

## บทที่ 2

### วิธีการวิจัย

#### 2.1 สารเคมี วัสดุ และอุปกรณ์

##### 2.1.1 สารเคมี

- เมทิลเทอร์เชียรีบิวทิลอีเทอร์ (Methyl Tert-Butyl Ether AR grade, Fluka Chemie ag, Switzerland)
- เบนซีน (Benzene, AR grade, Lab Scan, Thailand)
- โทลูอีน (Toluene, AR grade, Lab Scan, Thailand)
- ไซลีน (Xylene, AR grade, Lab Scan, Thailand)
- เมทานอล (Methanol, AR grade, Lab Scan, Thailand)
- แอซีโตน (Acetone, AR grade, Lab Scan, Thailand)
- คาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbon Disulfide, AR grade, Riedel, Germany)
- ถ่านกัมมันต์ (Activated Charcoal, Partical Size 0.3-0.5 mm., Bulk Density  $\sim 0.410$  g/cm<sup>3</sup>, Fluka Chemie ag, Switzerland)
- โพลีเมอร์ชนิดมีรูพรุน (Porous Polymer) ชนิดซูเปอร์คิว (Super Q) 80/100 mesh ( Supelco, Bellefonte, U.S.A.)

## 2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

### 2.2.1 เครื่องมือวิเคราะห์สาร เบนซีน โทลูอีน ไซลีน และ เมทิลเทอเทียร์บิวทีลเออร์

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีรุ่น GC-14A (Shimadzu, Japan) โดยมีตัวตรวจวัดชนิดเปลวไฮดรอนไนเซชัน (Flame Ionization Detector) คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นคอลัมน์แก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.6 มิลลิเมตร ยาว 1.8 เมตร บรรจุด้วยเฟสอยู่กับที่เป็น โพลีเมอร์ชนิดมีรูพรุน (Porous Polymer) ชนิดซูเปอร์คิว (Super Q) ขนาด 80/100 เมช (mesh) ตลอดจนเครื่องบันทึกและประมวลผลรุ่น CR 4A Chromatopac (Shimadzu, Japan)

### 2.2.2 อุปกรณ์ฉีดสารตัวอย่าง

เข็มฉีดแก๊ส (Gas Tight Syringe, Series A-2 Volume 0-1 ml, Dynatech, Louisiana, U.S.A.) หัวเข็มชนิดโคนทิว (Cone Tip, Sopolco, U.S.A.)

อุปกรณ์ทำความสะอาดเข็ม (Syringe Cleaner, Hamilton Company, U.S.A.)

ขวดแก้วสำหรับบรรจุตัวอย่าง (Glass Vial) ขนาด 60 และ 10 มิลลิลิตร จุกยางชนิดคลอโรบิวทิลรับเบอร์ (Chlorobutyl Rubber Stopper) และฝาอะลูมิเนียม (Aluminum seal)

อุปกรณ์เข็บฝาอะลูมิเนียม (Hand Crimper)

อุปกรณ์สำหรับวัดอัตราการไหลของแก๊สพา (Flow Meter)

### 2.2.3 อุปกรณ์สำหรับเตรียมเฮกซ์เพน

อ่างน้ำสแตนเลสสตีล พร้อมขดลวดให้ความร้อนที่สามารถจะควบคุมอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์

ขวดแก้วสำหรับบรรจุตัวอย่างและสารมาตรฐาน (Glass Vial) ขนาด 60 และ 10 มิลลิลิตร จุกยางชนิดคลอโรบิวทิลรับเบอร์ (Chlorobutyl Rubber Stopper)

ฝาอะลูมิเนียม (Aluminium Seal) อุปกรณ์เข็บฝาอะลูมิเนียม (Hand Crimper)

## 2.2.4 อุปกรณ์สำหรับใช้ในการเตรียมให้สารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์เข้มข้นมากขึ้น(Preconcentrate )

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ (24-Hour Air Sampler, Supelco, U.S.A)

โรตاميเตอร์ (Rotamiter, Cole-parmer Insutrumment Co., U.A.S.)

อุปกรณ์ตัดหลอดแก้วบรรจุตัวดูดซับ (ORBO Tube Cutter, Sopolco, U.S.A.)

หลอดแก้วบรรจุตัวดูดซับ (Adsorbent tube) ยาว 70 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง

ภายใน 6 มิลลิเมตร

ขวดแก้วใส่ตัวอย่างขนาด 10 และ 60 มิลลิกรัม ที่มีจุกยาง (Septum) และอะลูมิเนียมเย็บติดสนิท (Aluminum Crimp Caps) ด้วยคริมเปอร์(Crimper)

ออโตปิเปต (Autopipet) ขนาด 1-10 ไมโครลิตร 10-100 ไมโครลิตร และ 100- 1000 ไมโครลิตร (Socorex Switzerland)

หัวเข็มเบอร์ 23 G (Nipro, Thailand ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ยาว 40 มิลลิเมตร

## 2.2.5 อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ (24-Hour Air Sampler, Supelco, U.S.A)

โรตاميเตอร์ (Rotamiter, Cole-Parmer Instrument Co., U.A.S.)

อุปกรณ์ตัดหลอดแก้วบรรจุตัวดูดซับ (ORBO Tube Cutter, Sopolco, U.S.A.)

หลอดแก้วบรรจุตัวดูดซับ (Adsorbent Tube) ยาว 70 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง

ภายใน 6 มิลลิเมตร

เครื่องวัดความเร็วลม (Thermo-Anemometer) Extech Instruments, U.S.A.)

เทอร์โมมิเตอร์

เครื่องวัดความชื้น (Humidity Meter, Yokokawa, Finland )

## 2.3 วิธีดำเนินการ

### 2.3.1 ศึกษาสภาวะการวิเคราะห์สารเบนซีน โทลูอีน ไซลีน และเมทิลเทอร์เทียร์บิวทิลอีเทอร์

#### 2.3.1.1 ศึกษาอัตราเร็วที่เหมาะสมของแก๊สพา (Optimum Flow Rate)

การศึกษ้อัตราเร็วที่เหมาะสมของแก๊สพาทำการทดลอง โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนซึ่งประกอบด้วย เบนซีน (Benzene) โทลูอีน (Toluene) ไซลีน (Xylene) ที่ความเข้มข้น 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยปีเปตมาชนิดละ 1.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดขนาด 60 มิลลิลิตร ที่ปิดด้วยจุกยาง และฝาอะลูมิเนียมที่เย็บติดสนิท แซ่ขวดสารมาตรฐานในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ใช้เข็มฉีดยาแก๊สดูดไอของสารที่อยู่ในเฮดสเปซ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร วิเคราะห์โดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีโดยใช้สภาวะการทดลองของ Alltech Chromatrography Catalog 350 (1998) คือ ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดและตัวตรวจวัดเท่ากับ 150 และ 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และใช้โปรแกรมอุณหภูมิโดยตั้งอุณหภูมิของคอลัมน์เริ่มต้นที่ 150 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 5 นาที แล้วเพิ่มเป็น 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที คงที่ไว้เป็นเวลา 30 นาที คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็น คอลัมน์แก้ว เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.6 มิลลิเมตร ยาว 1.8 เมตร บรรจุด้วยเฟสอยู่กับที่เป็น โพลีเมอร์ชนิดมีรูพรุน (Porous Polymer) ชนิด ซุปเปอร์คิว (Super Q) 80/100 เมช อุณหภูมิสูงสุดที่คอลัมน์รับได้เท่ากับ 250 องศาเซลเซียส ตัวตรวจวัดที่ใช้คือตัวตรวจวัดชนิดเฟรมไอออนไนเซชัน (FID) ใช้แก๊สไฮโดรเจน ( $H_2$ ) เป็นแก๊สเชื้อเพลิง (Fuel Gas) และใช้อากาศ (Air-Zero) เป็นออกซิเดนต์ (Oxidant) ด้วยอัตราการไหลเท่ากับ 15 และ 150 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ โดยตั้งตามคู่มือการใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีรุ่น GC 14A ของบริษัท Shimadzu, Japan ปรับอัตราเร็วของแก๊สตัวพา (ไนโตรเจน) เป็น 12, 12.5, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ วิเคราะห์อัตราเร็วละ 3 ครั้ง วัดค่ารีเทนชันไทม์ และความกว้างของพีคที่ครึ่งหนึ่งของความสูง (Half Height width,  $W_{1/2}$ ) จากนั้นนำข้อมูลไปคำนวณและเขียนกราฟของแวนเดอมเตอร์ (Van Demter Plot) เลือกค่าอัตราเร็วของแก๊สตัวพาที่เหมาะสมสำหรับสารประกอบอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนทั้ง 3 ชนิด

### 2.3.1.2 ศึกษาโปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สาร เบนซีน

#### โทลูอีน ไซลีน และ เมทิลเทอร์เทียร์บิวทิลเอเทอร์

การศึกษาโปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ที่เหมาะสมที่ใช้ในการแยกสารประกอบอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอีน ไซลีน และ เมทิลเทอร์เทียร์บิวทิลเอเทอร์ ทำโดยการเตรียมสารมาตรฐานทั้ง 4 ชนิด เข้มข้น 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้เมทธานอลเป็นตัวทำละลาย ปีเปตมาชนิดละ 1.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวด ขนาด 60 มิลลิลิตร ที่ปิดด้วยจุกยาง และฝาอลูมิเนียมที่เข็บติดสนิท แช่ขวดสารมาตรฐานในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วใช้เข็มฉีดยาที่ปราศจากอากาศที่อยู่ในหลอดขนาด 1.00 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟซึ่งตั้งสภาวะการทดลองครั้งนี้คือ อุณหภูมิของหัวฉีดและตัวตรวจวัด เท่ากับ 150 และ 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ปรับอัตราการไหลของแก๊สตัวพา (ไนโตรเจน) ตามที่ได้จากการทดลองในข้อ 2.3.1.1 คือ 20 มิลลิลิตรต่อนาที สำหรับแก๊สไฮโดรเจน และอากาศปรับอัตราการไหลเท่ากับ 20 และ 200 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิของคอลัมน์ทำการ โปรแกรม 2 แบบ คือ

#### แบบที่หนึ่ง

ตั้งอุณหภูมิคอลัมน์เริ่มต้นที่ 150 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 1 นาที เพิ่มอุณหภูมิคอลัมน์เป็น 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 20 องศาเซลเซียสต่อนาที คงที่ไว้ 35 นาที

#### แบบที่สอง

ตั้งอุณหภูมิคอลัมน์เริ่มต้นที่ 150 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 1 นาที เพิ่มอุณหภูมิคอลัมน์เป็น 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 20 องศาเซลเซียสต่อนาทีคงที่ไว้ 8 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิคอลัมน์เป็น 230 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 20 องศาเซลเซียสต่อนาที คงที่ไว้ 20 นาที

นำผลการทดลองที่ได้จากการ โปรแกรมอุณหภูมิคอลัมน์ต่างกันมาหาอุณหภูมิคอลัมน์ที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบจากสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัด และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

### 2.3.1.3 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมของตัวตรวจวัดฟลัมไอออนในเซชันที่ใช้ในการวิเคราะห์สารประกอบอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์

การศึกษาอุณหภูมิของตัวตรวจวัดที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าการตอบสนองของตัวตรวจวัดสูงสุดในการวิเคราะห์สารประกอบอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ ทำการทดลองในลักษณะเดียวกับการศึกษาอุณหภูมิของคอลัมน์ที่เหมาะสมโดยวิเคราะห์สารมาตรฐานทั้ง 4 ชนิด เข้มข้น 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรในเมธานอล ปิเปตสารมาตรฐานชนิดละ 1.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดตัวอย่างขนาด 60 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยาง และฝาอลูมิเนียมที่เขี่ยติดสนิท แช่ขวดสารมาตรฐานในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วใช้เข็มฉีดยาเจาะรูของสารที่อยู่ในหลอดปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ตั้งอุณหภูมิของคอลัมน์ตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.2 คือตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์เท่ากับ 150 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 1 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 20 องศาเซลเซียสต่อนาที คงที่ไว้ 8 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 230 องศาเซลเซียสด้วย อัตรา 20 องศาเซลเซียสต่อนาที คงที่ไว้ 20 นาที แล้วตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิของตัวตรวจวัดจะทำการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิต่าง ๆ กันคือ 250, 260, 270 และ 280 องศาเซลเซียส ตามลำดับทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละอุณหภูมิ นำผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของตัวตรวจวัดที่ต่างกันมาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมของตัวตรวจวัด โดยเปรียบเทียบจากสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด

### 2.3.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของเฮคสเปซในการเตรียมตัวอย่างสารเบนซีน โทลูอิน

#### ไซลีนและ เมทริลเทอเทียร์บิวทิลเอเทอร์

##### 2.3.2.1 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมของเฮคสเปซ

ในการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคเฮคสเปซให้มีความเข้มข้นมากที่สุด โดยศึกษาอุณหภูมิและเวลาต่างๆ กันที่ให้สัญญาณการตรวจวัดได้ของสารมาตรฐานสูงสุด ทำการทดลองโดยเตรียมสารมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และ เมทริลเทอเทียร์บิวทิลเอเทอร์ เข้มข้น 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรในตัวทำละลายเมทธานอล ปิเปตสารผสมมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนมาอย่างละ 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดที่มีปริมาตร 60 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยางและฝาอะลูมิเนียมที่เย็บสนิทแน่น แห่ขวดสารมาตรฐาน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทริลเทอเทียร์บิวทิลเอเทอร์ ในอ่างน้ำร้อนโดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดคือ ชุดที่ 1 ปรับอุณหภูมิน้ำในอ่างที่ 40 องศาเซลเซียส ชุดที่ 2 ปรับที่ 50 องศาเซลเซียส ชุดที่ 3 ปรับที่ 60 องศาเซลเซียส และให้ขวดตัวอย่างแช่ในอุณหภูมิแต่ละชุดเป็นเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 นาทีตามลำดับ เมื่อถึงเวลาที่กำหนดใช้เข็มฉีดยาที่ติดอยู่กับเครื่องวัดที่ติดอยู่ในเฮคสเปซปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร และวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ตั้งอุณหภูมิของคอลัมน์ตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.3 คือเท่ากับ 270 องศาเซลเซียส นำผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอ่างน้ำและเวลาในการแห่ขวดสารมาตรฐานที่ต่างกันมาหาสภาวะของเฮคสเปซที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบจากสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัดเฟรมไอออนไนเซชัน

### 2.3.2.2 ศึกษาอัตราส่วนเฟส (Phase ratio) เพื่อการเพิ่มความเข้มข้น

การทดลองนี้เป็นการศึกษาผลของอัตราส่วนเฟสระหว่างแก๊สและเฟสของเหลวโดยการลดปริมาตรของเฮกซ์เพนต่อการเพิ่มความเข้มข้นของสารตัวอย่างในแก๊สเฟสของการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคเฮกซ์เพน ด้วยการลดขนาดของขวดใส่สารมาตรฐานเพื่อเปลี่ยนอัตราส่วนเฟส (Phase Ratio :  $V_g/V_L$ ) ซึ่งเท่ากับเป็นการลดปริมาตรของแก๊สเฟส นำสารมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และ เมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ เข้มข้น 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในตัวทำละลายเมทานอล ด้วยการปิเปตสารมาตรฐานเบนซีน โทลูอิน ไซลีน และ เมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ มาชนิดละ 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดที่มีปริมาตร 60 และ 10 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยางและฝาอะลูมิเนียมที่เย็บติดสนิท แห่ขวดสารมาตรฐานในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที ใช้เข็มฉีดยาใสของสารที่อยู่ในเฮกซ์เพนปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ตั้งอุณหภูมิของคอลัมน์ตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.3 คือเท่ากับ 270 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของตัวตรวจวัด ที่ได้จากการวิเคราะห์เมื่อปริมาตรของแก๊สเฟสแตกต่างกัน โดยปริมาตรเปลี่ยนแปลงจาก 60 มิลลิลิตร เป็น 10 มิลลิลิตร

### 2.3.2.3 ศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นโดยการเพิ่มตัวของตัวทำละลาย

นำสารมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และ เมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ เข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย แล้วเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ปิเปตสารมาตรฐานเบนซีน โทลูอิน ไซลีน และ เมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มาชนิดละ 1.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มีจุกยางและฝาอะลูมิเนียมเย็บติดสนิท

เตรียมสารมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนเบนซีน โทลูอิน ไซลีน และ เมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ เข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ปิเปตสารมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนมาชนิดละ 1.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มีจุกยางและฝาอะลูมิเนียมเย็บติดสนิท แห่ขวดสารมาตรฐานในอ่างน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที ใช้เข็มฉีดยาใสของสารที่อยู่ในเฮกซ์เพนปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ตั้งอุณหภูมิของคอลัมน์ตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตาม



ที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.3 คือเท่ากับ 270 องศาเซลเซียส นำผลที่ได้จากค่าการตอบสนองของตัวตรวจวัดมาเปรียบเทียบกับค่าการตอบสนองของตัวตรวจวัดที่ได้เมื่อเตรียมสารมาตรฐานเบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ โดยใช้เมทธานอลเป็นตัวทำละลายเทียบกับเมื่อเตรียมสารมาตรฐานโดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย

### 2.3.3 ศึกษาการตอบสนองความเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อสารอะโรแมติก

**ไฮโดรคาร์บอนเบนซีน โทลูอิน ไซลีนและ เมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ โดยใช้เมทธานอลเป็นตัวทำละลายในการเตรียมสารมาตรฐานตั้งคั้ง (Stock Standard Solution)**

ศึกษาการตอบสนองความเป็นเส้นตรงของสัญญาณที่ตรวจวัดได้ เมื่อใช้เมทธานอลเป็นตัวทำละลายในการเตรียมสารมาตรฐานตั้งคั้ง ทำการทดลองโดยเตรียมสารมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนเบนซีน โทลูอิน ไซลีนและ เมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ เข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้เมทธานอลเป็นตัวทำละลาย แล้วเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 10, 14, 20 และ 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายปิเปตสารมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนเบนซีน โทลูอิน ไซลีนและ เมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ มาชนิดละ 1.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มีจุกยางและฝาอะลูมิเนียมเย็บติดสนิท แช่ขวดสารมาตรฐานในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที ใช้เข็มฉีดยาใส่ตัวอย่างของสารที่อยู่ในหลอดขนาด 1.00 มิลลิลิตร ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ตั้งอุณหภูมิของคอลัมน์ตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.3 คือเท่ากับ 270 องศาเซลเซียส

นำค่าสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดมาสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration Curve) โดยเขียนกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเบนซีน โทลูอิน ไซลีนและ เมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ คำนวณหาการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อสารประกอบอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนทั้ง 4 ชนิด

### 2.3.4 ศึกษาการตอบสนองความเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อสารอะโรแมติก

ไฮโดรคาร์บอนเบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ โดยใช้  
แอสีโทนเป็นตัวทำละลายในการเตรียมสารมาตรฐานตั้งต้น

แอสีโทนเป็นตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารตัวอย่างออกจากตัวดูดซับในขั้นตอนการ  
เตรียมสารตัวอย่างให้เข้มข้นมากขึ้น (Preconcentrate Analysis) การศึกษาการตอบสนองเป็น  
เส้นตรงของตัวตรวจวัดทำการทดลองในลักษณะเดียวกับการศึกษาในข้อ 2.3.3 โดยเตรียมสาร  
ละลายมาตรฐาน อะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีนและเมทิลเทอเทียร์บิวทิล-  
อีเทอร์ เข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้แอสีโทนเป็นตัวทำละลายแล้วเจือจางให้ได้  
ความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 6, 10, 14, 20 และ 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ปีเปตสาร  
มาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนเบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ มา  
ชนิดละ 1.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มีจุกยางและฝาอะลูมิเนียมเย็บติดสนิท แช่  
ขวดสารมาตรฐานในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที ใช้เข็มฉีดแก๊สดูดไอ  
ของสารที่อยู่ในหลอดสเปซปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ตั้ง  
อุณหภูมิของคอลัมน์ตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 150 องศา  
เซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.3 คือเท่ากับ 270 องศา  
เซลเซียส นำสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดมาสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration Curve) โดยเขียน  
กราฟความสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสารประกอบอะโรแมติกไฮโดร-  
คาร์บอนทั้ง 4 ชนิด

### 2.3.5 ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดของการวิเคราะห์สารประกอบอะโรแมติก

ไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์

ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดของการวิเคราะห์สารประกอบอะโรแมติก

ไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ โดยเตรียมสารมาตรฐาน  
ไฮโดรคาร์บอนทั้ง 4 ชนิดที่ความเข้มข้นที่อยู่ในช่วงการตอบสนองความเป็นเส้นตรงของตัวตรวจ  
วัด ตามที่ได้จากการศึกษาตามข้อ 2.3.4 คือความเข้มข้น 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 14 ไมโครกรัมต่อ  
มิลลิลิตร พร้อมด้วยสารละลายเบสคือ 1 มิลลิลิตรของน้ำกลั่น วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมา  
โทกราฟที่ตั้งอุณหภูมิของคอลัมน์ตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ  
150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.3 คือเท่ากับ  
270 องศาเซลเซียส

นำสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ได้พิษของสารเบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ จำนวนหาขีดจำกัดค่าสุดของการตรวจวัดของตัวตรวจวัด จากสมการเส้นตรง นำไปคำนวณหาค่าการตอบสนองของตัวตรวจวัดที่ได้จากการประมาณ ( $Y_{est}$  = estimated response from regression curve ) จากค่าที่ได้นำไปคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประมาณ ( $S_{y-x}$  = the standard error of estimate for the detection limit) ตามวิธีของ OSHA (Occupation Safety and Health Administration U.S. Department of Labor)

โดยแทนในสมการ

$$S_{y-x} = \sqrt{\frac{\sum (y_{obs} - y_{est})^2}{n - k}} \quad (1)$$

- เมื่อ  $Y_{obs}$  คือ ค่าการตอบสนองที่ได้จากการทดลอง  
 $Y_{est}$  คือ ค่าการตอบสนองที่ได้จากการประมาณ  
 $n$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด  
 $k$  คือ 2 สำหรับสมการเส้นตรง

แล้วแทนค่า  $S_{y-x}$  ในสมการเพื่อคำนวณหาขีดจำกัดค่าสุดการตรวจวัดของตัวตรวจวัด

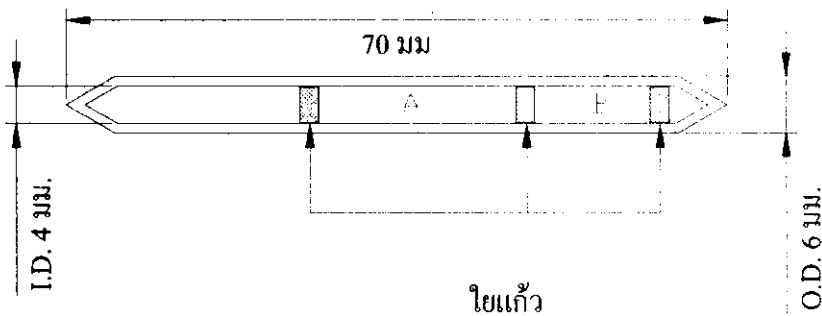
$$L_D = \frac{3S_{y-x}}{A} \quad (2)$$

- $L_D$  คือ ค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้  
 $A$  คือ ความชันหรือสภาพไววิเคราะห์

2.4 ศึกษาขั้นตอนการเตรียมสารตัวอย่างให้เข้มข้นมากขึ้น (Preconcentrate) ในการวิเคราะห์สารเบนซีน โทลูอิน ไซลีน และ เมทิลเทอเทอร์ทิวทิวอีเทอร์ ในตัวอย่างอากาศ โดยการใช้หลอดที่บรรจุด้วยตัวดูดซับ (Adsorbent Tube) ในการจับสารที่ต้องการวิเคราะห์

#### 2.4.1 การเตรียมหลอดตัวดูดซับ

การเตรียมหลอดตัวดูดซับ โดยใช้หลอดแก้วเปล่าที่สะอาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 6 มิลลิเมตร ยาว 70 มิลลิเมตร เปิดปลายข้างหนึ่งไว้ก่อนทำการบรรจุตัวดูดซับใส่ใยแก้วลงด้านในสุดของหลอดแก้วกดให้ใยแก้วเรียบเสมอกันด้วยลวดปลายของขนาดเล็กซึ่งตัวดูดซับชนิดถ่านกัมมันต์ ที่ทำจากกะลามะพร้าว (Activated Coconut Shell Charcoal) ที่มีขนาดอนุภาค 0.30-0.50 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องซึ่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่งหนัก 50.00 มิลลิกรัม บรรจุลงในหลอดแก้วโดยค่อยๆ เทผ่านกรวยแก้วขนาดเล็กและเคาะเบาๆ เพื่อให้บรรจุได้สม่ำเสมอ หลังจากนั้นใส่ใยแก้วตามลงไปกดให้เรียบเสมอกัน เพื่อแบ่งตัวดูดซับออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งตัวดูดซับชนิดถ่านกัมมันต์ 100.00 มิลลิกรัม ใส่ตามลงในหลอดแก้วแล้วใส่ใยแก้วกดให้เรียบเสมอกันอีกครั้งเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของตัวดูดซับ ปิดปลายของหลอดแก้วด้วยเปลวไฟ ลักษณะของหลอดแก้วบรรจุตัวดูดซับดังแสดงในรูปที่ 1

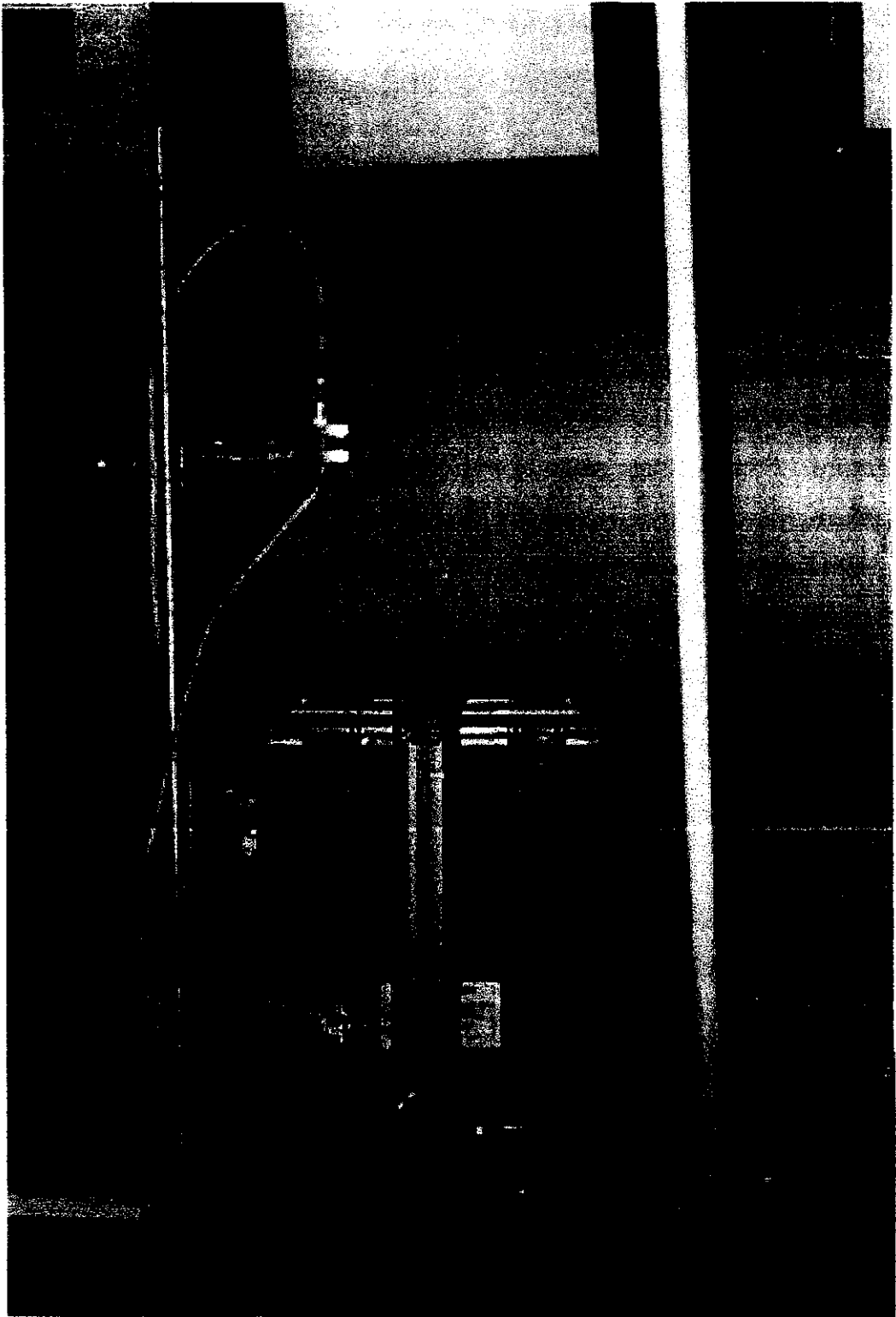


A = 100 มิลลิกรัมถ่านกัมมันต์  
B = 50 มิลลิกรัมถ่านกัมมันต์

รูปที่ 1 แสดงลักษณะของหลอดบรรจุตัวดูดซับ

## 2.4.2 ศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารเบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลเอเทอร์ ออกจากตัวดูดซับ

การศึกษาเพื่อหาตัวทำละลายที่เหมาะสม ที่ใช้ในการสกัด สารเบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลเอเทอร์ ออกจากตัวดูดซับถ่านกัมมันต์ (Activated Charcoal) ตัวทำละลายที่ศึกษาคือ คาร์บอนไดซัลไฟด์ และ แอซีโตน โดยการเตรียมสารละลายผสมมาตรฐาน สารเบนซีน โทลูอิน ไซลีน และ เมทิลเทอเทียร์บิวทิลเอเทอร์ เข้มข้น 2.7, 17.5, 13.5 และ 2.7 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร ตักปลายทั้ง 2 ด้านของหลอดตัวดูดซับ แล้วต่อเข้ากับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ (Flow Meter) และอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง เข้าด้วยกันดังรูปที่ 2 โดยจัดวางให้ส่วนหลังของตัวดูดซับอยู่ใกล้กับอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง เปิดเครื่องอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ ให้อากาศที่ผ่านจากขวดสารมาตรฐานผ่านหลอดตัวดูดซับด้วยอัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 200 นาที ซึ่งปริมาตรของอากาศที่ผ่านหลอดบรรจุตัวดูดซับเท่ากับ 10.0 ลิตร เมื่อครบกำหนดจึงดึงหลอดบรรจุตัวดูดซับออกนำไปสกัดสารมาตรฐานออกจากตัวดูดซับด้วยตัวทำละลายคาร์บอนไดซัลไฟด์ และแอซีโตน โดยเทตัวดูดซับลงในขวดที่มีตัวทำละลายปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยางและฝาจุกนิยมนที่เย็บติดสนิท สกัดโดยการเขย่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic Bath) นาน 30 นาที ตามวิธีใน NIOSH Method 1501 (1994) หลังจากนั้น เติมน้ำกลั่น 2.00 มิลลิลิตร เพื่อเพิ่มความไววิเคราะห์ของเทคนิคเฮคสเปซ (Kolb and Ettre, 1997) แซ่ขวดสารมาตรฐานในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที แล้วนำไอในเฮคสเปซ 1.00 มิลลิลิตร มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ที่ตั้งสภาวะการทดลองตามข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.3 คือเท่ากับ 270 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของตัวตรวจวัดที่ได้จากการใช้ตัวทำละลายแต่ละชนิด



รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์การควบคุมสารมาตรฐานผ่านหลอดตัวควบคุม

### 2.4.3 ศึกษาเบรคทูลวอลูมของตัวดูดซับ (Breakthrough Volume)

เป็นการศึกษาเพื่อหาเบรคทูลวอลูมของหลอดตัวดูดซับที่มีต่อสารมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมธิลเทอร์ปีวทิวอีเทอร์ โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมธิลเทอร์ปีวทิวอีเทอร์ ที่ความเข้มข้นเป็นสองเท่าของที่กำหนดให้มีได้ในอากาศซึ่งกำหนดโดย OSHA (Occupation Safety and Health Administration U.S. Department of Labor) คือเข้มข้น 2.7, 17.5, 13.5 และ 2.7 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ทำการดูดอากาศผ่านหลอดบรรจุตัวดูดซับตามวิธีในข้อ 2.4.2 ด้วยอัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที เนื่องจากสารมาตรฐานทั้ง 4 ชนิดมีค่าเบรคทูลวอลูมไม่เท่ากัน เพราะฉะนั้นปริมาตรของอากาศที่ดูดผ่านหลอดตัวดูดซับจึงมีปริมาตรต่างกัน สารมาตรฐานเบนซีนดูดอากาศผ่านหลอดตัวดูดซับแต่ละหลอดที่ปริมาตร 15, 16.5, 18, 19.5 และ 21 ลิตร สารมาตรฐานโทลูอินดูดอากาศผ่านหลอดตัวดูดซับแต่ละหลอดที่ปริมาตร 48, 51, 52.5 และ 57 ลิตร สารมาตรฐานไซลีนดูดอากาศผ่านหลอดดูดซับแต่ละหลอดที่ปริมาตร 72 ลิตรเนื่องจากอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศสามารถทำงานต่อเนื่องได้สูงสุด 24 ชั่วโมง และสารมาตรฐานเมธิลเทอร์ปีวทิวอีเทอร์ดูดอากาศผ่านหลอดดูดซับแต่ละหลอดที่ปริมาตร 8, 9, 10, 11 และ 12 ลิตร หลังจากนั้นสกัดสารมาตรฐานออกจากตัวดูดซับ โดยใส่ตัวดูดซับในขวดขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มี 1.00 มิลลิลิตรเอซีโทนปิดด้วยจุกยางที่เข็บติดสนิทด้วยฝาอลูมิเนียม ทำการสกัดแยกระหว่างตัวดูดซับที่อยู่ในส่วนหน้าและตัวดูดซับที่อยู่ในส่วนหลังของตัวดูดซับ เขย่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิก นาน 30 นาที เติมน้ำกลั่น 2.00 มิลลิลิตรแก่ขวดสารมาตรฐานในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นำไอของสารที่อยู่ในเฮดสเปซ ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ที่ตั้งสภาวะการทดสอบตามข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.1.1.3 คือเท่ากับ 270 องศาเซลเซียส วัดค่าสัญญาณการตอบสนองของตัวตรวจ จำนวนค่าเปอร์เซ็นต์ค่าการตอบสนองของตัวตรวจที่อยู่ในส่วนหลัง เทียบกับค่าการตอบสนองของตัวตรวจที่อยู่ในส่วนหน้า เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่คำนวณได้กับปริมาตรของอากาศที่ผ่านตัวดูดซับ

#### 2.4.4 ศึกษาอัตราเร็วที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างอากาศสำหรับการวิเคราะห์ไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอีน ไซลีน และ เมทิลเอทิลทรีนิวทิวอีเทอร์

เนื่องจากอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านหลอดบรรจุตัวดูดซับมีความแตกต่างกัน และสารแต่ละชนิดจะสามารถดูดซับบนตัวดูดซับได้แตกต่างกัน การทดลองนี้จึงเป็นการศึกษาเพื่อหาอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมที่ไอของสารละลายผสมมาตรฐานไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอีน ไซลีน และเมทิลเอทิลทรีนิวทิวอีเทอร์ จะสามารถดูดซับอยู่บนตัวดูดซับได้มากที่สุด ทำการทดลองโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน ทั้ง 4 ชนิด ความเข้มข้น 2.7, 17.5, 13.5 และ 2.7 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร ใส่ในขวดขนาด 10 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยางและเย็บติดสนิทด้วยฟลอปูนิเนียม ทำการดูดอากาศจากบริเวณเสดสเปซของขวดสารละลายมาตรฐานด้วยอัตราการไหล 50, 100 และ 150 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 67, 100 และ 200 นาที ตามลำดับ เพื่อให้ปริมาตรของอากาศที่ผ่านหลอดตัวดูดซับมีปริมาตร 10.0 ลิตร ผ่านหลอดตัวดูดซับตามข้อ 2.4.2 แล้วนำไปสกัดสารมาตรฐานออกจากตัวดูดซับโดยเทตัวดูดซับลงในขวดตัวอย่างขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มี 1.00 มิลลิลิตร ของแอสีโทน ปิดด้วยจุกยางแล้วเย็บติดแน่นด้วยฟลอปูนิเนียม เขย่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิค นาน 30 นาที หลังจากนั้น เติมน้ำกลั่น 2.00 มิลลิลิตร แข่ขวดสารมาตรฐานในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ทำการวิเคราะห์แยกระหว่างตัวดูดซับในส่วนหน้า และตัวดูดซับในส่วนหลัง นำไอของเสดสเปซปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ตั้งสภาวะการทดลองตามข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิหัวฉีด เท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตามการศึกษาในข้อ 2.3.1.3 คือเท่ากับ 270 องศาเซลเซียส นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบค่าการตอบสนองของตัวตรวจวัดที่ได้จากการดูดซับที่ใช้อัตราการไหลของอากาศต่างๆ กัน



#### 2.4.5 ศึกษาเวลาในการสกัดสารประกอบไฮโครคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีนและเมทิลเทอร์เทียร์บิวทิลเอเทอร์ จากตัวคูดซับ

การศึกษาเพื่อหาเวลาที่ใช้เขย่าในการสกัดสารมาตรฐานออกจากตัวคูดซับด้วยเครื่อง

อัลตราโซนิก ทำการทดลองโดยการเติมสารละลายมาตรฐาน เบนซีน 230 ไมโครกรัม ลงบนใยแก้วที่ส่วนหน้าของหลอดซึ่งบรรจุตัวคูดซับ ปิดด้วยฝาพลาสติก ทิ้งไว้ข้ามคืน ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้เกิดการการคูดซับได้อย่างสมบูรณ์ นำตัวคูดซับที่อยู่ในส่วนหน้าของหลอดคูดซับ มาสกัดด้วยเอซีโทน ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิก เป็นเวลา 20, 30, 60, 120 และ 180 นาที ตามลำดับ หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 2.00 มิลลิลิตร แช่ววดสารละลายในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที นำไอของสารที่อยู่ในเฮดสเปซ 1.00 มิลลิลิตร ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ดังสภาวะการทดลอง ตามข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.3 คือเท่ากับ 270 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารมาตรฐานอะโรแมติกไฮโครคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอร์บิวทิลเอเทอร์ เมื่อใช้เวลาในการสกัดต่างๆ กัน

#### 2.4.6 ศึกษาปริมาณของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารประกอบอะโรแมติกไฮโครคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอร์เทียร์บิวทิลเอเทอร์

ศึกษาเพื่อหาปริมาณของตัวทำละลายที่สามารถสกัดสารมาตรฐานออกจากตัวคูดซับได้มากที่สุด ทำการทดลองโดยการเติมสารละลายมาตรฐาน เบนซีน 230 ไมโครกรัม ลงบนใยแก้วที่ส่วนหน้าของหลอดซึ่งบรรจุตัวคูดซับ ปิดด้วยฝาพลาสติก ทิ้งไว้ข้ามคืน ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้เกิดการการคูดซับได้อย่างสมบูรณ์ นำตัวคูดซับที่อยู่ในส่วนหน้าของหลอดคูดซับ มาสกัดด้วยเอซีโทน ปริมาตร 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิก เป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 2.00 มิลลิลิตร แช่ววดสารละลายในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที นำไอของสารที่อยู่ในเฮดสเปซ 1.00 มิลลิลิตร ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ดังสภาวะการทดลอง ตามข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.3 คือเท่ากับ 270 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารมาตรฐานอะโรแมติกไฮโครคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอร์บิวทิลเอเทอร์ เมื่อปริมาณของตัวทำละลายที่ใช้สกัดต่างๆ กัน

## 2.4.7 ศึกษาปริมาณของสารที่ต้องการวิเคราะห์ที่มีผลต่อการสกัดสารประกอบอะโรแมติก

### ไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลเอเทอร์

ศึกษาเพื่อหาปริมาณของสารที่ต้องการวิเคราะห์ ที่ให้เปอร์เซ็นต์การวิเคราะห์กลับ

คืนสูงสุด ทำการทดลองโดยการเติมสารละลายมาตรฐาน เบนซีน 46, 230, 460, 690, 920 และ 1380 ไมโครกรัม ลงบนใบแก้วที่ส่วนหน้าของหลอดซึ่งบรรจุตัวดูดซับ ปิดด้วยฝาพลาสติก ทิ้งไว้ข้ามคืนที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้เกิดการการดูดซับได้อย่างสมบูรณ์ แล้วนำตัวดูดซับที่อยู่ในส่วนหน้าของหลอดดูดซับ มาสกัดด้วย แอซีโตน ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิค เป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 2.00 มิลลิลิตร แช่ววดสารละลายในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที นำไอของสารที่อยู่ในเฮกสเปช 1.00 มิลลิลิตร ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ตั้งสภาวะการทดลอง ตามข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตามที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.3 คือเท่ากับ 270 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลเอเทอร์ เมื่อปริมาณของสารที่เติมลงบนตัวดูดซับ มีปริมาณต่างๆ กัน

## 2.5 การวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารประกอบอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน

### ไซลีน และ เมทิลเทอเทียร์บิวทิลเอเทอร์

#### 2.5.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน

#### โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลเอเทอร์

ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารประกอบอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน

โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเอเทอร์บิวทิลเอเทอร์ ในตัวอย่างอากาศทำโดยเตรียมสารมาตรฐานอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน ทั้ง 4 ชนิด ในสถานะของเหลว ในหน่วยไมโครลิตร ของสารที่ต้องการวิเคราะห์ต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลายที่ใช้สกัด โดยคำนวณจากสมการ ตามวิธีใน Supelco, Bulletin 769G (1997)

$$\frac{\mu\text{L}}{\text{mL}} = \frac{(F)L \times V_s \times M}{24450 \times P \times D} \quad (3)$$

F คือ จำนวนเท่าของความเข้มข้นที่ยอมรับได้ในอากาศซึ่งกำหนดโดย OSHA

L คือ ความเข้มข้นที่ยอมรับได้ในอากาศซึ่งกำหนดโดย OSHA

$V_s$  คือ ปริมาตรของตัวอย่างอากาศ (ลิตร)

M คือ น้ำหนักโมเลกุลของสารที่ต้องการวิเคราะห์ (กรัมต่อโมล)

24450 คือ ปริมาตรโมลาร์ (มิลลิลิตรต่อโมล)

P คือ ความหนาแน่นของสารที่ต้องการวิเคราะห์ (กรัมต่อมิลลิลิตร)

D คือ ปริมาตรของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารตัวอย่างออกจาก  
ตัวดูดซับ (มิลลิลิตร)

จากการคำนวณโดยใช้สมการข้างต้น ทำการเตรียมสารมาตรฐานที่ความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่ค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรงของสารมาตรฐานแต่ละชนิด โดยใช้แอสีโทนเป็นตัวทำละลาย ดังนี้คือ สารมาตรฐานเบนซีนเตรียมในช่วงความเข้มข้น 16, 32, 64 และ 95 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารมาตรฐานโทลูอินเตรียมในช่วงความเข้มข้น 75, 150, 380, 750, 2260, 3030, 5280 และ 7540 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สารมาตรฐานไซลีน เตรียมในช่วงความเข้มข้น 59, 295, 590, 1179, 2956 และ 5905 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสารมาตรฐานเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์เตรียมในช่วงความเข้มข้น 10, 50, 100, 2000, 3000 และ 4000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 2.00 มิลลิลิตร แห่ขวดสารมาตรฐานในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที นำไอของสารที่อยู่ในหลอดเปซ 1.00 มิลลิลิตร ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ตั้งสภาวะการทดลอง ตามข้อ 2.3.1.2 ตั้งอุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดตามที่ ได้จากการศึกษาในข้อ 2.3.1.3 คือเท่ากับ 270 องศาเซลเซียส เขียนกราฟความสัมพันธ์ค่าสัญญาณตอบสนองของตัวตรวจวัด กับน้ำหนักของสารที่ต้องการวิเคราะห์

## 2.5.2 การคำนวณน้ำหนักของสารประกอบอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์

จากกราฟมาตรฐานที่ได้จากข้อ 2.5.1 สามารถคำนวณน้ำหนักของสารประกอบอะโรแมติก ไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ ในหน่วยไมโครกรัม นำค่าน้ำหนักที่ได้ทั้งที่อยู่ในส่วนหน้าและส่วนหลังของตัวดูดซับในหลอดบรรจุตัวดูดซับมารวมกัน แล้วคำนวณความเข้มข้นของสารอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน ในตัวอย่างอากาศในหน่วย มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ได้จากสมการตามวิธีของ OSHA ดังนี้คือ

$$C_M = \frac{M}{V \cdot E_E} \quad (4)$$

$C_M$  คือ ความเข้มข้นโดยน้ำหนัก(มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ)

$M$  คือ น้ำหนักต่อตัวอย่าง(ไมโครกรัม)

$V$  คือ ปริมาตรของตัวอย่างอากาศ(ลิตร)

$E_E$  คือ ประสิทธิภาพการสกัด

## 2.6 ศึกษาปริมาณของสารประกอบอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ ในอากาศ บริเวณสถานีบริการน้ำมัน

### 2.6.1 จุดเก็บตัวอย่าง

ในการศึกษาปริมาณของสารประกอบอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน โทลูอิน ไซลีน และเมทิลเทอเทียร์บิวทิลอีเทอร์ ทำการเก็บตัวอย่างที่สถานีบริการน้ำมันในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ทั้งหมด 3 จุด ได้แก่ สถานีบริการน้ำมันบางจากที่ตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สถานีบริการน้ำมันคาร์ลเทคตั้งอยู่บริเวณสามแยกคอหงษ์ และสถานีบริการน้ำมันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยตั้งอยู่บนถนนสุขสารรังสรรค์ โดยคำนึงถึง ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของสารประกอบอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอนในอากาศ คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และปริมาณรถที่มาใช้บริการ ทำการเก็บตัวอย่างโดยวางอุปกรณ์เก็บตัวอย่างสูง 150 เซนติเมตรจากพื้น และห่าง 30 เซนติเมตรจากหัวจ่ายน้ำมัน

## 2.6.2 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์สารประกอบอะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน เบนซีน

โทลูอินไซลีน และ เมทิลเทอเทียร์บิวทิลเอเทอร์ ในอากาศบริเวณสถานีบริการน้ำมัน

ทำการเก็บตัวอย่างโดยตัดปลายทั้ง 2 ข้างของหลอดบรรจุตัวดูดซับ ด้วยอุปกรณ์สำหรับตัดแก้วบริเวณปลายหลอดที่มีความกว้างเป็นครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดบรรจุตัวดูดซับ ต่อหลอดบรรจุตัวดูดซับเข้ากับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างและอุปกรณ์วัดอัตราการไหล โดยวางหลอดบรรจุตัวดูดซับในแนวตั้ง และส่วนหลังของหลอดบรรจุตัวดูดซับอยู่ใกล้กับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างเก็บอากาศดังแสดงในรูปที่ 2 เปิดให้อุปกรณ์เก็บอากาศให้ทำงานและปรับอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 100 มิลลิลิตรต่อนาที เก็บอากาศปริมาตร 10.0 ลิตร

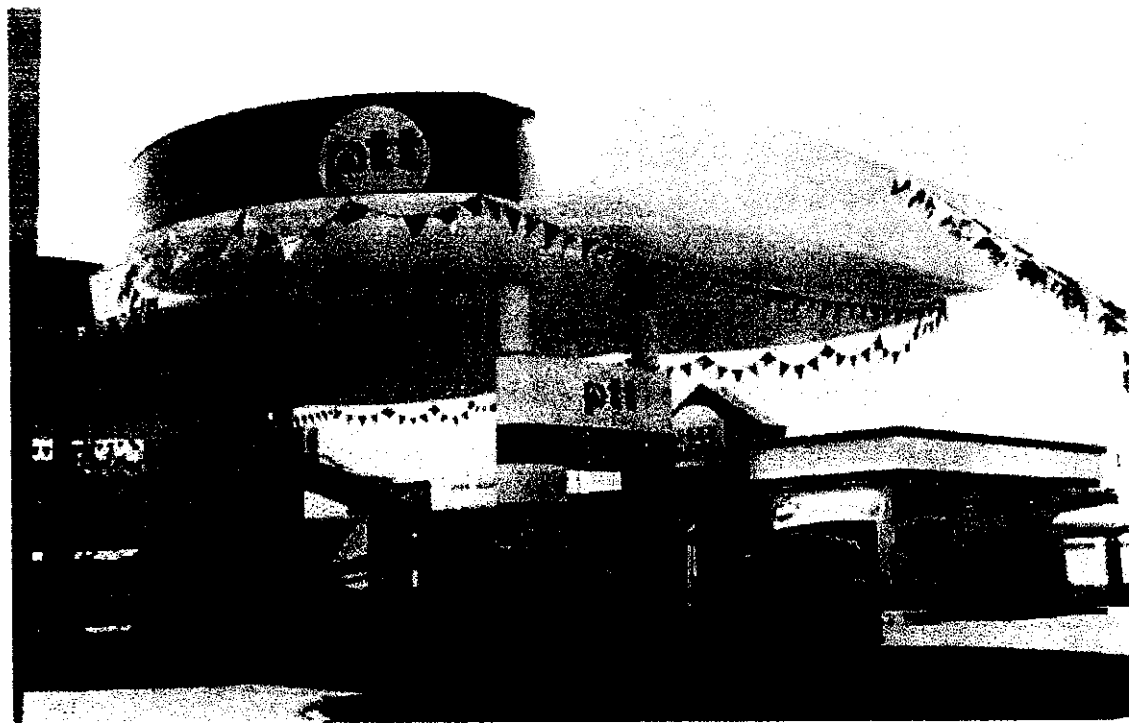
หลังจากเก็บอากาศได้ปริมาตร 10.0 ลิตร นำหลอดตัวดูดซับออกจากอุปกรณ์ แล้วปิดปลายทั้งสองของหลอดตัวดูดซับด้วยฝาครอบพลาสติกทันที นำหลอดตัวดูดซับกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ตามวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว



รูปที่ 3 แสดงลักษณะจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณปั้มน้ำมันบางจาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา



รูปที่ 4 แสดงลักษณะจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 สถานีบริการน้ำมันคาร์ลเทกตั้งอยู่บริเวณสามแยกคอหงษ์  
อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา



รูปที่ 5 แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 สถานีบริการน้ำมันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยตั้งอยู่บน  
ถนนสุขุมสารรังสรรค์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา