากคอลัมน์ด้วยเวลาที่ต่างกัน เนื่องจากการกระจายของสารผสมในระหว่างเฟสทั้งสองที่แตกต่างกัน ซึ่งเรียกว่าการกระจายของสารผสมในสภาวะสมดุลระหว่างสองเฟส (Distribution equilibria) จะขึ้นอยู่กับความดันไอของสารในสารผสมและความสามารถในการแพร่ (partition) ของสารในเฟสคงที่ ดังนั้นการแยกสารผสมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับจุดเดือดมวลโมเลกุล และสูตร โครงสร้างที่ต่างกันของสารผสม โดยสารผสมที่มีจุดเดือดต่ำจะหลุดออกจากคอลัมน์ก่อนสารผสมที่มีจุดเดือดสูง แต่ถ้าใช้คอลัมน์ที่มีอุณหภูมิคงที่สม่ำเสมอตลอดเวลาจะพบปัญหาเมื่อใช้แยกสารผสมหลายชนิดที่มีจุดเดือดแตกต่างกันมากจะต้องใช้เวลานานในการแยก แต่ถ้าสารผสมมีจุดเดือดไม่แตกต่างกันมากนักก็ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ เพราะอุณหภูมิมีผลต่อการคงไว้ (t_r) จึงได้ใช้เทคนิคในการโปรแกรมอุณหภูมิ (Programmed Temperature) คือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของคอลัมน์ไปตามเวลาที่กำหนดไว้ จะทำให้สารแยกออกจากกันได้ดีและใช้เวลาไม่นานนัก (แมน และอมร, 2535)



รูปที่ 2.5 เครื่องมือพื้นฐานของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Lewis, 1996)

ดังนั้น ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี ทำโดยกำหนดสภาวะต่าง ๆ ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี นำสารตัวอย่างไปฉีดเข้าที่ หัวฉีดสาร (injection port) สารจะกลายเป็นไอแล้วถูกพาเข้าไปในคอลัมน์นี้ด้วยแก๊สพา (Carrier gas) อย่างช้า ๆ สารผสมจะถูกแยกออกเป็นส่วน ๆ ที่คอลัมน์นี้ แล้วออกไปสู่ตัวตรวจวัด (Detector) จะทำให้ได้สัญญาณเกิดขึ้น ซึ่งสามารถเขียนออกมาเป็นโครมาโทแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์หรือด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (recorder) หรือต่อเข้ากับเครื่องพิมพ์ (printer) ก็จะทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถทราบองค์ประกอบของสารตัวอย่างได้

เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีสามารถที่จะนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาปริมาณของสารตัวอย่างได้ โดยอาศัยสัญญาณที่เกิดจากตัววัดสัญญาณเป็นสัดส่วน โดยตรงกับปริมาณของสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าเครื่องโครมาโทกราฟี การวัดสัญญาณอาจเป็นการวัดขนาดของพีค (peak measurement) เช่น การวัดความสูงของพีค (peak height) และการวัดพื้นที่ใต้พีค (peak area) นั้นเอง

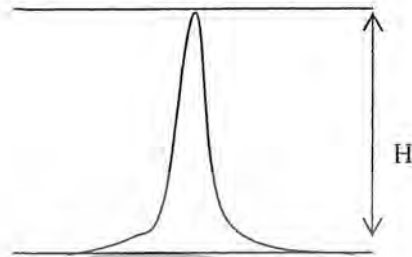
การวัดความสูงพีค (Peak height measurement)

จากโครมาโทแกรมที่ได้ จะวัดในแนวตั้งจากเส้นฐาน (baseline) ไปยังจุดยอดของพีค (H) ถ้าพีคมีความแคบมาก ๆ ความสูงของพีคจะสามารถนำมาใช้แทนพื้นที่ใต้พีคก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\%x = \frac{\text{Area of peak}}{\text{Total area}} \times 100$$

Total area



รูปที่ 2.6 แสดงการวัดความสูงของพีค

การวัดพื้นที่ใต้พีค (Peak area measurement)

ในทางปฏิบัติการวัดพื้นที่ใต้พีคสามารถทำได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น

1. การคำนวณพื้นที่สามเหลี่ยม (Triangulation) ถ้าพีคที่ได้มีความกว้างและสมมาตร พื้นที่ใต้พีคหาได้ดังรูป 2.7b
2. การคำนวณพื้นที่โดยอาศัยความกว้างครึ่งหนึ่งของความสูงของพีค (Height - width method) แล้วนำค่าทั้งสองมาคูณกันจะได้พื้นที่ใต้พีค ดังรูป 2.7b



$\langle W \rangle$

Area = $\frac{1}{2}WH$

a. Triangulation

Area = $H(w/2)$

b. Half-width method

รูปที่ 2.7 แสดงการวัดพื้นที่ใต้พีคของโครมาโทแกรม เมื่อ H คือ ความสูงของพีค และ W คือ ความกว้างของพีค

ขนาดของพีคที่ได้จากการวัดพื้นที่ใต้พีคจะสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของสารตัวอย่าง ดังนั้นการนำพื้นที่ใต้พีคมาคำนวณหาปริมาณสารตัวอย่าง สำหรับเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี จะมีด้วยกัน 3 วิธี

1. วิธีอินเทอร์นอลนอร์มอลไลเซชัน (Internal normalization method)
2. วิธีเอกซ์เทอร์นอลสแตนดาร์ดไคซ์เซชัน (External standardization method)
3. วิธีอินเทอร์นอลสแตนดาร์ดไคซ์เซชัน (Internal standardization method)

1. อินเทอร์นอลนอร์มอลไลเซชัน (Internal normalization method)

การหาพื้นที่นอร์มอลไลเซชัน (area normalization) สามารถทำได้โดยการคำนวณพื้นที่ของแต่ละพีคแล้วนำมารวมกัน

% area normalization คำนวณได้จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์พื้นที่นอร์มอลไลเซชัน} = \frac{\text{พื้นที่ของพีค A}}{\text{พื้นที่รวมทั้งหมด}} \times 100$$

พื้นที่นอร์มอลไลเซชัน นี้จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของสารเหล่านั้น ถ้าสารเหล่านั้นมีจุดเดือดใกล้เคียงกัน และมีค่าผลตอบสนองในการตรวจวัด (detector response) เท่ากัน นั่นคือ ถือว่าเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เป็นเปอร์เซ็นต์ของสาร โดยน้ำหนักได้ วิธีการนี้จึงทำได้ง่ายและรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 แสดงการหาพื้นที่นอร์มอลไลเซชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอลลเลกชันแฟกเตอร์ (Correction factors) ในกรณีที่สารแต่ละชนิดมีค่าผลตอบสนองในการตรวจวัด แตกต่างกันทำให้พื้นที่พีคของสารเหล่านั้นในตัวอย่างไม่เป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหา คอลลเลกชันแฟกเตอร์ เพื่อใช้สำหรับคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบค่า คอลลเลกชันแฟกเตอร์ นี้จะแตกต่างกันตามชนิดของสารและชนิดของดีเทคเตอร์

$$\% A = \frac{\text{พื้นที่ของพีค } A / F_A \times 100}{\text{พื้นที่รวม} / \text{แฟกเตอร์}}$$

F_A คือ ค่าแฟกเตอร์ของการตอบสนองของดีเทคเตอร์ต่อสารแต่ละชนิด
ค่า คอลลเลกชันแฟกเตอร์ ได้จากการฉีดสารที่ทราบค่าแล้ว และสารที่ต้องการหาค่า คอลลเลกชันแฟกเตอร์ ในปริมาณที่แน่นอนแล้วเปรียบเทียบพื้นที่พีคต่อปริมาณสารที่ฉีดเข้าไประหว่างสารที่ต้องการหา กับสารที่ทราบค่าแล้ว

2. เอกซ์เทอร์นอลสแตนดาร์ดไดซ์เซชัน (External Standardization method)

วิธีนี้จะเป็นการสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration graph) โดยการฉีดสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่างๆกันให้อยู่ในช่วงระดับที่ใกล้เคียงกับความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ จะได้พื้นที่พีคของแต่ละความเข้มข้นนำพีคของแต่ละความเข้มข้นมาสร้างเป็นกราฟมาตรฐานกับปริมาณความเข้มข้นจะได้กราฟเส้นตรง จากนั้นฉีดสารตัวอย่างด้วยปริมาณที่แน่นอน จะได้พื้นที่พีคแล้วนำมาอ่านค่าจากกราฟมาตรฐาน จะทราบความเข้มข้นของสารตัวอย่าง สิ่งที่จะต้องระวังในการทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ คือ

1. ปริมาณของสารที่จะวิเคราะห์ต้องอยู่ในช่วงของกราฟมาตรฐาน
2. สารที่วิเคราะห์จะต้องไม่ฉีดเข้าไปเกินกว่าที่คอลัมน์จะรับได้ (overloaded column)
3. สารมาตรฐานและสารตัวอย่างที่ใช้ฉีดต้องทราบปริมาณแน่นอน

ข้อดีของ External standardization method คือ

1. ผลที่ได้จากการวิเคราะห์อาจเป็นค่าปริมาณสัมพัทธ์ หรือเป็นค่าสัมบูรณ์ได้
2. ค่าที่วัดได้จะไม่ขึ้นอยู่กัพีคอื่น ๆ ทั้งหมด
3. ค่าสภาพไวของดีเทคเตอร์ (detector sensitivity) อาจจะเปลี่ยนแปลงได้ในระหว่างทำการวิเคราะห์
4. สารตัวอย่างทั้งหมดไม่จำเป็นต้องถูกชะออกมาจนหมด หรือตรวจวัดทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ไม่มีการเติมอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด โค้ชเซชัน

ข้อเสียของวิธีนี้ คือ

1. ผลการวิเคราะห์ที่ได้ขึ้น โดยตรงกับสภาพไวของดีเทคเตอร์ ทำให้เสียเวลารอจนกว่าดีเทคเตอร์จะเสถียร
2. ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับขนาดของสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าไปโดยตรง
3. เครื่องมือควรจะต้องทำให้เป็นมาตรฐาน (Calibrate) บ่อย ๆ
4. ค่าความเที่ยงตรง และความแม่นยำมีขีดจำกัด ซึ่งขึ้นอยู่กับเฟคเตอร์ต่าง ๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว

วิธีเอกซ์เทอร์นอลสแตนดาร์ด โค้ชเซชัน เหมาะที่จะใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างในสภาวะดังต่อไปนี้ คือ

1. เมื่อต้องการหาความเข้มข้นหรือปริมาณของสาร ซึ่งวิธีอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด โค้ชเซชัน ใช้ไม่ได้
2. เมื่อสารตัวอย่างทั้งหมดถูกชะออกมาเพียงบางส่วน ซึ่งวิธีอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด โค้ชเซชัน ใช้ไม่ได้
3. เมื่อใช้ขนาดของสารตัวอย่างและสภาพไวของดีเทคเตอร์มีค่าคงที่
4. เมื่อ ใช้แก๊ส หรือ ปริมาตรของสารที่ฉีดเข้าไปมีค่าคงที่

3. อินเทอร์นอลสแตนดาร์ด โค้ชเซชัน (Internal Standardization method)

เป็นเทคนิคที่ใช้หาปริมาณของสาร ได้ถูกต้องที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การเลือก ใช้ อินเทอร์นอลสแตนดาร์ด โค้ชเซชัน

หลักการเลือกสารที่จะใช้เป็นอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด โค้ชเซชัน คือ

1. สารนั้นจะต้องมีสมบัติคล้ายกับสารที่จะวิเคราะห์
2. สารนั้นจะต้องถูกชะออกจากคอลัมน์หมด
3. สารนั้นจะต้องให้พีคที่แยกอยู่ต่างหาก โดยพีคจะต้องไม่ซ้ำหรือเหลื่อมทับกับพีคอื่น ๆ และอยู่ใกล้กับพีคที่ต้องการหา
4. สารนั้นจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด โค้ชเซชัน ให้มีปริมาณใกล้เคียงกับสารตัวอย่าง โดยผสมกับตัวทำละลายที่เหมาะสม
2. เตรียมสารมาตรฐานให้มีปริมาณสารอยู่ใกล้เคียงกับสารตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผสมอินเทอร์นอลสแตนดาร์ดโคเคอเซน และสารมาตรฐานที่เตรียมไว้จำนวนเท่า ๆ กัน นำส่วนผสมนี้ไปฉีดเข้าเครื่อง GC ปริมาณต่าง ๆ กัน แล้ววัดพื้นที่ของพีคของสารมาตรฐาน และอินเทอร์นอลสแตนดาร์ดโคเคอเซน หาอัตราส่วนของพื้นที่ที่พีค แล้วนำไปเขียนกราฟกับปริมาณของสารมาตรฐาน

4. ผสมอินเทอร์นอลสแตนดาร์ดโคเคอเซน กับสารตัวอย่างจำนวนเท่า ๆ กัน นำส่วนผสมนี้ไปฉีดเข้าเครื่อง GC หาอัตราส่วนของพื้นที่ที่พีคของสารตัวอย่างกับ อินเทอร์นอลสแตนดาร์ดโคเคอเซน แล้วนำค่าที่ได้ไปอ่านจากกราฟมาตรฐานในข้อ 3 ก็จะหาปริมาณของสารตัวอย่างได้
ข้อดีของวิธีอินเทอร์นอลสแตนดาร์ดโคเคอเซน คือ

1. ผลการวิเคราะห์จะถูกต้องดีมาก
2. ผลการวิเคราะห์อาจเป็น ได้ทั้งค่าสัมพัทธ์และค่าสัมบูรณ์
3. ค่าที่วิเคราะห์ได้ ไม่ขึ้นอยู่กับสภาพไวของดีเทคเตอร์
4. สภาพไวของดีเทคเตอร์อาจจะเปลี่ยนแปลงได้ขณะทำการวิเคราะห์
5. ผลการวิเคราะห์ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าไปในเครื่อง GC
6. สารตัวอย่างทั้งหมดไม่จำเป็นจะต้องถูกชะออกมาหมด

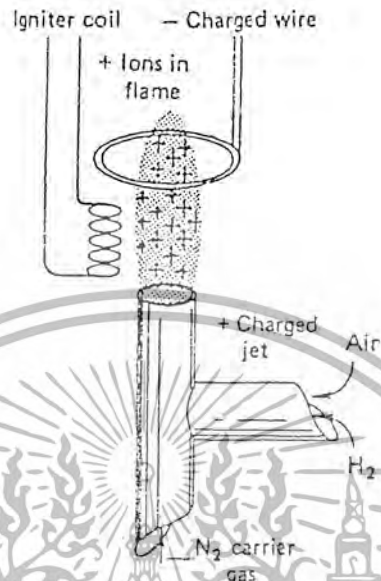
ข้อเสียของวิธีนี้ คือ

1. สารที่เป็นอินเทอร์นอลสแตนดาร์ดโคเคอเซน จะต้องผสมลงไป ในสารตัวอย่างและค่อนข้างหายาก
 2. เครื่องมือจะต้องมีการทำให้เป็นมาตรฐาน
- การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ที่ที่ต้องการผลของความแม่นยำและเที่ยงตรงมาก ๆ

2.5.3 เฟลมไอออไนเซชันดีเทคเตอร์ (Flame Ionization Detector, FID)

การเลือกใช้ตัววัดสัญญาณ (Detector) ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีจะต้องเลือกให้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ของสารแต่ละประเภท ในงานวิจัยนี้เป็นการตรวจวัด PAHs ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน จึงใช้ตัววัดสัญญาณชนิดเฟลมไอออไนเซชัน

2.5.3.1 หลักการทำงานของ FID



รูปที่ 2.9 ตัววัดสัญญาณชนิดเปลวไอออไนเซชัน (นิพนธ์, 2534)

จากรูปที่ 2.9 เปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ของแก๊สไฮโดรเจนในบรรยากาศของแก๊สออกซิเจนหรืออากาศที่เกิดขึ้นตรงหัวเจ็ท (jet) ของ FID เมื่อสารประกอบอินทรีย์ถูกแก๊สพาผ่านออกจากคอลัมน์เข้าไปสู่ในเจ็ทของเปลวไฟที่มีอุณหภูมิสูงถึง 2100 องศาเซลเซียส จะเกิดการไอออไนเซชันได้อนุภาคที่มีประจุบวก (Positive ions) หรือคาร์บอนเนียมไอออน (Carbonium ions) และอิเล็กตรอน อนุภาคที่มีประจุบวกจะวิ่งไปที่อิเล็กโทรดของตัวเก็บ (Collector electrode) จากรูปจะเป็นรูปร่างแหวน (ringshaped eletrode) ที่อยู่รอบๆเปลวไฟ ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างเปลวไฟกับอิเล็กโทรดของตัวเก็บ ซึ่งจะวัดออกมาในรูปกระแสไฟฟ้าประมาณ 10^{-14} แอมแปร์ กระแสไฟฟ้างี้จะเป็นสัดส่วนกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เกิดขึ้นภายในเปลวไฟ แล้วจึงส่งสัญญาณไปยังส่วนบันทึกข้อมูล (recorder) ได้เป็นโครมาโทแกรมออกมา

2.5.3.2 ข้อดีของ FID

1. FID สามารถตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยกลายเป็นไอได้เกือบทุกชนิด (ยกเว้นสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถจะเกิดการไอออไนเซชันในเปลวไฟของแก๊สไฮโดรเจน) สภาพความไวมีค่า 10^{-12} กรัมต่อวินาที FID จะไม่ตอบสนองต่อสารประกอบ หรือแก๊สต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงสารประกอบหรือแก๊สต่าง ๆ ที่ไม่ตอบสนองต่อ FID (นิพนธ์, 2534)

| | | |
|----------------|------------------|--------------------|
| He | CS ₂ | NH ₃ |
| Ar | COS | CO |
| Kr | H ₂ S | CO ₂ |
| Ne | SO ₂ | H ₂ O |
| Xe | NO | SiCl ₄ |
| O ₂ | N ₂ O | SiHCl ₃ |
| N ₂ | NO ₂ | SiF ₄ |

2. FID ไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ มีอุณหภูมิขีดจำกัดเป็น 400 องศาเซลเซียส
3. FID มีสภาพไวมากกว่า TCD (Thermal Conductivity Detector) ถึง 1000 เท่า
4. สามารถจะใช้กับแก๊สทุกชนิด แต่นิยมใช้แก๊สไนโตรเจน เปลวไฟของไฮโดรเจนนั้นจะต้องปรับให้มีสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดการระเบิดหรือจุดไม่ติด พบว่าถ้าอัตราส่วนผสมของแก๊สพาหะ แก๊สไฮโดรเจน : อากาศ เท่ากับ 1:1:10 จะพบว่ามีสภาพความว่องไวสูง

2.5.3.3 ข้อเสียของ FID

ในการใช้ FID นั้นจะเกิดกระบวนการสันดาปในเปลวไฟจะให้อิอน้ำเกิดขึ้น ดังนั้นจะต้องให้เปลวไฟมีอุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการควบแน่นของน้ำ เพราะถ้าไอน้ำถูกควบแน่นอาจรวมกับตัวทำละลาย หรือสารตัวอย่างที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบจะทำให้เกิดการกัดกร่อนขึ้น และทำให้สภาพความว่องไวลดลง

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. Behymer และ Hites (1988) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายโดยแสงของ PAHs จากการศึกษพบว่าค่าครึ่งชีวิตของการย่อยสลายโดยแสงของ PAHs ไม่ว่าโครงสร้างโมเลกุลจะประกอบด้วยวงอะโรมาติกกี่วงก็ตามขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเถ้าลอย เช่น องค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนพื้นที่ผิว และสี ซึ่งมีความสำคัญมาก เถ้าลอยยังมีสีเข้มมากเท่าใด ค่าครึ่งชีวิตของ PAHs ก็ยิ่งมากคือ สลายตัวได้ช้า และเถ้าลอยที่มีสีจาง ค่าครึ่งชีวิตของ PAHs ก็ยิ่งน้อยคือสลายตัวได้เร็ว เหตุผลคือ เถ้าลอยที่มีสีเข้มดูดกลืนแสงได้ดี ทำให้แสงเข้าทำปฏิกิริยากับ PAHs ได้น้อย ดังนั้นการย่อยสลายโดยแสงจึงเกิดได้เพียงเล็กน้อย ครึ่งชีวิตจึงมีค่ามาก ในทางตรงกันข้ามเถ้าลอยที่มีสีจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดกลืนแสงได้น้อย ทำให้แสงเข้าทำปฏิกิริยากับ PAHs ได้มาก การย่อยสลายโดยแสงจึงเกิดได้มาก ครั้งชีวิตจึงมีค่าน้อย เช่น ค่าครึ่งชีวิตจากการย่อยสลายโดยแสงของ PAHs บนถ้ำลอย (สีเทาเข้ม-สี ดำ) ได้ค่าดังนี้ พีแนนทริน 174-1000 ชั่วโมง ฟลูโอแรนทริน 81-1000 ชั่วโมง ไพรีน 155-1000 ชั่วโมง และ เบนโซ[เอ]ไพรีน 125-805 ชั่วโมง ส่วนถ้ำลอย (สีเทาอ่อน-สีน้ำตาลเข้ม) ได้ค่าดังนี้ พีแนนทริน 150-500 ชั่วโมง ฟลูโอแรนทริน 235-5002 ชั่วโมง ไพรีน 175-500 ชั่วโมง และ เบนโซ[เอ]ไพรีน 96-210 ชั่วโมง

2. Dumitru, Constantin และ Lacatusu (1992) ได้ทำการศึกษาปริมาณ PAHs ในดินบริเวณเมือง บูคาเรสต์ ประเทศโรมาเนีย โดยทำการเก็บตัวอย่างดินลึก 0-10 เซนติเมตร ใน 3 บริเวณ คือดิน บริเวณสวนสาธารณะ (กลุ่ม A) ดินข้างถนน (กลุ่ม B) และพื้นที่ทำการเกษตรนอกเมือง (กลุ่ม C) นำตัวอย่างดินแห้งมาสกัดด้วยซอกซ์เลตเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ด้วยไดคลอโรมีเทน แล้วนำตัวอย่างที่ได้ ไประเหยตัวทำละลายออกก่อนจนเหลือ 4 มิลลิลิตร บรรจุในขวดไวโอลิต จากนั้นนำตัวอย่างไป วิเคราะห์ด้วยเครื่องไฮเปอร์ฟอร์แมนลิวิดโครมาโทกราฟี (High Performance Liquid Chromatograph, HPLC) ที่มี diode array เป็นตัวตรวจวัดสัญญาณ ในการตรวจวัดตัวอย่างดินที่มี PAHs พบเป็นอันดับดังนี้ ปริมาณ PAHs ทั้งหมดอยู่ในดินในช่วง 121.26-458.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยดินในกลุ่ม A อยู่ในช่วง 8.36-84.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินในกลุ่ม B อยู่ในช่วง 121.26-160.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และดินในกลุ่ม C อยู่ในช่วง 26.73-183.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สรุปเป็นอัตราส่วนได้ดังนี้ 1:1.9:2.2 ของดินทั้ง 3 กลุ่ม

3. Evans, Gill และ Robothane (1989) ได้ทำการศึกษาปริมาณ PAHs ที่แตกต่างกันของดินตะกอน ในแหล่งน้ำจาก 11 แห่ง โดยสุ่มตัวอย่างทุกเดือนระหว่างช่วงเดือน มิถุนายน 1987- พฤษภาคม 1988 ตัวอย่างจะถูกสกัดหา PAHs และวิเคราะห์โดยใช้เครื่องไฮเปอร์ฟอร์แมนลิวิดโครมาโทกราฟี (High Performance Liquid Chromatograph, HPLC) ที่มี ฟลูออเรสเซนต์ (Fluorecent) เป็นตัวตรวจวัดสัญญาณ และสามารถทำการจำแนกพีคโดยใช้ co-injection และ GC-MS ทำการเปรียบเทียบประมาณ PAHs เริ่มต้นก่อนฝนตก และหลังฝนตก พบว่า PAHs จะรวมตัวกับตะกอน ดินอย่างช้า ๆ จนถึงระดับสูงสุดในวันที่ 4 และ 30 ของเดือนก่อนฝนตก และพบว่าพื้นที่ทั้งหมดที่ ทำการศึกษามีการแพร่กระจายของ PAHs โดยช่วงที่มีฝนตกหนัก PAHs จะเข้าไปปกคลุมดิน ตะกอนในแหล่งน้ำ การเปลี่ยนแปลงระดับ PAHs ในตะกอนดินเกิดจากอุตสาหกรรมขนาดเล็ก มากกว่าธุรกิจการค้าขนาดใหญ่ หรือพื้นที่อยู่อาศัย จากการทดลองพบว่า ไพรีน และฟลูโอแรนทีน เป็นสารประกอบส่วนใหญ่ในดินตะกอนจากแหล่งน้ำซึ่งอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Heemkem, Theobald และ Wenclawiak (1997) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสกัดโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs), อะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (aliphatic hydrocarbons) และคลอรีเนตเตดไฮโดรคาร์บอน (chlorinated hydrocarbons) จากตะกอนดินในทะเล ระหว่างวิธีการเร่งการสกัดด้วยตัวทำละลาย (Accelerated Solvent Extraction, ASE), ซุปเปอร์คริติคอลลิวิดเอคแทรกชัน (Supercritical Fluid Extraction, SFE) กับวิธีซอกซ์เลต (Soxhlet, SOX), อัลตราโซนิคเคชันเซพอนนิฟิเคชันเอกแทรกชัน (Ultrasonication Saponification Extraction, USE) และเมทาโนอิกเซพอนนิฟิเคชันเอกแทรกชัน (Methanolic Saponification Extraction, MSE) พบว่าวิธี SFE และ ASE มีเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนในช่วง 96–105 เปอร์เซ็นต์และ 97–108 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับเมื่อเทียบกับวิธี SOX, USE, MSE แล้ววิธี SFE และ ASE มีระดับความเข้มข้น 87 และ 88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการสกัดอัลเคนมีเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนของวิธี SFE, ASE เท่ากับวิธี SOX, USE และ MSE ซึ่งในกรณี SFE มีเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนอยู่ในช่วง 93–115 เปอร์เซ็นต์ และ ASE มีเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนอยู่ในช่วง 94–107 เปอร์เซ็นต์ อิทธิพลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัด คือ น้ำ ดังนั้นจึงต้องทำการเติมแอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟตลงในตัวอย่างดิน ทำให้สามารถหาปริมาณจากการสกัดได้ดีขึ้น ในวิธี ASE ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับเอลพีเอ็ม-โลดฟิวเตอร์แคนเดิล (SPM-loaded filter candles) โดยใช้นอร์มัลเฮกเซนผสมกับอะซิโตนเป็นตัวทำละลายในการวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs, อัลเคน (alkanes) และคลอรีเนตเตดไฮโดรคาร์บอน (chlorinated hydrocarbons)
5. Nielsen *et al.* (1996) ได้ทำการศึกษาการตรวจวัดปริมาณ PAHs และมลพิษทางอากาศชนิดอื่นบริเวณถนน และสวนสาธารณะใจกลางกรุงโคเปนเฮเกน ณ ประเทศเดนมาร์ก พบว่าบนท้องถนนในฤดูหนาวความเข้มข้นของเบนโซ[เอ]ไพรีน มีปริมาณ 4 ± 1.2 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนในบริเวณสวนสาธารณะมีปริมาณ 1.4 ± 0.6 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยความเข้มข้น PAHs ในบรรยากาศจะลดลงอย่างมากจากบริเวณถนน เขตชานเมือง หมู่บ้าน และพื้นที่เปิด ตามลำดับ การแพร่กระจาย PAHs บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นได้ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของวันทำงาน 60 เปอร์เซ็นต์ในระหว่างสัปดาห์ และ 40 เปอร์เซ็นต์ในเมือง ซึ่งพื้นที่ที่มีความเข้มข้น PAHs ที่แตกต่างกันนี้จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรโดยมีความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งปอด 5 ในล้านส่วน และเกิดการกลายพันธุ์ในร่างกายมนุษย์ และยังส่งผลกระทบต่อตรงในการเกิดมลพิษทางอากาศ
6. Park, Wade และ Sweet (2001) ได้ทำการศึกษาปริมาณ PAHs ที่แพร่กระจายสู่บรรยากาศประกอบด้วย 2 เฟส คือ เฟสที่ระเหย และเฟสที่ละลายน้ำได้ โดยในอากาศจะมี PAHs ที่ระเหยได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ และที่ละลายน้ำได้ประมาณ 73 เปอร์เซ็นต์ ในอากาศ และน้ำฝนจะมีสารประกอบพหุฟีนแอนทริน และแนฟทาธินเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่ PAHs ที่มี 5 และ 6 วง ก็มีจำนวนมากเช่นกัน ความเข้มข้น PAHs ทั้งหมดในอากาศมี 4-161 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในน้ำมี 50-312 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ PAHs ที่ปล่อยสู่อากาศ คือ ความเข้มข้นของ PAHs จะต่ำในฤดูใบไม้ผลิ และฤดูฝน (4-34 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ถ้าเทียบกับฤดูร้อน และฤดูหนาว (37-161 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจึงมีผลต่อความเข้มข้นของ PAHs เช่นกัน

7. Prevot *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดระหว่างการใช้ไมโครเวฟ-แอสซีสเทดไมเซลลาร์ (Microwave-assisted micellar extraction, MAME) กับซอกซ์เลต (Soxhlet) และตัวทำละลายในการสกัด 2 ชนิด คือ $C_{12}E_{10}$ และ Brij-35 ซึ่งเป็นนอนไอออนิกเซอเฟคแทนท์ โพลีออกซีเอทรีน โดซิลอีเทอร์ (nonionic surfactant polyoxyethylene docyl ether) และ ผลปรากฏว่าการสกัดด้วย MAME เป็นตัวสกัดที่ดีกว่าเทคนิคการสกัดด้วยซอกซ์เลตที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ โดยใช้เวลาในการสกัดน้อย และได้เปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน ออกมาได้มากกว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสกัด คือ ค่าพีเอช (pH) อัตราส่วนระหว่างตัวอย่งดินกับตัวทำละลาย ข้อดีของการใช้ตัวสกัดเป็นสารละลายลดแรงตึงผิว คือ มีความปลอดภัย และ ราคาถูก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. สารละลายเฮกเซน (hexane) (Lab Regent, Fluka)
2. สารละลายไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) (Commercial grade, Lab system)
3. สารละลายรีเอเจนท์ (Reagent Solution) (anisaldehyde compound)
4. ผงโซเดียม ซัลเฟต แอนไฮไดรรัส (anhydrous sodium sulfate: Na_2SO_4) (Analytical Reagent, Carlo Erba)
5. สารละลายมาตรฐานฟีนแอนทรีน (phenanthrene) (Analytical grade, Carlo Erba)
6. สารละลายมาตรฐานฟลูออแรนทีน (fluoranthene) (Analytical grade, Carlo Erba)
7. สารละลายมาตรฐานไพรีน (pyrene) (Analytical grade, Fluka)
8. สารละลายมาตรฐานเบนโซ[เอ]ไพรีน (benzo[a]pyrene) (Analytical grade, Fluka)
9. ซิลิกาเจล (silica gel) (0.06-0.200mm Carlo Erba Reagenti 453337)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน

1. หลอดเจาะดิน (Soil tube) หรือ สว่านเจาะดิน (Soil auger) หรือใช้สว่านรูปกระบอก (Core type of soil auger)
2. ถังพลาสติก
3. แผ่นพลาสติกใส ใช้สำหรับคลุมเคล้าดิน และฝังดิน
4. ถังพลาสติก ใช้บรรจุดินเพื่อนำไปวิเคราะห์
5. เครื่องชั่ง
6. ตลับเมตร
7. ฤดูกาลบันทึกข้อมูลดิน

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. บีกเกอร์ (beaker)
2. ขวดวัดปริมาตร (volume flask)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปิเปต (pasteur pipette)
4. ขวดเก็บตัวอย่าง (sampling bottle)
5. เครื่องร่อน
6. ตะแกรงร่อน ขนาด 20 mesh
7. เครื่องชั่ง (toploading balance)
8. กระดาษฟลอยด์ (aluminum foil)
9. กระจกวง (graduated cylinder)
10. หลอดทิมเบอร์ (Thimble tube)
11. เตาให้ความร้อน (Electromantle)
12. เม็ดแก้ว (glass beads)
13. แผ่นสำลี (cotton sheet)
14. ขวดไวโอล (vial)
15. ชุดสกัดซอกซ์เลต (soxhlet extractor)
16. เครื่องระเหยสูญญากาศ (rotary evaporator) (Eyela N-Nseries, Japan)
17. กระดาษกรอง เบอร์ 42 (Whatman)
18. กระดาษโครมาโทกราฟแบบเยื่อบาง (thin layer chromatograph paper)
19. คอลัมน์โครมาโทกราฟ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ยาว 20 เซนติเมตร
20. เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟตัววัดสัญญาณชนิดเฟลม ไอออไนเซชัน (Gas Chromatograph - Flame Ionization Detector : GC-FID) (Varian 38000, Germany)

3.3 การเตรียมเครื่องมือ

3.3.1 การเตรียมเครื่องมือซอกซ์เลต

1. เติมสารละลายไดคลอโรมีเทน 150 มิลลิลิตร ลงขวดก้นกลมขนาดปริมาตร 500 มิลลิลิตร ใส่เม็ดแก้ว 3-4 ชั้น เพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง
2. นำขวดก้นกลมต่อเข้ากับชุดสกัดซอกซ์เลตแล้วหุ้มด้วยกระดาษฟลอยด์ (ดังรูป 2.3)
3. ทำการรีฟลักซ์เป็นเวลาานาน 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส (US EPA, 1997)

3.3.2 การเตรียมคอลัมน์โครมาโทกราฟี

1. เตรียมคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร โดยใช้ขาค้าง และที่จับคอลัมน์ให้ตั้งฉากกับพื้น
2. เตรียมสารละลายเฮกเซน 100 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับซิลิกาเจลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.06-0.2 มิลลิเมตร จำนวน 20 กรัม คนให้เข้ากันในบีกเกอร์
3. ใช้สำลีที่ชุบด้วยสารละลายเฮกเซนอุดปลายคอลัมน์ แล้วบรรจุซิลิกาเจลที่เตรียมไว้ลงคอลัมน์
4. ป้องกันผิวหน้าของซิลิกาเจล และดูดซับน้ำที่ปนเปื้อนมากับสารตัวอย่างโดยใช้ผงโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสไว้ตอนบนสุดของคอลัมน์สูง 0.5 เซนติเมตร เติมสารละลายเฮกเซนให้สูงเหนือระดับโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสเล็กน้อย (โดยสารละลายเฮกเซนในคอลัมน์จะต้องไม่แห้ง)

3.3.3 การเตรียมเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ตัววัดสัญญาณชนิดฟลอมไอออนเซนซัน พารามิเตอร์ของคอลัมน์ และ แก๊สโครมาโทกราฟี

DB-5.625 [Poly (5% diphenyl / 95% dimethylsiloxane ,
J & W Scientific]

| | |
|--------------------------------------|----------------------|
| ชนิดของคอลัมน์ : | แคปพิลลารี |
| เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (มิลลิเมตร) : | 0.25 |
| ความยาว (เมตร) : | 30 |
| ความหนาของเฟสคงที่ (ไมโครเมตร) : | 0.25 |
| แก๊สพา : | ฮีเลียม |
| ปริมาณที่ฉีด (ไมโครลิตร) : | 0.2 |
| ชนิดของการฉีด : | split ratio 150 เท่า |
| ตัวทำละลายที่ฉีด : | เฮกเซน |
| ความเร็วในแนวราบ : | 45.0 |
| (เซนติเมตรต่อวินาที) | |

โปรแกรมอุณหภูมิ

อุณหภูมิบริเวณฉีดสาร = 265 องศาเซลเซียส
 อุณหภูมิของตัวตรวจวัด = 300 องศาเซลเซียส
 อุณหภูมิที่เคลื่อนที่ในคอลัมน์ = 280 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิเริ่มต้น = 120 องศาเซลเซียส (hold 3 นาที)

อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ = 20 องศาเซลเซียสต่อนาที ถึง 300 องศาเซลเซียส (no hold)

3.4 การทดลอง

3.4.1 การหาตัวทำละลายที่เหมาะสมโดยใช้กระดาษโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง

1. ตัดแผ่น TLC Plate ขนาด 2 X 5 เซนติเมตร ทำการจุดสารละลายตัวอย่าง PAHs ลงบนแผ่น TLC 2 จุด (เพื่อการทำซ้ำ)
2. เตรียมภาชนะใส่สารละลายผสมเฮกเซนและ ไคคลอโรมีเทนปริมาตร ที่อัตราส่วนเฮกเซน : ไคคลอโรมีเทนที่สัดส่วน 10 : 0.9 : 1 และ 8 : 2 โดยที่ปริมาตร 4 มิลลิลิตรจะมีอัตราส่วนของเฮกเซน : ไคคลอโรมีเทน เท่ากับ 4 : 0.36 : 4.0 และ 3.2 : 0.8 มิลลิลิตร ตามลำดับ ตัดส่วนตัวทำละลายจะลดหรือเพิ่มขึ้นอยู่กับความสามารถในการแยกสารบนแผ่น TLC
3. ใส่กระดาษกรองในภาชนะที่เตรียมในข้อ 2 ปิดฝากระຈกทิ้งไว้ประมาณ 1 นาทีเพื่อใช้ในการสังเกตการอิมมิดของสารละลายในภาชนะ
4. ขุ่มแผ่น TLC ที่เตรียมจากข้อ 1 ลงภาชนะในข้อ 2 ปิดฝากระຈก ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเคลื่อนที่ไปถึงระดับที่กำหนดไว้
5. นำแผ่น TLC ไปทดลองการดูคลื่นแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร
6. นำแผ่น TLC ไปย้อมด้วยสารละลายรีเอเจนต์ โดยวางแผ่น TLC ไว้บนกระຈก แล้วนำสำลิจุบสารละลายรีเอเจนต์ป้ายให้ทั่วแผ่น
7. นำแผ่น TLC ที่ได้จากข้อ 6 ไปวางบน hot plate ที่อุณหภูมิ ประมาณ 50 องศาเซลเซียสจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงสีของจุดที่เกิดขึ้น
8. ถ้าสารสามารถแยกออกจากกันจะเห็นเป็นจุดอย่างชัดเจน แสดงว่าอัตราส่วนของสารละลายที่ผสมในภาชนะเหมาะสม แต่ถ้าไม่พบจุดสีต้องทำการเพิ่ม หรือ ลดอัตราส่วนของสารละลาย (ในกรณีที่สารเป็นทางยาวจะใช้สารละลายบิวทานอล หรือ กรดอะซิติก 2-3 หยด ผสม ในสารละลาย เพื่อช่วยในการแยกสารจากกันให้ดียิ่งขึ้น)
9. วัดระยะการเคลื่อนที่ของสารละลาย และสารตัวอย่างเพื่อนำไปหาค่าอัตราส่วนระยะทางการเคลื่อนที่ของสารละลายต่อตัวทำละลายซึ่งค่าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.3-0.4
10. นำอัตราส่วนสารละลายที่ได้ไปใช้ในการชะ PAHs ออกจากคอลัมน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การหาปริมาณของตัวทำละลายที่ชะ PAH ออกมาจากคอลัมน์โครมาโทกราฟี

1. นำสารละลายมาตรฐานผสมที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม (ภาคผนวก ก) เติมลงในคอลัมน์โครมาโทกราฟี (ข้อ 3.3.2)
2. นำตัวทำละลายเฮกเซน 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 100 มิลลิลิตร (ตัวทำละลายที่ใช้ได้จากการทดลองในข้อ 3.4.1) ค่อยๆ เทสารละลายลงคอลัมน์และให้ชะออกมาเก็บใส่ขวดไวโอลทุก 10 มิลลิลิตร
3. นำไปทดสอบ โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง เช่นเดียวกับการทดลองในข้อ 3.4.1 เพื่อหาว่าปริมาณที่เท่าใดที่ PAHs ถูกชะออกจากคอลัมน์
4. นำข้อมูลที่ได้ไปใช้กับการหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน และการวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.4.3 การทำกราฟมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานผสมที่ความเข้มข้น 0.5 พีพีเอ็ม (เตรียมในภาคผนวก ก) มาจำนวน 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดไวโอล แล้วหุงด้วยกระดาษฟลอยด์
 2. นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID โดยทำการฉีดซ้ำอีก 2 ครั้ง
 3. ทำเช่นเดียวกัน แต่เปลี่ยนความเข้มข้นเป็น 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม ตามลำดับ
- นำข้อมูลที่ได้ มาสร้างกราฟมาตรฐาน

3.4.4 การหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน

3.4.4.1 การเก็บดิน

1. เลือกเก็บดินบริเวณพื้นที่ที่ไม่มีจากการเผาไหม้ (ภาคผนวก ข)
2. ทำความสะอาดหน้าดินบริเวณที่จะทำการเก็บตัวอย่างไม่ให้มีเศษหญ้าและเศษขยะหลงเหลืออยู่
3. ใช้หลอดเจาะดินในการเก็บตัวอย่างดิน เจาะลงบนดินให้ลึกประมาณ 6 นิ้ว
4. นำตัวอย่างดินมาผึ่งในที่ร่มให้แห้ง
5. นำตัวอย่างดินมาบดให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช
6. เก็บตัวอย่างดินในภาชนะปิด และเก็บในที่มืดไม่ให้โดนแสง

3.4.4.2 การเตรียมดิน

1. ชั่งดินมา 50 กรัม ใส่ไว้ในบีกเกอร์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. บีบอัดสารละลายมาตรฐานผสมที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม (ภาคผนวก ก) มาจำนวน 50 มิลลิลิตร

3. พ่นเป็นละอองใส่ลงในดิน หุ้มบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟลอยด์
4. ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน ในที่มืด

3.4.4.3 การสกัดด้วยซอกซ์เลต

1. นำดินที่เตรียมในข้อ 3.4.3.2 ใส่ในหลอดทิมเบอร์
2. เติมสารละลายไดคลอโรมีเทน 300 มิลลิลิตร และเม็คแก้ว 3-4 เม็ค ลงในขวดก้นกลมที่ได้จากการเตรียมเครื่องมือซอกซ์เลต (ข้อ 3.3.1)
3. นำหลอดทิมเบอร์และขวดก้นกลมไปต่อเข้ากับเครื่องมือซอกซ์เลต และทำการสกัด เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส
4. นำไประเหยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนออกโดยใช้เครื่องระเหยสูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 353 เฮกโตปาสกาล ให้เหลือปริมาตรของสารตัวอย่างประมาณ 2 มิลลิลิตร
5. เติมสารละลายเฮกเซนจำนวน 10 มิลลิลิตร ลงในสารตัวอย่างและทำการระเหยซ้ำอีกครั้งด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความดัน 160 เฮกโตปาสกาล ให้เหลือปริมาตรประมาณ 2 มิลลิลิตร
6. นำสารละลายที่เหลือ 2 มิลลิลิตร เทเก็บในขวดไว้ออล แล้วหุ้มด้วยกระดาษฟลอยด์ให้มิดชิด เพื่อนำไปแยกสารปนเปื้อน ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์หา PAHs โดย GC-FID ต่อไป

3.4.4.4 การแยกสารจากสิ่งปนเปื้อน (cleanup) ด้วยคอลัมน์โครมาโทกราฟี

1. นำสารละลายที่ได้จากข้อ 3.4.4.3 เติมลงในคอลัมน์โครมาโทกราฟี (ข้อ 3.3.2)
2. นำตัวทำละลายเฮกเซนจำนวน 100 มิลลิลิตร ค่อย ๆ เทสารละลายลงคอลัมน์ และให้ชะออกมา โดย 30 มิลลิลิตรแรกไม่เก็บ จะเก็บ 30 มิลลิลิตรถัดไป (ปริมาตรที่เก็บเป็นปริมาตรที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.4.2)
3. นำสารละลายที่ได้ไประเหยให้เหลือ 2 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID

4. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน

3.4.4.5 การวิเคราะห์โดยเครื่อง GC-FID

1. วิเคราะห์สารตัวอย่าง โดยเครื่อง GC-FID ภายใต้สภาวะในข้อ 3.3.3
2. ฉีดซ้ำอีก 2 ครั้ง
3. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เรียกคืนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

3.4.5.1 ตัวอย่างดินที่ไม่มีการเผาไหม้

3.4.5.1.1 การเก็บตัวอย่างดิน

1. กำหนดสถานที่ที่จะทำการเก็บตัวอย่างดิน และกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินบนพื้นที่โดยเก็บ 5 จุด (ภาคผนวก ข)
2. ทำความสะอาดหน้าดินบริเวณที่จะเก็บไม่ให้มีเศษหญ้าหลงเหลืออยู่
3. ใช้หลอดเจาะดินในการเก็บตัวอย่างดิน เจาะลงบนดินให้ลึกประมาณ 6 นิ้ว เก็บดินแต่ละจุดให้ได้จุดละประมาณ 500 กรัม
4. นำดินที่เก็บมาทั้ง 5 จุด มารวมกันแล้วคลุกเคล้าดินให้เข้ากัน และนำตัวอย่างดินมาผึ่งในที่ร่มให้แห้ง
5. นำตัวอย่างดินมาบดให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช
6. เก็บตัวอย่างดินในภาชนะปิด และเก็บไว้ในที่มืดไม่ให้โดนแสง

3.4.5.1.2 การหาค่าหนักดินแห้ง

1. ชั่งตัวอย่างดินจากข้อ 3.4.5.1.1 ประมาณ 10 กรัม แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 คืน
2. นำตัวอย่างดินที่อบแล้ว มาชั่งอีกครั้ง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น
3. ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง

3.4.5.1.3 วิธีการสกัดด้วยซอกซ์เลต

1. ชั่งตัวอย่างดินจากข้อ 3.4.5.1.1 มา 50 กรัม ใส่ในหลอดทิมเบอร์
2. เติมสารละลายไดคลอโรมีเทน 300 มิลลิลิตร และเม็ดแก้ว 3-4 เม็ด ลงในขวดก้นกลมที่ได้จากการเตรียมเครื่องมือซอกซ์เลต (ข้อ 3.3.1)
3. นำหลอดทิมเบอร์และขวดก้นกลมไปต่อเข้ากับเครื่องมือซอกซ์เลตและทำการสกัดเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส
4. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 3 อีกครั้ง
5. นำสารละลายที่สกัดได้ทั้ง 2 ชุด มารวมกัน ให้ถือเป็นตัวอย่างที่ 1
6. นำไประเหยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนออกโดยใช้เครื่องระเหยสูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 353 เฮกโตปาสกาล ให้เหลือปริมาตรของสารตัวอย่างประมาณ 2 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เติมสารละลายเฮกเซนจำนวน 10 มิลลิลิตร ลงในสารตัวอย่างและทำการระเหยซ้ำอีกครั้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความดัน 160 เฮกโตปาสคาล ให้เหลือปริมาตรประมาณ 2 มิลลิลิตร

8. นำสารละลายที่เหลือ 2 มิลลิลิตร เทเก็บในขวดไวโอล แต่หุ้มด้วยกระดาษฟลอยด์ให้มิดชิด เพื่อนำไปแยกสารปนเปื้อนก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์หา PAHs โดยใช้ GC-FID ต่อไป

3.4.5.1.4 การแยกสารออกจากสารผสม (cleanup) โดยวิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี

1. นำสารตัวอย่างที่ 1 มาเติมลงในคอลัมน์โครมาโทกราฟีที่เตรียมไว้ (ข้อ 3.3.2)

2. นำตัวทำละลายเฮกเซนจำนวน 100 มิลลิลิตร (ปริมาณที่ใช้เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมตามระบบที่ทดสอบในข้อ 3.4.4) ค่อยๆ ใส่สารละลายลงคอลัมน์และให้ชะออกมา โดย 30 มิลลิลิตรแรกไม่เก็บ จะเก็บ 30 มิลลิลิตรถัดไป (เป็นปริมาตรที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.4.2)

3. นำสารละลายที่ได้ไประเหยให้เหลือ 2 มิลลิลิตร

3.4.5.1.5 การวิเคราะห์โดยเครื่อง GC-FID

1. วิเคราะห์สารตัวอย่างโดยเครื่อง GC-FID ภายใต้สภาวะเดียวกันกับสารละลายมาตรฐาน (ข้อ 3.3.3)

2. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณ

หมายเหตุ ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 3.4.5.1.3 ถึง 3.4.5.1.5 อีก 4 ครั้ง โดยให้เป็นตัวอย่างที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

3.4.5.2 ตัวอย่างดินที่มีการเผาไหม้

ทำการทดลองเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่ไม่มีการเผาไหม้ ตั้งแต่ข้อ 3.4.5.1.1 ถึง 3.4.5.1.5 แต่เปลี่ยนบริเวณเก็บตัวอย่างดินเป็นบริเวณที่มีการเผาไหม้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์ผล

4.1 การหาน้ำหนักดินแห้ง

4.1.1 ดินที่ไม่มีการเผาไหม้

ลักษณะทางกายภาพของดิน คือ ผิวหน้าปกคลุมด้วยหญ้าเล็กน้อย นำตัวอย่างดินประมาณ 10 กรัม มาชั่ง หลังจากนั้นนำไปอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักดินก่อนอบ} - \text{น้ำหนักดินหลังอบ}}{\text{น้ำหนักดินก่อนอบ}} \times 100$$

ตาราง 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินที่ไม่มีการเผาไหม้

| ครั้งที่ | น้ำหนักดินก่อนอบ (กรัม) | น้ำหนักดินหลังอบ (กรัม) | เปอร์เซ็นต์ความชื้น |
|----------|----------------------------|----------------------------|---------------------|
| 1 | 10.13 | 9.18 | 9.38 |
| 2 | 10.22 | 9.31 | 8.90 |
| 3 | 10.05 | 9.01 | 10.35 |
| | เฉลี่ย | | 9.54 |

จากตารางที่ 4.1 พบว่าดินที่ไม่มีการเผาไหม้ประมาณ 10 กรัม มีความชื้น 9.54 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อใช้ดิน 50 กรัม น้ำหนักดินแห้งเท่ากับ 45.23 กรัม (คำนวณจากภาคผนวก ง ข้อ 1)

4.1.2 ดินที่มีการเผาไหม้

ลักษณะทางกายภาพของดิน คือ ผิวหน้าของดินแห้งและมีสีดำเนื่องจากซี้เข้าจากการเผาไหม้ นำตัวอย่างดินประมาณ 10 กรัม มาชั่ง หลังจากนั้นนำไปอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.2

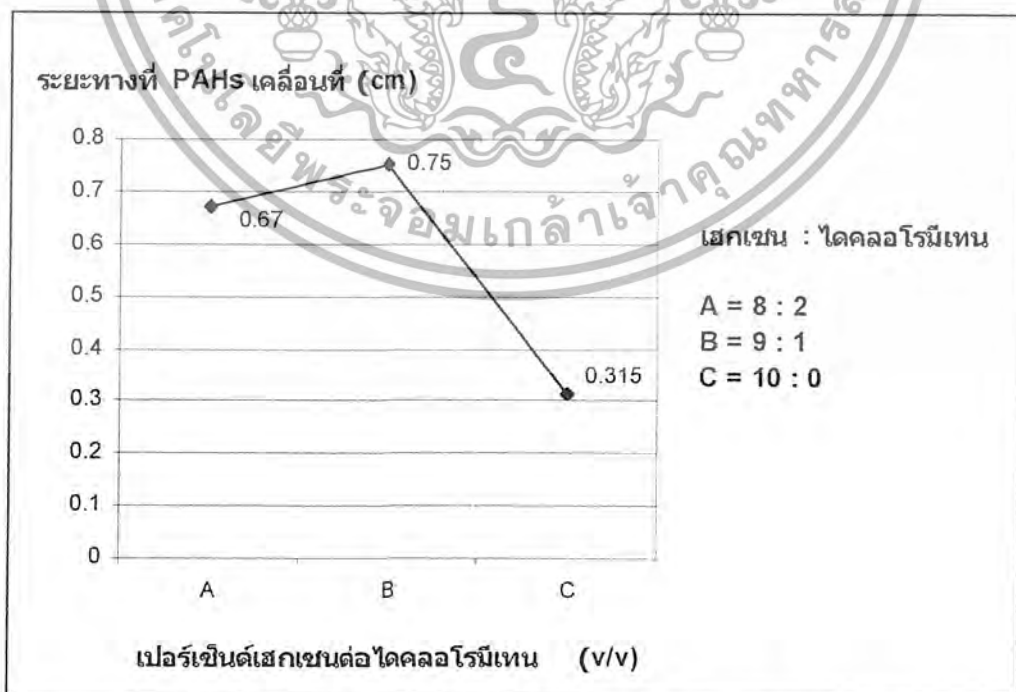
ตาราง 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินที่มีการเผาไหม้

| ครั้งที่ | น้ำหนักดินก่อนอบ (กรัม) | น้ำหนักดินหลังอบ (กรัม) | เปอร์เซ็นต์ความชื้น |
|----------|----------------------------|----------------------------|---------------------|
| 1 | 10.12 | 9.76 | 3.56 |
| 2 | 10.30 | 9.94 | 3.50 |
| 3 | 10.01 | 9.66 | 3.49 |
| | เฉลี่ย | | 3.52 |

จากตารางที่ 4.2 พบว่าดินที่ไม่มีการเผาไหม้ประมาณ 10 กรัม มีความชื้น 3.52 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อใช้ดิน 50 กรัม น้ำหนักดินแห้งเท่ากับ 48.24 กรัม (คำนวณจากภาคผนวก ง ข้อ 1)

4.2 การหาตัวทำละลายที่เหมาะสมโดยใช้กระดาษโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง

นำสารละลายมาตรฐานผสมของ PAHs 10 พีพีเอ็ม จุดบนกระดาษ TLC แล้วนำไปจุ่มในระบบตัวทำละลายแยกชั้นต่อไคคลอโรมีเทนที่อัตราส่วน 10 : 0, 9 : 1, 8 : 2 ตามลำดับ ได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงระยะทางของ PAHs ในกระดาษ TLC กับเปอร์เซ็นต์เฮกเซนต่อไคคลอโรมีเทน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 พบว่าสัดส่วนตัวทำละลายที่เหมาะสมในการแยกสารคือ เฮกเซน 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระยะทางของ PAHs เคลื่อนที่ได้ 0.315 เซนติเมตร โดยสอดคล้องกับหลักการแยกสารที่ตีควรมีระยะทางที่สารค้ำอย่างเคลื่อนที่ต่อตัวทำละลายเคลื่อนที่อยู่ระหว่าง 0.3-0.4 (Crisp และ Williamson, 1999)

4.3 แสดงปริมาณของตัวทำละลายเฮกเซนที่ชะ PAHs ออกจากคอลัมน์โครมาโทกราฟ

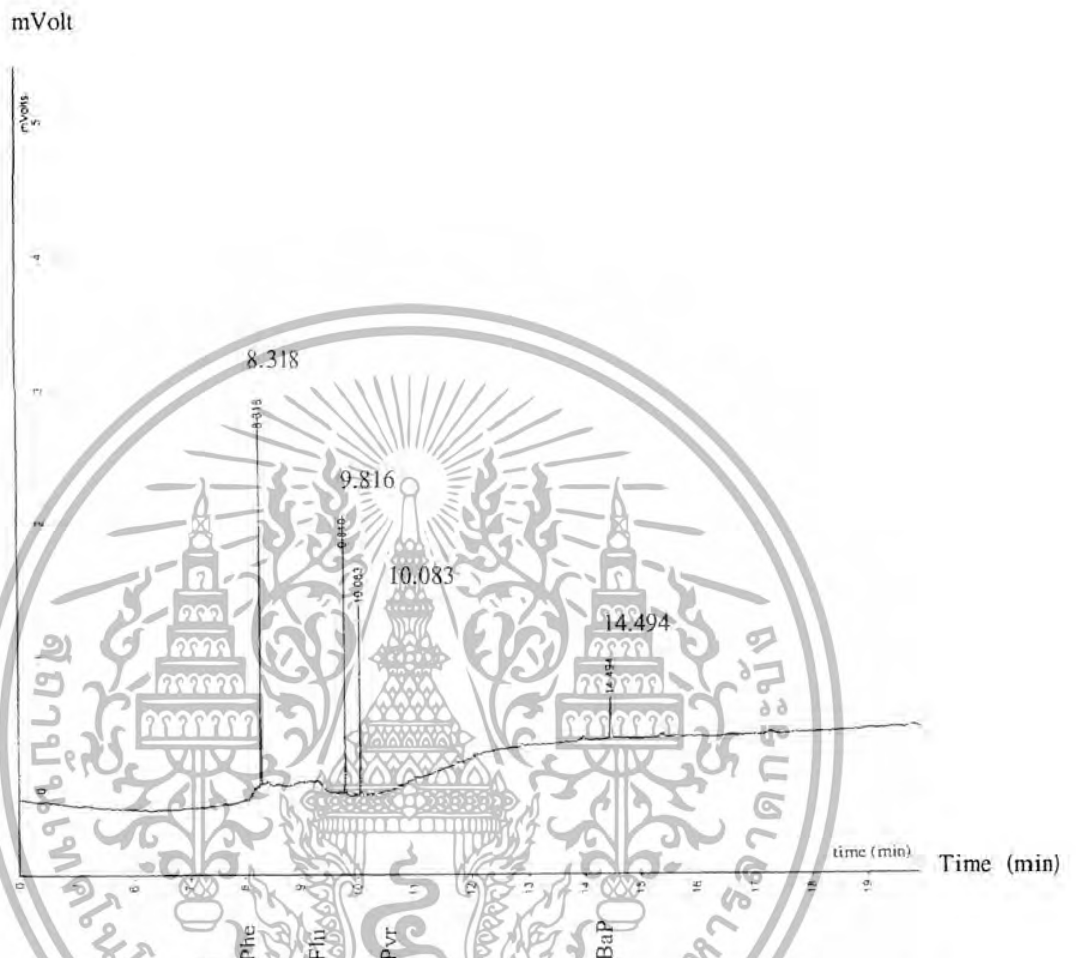
นำสารละลายมาตรฐานผสมของ PAHs ที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม ใส่ลงในคอลัมน์แล้วชะด้วยตัวทำละลายเฮกเซน 100 มิลลิลิตร ทำการเก็บสารที่ชะออกจากคอลัมน์ใส่ขวดไว้ออลทุก 10 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณของตัวทำละลายเฮกเซนที่ชะ PAHs ก็กับการพบ PAHs บนกระดาษ TLC

| ปริมาณของเฮกเซนที่ชะ PAHs (มิลลิลิตร) | จุดของ PAHs บนกระดาษ TLC |
|---------------------------------------|--------------------------|
| 10 | ไม่พบ |
| 20 | ไม่พบ |
| 30 | ไม่พบ |
| 40 | พบ |
| 50 | พบ |
| 60 | พบ |
| 70 | ไม่พบ |
| 80 | ไม่พบ |
| 90 | ไม่พบ |
| 100 | ไม่พบ |

จากตารางที่ 4.3 พบ PAHs บนกระดาษ TLC ที่ปริมาณของตัวทำละลายเฮกเซนที่ 40, 50 และ 60 มิลลิลิตร จึงนำปริมาณส่วนนี้ไปใช้ในการเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนและการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ส่วนปริมาณของตัวทำละลายเฮกเซนที่ 10, 20, 30, 70, 80, 90, และ 100 มิลลิลิตร ไม่พบ PAHs จึงไม่นำไปวิเคราะห์

4.4 การหาเวลาการคงไว้ของสารละลายมาตรฐานโดยเครื่อง GC-FID



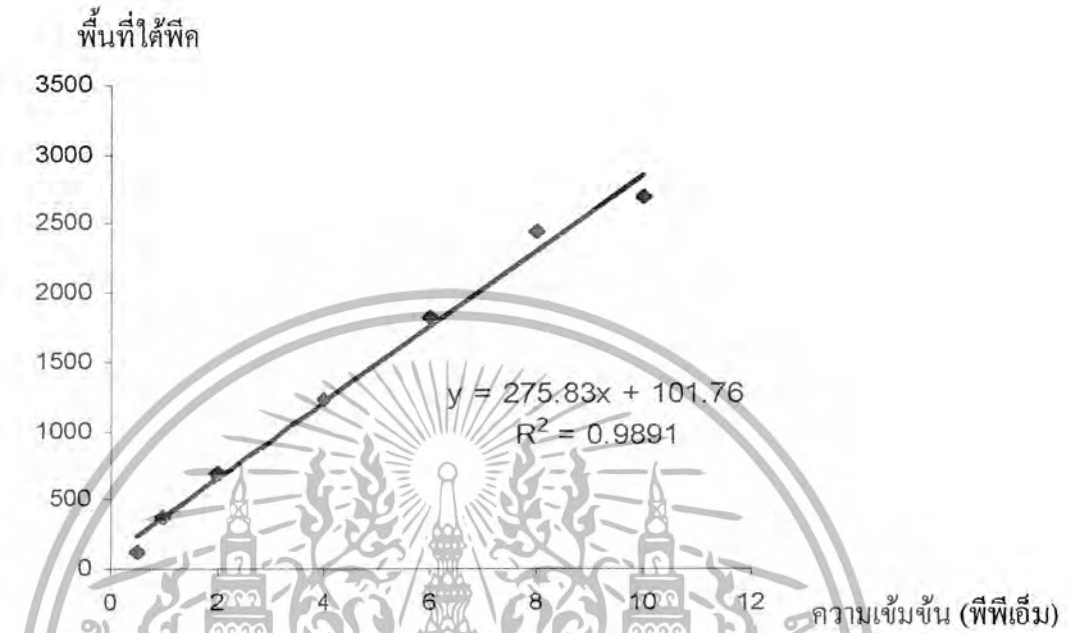
รูปที่ 4.2 แสดงเวลาการคงไว้ของสารละลายมาตรฐานผสม PAHs ทั้ง 4 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม (Restek, 2001)

จากรูปที่ 4.2 แสดงค่าเวลาการคงไว้ของ PAHs ทั้ง 4 ชนิด โดยนำสารละลายมาตรฐานผสม ที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม จำนวน 0.2 ไมโครลิตร ฉีดเข้าเครื่อง GC-FID ได้ค่าเวลาการคงไว้ของฟิแนนทรีน, ฟลูโอแรนทีน, ไพรีน และ เบนโซ[เอ]ไพรีน เท่ากับ 8.318 นาที, 9.810 นาที, 10.083 นาที และ 14.494 นาที ตามลำดับ

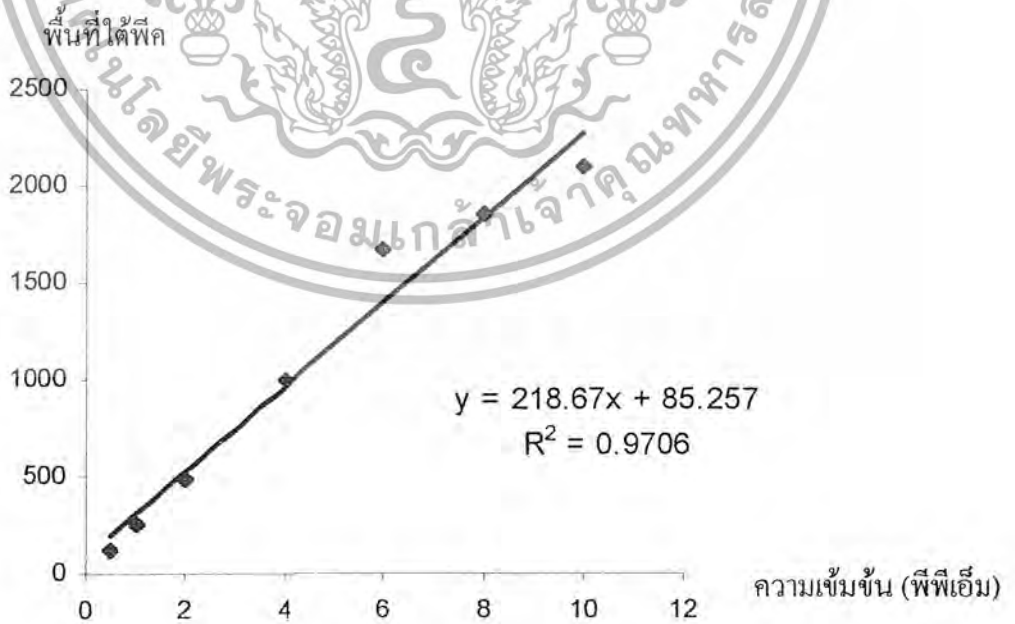
4.5 การสร้างกราฟมาตรฐาน

นำสารละลายมาตรฐานผสม (ภาคผนวก ข) ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม จำนวน 0.2 ไมโครลิตร ฉีดเข้าเครื่อง GC-FID ได้ผลแสดงคิงกราฟ (รูปที่ 4.3-4.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

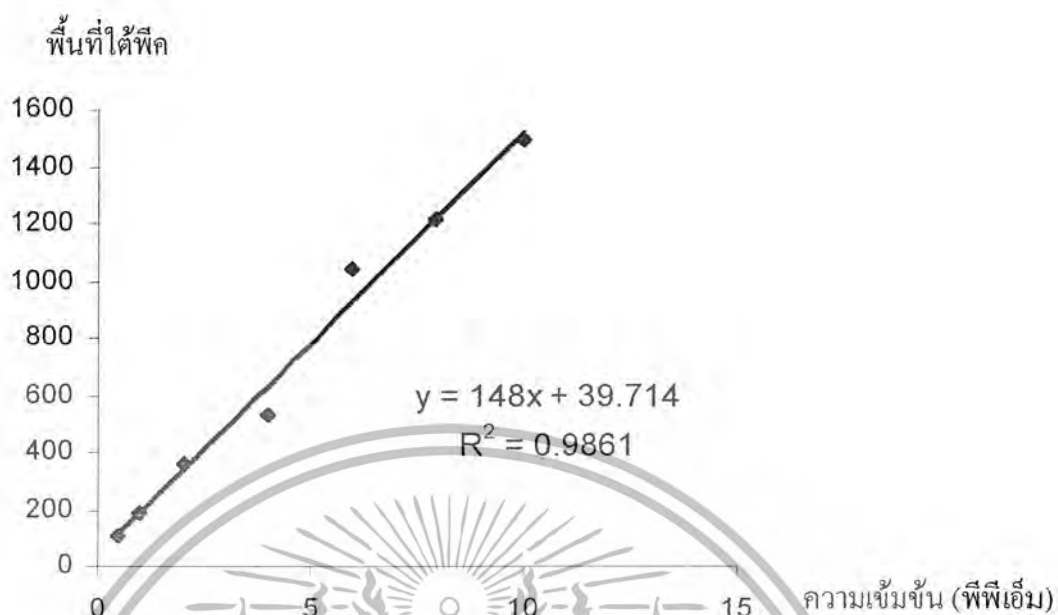


รูปที่ 4.3 แสดงกราฟมาตรฐานพีแนทรีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม

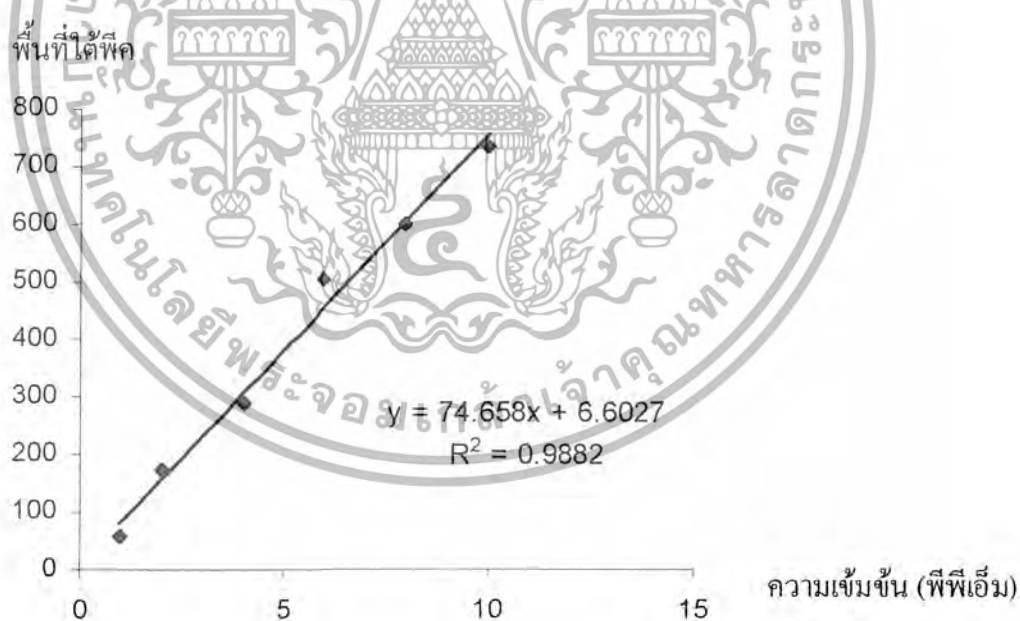


รูปที่ 4.4 แสดงกราฟมาตรฐานฟลูโอเรนทีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงกราฟมาตรฐานไพรีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม



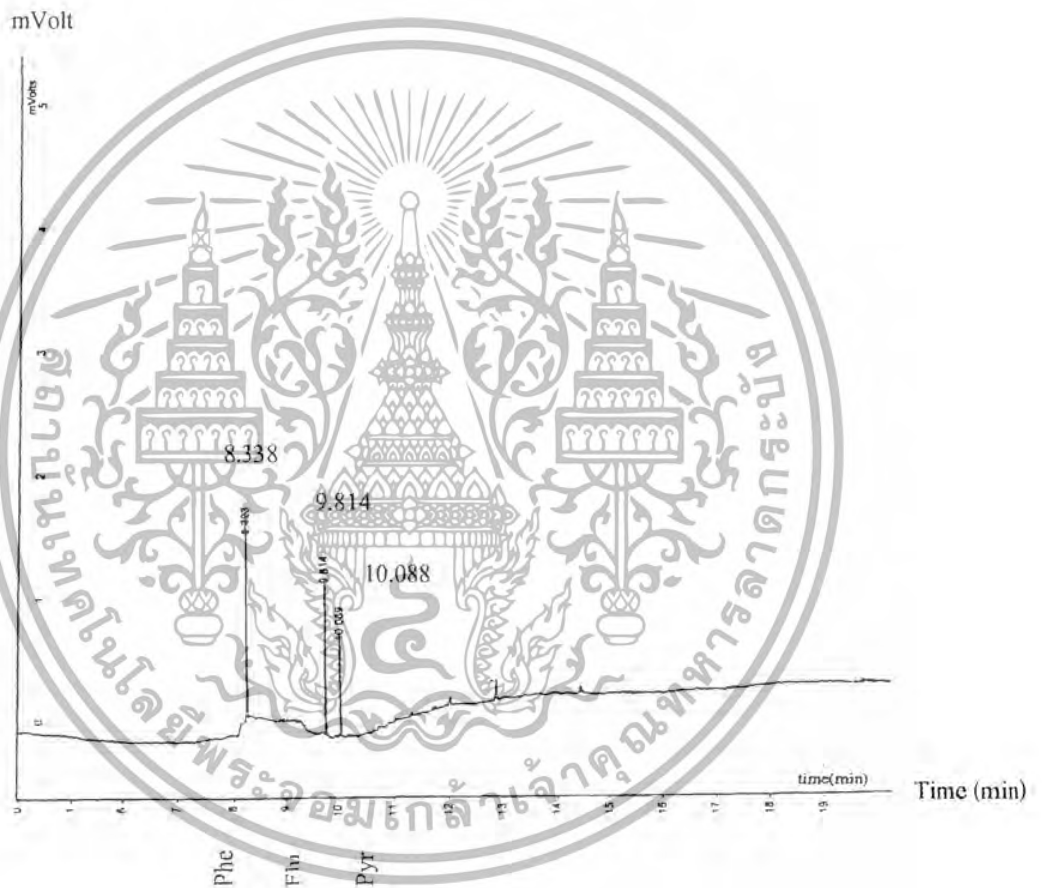
รูปที่ 4.6 แสดงกราฟมาตรฐานพีแนนทรีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม

จากรูปที่ 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.6 พบว่าได้เป็นกราฟเส้นตรง ซึ่งจะนำกราฟมาตรฐานของ PAHs ทั้ง 4 ชนิด มาหาความเข้มข้นของ PAHs ในตัวอย่างดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนของ PAHs ในดิน

โดยนำดินจากพื้นที่ที่ห่างไกลการเผาไหม้ จำนวน 50 กรัม มาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำดินที่อบมาเติม (spike) สารละลายมาตรฐานผสมที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม จำนวน 50 มิลลิลิตร หมักดินไว้เป็นเวลา 7 วันในที่มืด นำดินที่ได้จากการหมักมาทำการสกัด, การแยกสารออกจากสารผสม และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID ได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.7 กราฟแสดง PAHs ที่ได้จากการหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน

จากรูปที่ 4.7 พบว่ามีพีคของ PAHs เพียง 3 ชนิด คือ ฟีนแอนทริน, ฟลูโอแรนทีน และ ไพรีน ส่วนพีคของ เบนโซ[เอ]ไพรีน ไม่ปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนในการเติมสารละลายมาตรฐานลงดิน

| ครั้งที่ | พื้นที่ได้พืค | | | |
|-------------------------|---------------|-------------|-------|----------------|
| | พีแนทรีน | ฟลูโอแรนทีน | ไพรีน | เบนโซ[เอ]ไพรีน |
| 1 | 1274 | 853 | 560 | n.d. |
| 2 | 1717 | 1239 | 853 | n.d. |
| 3 | 1536 | 1054 | 738 | n.d. |
| ค่าเฉลี่ย | 1509 | 1049 | 717 | - |
| เปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน | 92.72 | 80.00 | 82072 | - |

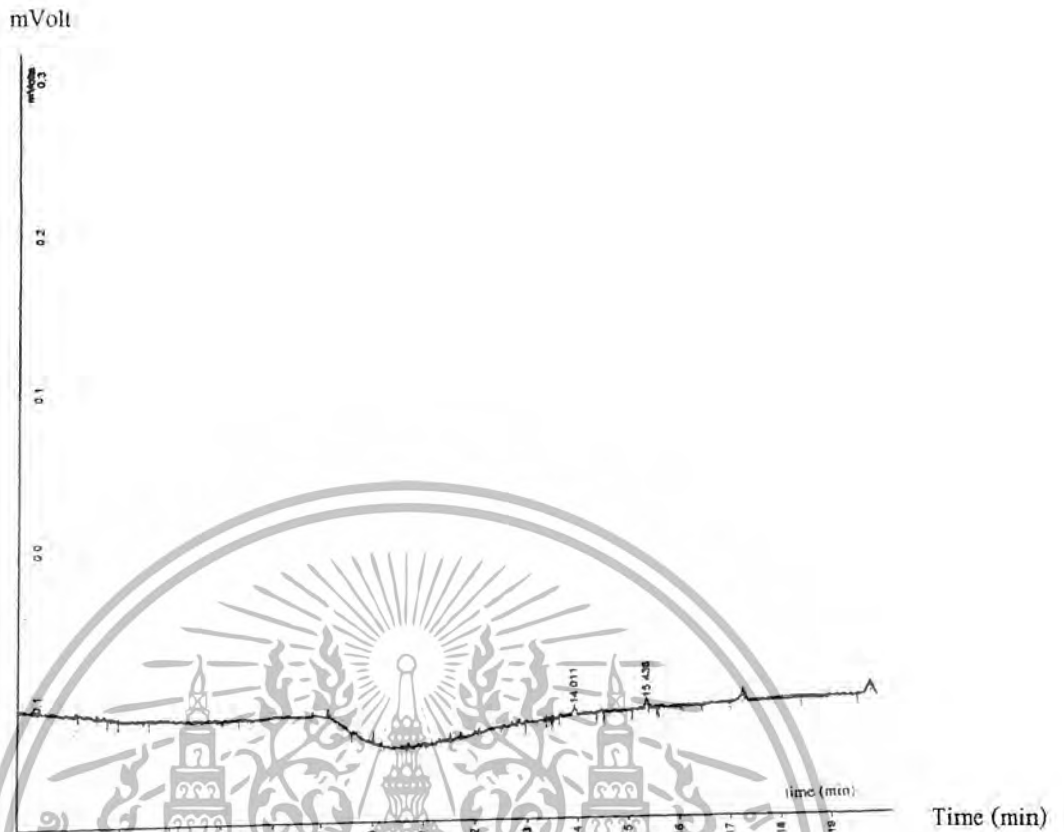
หมายเหตุ n.d. หมายถึง non-detected (ไม่สามารถตรวจวัดได้)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าพีแนทรีน มีเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนเท่ากับ 92.72 เปอร์เซ็นต์, ฟลูโอแรนทีน มีเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนเท่ากับ 80.00 เปอร์เซ็นต์, ไพรีน มีเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนเท่ากับ 82.72 เปอร์เซ็นต์ (คำนวณจากภาคผนวก ง ข้อ 3) ส่วนเบนโซ[เอ]ไพรีน ไม่สามารถอินทิเกรตพื้นที่ได้พืคได้ อาจเนื่องจากเบนโซ[เอ]ไพรีน มีน้ำหนักโมเลกุลและจุดเดือดสูงทำให้วิเคราะห์ด้วย GC-FID ค่อนข้างยาก รวมทั้งการสกัด และการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้อาจไม่เหมาะสมสำหรับ เบนโซ[เอ]ไพรีน

4.7 การวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ในตัวอย่างดิน

4.7.1 ตัวอย่างดินที่ไม่มีการเผาไหม้

นำตัวอย่างดินจากการเก็บมาฝังในที่ร่มให้แห้ง (ไม่ทำการอบ) จำนวน 5 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 100 กรัม มาทำการสกัด, การแยกสารออกจากสารผสม และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID ได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.8

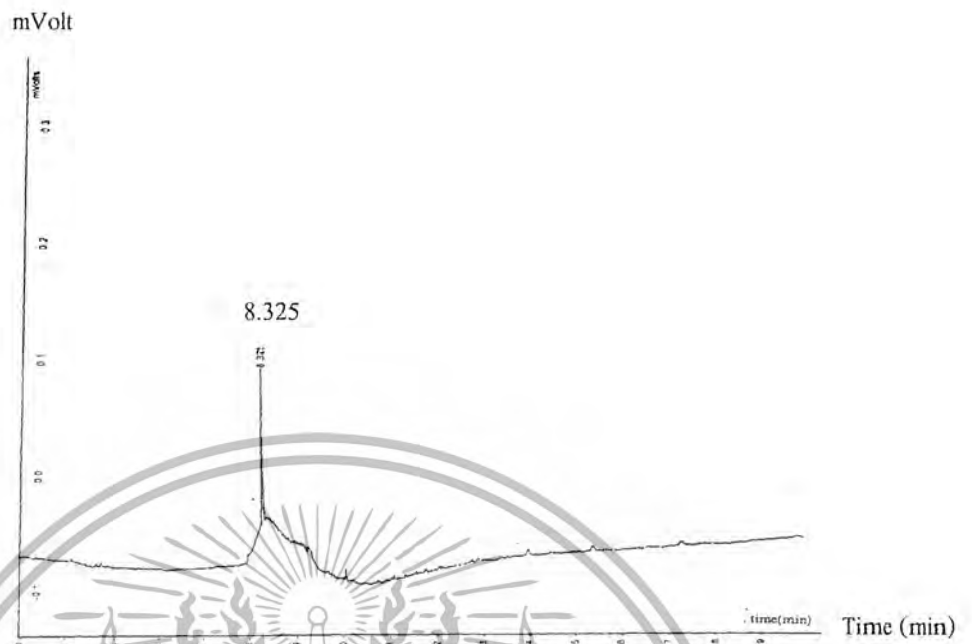


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ของตัวอย่างดินที่ไม่มีการเผาไหม้

จากรูปที่ 4.8 พบว่าในการวิเคราะห์ดินที่ไม่มีการเผาไหม้ด้วยเครื่อง GC ไม่พบ PAHs ทั้ง 4 ชนิด ปนเปื้อนในดินที่ไม่มีการเผาไหม้จึงไม่สามารถหาปริมาณ PAHs ได้

4.7.2 ตัวอย่างดินที่มีการเผาไหม้

นำตัวอย่างดินจากการเก็บมาฝังในที่ร่มให้แห้ง (ไม่ทำการอบ) จำนวน 5 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 100 กรัม มาทำการสกัด, การแยกสารออกจากสารผสม และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID ได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กราฟแสดง พีแนทรีนที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างดิน

จากรูปที่ 4.9 พบว่าในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่มีการเผาไหม้ด้วยเครื่อง GC-FID พบพีคของพีแนทรีน เพียงชนิดเดียว

ตารางที่ 4.5 แสดงพื้นที่ใต้พีคของตัวอย่างดินที่มีการเผาไหม้ เป็นจำนวน 5 ตัวอย่าง

| ตัวอย่างที่ | พื้นที่ใต้พีค | | | |
|-----------------|---------------|-------------|-------|----------------|
| | พีแนทรีน | ฟลูโอแรนทีน | ไพรีน | เบนโซ[เอ]ไพรีน |
| 1 | 139 | n.d. | n.d. | n.d. |
| 2 | 130 | n.d. | n.d. | n.d. |
| 3 | 150 | n.d. | n.d. | n.d. |
| 4 | 142 | n.d. | n.d. | n.d. |
| 5 | 126 | n.d. | n.d. | n.d. |
| ค่าเฉลี่ย | 137 | - | - | - |
| เปอร์เซ็นต์ RSD | 7.00 | - | - | - |

หมายเหตุ n.d. หมายถึง non-detected (ไม่สามารถตรวจวัดได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 พบว่าในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID พบ PAHs ปนเปื้อนในตัวอย่างดิน คือ ฟีนแอนทริน เพียงสารเดียว ความเข้มข้นที่ได้เท่ากับ 0.13 พีพีเอ็ม หรือ 0.0029 มิลลิกรัมของ PAHs ต่อดิน 1 กิโลกรัม (คำนวณจากภาคผนวก ง ข้อ 4)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ที่ปนเปื้อนในดินบริเวณที่มีการเผาขยะในพื้นที่โล่งแจ้ง โดยทำการศึกษา PAHs ทั้งหมด 4 ชนิด คือ พีแนนทรีน ฟลูโอแรนทีน ไพรีน และเบนโซ[เอ]ไพรีน ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

5.1.1 จากการศึกษาค้นคว้าสายที่เหมาะสมในการแยก PAHs ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง พบว่าตัวทำละลายที่เหมาะสม คือ 100 เปอร์เซ็นต์เฮกเซน ต่อ 0 เปอร์เซ็นต์ไดคลอโรมีเทน ซึ่งได้ระยะทางที่ PAHs เคลื่อนที่บนกระดาษ TLC เท่ากับ 0.315 เซนติเมตร โดยเป็นค่าอยู่ในช่วง 0.3-0.4 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมในการแยกสาร (Crisp และ Williamson, 1999)

5.1.2 การหาปริมาณของตัวทำละลายเฮกเซนที่ PAHs ถูกชะออกจากคอลัมน์ที่ปริมาตรที่ 40, 50 และ 60 มิลลิลิตรจากตัวทำละลาย 100 มิลลิลิตร โดยจะนำปริมาตรทั้ง 30 มิลลิลิตรนี้ไปทำการวิเคราะห์ ส่วนปริมาตรตัวทำละลายเฮกเซนที่ถูกชะออกจากคอลัมน์ที่ปริมาตรที่ 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร ปริมาตรในส่วนนี้จะไม่ทำการวิเคราะห์เนื่องจากเป็นสารพวก อะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (aliphatic hydrocarbons) (Evan *et al.*, 1989)

5.1.3 การหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน ของ PAHs ในดิน พบว่า พีแนนทรีนมีเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน 92.73 เปอร์เซ็นต์, ฟลูโอแรนทีนมีเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน 80.00 เปอร์เซ็นต์และ ไพรีนมีเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน 83.27 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเบนโซ[เอ]ไพรีน ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ อาจเนื่องมาจาก เบนโซ[เอ]ไพรีนมีน้ำหนักโมเลกุลและจุดเดือดสูงทำให้วิเคราะห์ด้วย GC ก่อนข้างยาก

5.1.4 การวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ในตัวอย่างดินที่มีการเผาไหม้ พบ พีแนนทรีน เพียงสารเดียว มีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 2.9×10^{-3} มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักดินแห้ง หรือ 0.13 พีพีเอ็ม ซึ่งอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ในช่วงค่าวิกฤตคือ 0.2 – 5.0 พีพีเอ็ม (RaPID Assay, 2002) สาเหตุที่พบแต่พีแนนทรีนทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก พีแนนทรีน มีค่าครึ่งชีวิตจากการย่อยสลายโดยแสงบนแก้วลอย (สีเทาเข้ม-สีดำ) สูง (Behymer และ Hites, 1988) จึงสลายตัวได้ช้ากว่า PAHs อีก 3 ชนิด หรือ นอกจากนี้ฟลูโอแรนทีน, ไพรีน และ เบนโซ[เอ]ไพรีน อาจจะมีค่าความเข้มข้นน้อยจนไม่สามารถตรวจวัดหรือเทคนิคและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ อาจไม่เหมาะสมกับสารทั้ง 3 ชนิด

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรทำการวิเคราะห์หา PAHs ชนิดอื่นๆ นอกเหนือจาก PAHs ทั้ง 4 ชนิดที่ศึกษาในดินที่มีการเผาขยะในบริเวณที่โล่งแจ้ง

5.2.2 ควรทำการศึกษาหากลไกการแพร่กระจายของ PAHs ในดินบริเวณที่มีการเผาขยะในที่โล่งแจ้ง

5.2.3 ศึกษาผลกระทบของ PAHs ค่อนข้างได้ดินในบริเวณดินที่มีการเผาขยะ

5.2.4 ควรทำการศึกษาหา PAHs ที่ปนเปื้อนในดินจากกิจกรรมอื่นๆ นอกเหนือจากการเผาขยะ



- Crisp, T. and Willramson, M.1999. Separation of Poly Aromatic Hydrocarbons Using 2-Dimensional Thin-Layer Chromatography. **Journal of Chemical Education**. 12(76): 1691-1692.
- Dumitru, M., Constantin, C. and Lacatusu, R. 1992. Content of polynuclear aromatic hydrocarbons in the soil of Bucharest area, Bucharest, Romania. www.zalf.de/esse/inhalt2.htm.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1990. **Test Methods for Evaluating Solid Waste; Physical / Chemical Method**. Method 3540 A.
- Evans, K.M.; Gill, R.A. and Robottham, P. W. J. 1989. the source, composition and flux of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of the river derwent, Derbyshire, U.K. **Water, Air and Soil Pollution**. (51): 1-12
- Goodson Tool and Supplies for Engine Builders. 1997. www.goodson.com/msds/GLO-2.pdf
- Heemken, O. P.; theobald, N. and Wenclawiak, B.W. 1997. Comparison of ASE and SFE with Soxhlet, Sonication, and Methanolic Saponification Extraction for the Determination of Organic Micropollutants in Marine Particulate Matter. **Analytical Chemistry**. 11(69): 2171-2180.
- IPCS.1998. **Environmental Health Criteria 2002. Selected Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons**. The International programme on Chemical Safety. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Lewis, A.C., Bartle, K.D., Mc Quaid, J.B., Pilling, M.J. Seakins, P.W., Ridgeon, P., (1996). Atmospheric monitoring of volatile organic compounds using programmed Temperature vaporisation injection. **J.High Resol. Chromatograp**. 19, 686-690
- Nielsen, T; et. al. 1996. City air pollution of polycyclic aromatic hydrocarbons and other mutagens : Occurrence, sources and health effects. **Science of the total Environment**. 190: 41-49.
- Park, J.S.; Wade, T.L. and Sweet, S. 2001. Atmospheric distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons and deposition to Galveston Bay, Texas, USA. **Atmospheric Environment**. 19(35):3241-3249.
- Prevot, A.B; et.al. 2001. Microwave-Assisted Extraction of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Marine Sediments Using Nonionic Sunfactant Solutions. **Analytical Chemistry**. 15(73): 3790-3795.
- Restek. 2001. **Chromatography Products**. U.S.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

US EPA. 1997. **Project Summary Testing the Performance of Real-Time Incinerator Emission**

Monitors. National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati.

US EPA. 1984. **List of the sixteen PAHs with the Highest Carcinogenic Effect.** IEA Coal Research, London.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารละลายมาตรฐานผสม

1. สารละลายมาตรฐานผสมที่มีความเข้มข้น 0.5 พีพีเอ็ม

1.1 ปิเปตสารละลายสต็อกพีแนนทรินที่มีความเข้มข้น 4020 พีพีเอ็ม จำนวน 12.4 ไมโครลิตร สารละลายสต็อกฟลูโอแรนทรินที่มีความเข้มข้น 4000 พีพีเอ็ม มาจำนวน 12.5 ไมโครลิตร สารละลายสต็อกไพรีนที่มีความเข้มข้น 4000 พีพีเอ็ม มาจำนวน 12.5 ไมโครลิตร และสารละลายสต็อกเบนโซ[เอ]ไพรีนที่มีความเข้มข้น 540 พีพีเอ็ม มาจำนวน 92.6 ไมโครลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิตร

1.2 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเฮกเซน

2. สารละลายมาตรฐานผสมที่มีความเข้มข้น 1 พีพีเอ็ม

1.1 ปิเปตสารละลายสต็อกพีแนนทริน ฟลูโอแรนทริน ไพรีน และเบนโซ[เอ]ไพรีน มาจำนวน 24.9, 25, 25 และ 185.2 ไมโครลิตร ตามลำดับ ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิตร

1.2 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเฮกเซน

3. สารละลายมาตรฐานผสมที่มีความเข้มข้น 2 พีพีเอ็ม

1.1 ปิเปตสารละลายสต็อกพีแนนทริน ฟลูโอแรนทริน ไพรีน และเบนโซ[เอ]ไพรีน มาจำนวน 49.8, 50, 50 และ 370.4 ไมโครลิตร ตามลำดับ ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิตร

1.2 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเฮกเซน

4. สารละลายมาตรฐานผสมที่มีความเข้มข้น 4 พีพีเอ็ม

1.1 ปิเปตสารละลายสต็อกพีแนนทริน ฟลูโอแรนทริน ไพรีน และเบนโซ[เอ]ไพรีน มาจำนวน 99.5, 100, 100 และ 740.7 ไมโครลิตร ตามลำดับ ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิตร

1.2 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเฮกเซน

5. สารละลายมาตรฐานผสมที่มีความเข้มข้น 6 พีพีเอ็ม

1.1 ปิเปตสารละลายสต็อกพีแนนทริน ฟลูโอแรนทริน ไพรีน และเบนโซ[เอ]ไพรีน มาจำนวน 149.3, 150, 150 และ 1111 ไมโครลิตร ตามลำดับ ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิตร

1.2 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเฮกเซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สารละลายมาตรฐานผสมที่ความเข้มข้น 8 พีพีเอ็ม

1.1 ปิเปตสารละลายสต็อกฟิแนทรีน ฟลูโอแรนทรีน ไพรีน และเบนโซ[เอ]ไพรีน มาจำนวน 199, 200, 200 และ 1481.5 ไมโครลิตร ตามลำดับ ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

1.2 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเฮกเซน

7. สารละลายมาตรฐานผสมที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม

1.1 ปิเปตสารละลายสต็อกฟิแนทรีน ฟลูโอแรนทรีน ไพรีน และเบนโซ[เอ]ไพรีน มาจำนวน 248.8, 250, 250 และ 1851.9 ไมโครลิตร ตามลำดับ ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

1.2 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเฮกเซน



ภาคผนวก ข

การเก็บตัวอย่างดิน

ข้อกำหนดในการเก็บตัวอย่างดิน

1. ขนาดของพื้นที่ไม่ควรเกิน 25 ไร่
2. ความชื้นควรมีสภาพเหมาะสม
3. ความลึกที่ทำการเก็บขึ้นอยู่กับประเภทของพื้นที่ หรือการใช้ประโยชน์
4. จุดเก็บตัวอย่างขึ้นอยู่กับประเภทของพื้นที่ หรือการใช้ประโยชน์

ปัจจัยที่ใช้เป็นหลักในการพิจารณา

1. สภาพภูมิประเทศ
2. สีของดิน
3. ประเภทของเนื้อดิน
4. ชนิด และอายุของพืชที่ปลูกบริเวณนั้น
5. ความลาดเอียงของพื้นที่

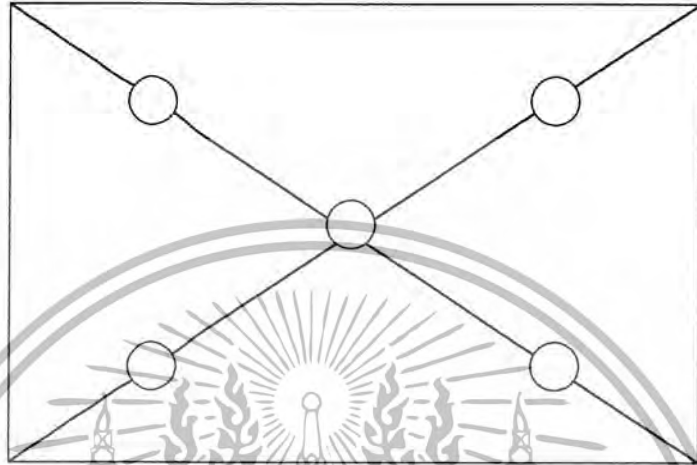
ทำการอธิบายด้วยว่าขนาดของพื้นที่ซึ่งจะทำการเก็บดิน 1 ตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแทนนั้น ควรเป็นพื้นที่ซึ่งมีลักษณะดังนี้

- ควรเป็นพื้นที่ซึ่งมีความลาดเอียงไม่ต่างกันมาก หรือเป็นพื้นที่ค่อนข้างราบเสมอกัน
- มีสีของดินเหมือนกัน หรือใกล้เคียงกัน
- เนื้อดินประเภทเดียวกัน (แสงจันทร์ และคณะ, 2543)

สถานที่เก็บตัวอย่างดิน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งการเก็บตัวอย่างดินออกเป็น 2 ประเภท คือ ดินจากบริเวณที่มีการเผาขยะมูลฝอย และดินจากบริเวณที่ไม่มี การเผาขยะมูลฝอยซึ่งบริเวณที่เก็บดินทั้ง 2 ชนิด จะอยู่ในบริเวณเดียวกันซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินจาก พื้นที่โล่งแจ้งที่มีการเผาขยะ ที่อำเภอเมือง จังหวัด สมุทรปราการ

ลักษณะการเก็บตัวอย่างดิน



รูปที่ ๗.1 แสดงลักษณะการเก็บตัวอย่างดิน

จะสุ่มการเก็บตัวอย่างแบบเส้นทแยงมุม โดยสุ่มเก็บ 5 จุด ในพื้นที่ที่มีการเผาไหม้และพื้นที่ที่ไม่มี การเผาไหม้ขยะ โดยใช้หลอดเจาะดินเจาะลึกลงไป 0-6 นิ้ว



รูปที่ ข.2 แสดงพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่ไม่มีการเผาไหม้



รูปที่ ข.3 แสดงพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่มีการเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ได้จากการฉีดสารเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ

ตาราง ก.1 แสดงพื้นที่ใต้พีคของพีแนนทริน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม

| ครั้งที่ | 1 | 2 | 3 | เฉลี่ย | %RSD ^(*) |
|-------------|------|------|------|--------|---------------------|
| ความเข้มข้น | | | | | |
| 0.5 | 122 | 141 | 139 | 134 | 7.79 |
| 1.0 | 344 | 408 | 368 | 374 | 8.62 |
| 2.0 | 637 | 736 | 709 | 694 | 7.34 |
| 4.0 | 1231 | 1101 | 1346 | 1226 | 10.00 |
| 6.0 | 1755 | 1802 | 1946 | 1834 | 5.42 |
| 8.0 | 2302 | 2427 | 2611 | 2447 | 6.35 |
| 10.0 | 2818 | 2713 | 2544 | 2692 | 5.14 |

ตาราง ก.2 แสดงพื้นที่ใต้พีคของฟลูออเรนทีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม

| ครั้งที่ | 1 | 2 | 3 | เฉลี่ย | %RSD ^(*) |
|-------------|------|------|------|--------|---------------------|
| ความเข้มข้น | | | | | |
| 0.5 | 107 | 135 | 124 | 122 | 11.56 |
| 1.0 | 250 | 277 | 252 | 260 | 4.02 |
| 2.0 | 470 | 536 | 467 | 491 | 7.94 |
| 4.0 | 979 | 936 | 1073 | 996 | 7.03 |
| 6.0 | 1611 | 1788 | 1613 | 1671 | 6.08 |
| 8.0 | 1725 | 1873 | 1946 | 1848 | 6.09 |
| 10.0 | 2206 | 2070 | 2016 | 2097 | 4.67 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.3 แสดงพื้นที่ใต้พีคของไพรีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม

| ครั้งที่ ความเข้มข้น | 1 | 2 | 3 | เฉลี่ย | %RSD ^(*) |
|-------------------------|------|------|------|--------|---------------------|
| 0.5 | 98 | 127 | 105 | 110 | 13.76 |
| 1.0 | 182 | 204 | 182 | 189 | 6.27 |
| 2.0 | 349 | 383 | 357 | 361 | 5.28 |
| 4.0 | 522 | 498 | 570 | 530 | 6.92 |
| 6.0 | 963 | 1086 | 1074 | 1041 | 6.51 |
| 8.0 | 1064 | 1251 | 1317 | 1213 | 10.61 |
| 10. | 1549 | 1473 | 1466 | 1496 | 3.08 |

ตาราง ค.4 แสดงพื้นที่ใต้พีคของเบนโซ[เอ]ไพรีน ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็ม

| ครั้งที่ ความเข้มข้น | 1 | 2 | 3 | เฉลี่ย | %RSD ^(*) |
|-------------------------|------|------|------|--------|---------------------|
| 0.5 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| 1.0 | n.d. | 56 | n.d. | 56 | 56 |
| 2.0 | 162 | 188 | 173 | 174 | 7.54 |
| 4.0 | 277 | 273 | 314 | 288 | 7.85 |
| 6.0 | 514 | 557 | 438 | 503 | 12.61 |
| 8.0 | 576 | 608 | 616 | 600 | 3.53 |
| 10.0 | 794 | 684 | 721 | 733 | 7.64 |

(*)%RSD = Relative Standard Deviation

n.d. หมายถึง non-detect (ไม่สามารถตรวจวัดได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การคำนวณผลการทดลอง

1. การหาน้ำหนักดินแห้ง

1.1 ดินที่ไม่มีการเผาไหม้

ช่วงดิน 10 กรัม มีความชื้น 9.54 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นสามารถคำนวณหาน้ำหนักดินแห้งได้ดังนี้

น้ำหนักดิน 100 กรัม มีความชื้น 9.54 กรัม

น้ำหนักดิน 50 กรัม มีความชื้น $9.54 \times 50 / 100 = 4.77$ กรัม

เพราะฉะนั้น น้ำหนักดินแห้ง $50 - 4.77 = 45.23$ กรัม

1.2 ดินที่มีการเผาไหม้

ช่วงดิน 10 กรัม มีความชื้น 3.52 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นสามารถคำนวณหาน้ำหนักดินแห้งได้ดังนี้

น้ำหนักดิน 100 กรัม มีความชื้น 3.52 กรัม

น้ำหนักดิน 50 กรัม มีความชื้น $3.52 \times 50 / 100 = 1.76$ กรัม

เพราะฉะนั้น น้ำหนักดินแห้ง $50 - 1.76 = 48.24$ กรัม

2. การหาความเข้มข้นของ PAHs ที่เติมลงในดิน

จากการทดลองใช้สารละลายมาตรฐานผสมที่ความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม หรือ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 50 มิลลิลิตร ลงในดินที่ไม่มีการเผาไหม้ 50 กรัม

สารละลาย 1000 มิลลิลิตร มี PAHs 10 มิลลิกรัม

สารละลาย 50 มิลลิลิตร มี PAHs $10 \times 50 / 1000 = 0.5$ มิลลิกรัม

น้ำหนักดินแห้ง 45.23 กรัม มีความเข้มข้นของ PAHs = 0.5 มิลลิกรัม

น้ำหนักดินแห้ง 1 กรัม มีความเข้มข้นของ PAHs $= 0.5 \times 1 / 45.23 = 1.10 \times 10^{-2}$ มิลลิกรัม

เพราะฉะนั้น PAHs ที่เติมลงดิน = 1.10×10^{-2} มิลลิกรัม/ดินแห้ง 1 กรัม

3. การหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน

จากกราฟมาตรฐานของพีแนทรีน (บทที่ 4 รูป 4.3)

สามารถหาสมการเส้นตรงได้ $Y = 275.83X + 101.76$ เป็นสมการ(1) นำพื้นที่ใต้พีคของดินที่เติมสารละลายมาตรฐานผสม 10 พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่า 1509 ไปแทนในสมการ จะได้

$$1509 = 275.83X + 101.76$$

$$X = (1509 - 101.76) / 275.83$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 5.10 \text{ พีพีเอ็ม}$$

สารละลาย 1000 มิลลิลิตร มี PAHs 5.10 มิลลิกรัม

สารละลายที่สกัดได้ 2 มิลลิลิตร มี PAHs $5.10 \times 2 / 1000 = 1.02 \times 10^{-2}$ มิลลิกรัม

เพราะฉะนั้น PAHs ที่สกัดได้เท่ากับ 1.02×10^{-2} มิลลิกรัม

จึงสามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนได้จาก

$$\text{PAHs ที่เติมลงดิน} = 1.10 \times 10^{-2} \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\text{PAHs ที่สกัดได้} = 1.02 \times 10^{-2} \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน} = 100 - [\text{PAHs ที่เติมลงดิน} - \text{PAHs ที่สกัดได้} / \text{PAHs}$$

$$\text{ที่เติมลงดิน}] * 100$$

$$= 100 - [(1.10 \times 10^{-2} - 1.02 \times 10^{-2}) / 1.10 \times 10^{-2} * 100]$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนของพีพีเอ็มที่แน่นอนที่รินเท่ากับ 92.72 เปอร์เซ็นต์

จากกราฟมาตรฐานของฟลูออเรนทีน (บทที่ 4 รูป 4.4)

สามารถหาสมการเส้นตรงได้ $Y = 148X + 39.714$ เป็นสมการ(2) นำพื้นที่ที่ได้พิดของดินที่เติมสารละลายมาตรฐานผสม 10 พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่า 1049 ไปแทนในสมการ จะได้

$$1049 = 218.67X + 85.257$$

$$X = (1049 - 85.257) / 218.67$$

$$= 4.41 \text{ พีพีเอ็ม}$$

สารละลาย 1000 มิลลิลิตร มี PAHs 4.41 มิลลิกรัม

สารละลายที่สกัดได้ 2 มิลลิลิตร มี PAHs $4.41 \times 2 / 1000 = 0.88 \times 10^{-2}$ มิลลิกรัม

เพราะฉะนั้น PAHs ที่สกัดได้เท่ากับ 0.88×10^{-2} มิลลิกรัม

จึงสามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนได้จาก

$$\text{PAHs ที่เติมลงดิน} = 1.10 \times 10^{-2} \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\text{PAHs ที่สกัดได้} = 0.88 \times 10^{-2} \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน} = 100 - [\text{PAHs ที่เติมลงดิน} - \text{PAHs ที่สกัดได้} / \text{PAHs}$$

$$\text{ที่เติมลงดิน}] * 100$$

$$= 100 - [(1.10 \times 10^{-2} - 0.88 \times 10^{-2}) / 1.10 \times 10^{-2} * 100]$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนของ ฟลู โอเรนทีนเท่ากับ 80.00 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟมาตรฐานของฟลูออเรนทีน (บทที่ 4 รูป 4.5)

หาสมการเส้นตรงได้ $Y = 218.67X + 85.257$ เป็นสมการ(3) นำพื้นที่ใต้พีคของคินที่เติมสารละลายมาตรฐานผสม 10 พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่า 717 ไปแทนในสมการ จะได้

$$717 = 148X + 39.714$$

$$X = (717 - 39.714) / 148$$

$$= 4.58 \text{ พีพีเอ็ม}$$

สารละลาย 1000 มิลลิลิตร มี PAHs 4.58 มิลลิกรัม

สารละลายที่สกัดได้ 2 มิลลิลิตร มี PAHs $4.58 \times 2 / 1000 = 0.91 \times 10^{-2}$ มิลลิกรัม

เพราะฉะนั้น PAHs ที่สกัดได้เท่ากับ 0.91×10^{-2} มิลลิกรัม

จึงสามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนได้จาก

$$\text{PAHs ที่เติมลงดิน} = 1.10 \times 10^{-2} \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\text{PAHs ที่สกัดได้} = 0.91 \times 10^{-2} \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืน} = 100 - [\text{PAHs ที่เติมลงดิน} - \text{PAHs ที่สกัดได้} / \text{PAHs ที่เติมลงดิน}] * 100$$

$$= 100 - [(1.10 \times 10^{-2} - 0.91 \times 10^{-2}) / 1.10 \times 10^{-2} * 100]$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนของฟลูออเรนทีนเท่ากับ 82.72 เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ ส่วนการคำนวณเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนของเบนโซ[เอ]ไพรีน ไม่สามารถหาได้ เนื่องจากไม่สามารถตรวจวัดได้

4. การหาความเข้มข้นของ PAHs ในตัวอย่างดิน

จากสมการเส้นตรงของพีแนทรีน $Y = 275.83X + 101.76$

และจากรูป 4.9 (บทที่ 4) พื้นที่ใต้พีคของพีแนทรีนในตัวอย่างดินที่มีการเผาไหม้มีค่าเท่ากับ 137 แทนค่าในสมการ จะได้

$$\begin{aligned} X &= (137 - 101.76) / 275.83 \\ &= 0.13 \text{ พีพีเอ็ม} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น ความเข้มข้นของ พีแนทรีน ในตัวอย่างดิน เท่ากับ 0.13 พีพีเอ็ม

สารละลายตัวอย่างดิน 1000 มิลลิลิตร มี พีแนทรีน 0.13 มิลลิกรัม

สารละลาย 2 มิลลิลิตร มี PAHs $0.13 * 2 / 1000 = 2.6 \times 10^{-4}$ มิลลิกรัม

จากการทดลอง ใช้ตัวอย่างดินบริเวณที่มีการเผาไหม้ 100 กรัม ซึ่งมีน้ำหนักดินแห้ง 96.48 กรัม ดังนั้นสามารถคำนวณความเข้มข้นของ พีแนทรีน ได้จาก

น้ำหนักดินแห้ง 96.48 กรัม มี พีแนทรีน 2.6×10^{-4} มิลลิกรัม

น้ำหนักดินแห้ง 1 กรัม มี พีแนทรีน $2.6 \times 10^{-4} * 1 / 96.48$

$$= 2.69 \times 10^{-6} \text{ มิลลิกรัม / กรัม}$$

$$= 2.69 \times 10^{-3} \text{ มิลลิกรัม / กิโลกรัม}$$

จากเปอร์เซ็นต์เรียกกลับคืนของ พีแนทรีนที่ 92.72 เปอร์เซ็นต์ จะได้ปริมาณพีแนทรีนในดินเท่ากับ $(2.69 \times 10^{-3} * 100) / 92.7 = 0.029 \times 10^{-1}$

$$= 2.9 \times 10^{-3} \text{ มิลลิกรัม / กิโลกรัม}$$

ดังนั้น ในดิน 1 กิโลกรัม มีปริมาณพีแนทรีนในตัวอย่างดินบริเวณที่มีการเผาไหม้ เท่ากับ

$$2.9 \times 10^{-3} \text{ มิลลิกรัม}$$