

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองและ BTEX ที่ปล่อยออกจาก  
ท่อไอเสียรถยนต์



T107870



นางสาวสุทธิรัก ศรีไพโรจน์  
นางสาวสุธิดา แซ่หลี

รพ  
ด้า ๗๕ก  
๒๕๕๐

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 107870  
วัน,เดือน,ปี..... - 8 ส.ย. 2553

b... 12213626...  
i.....

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Analysis of Elemental Compositions in Particulate Matters and BTEX  
Emitted from Vehicle's Exhaust**



**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for  
the Degree of Bachelor of Science**

**Department of Chemistry**

**Faculty of Science**

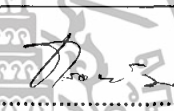

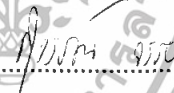
**King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**

**Academic Year 2007**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โครงการพิเศษเรื่อง** การวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองและ BTEX ที่ปล่อยออกจากท่อไอเสียรถยนต์  
**นักศึกษา** นางสาวสุทธิกร ศรีไพโรจน์  
 นางสาวสุธิดา แซ่หลี่  
**ภาควิชา** เคมี  
**สาขาวิชา** เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม  
**อาจารย์ที่ปรึกษา** ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ. กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	
กรรมการ ผศ.ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์	
กรรมการ ดร.สุวรรณี จรรยาพูน	

  
 (ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>โครงการพิเศษเรื่อง</b>	การวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองและ BTEX ที่ปล่อยออกจากท่อไอเสียรถยนต์
<b>นักศึกษา</b>	นางสาวสุทธิรักษ์ ศรีไพโรจน์ นางสาวสุธิดา แซ่หลี่
<b>ภาควิชา</b>	เคมี
<b>สาขาวิชา</b>	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
<b>ปีการศึกษา</b>	2550
<b>อาจารย์ที่ปรึกษา</b>	ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

### บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันไบโอดีเซล และปริมาณ BTEX ที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเบนซิน ที่ปล่อยจากท่อไอเสียรถยนต์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน คือ 1) ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันไบโอดีเซลชนิดต่างๆ ได้แก่ B5, B20 และ B50 โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองโดยใช้ Cascade Impactor ชนิด 6 Stages จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองโดยวิธีชั่งน้ำหนัก และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยใช้เทคนิค XRF 2) ศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเบนซิน เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ Sorbent tube ที่บรรจุ Carbopack จากนั้นวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Thermal Desorption - GC - FID ผลการทดลองพบว่า ปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล B50 มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ B20 และ B5 ตามลำดับ โดยฝุ่นละอองขนาดใหญ่มีมากกว่าขนาดเล็ก องค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละอองของน้ำมันไบโอดีเซลทั้งสามชนิดคล้ายคลึงกัน ธาตุที่พบ ได้แก่ S, K, Ca, Fe, Cu และ Rh ผลการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเบนซิน พบว่า โทลูอินปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ เบนซีน เอทิลเบนซีน และไซลีน ตามลำดับ ซึ่งการปลดปล่อย BTEX ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของรถยนต์แต่ละคัน

**คำสำคัญ :** ฝุ่นละอองขนาดเล็ก, BTEX, น้ำมันไบโอดีเซล, น้ำมันเบนซิน

Special Project Title	Analysis of Elemental Compositions in Particulate Matters and BTEX Emitted from Vehicle's Exhaust
Name	Miss Sutiruk Sripirot Miss Suthida Saelee
Department	Chemistry
Academic Year	2007
Special Project Adviser	Dr. Suwanee Junyapoon

### ABSTRACT

This special project studied amounts and elemental compositions of particulates and quantities of BTEX emitted from vehicle's exhaust. The experiment was divided into 2 steps: 1) study amounts and elemental compositions of particulates caused from combustion of biodiesel fuel such as B5, B20 and B50. Particulate samples were collected by Cascade impactor 6 stages then weighed and analyzed by X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF). 2) study quantities of BTEX caused from combustion of gasoline fuel. Gas samples were collected on a sorbent tube containing Carbopack then analyzed by Thermal Desorption-GC-FID. It was found that B50 produced particulates more than B20 and B5 respectively. Larger sizes of particulates were found more than smaller sizes. S, K, Ca, Fe, Cu and Rh were found in particulates caused from combustion of B5, B20 and B50. The result of BTEX emitted from exhaust showed that toluene was the highest concentration followed by *m/p*-xylene, benzene, ethyl benzene and *o*-xylene respectively. However, the emission of BTEX from vehicle's exhaust depends on efficiency of each car.

**Keywords:** Particulate matters, BTEX, Biodiesel fuel, Gasoline fuel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการดูแล เอาใจใส่ให้คำปรึกษา แนะนำ ที่เป็นประโยชน์ คณะผู้จัดทำโครงการพิเศษจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สุวรรณ จรรยาพูน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่ได้ให้ความรู้ แนะนำ ช่วยเหลือเอาใจใส่ ตรวจทานและแก้ไข รวมถึงเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และเจ้าหน้าที่ห้องธุรการภาคเคมีทุกท่านที่ให้ความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์ และติดต่อสำนักงานที่เกี่ยวข้อง

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่เก็บสารมาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX

ขอขอบพระคุณ คุณอิทธิพล พ้ออมาตย์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ ส่วนมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์กระดาษกรอง และสถานที่เก็บตัวอย่างอากาศจากไอเสียรถยนต์ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงการพิเศษครั้งนี้

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจตลอดการศึกษารวมถึงการทำให้โครงการพิเศษฉบับนี้

นางสาวสุทธิร์ก ศรีไพโรจน์

นางสาวสุธิดา แซ่หลี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
สัญลักษณ์และคำย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ผู้่นละออง	3
2.2 สารอินทรีย์ระเหยง่าย	10
2.3 เครื่องยนต์ในรถยนต์	22
2.4 เชื้อเพลิงในรถยนต์	24
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 อุปกรณ์	31
3.2 สารเคมี	31
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	32
3.3.1 การศึกษาปริมาณ และองค์ประกอบของผู้่นละอองที่เกิดจาก การเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้น้ำมันไบโอดีเซล ชนิดต่าง ๆ	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.2 การศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์เบนซิน	35
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง</b>	
4.1 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ ของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลชนิดต่าง ๆ	40
4.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลชนิดต่าง ๆ	41
4.3 ผลการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซิน ที่ใช้น้ำมันเบนซินชนิดเดียวกัน	42
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 สรุปผลการทดลอง	44
5.2 ข้อเสนอแนะ	44
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	46
<b>ภาคผนวก ก</b>	50
<b>ภาคผนวก ข</b>	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ธาตุที่มีอยู่บนเปลือกโลก	4
ตารางที่ 2.2 ตัวบ่งชี้ที่ใช้ในการสันนิษฐานที่มาของฝุ่น	6
ตารางที่ 2.3 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป พ.ศ. 2535 วัดหาค่าเฉลี่ยโดยวิธี GRAIMETRIC-HIGH VOLUME	9
ตารางที่ 2.4 แหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศทั่วไป ของกรุงเทพมหานคร	12
ตารางที่ 2.5 จำนวนรถจดทะเบียนภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522	12
ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	16
ตารางที่ 2.7 ความรุนแรงของอาการเมื่อได้รับสารเบนซิน ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างๆ	18
ตารางที่ 2.8 ชนิดของมลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซล	23
ตารางที่ 2.9 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำมันทดสอบ	28
ตารางที่ 3.1 ขนาดฝุ่นละอองจากการัดขนาดโดยใช้ Cascade Impactor	33
ตารางที่ 3.2 แสดงสภาวะการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermal Desorption-GC-FID	39
ตารางที่ 4.1 สัดส่วนองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นละอองที่ประเภทน้ำมันต่างๆ	42
ตารางที่ 4.2 ปริมาณ BTEX ที่ปล่อยออกจากท่อไอเสียรถยนต์	43
ตารางที่ ก-1 น้ำหนักฝุ่นละออง ที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ กัน	50
ตารางที่ ก-2 องค์ประกอบของธาตุที่พบในฝุ่นละอองจากท่อไอเสียรถยนต์ดีเซล โดยใช้กระดาษควอทซ์ ไบโอดีเซล 5 % 20 % และ 50 %	51
ตารางที่ ข-1 การคำนวณปริมาณสารที่ได้จาก Stock Standard Gas	53
ตารางที่ ข-2 พื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐาน	54
ตารางที่ ข-3 Peak Area ของไอเสียรถยนต์ตัวอย่างคันที่ 1	55
ตารางที่ ข-4 Peak Area ของไอเสียรถยนต์ตัวอย่างคันที่ 2	56
ตารางที่ ข-5 ปริมาณสารตัวอย่าง	57
ตารางที่ ข-6 ความเข้มข้นสารที่จากการทดสอบรถยนต์ 2 คัน	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ข-7 Peak Area ตัวอย่างอากาศริมถนนหน้าคณะวิทยาศาสตร์	60
ตารางที่ ข-8 ความเข้มข้นตัวอย่างอากาศริมถนนหน้าคณะวิทยาศาสตร์จำนวน 2 ซ้ำ	61
ตารางที่ ข-9 Peak Area ตัวอย่างอากาศของชุดควบคุม	62



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ขนาดของฝุ่นละอองที่ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ	7
รูปที่ 2.2 ระดับความเข้มข้นของ VOCs และ NOx ที่ทำให้เกิดโอโซน	20
รูปที่ 3.1 ผังการทดสอบมลพิษจากรถยนต์และบริเวณเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง	33
รูปที่ 3.2 บริเวณ Dilution Tunnel (CVS System)	34
รูปที่ 3.3 X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF)	34
รูปที่ 3.4 เครื่อง Thermal Desorber Cleaner	35
รูปที่ 3.5 Sorbent Tube ที่ใช้เก็บตัวอย่างอากาศปิดด้วย Swalog knut	36
รูปที่ 3.6 แทนทดสอบตามรูปแบบการจับมาตรฐาน	37
รูปที่ 3.7 บริเวณ Dilution Tunnel	37
รูปที่ 3.8 ลักษณะการต่อ Sorbent tube	37
รูปที่ 3.9 การเก็บรักษาตัวอย่าง	38
รูปที่ 3.10 การเก็บตัวอย่างอากาศในบรรยากาศ (ชุดควบคุม)	38
รูปที่ 3.11 Thermal desorption-GC-FID	39
รูปที่ 4.1 น้ำหนักของฝุ่นละอองในแต่ละขนาดที่น้ำมันไบโอดีเซล เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ กัน	40
รูปที่ ข-1 Chromatogram STD	54
รูปที่ ข-2 กราฟมาตรฐาน BTEX (ก) Benzene (ข) Toluene (ค) <i>m/p</i> -Xylene (ง) <i>o</i> -Xylene (จ) Ethylbenzene	54
รูปที่ ข-3 Chromatogram ของไอเสียรถยนต์ตัวอย่างคันที่ 1 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ	55
รูปที่ ข-4 Chromatogram ของไอเสียรถยนต์ตัวอย่างคันที่ 1 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ	56
รูปที่ ข-5 Chromatogram ตัวอย่างอากาศริมถนน หน้าคณะวิทยาศาสตร์คันที่ 1 ซ้ำ 2 ครั้ง	60
รูปที่ ข-6 Chromatogram ตัวอย่างอากาศริมถนน หน้าคณะวิทยาศาสตร์คันที่ 2 ซ้ำ 2 ครั้ง	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ ๗-7 Chromatogram Field blank

หน้า

62



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สัญลักษณ์และคำย่อ

%	เปอร์เซ็นต์
B5	น้ำมันไบโอดีเซล 5 เปอร์เซ็นต์
B20	น้ำมันไบโอดีเซล 20 เปอร์เซ็นต์
B50	น้ำมันไบโอดีเซล 50 เปอร์เซ็นต์
BTEX	กลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย ได้แก่ เบนซีน (Benzene) โทลูอิน (Toluene) เอทิลเบนซีน (Ethylbenzene) และไซลีน (Xylene)
GC	แก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography)
PM <sub>10</sub>	ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (10 µm particulate matter)
TDU	Thermal Desorption Unit
VOCs	สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds)
XRF	เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (X-ray Fluorescence Spectrometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

มลพิษทางอากาศนับเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมสำคัญ โดยเฉพาะศูนย์กลางความเจริญที่มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม คมนาคม ขนส่ง รถยนต์จัดเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญในเมืองใหญ่ การเพิ่มขึ้นของจำนวนรถยนต์อย่างรวดเร็ว ([http://www.pcd.go.th/public/Publications/print\\_report.cfm?task=air\\_autolab2006](http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_report.cfm?task=air_autolab2006)) ส่งผลให้มีการปลดปล่อยฝุ่นละออง และสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศเพิ่มมากขึ้น ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ที่ถูกระบายออกจากท่อไอเสียรถยนต์ก่อให้เกิดเหตุเค็ดรื้อนราคาสูง ส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย เนื่องจากความเป็นพิษของฝุ่นจากองค์ประกอบทางเคมีหรือลักษณะทางกายภาพ รวมทั้งเป็นตัวพาหรือดูดซับสารพิษเข้าสู่ร่างกายอีกด้วย โดยทั่วไป ฝุ่นละอองที่ระบายจากท่อไอเสียรถยนต์ ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล

สารอินทรีย์ระเหยง่ายบางชนิด ได้แก่ เบนซีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน และไซลีน ไม่จัดอยู่ในมลพิษทางอากาศหลัก 6 ชนิด ได้แก่ โอโซนระดับพื้นดิน (O<sub>3</sub>) ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) ตะกั่ว (Pb) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ในคุณภาพอากาศของประเทศ อย่างไรก็ตาม จากการที่สารอินทรีย์ระเหยง่ายบางชนิดจัดเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogens) ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ถึงแม้ว่าจะได้รับสารนี้เข้าไปในปริมาณเพียงเล็กน้อย และยังเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการเกิดโฟโตเคมีคอลสม็อก ส่งผลให้เกิดโอโซนที่ระดับพื้นโลกเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษจึงได้ประกาศสารอินทรีย์ระเหยง่าย 9 ชนิด ได้แก่ Vinyl Chloride, 1,3-Butadiene, Chloroform, 1,2-Dichloroethane, 1,2-Dichloropropane, Tetrachloroethylene, Dichloromethane, Trichloroethylene, Benzene เป็นสารที่ต้องควบคุมในวันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2550 (<http://www.thaienvimonitor.net/Database/air.htm>.) โดยทั่วไปสารอินทรีย์ระเหยง่ายในกลุ่ม BTEX จะเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเบนซีนเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากองค์ประกอบของเชื้อเพลิงเบนซีนประกอบด้วยสารอินทรีย์ระเหยง่ายในกลุ่ม BTEX

โครงการพิเศษนี้ ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลชนิดต่าง ๆ รวมทั้งศึกษาปริมาณสารอินทรีย์

ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่ปล่อยจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซิน ที่ใช้น้ำมันเบนซิน เพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

### 1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันไบโอดีเซลต่างชนิดกัน
2. ศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเบนซิน

### 1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล B5, B20 และ B50 เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองโดยใช้ Cascade Impactor ชนิด 6 stages ซึ่งใช้ในการประเมินผลกระทบของฝุ่นละอองต่อส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจ แล้ววิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นละอองโดยการชั่งน้ำหนัก และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละอองโดยใช้เครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF)
2. ศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซิน โดยวิธี Thermal Desorption - GC - FID

### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อประเมินผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์
2. เพื่อตรวจติดตามการระบายสารมลพิษจากรถยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ เป็นเชื้อเพลิงและประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อคุณภาพอากาศ รวมถึงผลกระทบของสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 ฝุ่นละออง

ฝุ่นละออง คือ อนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่ลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งเกิดจากวัตถุที่ถูกทุบ ตี บด กระแทก จนแตกออกเป็นชิ้นส่วนเล็กๆ เมื่อถูกกระแสลมพัดก็จะปลิวกระจายตัวอยู่ในอากาศ และตกลงสู่พื้น ซึ่งเวลาในการตกจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับน้ำหนักของอนุภาคฝุ่น แหล่งกำเนิดของฝุ่นจะแสดงถึงคุณสมบัติความเป็นพิษของฝุ่นด้วย เช่น แอสเบสตอส ตะกั่ว ไฮโดรคาร์บอน กัมมันตรังสี รวมทั้ง ฟุ้ง (fume) หมอกน้ำค้าง (mist) และควัน (smoke) ที่เกิดพร้อมกับกระบวนการสันดาปหรือให้ความร้อน ฝุ่นแบ่งตามขนาดเป็น 2 ประเภท คือ ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) และฝุ่นขนาดเล็ก ซึ่งเรียกว่า  $PM_{10}$  (Particulate Matters) ฝุ่นรวมจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือเล็กกว่า 100 ไมโครเมตร ฝุ่นละอองขนาดเล็กจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (<http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/2001/01/08.php>)

##### 2.1.1 แหล่งที่มาที่สำคัญของฝุ่นละออง

แหล่งที่มีของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1) ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle) ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละอองไอน้ำ เขม่าควัน จากไฟป่า และฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น และ 2) ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made Particle) ได้แก่ ฝุ่นจากการคมนาคมขนส่งและการจราจร เช่น ฝุ่นดินทรายที่ฟุ้งกระจาย ในถนน ขณะที่รถยนต์วิ่งผ่าน ฝุ่นดินทรายที่หล่นจากการบรรทุกขนส่ง การกองวัสดุสิ่งของบนทางเท้าหรือบนเส้นทางการจราจร ฝุ่นจากการก่อสร้าง เช่น ฝุ่นจากการสร้างถนน การปรับปรุงผิว การจราจร การรื้อถอนอาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆ การก่อสร้างเพื่อติดตั้งหรือปรับปรุงระบบ สาธารณูปโภค ฝุ่นจากการประกอบการอุตสาหกรรม เช่น การทำปูนซีเมนต์ โรงงานประกอบการกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย

##### 2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีทั่วไปและแหล่งกำเนิด

###### 1. ละอองฝุ่นจากพื้นผิวโลก

ละอองในบรรยากาศที่มาจากพื้นดิน เกิดจากกระแสลมที่พัดพาผิวดินขึ้นสู่อากาศ ซึ่งความชื้นและสิ่งที่มีมนุษย์ปลูกสร้างขึ้นอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่นจากผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ฝุ่นจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ฝุ่นประเภทนี้ส่วนใหญ่แขวนลอยในบรรยากาศ ประกอบด้วย ออกไซด์ของแคลเซียม อลูมิเนียม เหล็ก และ โลหะอื่น ๆ โดยสัดส่วนของธาตุเหล่านี้ขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่ และกระบวนการต่าง ๆ ของโรงงานอุตสาหกรรม

## ตารางที่ 2.1 ธาตุที่มีอยู่บนเปลือกโลก

ธาตุ	% โดยน้ำหนัก	% โดยปริมาตร	% โดยจำนวนอะตอม
ออกซิเจน	46.6	93.8	60.5
ซิลิกอน	27.7	0.9	20.5
อะลูมิเนียม	8.1	0.8	6.2
เหล็ก	5	0.5	1.9
แคลเซียม	3.6	1	1.9
โซเดียม	2.8	1.2	2.5
โพแทสเซียม	2.6	1.5	1.8
แมกนีเซียม	2.1	0.3	1.4
ธาตุอื่นๆ	1.5	-	3.3

ที่มา : <http://www.lesa.in.th/geo/minerals/minerals.html>

### 2. ละอองจากทะเลและมหาสมุทร

มหาสมุทรเป็นแหล่งกำเนิดของอนุภาคเกลือทะเล ซึ่งได้จากการแตกตัวของฟองคลื่นที่มีมากตามบริเวณชายฝั่งและบริเวณที่มีกระแสน้ำและคลื่นลมแรง ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์

### 3. คาร์บอนอินทรีย์และเขม่าดำ

มีแหล่งกำเนิดอยู่ 2 แหล่งในบรรยากาศที่มาจากการเผาไหม้คือ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล และการเผาไหม้ของชีวมวล การเกิดละอองไอในบรรยากาศขึ้นกับสภาวะที่เกิดการเผาไหม้ เช่น อุณหภูมิ ชนิดของเชื้อเพลิง เป็นต้น โดยทั่วไปที่อุณหภูมิสูงให้เขม่าดำที่มากกว่าและมีสัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์น้อยลง

### 4. ออกไซด์ของไนโตรเจนและแอมโมเนีย

แอมโมเนียมไนเตรด ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) เป็นส่วนประกอบของไนเตรด ( $\text{NO}_3^-$ ) ที่พบมากที่สุด เนื่องจากสามารถผันกลับได้ หรือปรับสมดุลเองได้ ระหว่างก๊าซแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ก๊าซกรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ )

และอนุภาคของแอมโมเนียมไนเตรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. ฟลูออไรด์

สารประกอบฟลูออไรด์ที่พบมี 2 ชนิด คือไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) และซิลิกอนฟลูออไรด์ (SiF) ซึ่งทำความเสียหายต่อพืชและมีพิษภัยต่อสัตว์ที่กินพืชเหล่านี้เป็นอาหาร แหล่งของสารประกอบฟลูออไรด์ที่พบมีทั้งโรงงานถลุงอลูมิเนียม โรงงานเซรามิก การผลิตปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต กระบวนการจัดการผิวโลหะ โรงงานผลิตฟริออน และยางสังเคราะห์ฟลูออไรด์

## 6. ออกไซด์ของซัลเฟอร์

ออกไซด์ของซัลเฟอร์เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น ถ่านหินและน้ำมัน โดยออกไซด์ของซัลเฟอร์ที่ปล่อยออกมาเกือบทั้งหมดเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) และบางส่วนเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO<sub>3</sub>) และเมื่อถูกแสงอาทิตย์ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ SO<sub>3</sub> จะถูกดูดกลืนโดยฝนหรือเมฆกลายเป็นกรดซัลฟิวริกดังสมการ (2.1), (2.2) และ (2.3)



แหล่งกำเนิดออกไซด์ของซัลเฟอร์มีทั้งหมดไอน้ำที่ใช้ถ่านหินหรือน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง เตาให้ความร้อน เตาเผาถ่านหิน เตาเผาขยะ เครื่องยนต์ดีเซล และการเดินทางในอากาศโดยใช้อากาศยานที่เพิ่มขึ้นไปพร้อมกับการขยายตัวของอุตสาหกรรม ทำให้มีการปลดปล่อยละอองซัลเฟตในบรรยากาศระดับสูง ที่มีผลต่อเมฆในระดับสูงได้ด้วย

## 7. แมงกานีส

แมงกานีสเป็นธาตุ ๆ หนึ่งที่พบในโลกจะกระจายทั่วไปในดิน ดินตะกอน หิน น้ำ และสิ่งมีชีวิต แหล่งกำเนิดที่สำคัญคืออุตสาหกรรมเหล็กผสมเหล็กเหนียว และผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเหล็ก การทำเหมือง ขาฆ่าเชื้อรา การผลิตถ่านไฟฉาย แมงกานีสที่ผลิตมักอยู่ในรูปของแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO<sub>2</sub>) แมงกานีท์ (Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)

## ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างที่ใช้ในการสนับสนุนที่มาของฝุ่น

แหล่งที่มา (sources)	ตัวบ่งชี้ (marker elements)
ดิน ถนน อุตสาหกรรมซีเมนต์ โรงโม่ เถ้าลอย (fly ash) จี๊โลหะ (slag)	Al, Si, K, Ca, Mn, Fe
ละอองทะเล	Na, Cl
การเผาไหม้ชีวมวล เช่น การเผาขยะ และการเผาฟางข้าว	OC, EC, K
การเผาถ่านหิน	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , EC, Ag, As, Cr, K, Mo, Pb, Sb, Se, S, Zn
การเผาไหม้เตา โรงกลั่นน้ำมัน	Cr, La, Ni, Sm, S, V
อุตสาหกรรมเหล็ก	Mn, Fe, Zn
อุตสาหกรรมโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	Cu, Zn, As, Sb
อุตสาหกรรมที่ใช้วัสดุเหลือใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น จี๊เลื่อย และกะลาปาล์ม	K, EC
อุตสาหกรรมที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง	OC
อุตสาหกรรมเซรามิก	Si, Al, Fe, K, F
อุตสาหกรรมแปรรูปไม้	Cl
เตาเผาขยะ	Ag, Cl, Cu, In, K, Pb, Sb, Zn
การจราจร	C, Br, Pb
รถยนต์เบนซิน	Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni
รถยนต์ดีเซล	OC, EC, S, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
รถยนต์เบนซินที่ติดตั้ง catalytic converter	Al
รถยนต์เบนซินที่ไม่ติดตั้ง catalytic converter	Br, Pb
ยางรถยนต์	Zn
แอโรซอลทุติยภูมิ (secondary aerosol)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>

ที่มา : กนกรสและคณะ (2549) อ้างถึงสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ (2549), Thongsanit (2004) และ Suwattiga, *et al.* (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 ผลกระทบของฝุ่นละออง

- ต่อสภาพบรรยากาศทั่วไป

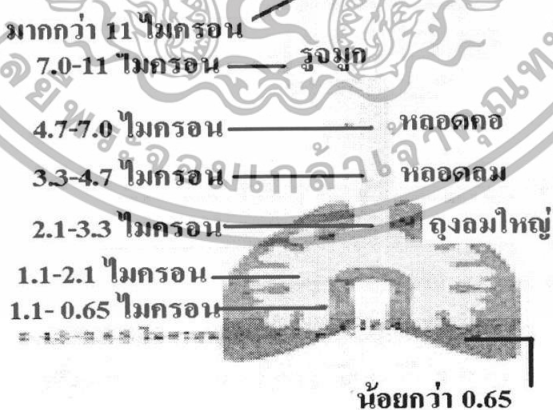
ฝุ่นละอองจะลดความสามารถในการมองเห็น ทำให้ทัศนวิสัยไม่ดี เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอนุภาคของแข็งที่ดูดซับและหักเหแสงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและความหนาแน่นและองค์ประกอบของฝุ่นละออง

- ต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้าง

ฝุ่นละอองที่ตกลงมา นอกจากจะทำให้เกิดความสกปรกเลอะเทอะแก่บ้านเรือน อาคาร สิ่งก่อสร้างแล้ว ยังทำให้เกิดการทำลายและกัดกร่อนผิวหน้าของโลหะ หินอ่อน หรือวัตถุอื่น ๆ เช่น รั้วเหล็ก หลังคาสังกะสี รูปปั้น เป็นต้น

- ต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

นอกจากฝุ่นละอองจะทำให้เกิดการคายเคืองตาแล้ว ยังทำอันตรายต่อระบบหายใจ เมื่อสูดเอาอากาศที่มีฝุ่นละอองเข้าไป โดยอาการระคายเคืองนั้นจะเกิดขึ้นตามส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละออง โดยฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ร่างกายจะดักไว้ได้ที่ขนจมูก ส่วนฝุ่นที่มีขนาดเล็กนั้นสามารถเล็ดลอดเข้าไปในระบบหายใจ ทำให้ระคายเคือง แสบจมูก ไอ จาม มีเสมหะ หรือมีการสะสมของฝุ่นในถุงลมปอด ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมลง (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 ขนาดของฝุ่นละอองที่ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ

อันตรายของโลหะ เกิดเนื่องจากโลหะเหล่านี้เมื่อเข้าไปในสิ่งมีชีวิต จะไปรบกวนการทำงานของเซลล์โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิด หรือแทนที่โลหะสำคัญของ Enzymes แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เอนไซม์ทำงานได้น้อยลงหรือไม่ได้เลย หรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชีวโมเลกุล (<http://www.school.net.th/library/snet6/envi4/fun/fun.htm>) เช่น

### 1) ทองแดง (Cu)

ส่วนมากพบทั้งในรูปไอ และเกลือของทองแดง เนื่องจากการหลอมโลหะทองแดง ทองเหลือง การเชื่อมและบัดกรีโลหะ โดยใช้โลหะผสมของทองแดง ซึ่งโทษ ทำให้เกิดการระคายเคืองและอักเสบที่ตา ระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหารและประสาทสัมผัสเกี่ยวกับรสเสีย ถ้าร่างกายได้รับไอทองแดงมาก ๆ จะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน เป็นไข้ (Metal fume fever) อาจทำให้ผิวหนังและผมเปลี่ยน สีได้ ถ้าได้รับในปริมาณมาก ทำให้เนื้อเยื่อจมูกอักเสบ และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง

### 2) สังกะสี (Zn)

พบในอากาศส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ ZnO, ZnS และ ZnSO<sub>4</sub> จากอุตสาหกรรมทำเหมืองแร่ เช่น การบด ย่อยแร่ ส่วนประกอบรีวบ้านหลังคา หรือวัสดุอื่นที่ใช้สังกะสีเป็นโลหะผสม นอกจากนี้เกิดจากสารประกอบของสังกะสีที่นำมาทำยาฆ่าเชื้อรา เช่น zinc dimethyl dithiocarbamate ผลที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์ ทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ และอาการท้องร่วง ถ้าได้รับไอฝุ่นของ Zn เข้าร่างกายมาก ๆ จะเกิดอาการไข้ที่เรียกว่า Zinc chills ซึ่งมีอาการจับไข้หนาวสั่น ปวดกล้ามเนื้อ อาเจียน

### 3) อะลูมิเนียม (Al)

อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีมากที่สุดในโลก พบทั่วไปในดิน น้ำดื่ม อาหาร ภาชนะบรรจุต่าง ๆ ยา สารระงับกลิ่นตัว ตลอดจนฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งมีอาการเป็นพิษ กล่าวคือ มีกำขามาก ในลำไส้ ลำไส้ใหญ่อักเสบ เสียคท้อง โลหิตจาง ปวดศีรษะ ความจำเสื่อม แก่เกินวัย ร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้น้อยลง กระดูกบาง กล้ามเนื้อไม่มีแรง เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคพิษอะลูมิเนียม ซึ่งเกิดจากการที่ร่างกายได้รับอะลูมิเนียมเข้าสู่ร่างกาย ในปริมาณมากหรือปริมาณเล็กน้อยที่สะสมในร่างกายเป็นเวลานาน แล้วทำให้ร่างกายมีความผิดปกติหรือเกิดภาวะพิษขึ้น ตัวอย่างการได้รับอะลูมิเนียมจากการทำงาน เช่น การหลอมอะลูมิเนียมซึ่งต้องสัมผัสกับฟุ้งโลหะอะลูมิเนียม ทำงานกับฝุ่นอะลูมิเนียม ทำงานกับอัลลอยที่มีอะลูมิเนียม

อวัยวะที่เป็นเป้าหมายของการเกิดพิษโดยอะลูมิเนียม ได้แก่ ระบบผิวหนัง ทำให้ผิวหนังอักเสบ ระบบทางเดินหายใจ ทำให้ทางเดินหายใจเป็นพังพืด ระบบสมองและระบบประสาท ทำให้เป็นโรคสมองอักเสบ กรณีรุนแรงทำให้ชักและเสียชีวิตได้ ระบบกระดูกและโครงสร้าง ทำให้กระดูกเปราะ ปวดกระดูก ระบบไต ทำให้ไตอักเสบได้ในกรณีที่ได้รับปริมาณมาก ๆ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อแจกจ่ายแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ร่างกายคนปกติสามารถกำจัดอะลูมิเนียมออกจากร่างกายได้ แต่ถ้าหากได้รับอะลูมิเนียมมากเกินไปหรือได้รับในปริมาณสูงเกินไป อาจทำให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับอะลูมิเนียมมากเกินไป และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไต ระหว่าง 15-55 ไมโครกรัมต่อวัน แต่ในผู้ที่มิภาวะไตผิดปกติจะไม่สามารถขับอะลูมิเนียมออกได้ปกติ ในผู้ที่ได้รับการรักษาด้วยการล้างไตจะพบปริมาณอะลูมิเนียมสูงในเลือด และในน้ำเหลือง (<http://www.thaimedtech.org/Aluminium.doc>)

#### 4) คลอรีน (Cl)

คลอรีนพบมีใช้ในอาชีพและงานอุตสาหกรรมเคมี งานสังเคราะห์สารต่าง ๆ เช่น กรดเกลือ สารไฮโปคลอไรท์ แคลเซียมคลอไรด์ ซิงค์คลอไรด์ และสารประกอบคลอรีนอินทรีย์ ใช้เป็นสารฟอกขาวในอุตสาหกรรมผลิตสิ่งทอ และเป็นสารฆ่าเชื้อโรคสำหรับการทำน้ำประปา การเกิดพิษและอันตรายต่อสุขภาพ

อันตรายต่อระบบการหายใจ ตา และผิวหนัง ผู้ป่วยจะมีการแสบตา แสบจมูก แสบปาก น้ำมูกไหล ไอ เจ็บที่ใต้กระดูกหน้าอก คลื่นไส้ อาเจียน ปวดหัว ง่วง เป็นลม มีภาวะปอดบวม น้ำ ผิวหนังอักเสบ ตาอักเสบ ถ้าถูกคลอรีนที่เป็นน้ำ จะทำให้เกิดแผลที่ตา และผิวหนังเป็นแผลได้ เกิดฟอสไบท์ (frosbite) บางรายพบพังผืดที่ปอด และมีภาวะ bronchiolitis และถุงลมโป่งพองได้ จิตจำกัดที่แนะนำและจิตจำกัดทางกฎหมาย ได้แก่ NIOSH หรือสถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงานของสหรัฐอเมริกา แนะนำว่า ให้มีค่าสูงสุดได้ไม่เกิน 0.5 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และที่ระดับ 10 ppm จะอันตรายถึงแก่เสียชีวิตได้ และ OSHA หรือองค์การบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัย แห่งสหรัฐอเมริกามีข้อกำหนดทางกฎหมาย อนุญาตให้มีก๊าซนี้ในบรรยากาศการทำงาน ไม่เกิน 1 ppm

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป พ.ศ. 2535 วัดค่าเฉลี่ยโดยวิธี GRAIMETRIC-HIGH VOLUME

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มก./ลบ.ม)	ค่าเฉลี่ย 1 ปี (มก./ลบ.ม)
ฝุ่นรวม (TSP)	0.33	0.1
ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM-10)	0.12	0.05

ที่มา : [www.anamai.moph.go.th/kmportal/news/files/anamai\\_9378225.doc](http://www.anamai.moph.go.th/kmportal/news/files/anamai_9378225.doc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.4 แนวทางในการลดปัญหาเรื่องฝุ่นละออง

1. การควบคุมที่แหล่งกำเนิด เช่น การติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นละอองในโรงงานอุตสาหกรรม ปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ในยานพาหนะและโรงงานอุตสาหกรรม
2. ป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากรถบรรทุกหิน ดิน ทราย วัสดุก่อสร้าง ด้วยการคลุมผ้าใบให้มิดชิด
3. การก่อสร้างอาคาร ต้องป้องกันไม่ให้ฝุ่นปลิวออกมาจากตัวอาคาร โดยใช้ผ้าใบคลุม และล้างทำความสะอาดล้อรถที่วิ่งเข้าออกบริเวณก่อสร้างทุกครั้ง
4. การก่อสร้างถนน ต้องลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นด้วยการพ่นละอองน้ำให้พื้นเปียกชุ่ม อยู่ตลอดเวลา
5. ปรับปรุงมาตรฐาน กฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น คุณภาพอากาศในบรรยากาศมลพิษ ที่ปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรม ไอเสียที่ปล่อยออกจากยานพาหนะ เข้มงวด กวดขัน ยานพาหนะที่ปล่อยมลพิษเกินมาตรฐาน
6. ผู้ขับขี่รถควรเคารพกฎจราจร ควรดูแลเอาใจใส่บำรุงรักษารถให้อยู่ในสภาพดี ตรวจสอบสภาพและปรับแต่งเครื่องยนต์ประจำปี เพื่อควบคุมมลพิษที่ปล่อยออกมา
7. ช่วยกันเก็บกวาดครีษาน้ำบ้านให้สะอาด ปราศจากฝุ่น และไม่กวาดฝุ่นลงบนถนน
8. หลีกเลี่ยงการเข้าไปอยู่ในที่ที่มีการจราจรหนาแน่น เป็นเวลานาน ๆ
9. คนงานอุตสาหกรรม ที่ทำงานในโรงงานที่มีฝุ่นละอองมาก ควรใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจที่มีประสิทธิภาพ
10. ติดตั้งอุปกรณ์กรองไอเสีย (Catalytic converter) เพื่อช่วยให้ไอเสียที่ปล่อยออกมามีมลพิษน้อยลง

## 2.2 สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds – VOCs)

สารอินทรีย์ระเหยง่าย ประกอบด้วยอะตอมคาร์บอนและไฮโดรเจน อาจมีออกซิเจนหรือคลอรีนร่วมด้วย สามารถระเหยเป็นไอได้ที่อุณหภูมิและความดันปกติ จัดเป็นสารมลพิษทางอากาศที่เป็นอันตราย (Hazardous Air Pollutants: HAPs หรือ Toxic Air Pollutants หรือ Air Toxic) ในชีวิตประจำวันมนุษย์ได้รับสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากหลายผลิตภัณฑ์ เช่น สีทาบ้าน ควันบุหรี่ น้ำยาฟอกสี ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์ น้ำยาซักแห้ง น้ำยาสำหรับข้อมผมและน้ำยาดัดผม สารฆ่าแมลง สารเหล่านี้จะปนเปื้อนในอากาศ เครื่องดื่ม อาหาร เมื่อสะสมในร่างกายในปริมาณมาก จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (ประสงค์ และไมตรี, 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอินทรีย์ระเหยง่ายสามารถแบ่งออกตามลักษณะของโมเลกุล เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ

1) Non-chlorinated VOCs หรือ Non-halogenated hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มสารระเหยไฮโดรคาร์บอน ที่ไม่มีธาตุคลอรีนในโมเลกุล ประกอบด้วย aliphatic hydrocarbons เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง และกลุ่มสาร aromatic hydrocarbons เช่น สารตัวทำละลายเคมี สารกลุ่มนี้มาจากสิ่งแวดล้อม การเผาไหม้ของขยะ พลาสติก วัสดุ สารตัวทำละลาย สีทาวัสดุ เป็นต้น

2) Chlorinated VOCs หรือ Halogenated hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มสารระเหยไฮโดรคาร์บอนที่มีธาตุคลอรีนในโมเลกุล ได้แก่ สารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม สาร chlorinated VOCs นี้มีความเป็นพิษมากกว่าและเสถียรตัวในสิ่งแวดล้อมมากกว่าสารกลุ่มแรก (non-chlorinated VOCs) เพราะมีโครงสร้างที่มีพันธะระหว่างคาร์บอนและธาตุกลุ่มฮาโลเจนที่ทนทานมาก มีความคงตัวสูง และสะสมได้นาน สลายตัวทางชีวภาพได้ยาก รบกวนการทำงานของสารพันธุกรรม หรือ ยับยั้งปฏิกิริยาชีวเคมีในเซลล์ และมีฤทธิ์ในการก่อมะเร็ง หรือกระตุ้นการเกิดมะเร็งได้

### 2.2.1 แหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย

#### 1) แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ

ส่วนใหญ่มาจากกระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่ กระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิต เช่น การคายจากต้นไม้ กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพของซากพืช ซากสัตว์ และสิ่งมีชีวิตทางในทะเล

#### 2) แหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์

แหล่งกำเนิดหลักมาจากยานพาหนะ เช่น ไอเสียและไอระเหยจากน้ำมันเชื้อเพลิง ตัวทำละลายที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมเคมี การผลิตพลาสติกและเรซิน ไอระเหยจากโรงกลั่นน้ำมันและโรงงานปิโตรเคมี หมึกพิมพ์ และการเกษตร ตัวอย่างแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศทั่วไปของกรุงเทพมหานคร แสดงดังตารางที่ 2.4 แหล่งกำเนิดที่มาจากยานพาหนะ จากแนวโน้มของจำนวนรถยนต์จะเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่จำนวนรถจักรยานยนต์ลดลง สาเหตุหนึ่งมาจากนโยบายส่งเสริมการขายของผู้จำหน่ายรถยนต์ เช่น กรณีซื้อรถด้วยการผ่อนชำระสามารถดาวน์ด้วยเงินจำนวนน้อย ปลอดดอกเบี้ย หรือดอกเบี้ยราคาถูกลง ระยะเวลาในการผ่อนนานหลายปี เป็นการสร้างโอกาสในการครอบครองรถได้ง่ายขึ้น ยอดจำนวนรถโดยรวมที่ลดลง เป็นผลโดยตรง มาจากการลดลงของจำนวนรถจักรยานยนต์ รถบรรทุกส่วนบุคคล (รถปิกอัพ) เป็นรถเอนกประสงค์ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างยิ่ง (งานสารเป็นพิษกองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.4 แหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศทั่วไปของกรุงเทพมหานคร**

ประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษ	แหล่งกำเนิด
เกษตรกรรม	การเผาไหม้กลางแจ้ง
การคมนาคมขนส่ง	การระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงและไอเสียรถยนต์
เหมืองแร่ และการระเบิดหิน	เหมืองถ่านหิน
หัตถอุตสาหกรรม	อาหาร เครื่องดื่ม และบุหรี
	การทอผ้า และการทำเครื่องหนัง
	ผลิตภัณฑ์จากไม้ กระจก และ การพิมพ์
อุตสาหกรรมเคมี	แอมโมเนีย และแอมโมเนียมซัลเฟต
	เรซินสังเคราะห์ พลาสติก และเส้นใย
	สี น้ำยาดัดเงา และแลคเกอร์
	ถ่านคาร์บอน และหมึกพิมพ์
อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน	ผลิตภัณฑ์จากน้ำมัน และถ่านหิน
อุตสาหกรรมที่ผลิตจากแร่โลหะ	ผลิตภัณฑ์จากแก้ว และดินเหนียว

ที่มา : งานสารเป็นพิษกองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541

**ตารางที่ 2.5 จำนวนรถจดทะเบียนภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522**

ประเภทรถ	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล < 7 คน	1,812	1,974	2,124	2,111	2,281	2,651	2,881
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล > 7 คน	538	555	527	554	583	608	518
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	2,587	2,779	3,098	3,209	3,341	3,544	3,631
รถจักรยานยนต์	11,650	12,464	13,245	13,817	15,236	16,581	18,210
รถอื่นๆ	319	316	340	339	319	290	309
รวม	16,906	18,088	19,334	20,030	21,760	23,674	25,549

ที่มา : [www.geocities.com/prachachaiserve/known/vireg.htm](http://www.geocities.com/prachachaiserve/known/vireg.htm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอินทรีย์ระเหยง่ายมีอันตรายต่อสุขภาพได้หลายด้าน หากได้รับสาร VOCs บางชนิด จะทำให้เกิดการทำลายระบบประสาทส่วนกลาง กดประสาท เกิดอาการทันทีหรือหมดสติได้ ในการรับปริมาณน้อยและนานก่อปัญหาแบบเรื้อรัง อาจทำให้เกิดโรคมะเร็ง และความเสื่อมของอวัยวะภายในได้ เช่น

#### 1) เบนซีน (Benzene)

เบนซีน มีชื่อพ้องอื่นๆ เช่น Coal naphtha, Benzol, หรือ Benzine เป็นต้น เบนซีน เป็นของเหลวใสไม่มีสี มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว ระเหยได้ง่าย ไอระเหยของสารสามารถลुकติดไฟได้ที่อุณหภูมิห้อง และเกิดการลुकติดไฟได้โดยประจุไฟฟ้าสถิต สารนี้สามารถเกิดการสะสมในบริเวณสถานที่อับอากาศ ทำให้เกิดอันตรายจากการติดไฟ และเกิดความเป็นพิษ น้ำอาจใช้ในการดับเพลิงไม่ได้ผล เนื่องจากน้ำไม่สามารถลดอุณหภูมิของเบนซีนให้เย็นลงต่ำกว่าจุดควบไไฟได้ ในระหว่างเกิดเพลิงไหม้จะก่อให้เกิดก๊าซที่เป็นพิษ และมีฤทธิ์ระคายเคืองขึ้น ดังนั้น สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยงคือ ประจุไฟฟ้าสถิตย์ ประกายไฟ เปลวไฟ ความร้อน และแหล่งจุดติดไฟ สามารถทำลายโครงสร้างของยางและพลาสติก แต่ไม่เกิดอันตรายจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ สามารถละลายได้ในเอทานอล คลอโรฟอร์ม ไดเอทิลอีเธอร์ คาร์บอนไดซัลไฟด์ อะซิโตน น้ำมัน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ และกรดอะซิติก เบนซีนเข้ากันไม่ได้กับสารบางชนิด เช่น โซเดียมเปอร์ออกไซด์ โพแทสเซียมเปอร์ออกไซด์ โครมิกแอนไฮไดรด์ เปอร์แมงกานิกเอซิด คลอรีน ไนตริกเอซิด และโอโซน

เบนซีนเป็นสารที่มีอยู่ในธรรมชาติ โดยเป็นส่วนประกอบของน้ำมันปิโตรเลียม ส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศ เช่น ประเทศเกาหลี อินโดนีเซีย และสิงคโปร์ โดยปริมาณการนำเข้าจะแสดงให้เห็นถึงการขยายตัวอย่างรวดเร็วของระบบเศรษฐกิจ วิธีการผลิตเบนซีนในทางอุตสาหกรรม มีหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ ปฏิกิริยา Catalytic reforming ของน้ำมันปิโตรเลียม ในปัจจุบันเบนซีน ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตสารเคมีหลายชนิด เช่น สไตรีน ฟีนอล และไซโคลเฮกเซน มีบางส่วนใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การผลิตสี การทำหนังเทียม ผลิตภัณฑ์จากยาง สารทำความสะอาด และใช้เป็นตัวทำละลายในห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม แนวโน้มการใช้เบนซีนในห้องปฏิบัติการมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเบนซีนเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (<http://www.charpa.co.th>)

แหล่งกำเนิดที่สำคัญ ได้แก่ ไอเสียรถยนต์ เนื่องจากในน้ำมันรถยนต์มีเบนซีนเป็นส่วนประกอบ เมื่อน้ำมันถูกเผาอย่างไม่สมบูรณ์ในเครื่องยนต์ เบนซีนที่ไม่ถูกเผาไหม้จะถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมพร้อมกับไอเสียจากรถยนต์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่ปล่อยเบนซีนสู่สิ่งแวดล้อมมากที่สุด แหล่งกำเนิดอื่นๆ เช่น การระเหยของน้ำมันขณะเติมน้ำมันในรถยนต์ และจากควันบุหรี่ มนุษย์จะได้รับเบนซีนจากการหายใจเอาอากาศที่ปนเปื้อนเบนซีนเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น (งานสารเป็นพิษ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541)

## 2) โทลูอิน (Toluene)

โทลูอินมีชื่อพ้องอื่นเช่น Toluol, Methylbenzol และ Monomethyl benzene เป็นต้น โทลูอินเป็นของเหลวใสไม่มีสี มีกลิ่นคล้ายเบนซิน แต่มีความเป็นพิษน้อยกว่า ละลายน้ำได้น้อยมาก แต่ละลายได้ดีในอัลกอฮอล์ กรดอะซิติก และอะซิโตน จัดเป็นสารไวไฟ ซึ่งอยู่ใน Hazard class 3.2 และจัดเป็นสารที่มีอันตรายปานกลาง ตามการจำแนกชั้นของ United Nation โทลูอินเข้ากันไม่ได้กับสารออกซิไดซ์ที่รุนแรง สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัวคือ ออกไซด์ของคาร์บอนและไนโตรเจน ภาชนะบรรจุของสารอาจเกิดการระเบิดได้เมื่อสัมผัสกับความร้อนหรือไฟ ไอระเหยของสารนี้สามารถลุกติดไฟได้ เมื่อสัมผัสกับความร้อน ประกายไฟ หรือเปลวไฟ สามารถแพร่กระจายออกไปถึงแหล่งจุดติดไฟและอาจเกิดการติดไฟย้อนกลับมา สารดับเพลิงในกรณีเกิดเพลิงไหม้ให้ใช้ผงเคมีแห้ง คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำฉีดเป็นฝอย หรือโฟมที่เหมาะสม การใช้น้ำฉีดเป็นฝอยก็เพื่อหล่อเย็นภาชนะบรรจุที่สัมผัสเพลิงไหม้ จึงควรเก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศเพียงพอในภาชนะบรรจุที่เหมาะสมห่างจากแหล่งจุดติดไฟ เด็ก อาหาร การเคลื่อนย้ายสารนี้ควรเคลื่อนย้ายอย่างระมัดระวัง หลีกเลี่ยงการสัมผัสถูกร่างกาย กรณีรั่วไหล ให้ปิดแหล่งกำเนิดไฟทุกแห่ง ระบายอากาศและล้างบริเวณสารหกั่วไหล ภายหลังจากสารเคมีถูกเก็บกวาดเรียบร้อยแล้ว ไม่ควรปล่อยทิ้งในพื้นที่ที่จำกัด เช่น ท่อระบายน้ำ เพราะว่ามีโอกาสเกิดการระเบิดได้

สำหรับโทลูอิน NIOSH หรือสถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงานของสหรัฐอเมริกา แนะนำว่าไม่ควรมีสารนี้ในบรรยากาศการทำงานเกินกว่า 100 ppm (ส่วนในล้านส่วน) และ OSHA หรือองค์การบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งสหรัฐอเมริกา มีข้อกำหนดทางกฎหมาย อนุญาตให้มีก๊าซนี้ในบรรยากาศการทำงานไม่เกิน 200 ppm

การผลิตโทลูอิน เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมถ่านหิน และอุตสาหกรรม ปิโตรเคมีคอล ในอุตสาหกรรมถ่านหิน จะได้โทลูอินจากก๊าซ และน้ำมันทาร์จากถ่านหิน (Coal tar) โทลูอินมักถูกนำไปใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมเคมี ยาง พลาสติก ใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในอุตสาหกรรมอินทรีย์เคมี อุตสาหกรรมสังเคราะห์เคมี อุตสาหกรรมหนังเทียม เส้นใย การเคลือบกระดาษ หมึกพิมพ์ ใช้เป็นองค์ประกอบในสูตรผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ใช้เป็นสารขจัดหรือล้างสี ใช้เป็นทินเนอร์ในสี แลคเกอร์ และน้ำมันชักเงา ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดของโทลูอินที่สำคัญ (งานสารเป็นพิษ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) ไซลีน (Xylene)

ไซลีนมี 3 ไอโซเมอร์ คือ *o*-xylene, *m*-xylene และ *p*-xylene ไซลีน มีชื่อพ้องอื่น เช่น Dimethylbenzene, Xylol และ Xylenes ไซลีนเป็นของเหลวใส ไม่มีสี สารนี้มีความคงตัว เป็นสารที่เข้ากันไม่ได้กับสารออกซิไดซ์ที่รุนแรง สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ และ คาร์บอนไดออกไซด์ สารนี้เป็นสารไวไฟตามระบบจำแนกของ United Nation อาจจุดติดไฟได้เมื่อสัมผัสกับความร้อน ประกายไฟ หรือเปลวไฟ ไอระเหยของสารสามารถแพร่กระจายออกไปถึงแหล่งจุดติดไฟและอาจเกิดการติดไฟย้อนกลับมา ซึ่งไอระเหยของสารนี้อาจก่อให้เกิดอันตรายจากการระเบิดได้ทั้งภายในบริเวณอาคาร และภายนอกอาคาร สารดับเพลิงในกรณีเกิดเพลิงไหม้ให้ใช้ผงเคมีแห้ง คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำฉีดเป็นฝอย หรือโฟม การฉีดน้ำเพื่อหล่อเย็นภาชนะบรรจุที่ถูกเพลิงไหม้ จนกระทั่งไฟดับสนิท จึงควรเก็บในภาชนะบรรจุที่เหมาะสม ในบริเวณที่มีการระบายอากาศเพียงพอ ห่างจากแหล่งจุดติดไฟและเด็ก กรณีรั่วไหลให้หยุดการรั่วไหล ถ้าสามารถทำได้โดยปราศจากความเสี่ยงอันตราย และดูดซับส่วนที่หกไว้ด้วยทรายหรือวัสดุดูดซับอื่นที่ไม่ติดไฟ ไซลีนที่ใช้ในประเทศส่วนใหญ่มาจากการนำเข้ามาจากประเทศ สหรัฐอเมริกา อิตาลี สหราชอาณาจักร เยอรมัน ญี่ปุ่น สิงคโปร์ และเกาหลี โดยได้จากการกลั่นน้ำมันทาร์จากถ่านหิน และปิโตรเลียม

แหล่งกำเนิดของไซลีนที่สำคัญ คือ โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ไซลีนเป็นทินเนอร์ หรือสารทำละลายในหมึก ยาง เรซิน สี และแลคเกอร์ สารสังเคราะห์ในอุตสาหกรรม การผลิตพลาสติกและอิเล็กทรอนิกส์ โรงงานพิมพ์สี เคลือบเงาบนแผ่นโลหะ โรงงานทำเฟอร์นิเจอร์ไม้ โรงงานซ่อมรถ อยู่เคาะ ฟันสี น้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ อุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์ และโรงงานแปรรูปสารเคมีทางการเกษตร ก่อให้เกิดปัญหามลพิษได้ (งานสารเป็นพิษ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541)




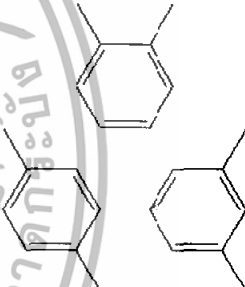
### 4) เอทิลเบนซีน (Ethylbenzene)

เอทิลเบนซีน มีชื่อพ้องอื่น เช่น Ethylbenzol, Ethylbenzene และ phenylethane เอทิลเบนซีน เป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นคล้ายไซลีน และติดไฟง่าย ผลิตจากเบนซีน และเอทิลีน สามารถละลายได้ในซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แต่ไม่สามารถละลายได้ในแอมโมเนีย จัดเป็นสารไวไฟ ในระหว่างเกิดเพลิงไหม้จะเกิดการปล่อยไอระเหยของสารออกมา โดยสารเคมีอันตรายที่เกิดจากการเผาไหม้ หรือการสลายตัว คือ ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งอาจจะแพร่กระจายไปสู่แหล่งจุดติดไฟ และเกิดไฟย้อนกลับมาได้ กรณีที่ภาชนะบรรจุถูกเพลิงไหม้ ให้ใช้น้ำฉีดเป็นฝอย เพื่อหล่อเย็น สารดับเพลิง ในกรณีเกิดเพลิงไหม้ควรใช้ คาร์บอนไดออกไซด์ ผงเคมีแห้ง หรือโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอทิลเบนซีนใช้เป็นตัวทำละลาย ใช้ในกระบวนการดูดซับ และในน้ำมันปิโตรเลียม ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสไตรีน (Styrene) และไดเอทิลเบนซีน (Diethylbenzene) ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำหัวน้ำหอม และเป็นตัวทำละลายในการผลิตสี แหล่งกำเนิดของเอทิลเบนซีนที่สำคัญคืออุตสาหกรรมถ่านหิน หินน้ำมัน ปิโตรเคมีคอล หมึกพิมพ์ ยางแผ่น และสี คุณสมบัติของเบนซีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน และไซลีน แสดงดังตารางที่ 2.6 (งานสารเป็นพิษ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541)

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของสารอินทรีย์ระเหยง่าย

คุณสมบัติ	หน่วย	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	Xylene
สูตรอย่างง่าย		$C_6H_6$	$C_7H_8$	$C_8H_{10}$	$C_8H_{10}$
สูตรโครงสร้าง					
ความหนาแน่นที่ 20 องศาเซลเซียส	gm/cm <sup>3</sup>	0.88	0.87	0.87	0.86 - 0.88
จุดหลอมเหลว	°C	5.5	-95	-95	-47.9 - 13.3
จุดเดือด	°C	80.1	110.6	136.2	138.3 - 144.4
ความดันไอที่ 25 องศาเซลเซียส	mm Hg	95	31	10	6.6 - 8.8
ความหนาแน่นที่ 25 องศาเซลเซียส	g/L	3.19	3.77	4.34	4.34
ค่าการละลายน้ำ	mg/l	1696 - 1860	492-627	131-206	156-204
น้ำหนักโมเลกุล	gms	78.11	92.14	106.17	106.17

ที่มา : <http://www.udru.ac.th/~pasak/xylene.htm>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

### 2.2.2 ผลกระทบที่เกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย

สารอินทรีย์ระเหยง่ายเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางคือ การหายใจ ได้รับทางปอด การกิน หรือสัมผัสทางปาก และการสัมผัสทางผิวหนัง หลังจากการเข้าสู่ร่างกายแล้วจะผ่านเข้าสู่ตับ ซึ่งจะมีเอนไซม์ และวิถีทางเมตาบอลิซึมหลากหลายที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดผลกระทบในหลายด้านดังนี้

1. สารนี้จัดเป็นสารก่อมะเร็งตามบัญชีรายชื่อ IARC, NTP, ACGIH เป็นสารที่กระตุ้นให้มีการสร้างเม็ดเลือดขาวมากกว่าปกติ เรียกว่าเช่นนี้ว่า ลิวคีเมีย (Leukemia) หรือมะเร็งเม็ดเลือดขาว มีพิษต่อไขกระดูก เกิดภาวะโลหิตจางแบบที่ไม่มีการเกิดขึ้นใหม่ของเม็ดเลือดแดง เนื่องจากไขกระดูกไม่ทำงานหรือถูกทำลายไป กลุ่มคนที่พบว่ามีความไวต่อสารอินทรีย์ระเหยง่ายคือ ผู้หญิง หญิงมีครรภ์ ผู้ที่ติดหรือเป็นโรคมะเร็งหรือได้มีการศึกษาถึงการเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ทดลอง โดยได้รับทางปากและการสูดดม พบว่าเพิ่มการเกิดมะเร็ง หรือเนื้องอกในเนื้อเยื่อหลายชนิด โดยเฉพาะเยื่อหุ้มสมอง ช่องปาก ผิวหนัง จมูก ปอด ตับ หลอดลม ต่อมไทรอยด์ และรังไข่ ทำให้เกิดโรคมะเร็งบางชนิดได้ เช่น เบ็นซินจะก่อให้เกิดมะเร็งต่อระบบน้ำเหลือง ปอด กระเพาะปัสสาวะ

2. การเป็นสารก่อเกิดการกลายพันธุ์ (Mutagenicity) เนื่องจากทำให้เกิดการหักของโครโมโซม มีความผิดปกติของโครงสร้างและจำนวนโครโมโซมของระบบอวัยวะต่าง ๆ เช่น ตับ ไต ประสาท เม็ดเลือดแดง ก่อให้เกิดการทำลาย DNA ในเซลล์เม็ดเลือดได้

3. การเสริมพิษและการต่อต้านพิษ พบว่าสารหรือองค์ประกอบใด ๆ ที่ทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึมของเบ็นซินเปลี่ยนแปลงไป ย่อมมีผลให้ความเป็นพิษของเบ็นซินเปลี่ยนแปลงไปด้วย นอกจากนี้ ความเป็นพิษอาจมากขึ้นหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดของสัตว์ วิธีการ และปริมาณที่ได้รับ

4. ความเป็นพิษต่อระบบประสาท (Neurotoxicity) มีฤทธิ์กดประสาทส่วนกลางคล้ายพวกยานอนหลับ ทำให้การส่งกระแสประสาทผิดปกติได้ มักจะมีอาการทางประสาท จิตใจกังวล หากได้รับอย่างเฉียบพลัน อาจมีอาการเคลิบเคลิ้มในระยะแรก ต่อมาจะปวดศีรษะ มึนงง อ่อนเพลีย เดินโซเซ สับสน ความอยากอาหารลดลง สูญเสียการตอบสนองต่อแสงจ้า กระพริบตาอย่างควบคุมไม่ได้ หายใจลำบากและมีอาการร่วมหลายอย่าง ชัก หมดสติ และถึงตายได้ในที่สุด เพราะหัวใจหยุดทำงาน ทั้งนี้เนื่องจากระบบประสาทส่วนกลางถูกกด ไม่สามารถควบคุมการหายใจได้ เด็กที่คลอดออกมาแล้วมักมีอาการท้องเสียบ่อยกว่าเด็กกลุ่มอื่น

5. การระคายเคืองเบื้องต้น (Primary irritation) ฤทธิ์ระคายเคือง จะระคายเคืองต่อผิวหนัง และตาในระดับปานกลาง หากกระเด็นเข้าตาจะทำให้เยื่อตาอักเสบ สำหรับที่ผิวหนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก 107870 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะก่อให้เกิดอาการระคายเคืองบริเวณที่ได้รับสัมผัส ผิวหนังมีอาการบวมแดง อักเสบ แสบร้อน เป็นตุ่มพอง บวมน้ำ โรคผิวหนัง และขนร่วง

6. ผลต่อการพัฒนาของตัวอ่อน (Embryo tropic action) และความผิดปกติที่เกิดในทารก (Teratogenicity) สารแพร่ผ่านรกได้ ทำให้ทารกมีน้ำหนักลดลง มีจำนวนกระดูกผิดปกติ มีความผิดปกติของการสร้างเม็ดเลือด ทำให้ทารกคลอดพิการ เกิดการกลายเพศ ไตเสื่อม

7. ความเป็นพิษต่อภูมิคุ้มกัน (Immunotoxicity) ระบบภูมิคุ้มกันถูกรบกวนหรือทำลาย ศักยภาพทางการป้องกันโรคการติดเชื้อจะลดและพร้อมลงจากเดิม เป็นผลเนื่องมาจากความเป็นพิษที่ไขกระดูก ร่างกายสร้างแอนติบอดีขึ้นเพื่อต่อต้านเนื้อเยื่อตัวเอง จำนวนเม็ดเลือดชนิดต่าง ๆ ลดลง มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิด lymphocytes ม้ามโต มีผลทำให้ภูมิคุ้มกันต้านต่อเชื้อแบคทีเรียลดลง โดยดูจากอัตราการติดเชื้อที่เพิ่มขึ้น

8. ความผิดปกติต่อการสืบพันธุ์ (Reproduction) เป็นหมัน มีผลกระทบต่อประจำเดือน ในเพศหญิงได้ คือ ทำให้มีเลือดออกมามากผิดปกติ บางรายพบภาวะโลหิตจางเมื่อตั้งครรภ์ แต่เมื่อคลอดออกมามากกลับไม่พบความผิดปกติ แต่บางรายก็แห้ง ความเป็นพิษต่อร่างกายจะมากขึ้นอยู่กับ ช่วงครึ่งชีวิตของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในร่างกาย สภาวะความสมบูรณ์ของร่างกาย ขึ้นอยู่กับสภาวะภายในร่างกาย และปฏิกิริยาชีวเคมีทางเมตะบอลิซึมในตับและเนื้อเยื่อ และระบบการขับถ่ายของเสียการขับสารพิษทิ้ง สารนี้จะถูกขับโดยตรงผ่านไต ขับออกมาทางปัสสาวะ ปล่อยพร้อมกับลมหายใจออก และโดยทางอ้อมผ่านตับ และน้ำดี ถ้าสารนั้นถูกขับออกทิ้งได้ง่าย ความเป็นพิษจะน้อยลงกว่าสารเคมีที่ถูกขับออกทิ้งได้ยาก (ประสงค์และไมตรี, 2544)

ตารางที่ 2.7 ความรุนแรงของอาการเมื่อได้รับสารเบนซินที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่าง ๆ

ความเป็นพิษของเบนซิน (ppm)	ระยะเวลาที่ได้รับ	ความรุนแรงของอาการ
20,000	5-10 นาที	ทำให้ตายได้
2,500	30 นาที	เป็นอันตรายต่อชีวิต
1,500	60 นาที	ทำให้เกิดอาการพิษต่างๆอย่างรุนแรง
500	60 นาที	ทำให้เกิดอาการพิษต่างๆอย่างรุนแรง
50-150	5 ชั่วโมง	ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย
25	8 ชั่วโมง	ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย

ที่มา : งานสารเป็นพิษกองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 ปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ

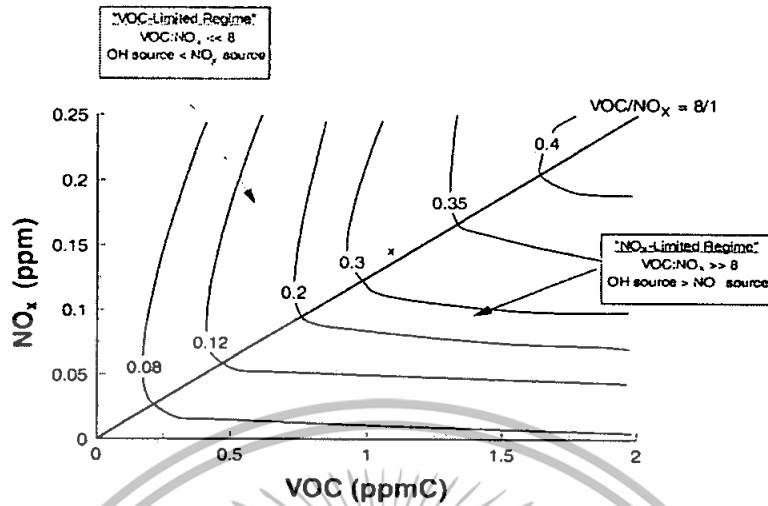
ไอระเหยของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของไนโตรเจนในบรรยากาศโดยมีความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดก๊าซโอโซน (O<sub>3</sub>) โดยเป็นโอโซนระดับพื้นดินซึ่งจัดเป็นโอโซนที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ หรือเกิดปรากฏการณ์โฟโตเคมีคอลสม็อก (Photochemical Smog) ซึ่งมีลักษณะเหมือนหมอกสีขาว ๆ ปกคลุมอยู่ทั่วไปในอากาศโดยทั่วไปแล้วก๊าซโอโซนก่อให้เกิดการระคายเคืองตา และระบบทางเดินหายใจ ความสามารถในการทำงานของปอดลดลง เหนื่อยเร็ว โดยเฉพาะในเด็ก คนชรา และคนที่เป็โรคปอดเรื้อรัง ปัจจุบันก๊าซโอโซนเป็นสารมลพิษทางอากาศที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม รองจากฝุ่นละออง ทำให้ต้องมีการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง ได้จัดตั้งระบบเครือข่ายติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศของประเทศไทย

ในกระบวนการเกิดปฏิกิริยานี้ขึ้นแรก NO<sub>2</sub> จะเกิดปฏิกิริยาโฟโตลิซิส (Photolysis) ทำให้เกิดออกซิเจนอะตอม (O) ซึ่งต่อมากับออกซิเจนอะตอมจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (O<sub>2</sub>) ทำให้เกิดโอโซน (O<sub>3</sub>) และ O<sub>3</sub> ก็จะทำปฏิกิริยากับไนตริกออกไซด์ (NO) เกิด NO<sub>2</sub> แล้วกลับไปเริ่มต้นปฏิกิริยาโฟโตลิซิสอีก ดังแสดงในสมการ 2.4-2.6



ความเข้มข้นของโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ที่มีค่าระหว่าง 200-500 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อาจมีผลต่อปอดของเด็ก ระบบทางเดินหายใจเกิดการระคายเคืองตา ระดับความเข้มข้นของโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์อยู่ระหว่าง 200-294 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะลดความสามารถในการออกกำลังกาย และปอดของผู้ป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจเรื้อรังจะลดการทำงานลง เนื่องจากโอโซนมีความเข้มข้นตามธรรมชาติสูงอยู่แล้ว จึงไม่สามารถนำอัตราส่วนความปลอดภัย (Safety Factor) มาใช้ได้ ประกอบกับโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ ในช่วงระยะเวลาสั้นมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยในเวลา 8 หรือ 24 ชั่วโมง ด้วยเหตุผลดังกล่าว ในการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ จึงให้กำหนดค่าความเข้มข้นสูงสุดของโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ ในรูปโอโซน ใน 1 ชั่วโมง ไม่เกิน 200 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ 0.10 ส่วนในล้านส่วน และถ้าเกิดปฏิกิริยาระหว่าง NO<sub>x</sub> กับ VOC ทำให้เกิด O<sub>3</sub> ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ระดับความเข้มข้นของ VOCs และ NO<sub>x</sub> ที่ทำให้เกิดโอโซน

#### 2.2.4 การป้องกันและการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย

การควบคุมสารเคมีอินทรีย์ระเหยได้ดีที่สุดคือ การป้องกันมิให้มีการใช้สารที่มีอันตรายต่อสุขภาพโดยไม่จำเป็น หรือหากจำเป็นใช้ ก็ต้องมีวิธีการลดอันตราย ความเสี่ยง และความเป็นพิษให้เหลือน้อยที่สุด โดยมีให้สารเคมี มีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม การจัดการควบคุมสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ทำได้ดังนี้

1. การควบคุมไอระเหยของตัวทำละลาย เป็นการควบคุมการแพร่กระจายของไอระเหยออกสู่บรรยากาศในขณะที่บรรจุตัวทำละลายจากสายการผลิตลงสู่ถังเก็บของโรงงาน โดยการเก็บไอระเหยของตัวทำละลายจากถังเก็บขณะที่ทำการบรรจุ และต้องนำไปผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ (Vapor Recovery) โดยไม่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก

2. การควบคุมไอระเหยของตัวทำละลายขณะบรรจุตัวทำละลายสู่ถังเก็บ เก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศเพียงพอ โดยระบบระบายอากาศที่ใช้จะต้องเป็นระบบที่ป้องกันการเกิดประกายไฟ และอุปกรณ์เครื่องมือ ไฟฟ้าที่ใช้จะต้องป้องกันการระเบิด ควรเก็บห่างจากแหล่งจุดติดไฟ ประกายไฟ เปลวไฟ พื้นผิวที่ร้อน ความร้อน สารออกซิไดซ์ สารกัดกร่อน และสารที่เข้ากันไม่ได้ การควบคุมในขั้นตอนนี้เป็นการควบคุมการแพร่กระจายของไอระเหยของตัวทำละลายไปสู่บรรยากาศในขณะที่ถ่ายเทตัวทำละลายจากรถขนส่งลงสู่ถังเก็บ โดยการเก็บไอระเหยที่สะสมในถังเก็บผ่านระบบท่อเข้าสู่ถังขนส่งของรถขนส่ง นำกลับไปยังโรงงานผู้ผลิต เพื่อเข้าสู่ระบบการนำกลับมาใช้ใหม่ หรืออาจกำจัดทิ้งอย่างถูกต้องต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การควบคุมไอร่เหยของตัวทำละลายที่รถขนส่ง รถขนส่งเป็นตัวกลางที่นำตัวทำละลายจากโรงงานผลิตส่งไปยังสถานประกอบการหรือโรงงานของลูกค้าที่นำตัวทำละลายนั้นไปใช้ ในขณะที่เดียวกันต้องนำไอร่เหยของตัวทำละลายจากโรงงานลูกค้ากลับมายังโรงงานผู้ผลิต ปัจจุบันการถ่ายเทตัวทำละลายของรถขนส่งเป็นแบบ Top Loading ซึ่งต้องเปิดช่อง Man hole ด้านบน แล้วจึงเติมตัวทำละลาย ทำให้ไอร่เหยทั้งหมดที่อยู่ในถังของรถขนส่งที่เกิดขึ้นระหว่างการเติม ฟุ้งกระจายออกสู่บรรยากาศ ในการควบคุมไอร่เหยจึงควรใช้ระบบเติมตัวทำละลายจากด้านล่าง (Bottom Loading) พร้อมติดตั้งระบบควบคุมไอร่เหยเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

4. การกำจั้ดสารในกรณีรั่วไหล (Leak and Spill) วิธีการปฏิบัติในกรณีเกิดการหกรั่วไหล ให้กั้นแยกพื้นที่ที่เกิดอุบัติเหตุหกรั่วไหล สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เหมาะสม จัดให้มีการระบายอากาศในบริเวณที่เกิดการหกรั่วไหล และให้เคลื่อนย้ายแหล่งจุดติดไฟทั้งหมดออกไป จุดซ้บส่วนที่หกรั่วไหลด้วยทราย ดิน และวัสดุดูดซ้บที่ไม่เกิดปฏิกิริยากับสารนี้ กรณีการหกรั่วไหลเล็กน้อย ให้ดูดซ้บส่วนที่หกรั่วไหลด้วยวัสดุดูดซ้บที่ไม่เกิดปฏิกิริยากับสาร และเก็บใส่ในภาชนะบรรจุที่เหมาะสม ทำการติดฉลากภาชนะบรรจุ แล้วล้างบริเวณสารหกรั่วไหล หลังจากสารเคมีถูกเก็บกวาดเรียบร้อยแล้ว วัสดุดูดซ้บสารที่เปราะจะเป็นจะต้องได้รับการกำจัดเช่นเดียวกับของเสียกรณีหกรั่วไหลรุนแรง ให้ทำการติดต่อหน่วยฉุกเฉิน และหน่วยบริการดับเพลิง อย่างสัมพันธ์กับสารที่หกรั่วไหล และต้องป้องกันไม่ให้สารเคมีที่หกรั่วไหล ไหลลงสู่ท่อระบายน้ำ แม่น้ำ และแหล่งน้ำอื่นๆ และบริเวณที่อับอากาศ กรณีเกิดเพลิงไหม้ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) ชนิดปิดคลุมเต็มตัว ให้ทำการหยุดการรั่วไหลก่อนที่จะเกิดการลุกติดไฟ หากสามารถทำได้อย่างปลอดภัย

5. การทำลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายทางเคมี ได้มีการนำสาร Oxidizers หลายชนิด เช่น ก๊าซโอโซน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และ โป้ดัสเซียมเปอร์มังกานेट มาใช้เพื่อทำลายโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้สารสารอินทรีย์ระเหยง่าย สลายตัว และหมดสภาพความเป็นพิษได้

6. การทำลายทางชีวภาพ มีการวิจัย Co-meatbolism method ที่จะใช้จุลชีพหลายชนิดรวมกันที่สามารถทำปฏิกิริยาทางชีวเคมีกับสารอินทรีย์ระเหยง่ายได้ โดยอาศัยเอนไซม์ของแบคทีเรียทั้งชนิด anaerobic และ aerobic bacteria จะทำให้เกิด oxidation, reduction, dehalogenation ฯลฯ และ สารอินทรีย์ระเหยง่าย (TCE, PCE, DCM, benzene, toluene) จะถูกทำลายและหมดความเป็นพิษได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 เครื่องยนต์ในรถยนต์

ปัจจุบันยานพาหนะประเภทรถยนต์และรถจักรยานยนต์ กลายเป็นสิ่งจำเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย รถยนต์จึงเป็นต้นเหตุที่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านอากาศที่สำคัญที่สุดในมหานครใหญ่ ๆ ของโลก รวมถึงกรุงเทพมหานคร ได้ส่งผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด อีกทั้งยังเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาอากาศเป็นพิษและเสียงรบกวน สารพิษที่เกิดจากท่อไอเสียรถยนต์ ได้ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพอนามัย ซึ่งคนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครต้องสูดหายใจเข้าไปทุกวันอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยง ซึ่งสามารถจำแนกเครื่องยนต์ได้ 2 ประเภท คือ เครื่องยนต์ดีเซล และ เครื่องยนต์เบนซิน

### 2.3.1 เครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซล เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ใช้หลักการอัดอากาศให้เกิดความร้อนจนมีอุณหภูมิและความดันสูงพอที่จะทำให้ไอน้ำเกิดการระเบิดลุกไหม้ ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ดีเซล ประกอบด้วย กระบอกสูบ ลูกสูบ ก้านสูบ หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ลิ้นไอดี ขั้วเหวี่ยง และต้นกำลัง การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ ทำได้โดยใช้ลิ้นในการเปิด-ปิดช่องไอดีและช่องไอเสีย ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นลงในกระบอกสูบ 4 ครั้ง เป็น 4 จังหวะ คือ จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะระเบิด และจังหวะคาย

การทำงานของเครื่องยนต์ หากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ จะทำให้เกิดสารพิษปล่อยออกมาจากท่อไอเสียอันเป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดอากาศเป็นพิษ สารพิษเหล่านี้ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ควันทำ ไฮโดรคาร์บอนออกไซด์ของไนโตรเจน สารตะกั่ว ฯลฯ

ควันทำเป็นผงเขม่าขนาดเล็กที่เหลือจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากรถยนต์ดีเซล เช่น รถปิกอัพดีเซล รถเมล์โดยสาร และรถขนาดใหญ่ทั่วไป สาเหตุการเกิดควันทำ ได้แก่ ระบบจ่ายน้ำมันไม่เหมาะสม ทำให้สัดส่วนน้ำมันและอากาศไม่เหมาะสม เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ใต้กรองอากาศสกปรกและอุดตัน เครื่องยนต์เก่าชำรุดขาดการบำรุงรักษา บรรทุกน้ำหนักเกินอัตราที่กำหนด ([http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi4/care\\_car/car2.htm](http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi4/care_car/car2.htm))

อันตรายจากควันทำ คือ สามารถเข้าไปสะสมที่ถุงลมในปอด และควันทำยังประกอบด้วยสารที่เป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งในปอด นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดความสกปรก และบดบังการมองเห็นก่อให้เกิดอุบัติเหตุทางจราจรได้ง่าย

การป้องกันไม่ให้อายุของรถยนต์ของท่านปล่อยสารพิษสู่สิ่งแวดล้อม ผู้เป็นเจ้าของหรือผู้ขับขี่รถจะต้องหมั่นบำรุงรักษาสภาพของเครื่องยนต์ มีการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพที่ดีอยู่เสมอ รวมถึงลักษณะการขับขี่ การใช้ น้ำมัน ไร้สารตะกั่วสำหรับรถเครื่องยนต์เบนซิน หรือน้ำมันดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่นอูณหภูมิต่ำสำหรับรถเครื่องยนต์ดีเซล เปลี่ยนน้ำมันเครื่องตามกำหนดเวลา หมั่นตรวจดูระบบกรองอากาศ ถ้าอากาศมีฝุ่นจับมากให้ทำความสะอาดหรือเปลี่ยนใหม่ หลีกเลี่ยงการบรรทุกเกินอัตรากำลังรถ ควรออกรถให้น้ำมันวอลและไม่เร่งเครื่องเกินความจำเป็น ติดตั้งอุปกรณ์กรองไอเสีย (Catalytic Converter) เพื่อช่วยให้ไอเสียที่ปล่อยออกมามีมลพิษน้อยลงได้

### 2.3.2 เครื่องยนต์เบนซิน

เครื่องยนต์เบนซิน เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน ก๊าซ โซลีน หรือน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง หลักการทำงานของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน คือ มีการจุดเชื้อเพลิงด้วยประกายไฟ โดยมีคอยล์ทำหน้าที่เป็นหม้อแปลง และมีหัวเทียนทำหน้าที่ เป็นขั้วไฟฟ้า หม้อแปลง ไฟฟ้า (Transformer) คืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่แปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าให้สูงขึ้นหรือต่ำลง

ข้อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ทั้งสองประเภทนี้ คือ เครื่องยนต์ดีเซลมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่า จะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยกว่าและประหยัดกว่าเครื่องยนต์เบนซิน ปัญหาขัดข้องน้อยกว่าเครื่องยนต์เบนซิน แรงบิดของเครื่องยนต์ดีเซลจะยังคงไม่เปลี่ยนแปลงที่ย่านความเร็วต่าง ๆ มีการทำงานที่ยืดหยุ่นและง่ายกว่าการทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน ด้วยเหตุนี้ทำให้เครื่องยนต์ดีเซลมีความเหมาะสมกับขบวนการขนาดใหญ่ แต่กำลังต้นสูงสุดในการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลสูงเกือบเป็น 2 เท่า ของเครื่องยนต์เบนซิน ทำให้เกิดเสียงดัง และการสั่นสะเทือนสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน เพราะกำลังต้นในการเผาไหม้สูง เครื่องยนต์ดีเซลจำเป็นต้องผลิตขึ้นด้วยวัสดุต้านแรงกดต้นสูง และต้องมีโครงสร้างที่แข็งแรง ทำให้มีน้ำหนักต่อแรงม้าสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน ต้นทุนการผลิตสูงเพราะเครื่องยนต์ดีเซลต้องการระบบฉีดเชื้อเพลิงที่มีความเที่ยงตรงสูง และยังต้องการการบำรุงรักษาที่พิถีพิถันมากกว่าเครื่องยนต์เบนซิน (<http://www.sopon.ac.th/science/thomrong2/sec01p02.html>)

ตารางที่ 2.8 ชนิดของมลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซล

ชนิดของมลพิษทางอากาศ	เบนซิน 4 จังหวะ	เบนซิน 2 จังหวะ	ดีเซล
HC (ppm)	900	12,000	150-500
CO (% โดยปริมาตร)	3.5	3.5	0.2
Nox (ppm)	1,500	150	2,000-3,000
อนุภาคต่าง ๆ (ปอนด์/แกลลอน)	12	12	110

ที่มา : <http://www.energy.go.th/th/knowledge.asp>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 เชื้อเพลิงในรถยนต์

จากปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสำคัญในเมืองหลวงและเมืองใหญ่ของประเทศ โดยมีสาเหตุหลักมาจากไอเสียจากรถยนต์ และ โรงงานอุตสาหกรรมซึ่งขยายจำนวนเพิ่มมากขึ้น ตามการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครนั้น พื้นที่หลายแห่ง มีปัญหามลพิษหลัก ได้แก่ ฝุ่นละออง ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และสารไฮโดรคาร์บอน ซึ่งได้รับจากไอเสียของรถยนต์ ด้วยสาเหตุดังกล่าว ในปัจจุบันทั่วโลกจึงให้ความสนใจในการพัฒนาและเลือกสรรเชื้อเพลิง ที่จะนำมาใช้ในรถยนต์ต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น

### 2.4.1 น้ำมันเบนซิน (Gasoline)

น้ำมันเบนซิน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ เป็นกลุ่มสารประกอบเบา (light distillates) ซึ่งประกอบด้วย gasoline และ kerosene โดย gasoline ใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน หรือเรียกว่าน้ำมันเบนซิน ได้จากการปรับแต่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันโดยตรง และจากการแยกก๊าซธรรมชาติเหลว น้ำมันเบนซินจะผสมสารเคมี เพิ่มคุณภาพ เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน เช่น เพิ่มค่าออกเทน สารเคมีสำหรับป้องกันสนิม และการกัดกร่อนในถังน้ำมันและท่อน้ำมัน เป็นต้น (กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน)

### 2.4.2 น้ำมันดีเซล (Diesel Fuel)

น้ำมันดีเซล (Diesel Fuel) เครื่องยนต์ดีเซล เป็นเครื่องยนต์ที่มีพื้นฐานการทำงาน แตกต่างจากเครื่องยนต์เบนซิน คือ การจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซลใช้ความร้อนซึ่งเกิดขึ้น จากการอัดอากาศอย่างสูงในลูกสูบ มิใช่เป็นการจุดระเบิดของหัวเทียนเช่นในเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซิน ปัจจุบันน้ำมันดีเซลถูกใช้ประโยชน์ได้หลากหลายมักเป็นเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น รถบรรทุก รถโดยสาร รถแทรกเตอร์ เป็นต้น

ปัจจุบัน อัตราการขยายตัวของรถยนต์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะตลาดรถเครื่องยนต์ ดีเซลได้รับความนิยมสูงขึ้น เห็นได้จากอัตราการเติบโตของน้ำมันดีเซลในประเทศสูงถึง 8.2 % ทำให้ปัจจุบัน มีปริมาณฝุ่นละอองในอากาศมากเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนด รัฐบาล จึงมีนโยบายในการควบคุมปริมาณมลพิษที่ออกมาจากเครื่องยนต์ดีเซลและปรับมาตรฐานกำมะถัน ในน้ำมันดีเซลจากระดับ ยูโร ๓ มาเป็นมาตรฐาน ยูโร ๔ ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลในกลุ่มประเทศ ยุโรปที่ว่ากันว่าดีที่สุวิธีหนึ่งและนิยมใช้กันทั่วโลก คือ มีปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลไม่เกิน 350 ppm หรือ 0.035 % โดยในประเทศไทย จะประกาศใช้มาตรฐานน้ำมันดังกล่าว ในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2547 อีกทั้งยังมีกำหนดการปรับมาตรฐานมลพิษในไอเสียจากรถยนต์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ให้ได้ตามมาตรฐาน ยูโรตรี([http://www.pttplc.com/th/ptt\\_core.asp?page=ps\\_pr\\_fu\\_ds\\_07](http://www.pttplc.com/th/ptt_core.asp?page=ps_pr_fu_ds_07).)

สำหรับในประเทศไทยมีการจำหน่ายน้ำมันดีเซล 2 ประเภท คือ น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว และน้ำมันดีเซลหมุนช้าซึ่งเหมาะสมกับเครื่องยนต์ที่มีรอบหมุนปานกลางและช้า ใช้สำหรับงานหนัก เช่น เรือประมงบางประเภท หรือเครื่องยนต์ติดตั้งตามโรงงาน เครื่องผลิตไฟฟ้า น้ำมันดีเซลทั่วไปจะมีปริมาณกำมะถันสูง โดยปริมาณกำมะถันเป็นสาเหตุหลักของการเกิดฝุ่นละอองและมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนอกไซด์

### 2.4.3 ไบโอดีเซล (Biodiesel)

ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ หรือน้ำมันสัตว์มาสกัดเอาไขมันและสิ่งสกปรกออก (Degumming) จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการทางเคมี (Transesterification) โดยการเติมแอลกอฮอล์ เช่น เอทานอล หรือเมทานอล และตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ ภายใต้สภาวะที่มีอุณหภูมิสูง เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันจาก Triglycerides เป็น Organic Acid Esters เรียกว่าไบโอดีเซล และได้กลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมยา เครื่องสำอาง ฯลฯ วัตถุประสงค์ของกระบวนการดังกล่าวคือ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันในเรื่องความหนืดให้เหมาะสมกับการใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซล และเพิ่มค่า cetane number

การใช้ไบโอดีเซลสามารถลดมลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ได้ส่วนหนึ่ง เนื่องจากองค์ประกอบของไบโอดีเซลไม่มีธาตุกำมะถัน แต่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 10 % โดยน้ำหนัก จึงช่วยการเผาไหม้ได้ดีขึ้น และลดมลพิษซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละออง ฯลฯ นอกจากนี้ ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติในการหล่อลื่นดีกว่าน้ำมันดีเซล จึงมีการนำไบโอดีเซลมาใช้ผสมน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่าง ๆ กัน หรือใช้โดยไม่ต้องผสมกับน้ำมันดีเซลเลยก็ได้ แต่ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายที่ดี จึงอาจทำให้ท่อทางเดินน้ำมัน ซึ่งทำจากยางและพลาสติกบวม และรั่วได้

ประเทศไทยมีการเพาะปลูกพืชน้ำมันหลายชนิดใช้ในการบริโภค เช่น ถั่วเหลือง ปาล์ม น้ำมัน ถั่วลิสง มะพร้าว ละหุ่ง ฯลฯ ในบรรดาพืชน้ำมันทั้งหมด ปาล์มน้ำมันมีปริมาณผลผลิตสูงและราคาถูก จึงเหมาะสมในการนำมาผลิตไบโอดีเซล แต่ในการผลิตควรคำนึงถึงปริมาณและความต้องการใช้น้ำมันในการบริโภคและในอุตสาหกรรมด้วย เช่น ในปี พ.ศ. 2545 มีผลผลิตปาล์มน้ำมัน 4 ล้านตัน หรือน้ำมันปาล์ม 68,000 ตันต่อเดือน ตลาดมีความต้องการใช้ 55,000 ตันต่อเดือน จะเหลือน้ำมันปาล์มส่วนเกิน 13,000 ตันต่อเดือน นั่นคือปริมาณของน้ำมันที่จะนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีเซลในเชิงพาณิชย์ไม่มากนัก ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนให้รอบคอบ เพื่อให้คุ้มค่าที่สุดในเชิงเศรษฐศาสตร์

ดีเซลปลั้มบริสุทรีเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำน้ำมันปลั้มบริสุทรีผสมกับน้ำมันดีเซล ในสัดส่วนน้ำมันปลั้มบริสุทรีไม่เกินร้อยละ 10 โดยปริมาตร สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลได้ มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับน้ำมันดีเซล ตามข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์ทุกประการ (<http://www.watrangbua.ac.th/products/mickeyweb/index5.htm>) ได้แก่

1) ค่าซีเทน ไม่ต่ำกว่า 47 ของน้ำมันดีเซลจะบ่งชี้ถึงคุณภาพในการต้านทานการน็อกหรือความสามารถของน้ำมันดีเซลที่จะเผาไหม้โดยปราศจากการเกิดน็อกในเครื่องยนต์

2) ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส ในช่วง 1.8 - 4.1 cSt. ซึ่งเหมาะสมต่อการใช้งาน

3) ค่าความร้อนจากการเผาไหม้

4) กากถ่าน ไม่สูงกว่าร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก หากมีมากเครื่องยนต์จะสกปรก อาจมีการอุดตันในส่วนต่าง ๆ ทำให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ไม่ราบเรียบ เครื่องยนต์จะเดินไม่สม่ำเสมอ

5) คุณสมบัติในการหล่อลื่น ทดสอบโดยวิธี HFRR จะเกิดการสึกกร่อนไม่เกิน 460 ไมโครเมตร

6) ปริมาณธาตุกำมะถัน ไม่สูงกว่าร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก เนื่องจากเมื่อมีการเผาไหม้น้ำมันก็จะก่อให้เกิดมลภาวะของกำมะถันต่อสภาพของงานที่ใช้และต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

ข้อดีของการใช้ดีเซลปลั้มบริสุทรี คือ สามารถช่วยลดปริมาณมลพิษจากท่อไอเสีย โดยสามารถลดปริมาณควันดำลงได้อย่างมีนัยสำคัญ และน้ำมันพีซเป็นเชื้อเพลิงสะอาดมีปริมาณกำมะถันน้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำมัน ช่วยประหยัดเงินตราต่างประเทศในการลดการนำเข้าน้ำมันดีเซล สร้างความพึงพอใจด้านราคาให้กับเกษตรกร ทั้งช่วยลดมลพิษทางอากาศส่งผลดีต่อสุขภาพโดยรวมของประชาชน

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### Thomas *et al.* (2000)

ศึกษาองค์ประกอบของสารเคมีที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ขนาดเล็กซึ่งมีประเภทของเครื่องยนต์ต่างกันคือ เครื่องยนต์เบนซิน และดีเซล โดยศึกษาเครื่องยนต์ 3 ประเภท คือ เครื่องยนต์เบนซินที่ทำการติดตั้ง three-way-catalysts เครื่องยนต์เบนซินที่ไม่ติดตั้ง three-way-catalysts และเครื่องยนต์ดีเซล โดยทดสอบตามวิธีของ US FTP 75 และใช้รถจำนวน 5 คัน ในการทดสอบเครื่องยนต์แต่ละประเภท ทำการวัดไฮโดรคาร์บอน C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub> ด้วย GC-FID และวิเคราะห์หาอัลดีไฮด์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และคีโตนด้วยเครื่อง HPLC พบว่าในกรณีเริ่มเดินเครื่องยนต์จะพบสารอินทรีย์ระเหยง่ายในเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซินไม่ติดตั้ง three-way-catalysts เพียงเล็กน้อยเช่นเดียวกัน แต่เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นเครื่องยนต์เบนซินทำการติดตั้ง three-way-catalysts และเครื่องยนต์เบนซินไม่ติดตั้ง three-way-catalysts จะพบองค์ประกอบของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบสูง ซึ่งองค์ประกอบของสารอินทรีย์ระเหยง่ายจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็ว

**Grazia et al. (2001)**

ศึกษาองค์ประกอบของฝุ่นขนาดเล็ก  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  โดยเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนธันวาคม ค.ศ. 1997 ถึง เดือนกันยายน ค.ศ. 1998 ในเมือง Milan โดยวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ ด้วยเครื่อง ED-XRF พบว่าองค์ประกอบที่พบใน  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  ได้แก่ O, Al, Si, P, S, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Br, Rh, Pd, Au, Re, Hf, Pt, Sb ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยองค์ประกอบที่พบจะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง ได้แก่ การปล่อยไอเสียจากยานพาหนะ ฝุ่นที่มีซัลเฟตเป็นองค์ประกอบ ส่วนการปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม จะมี Al, Si, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Sb เป็นองค์ประกอบ

**Pharada (2001)**

ศึกษาปริมาณการปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยกลุ่ม BTEX คือ เบนซิน โทลูอิน เอทิลเบนซิน และไซลีน จากไอเสียรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะก่อนและหลังการซ่อมบำรุง จำนวน 10 คัน โดยแบ่งตัวอย่างรถตามอายุการใช้งานออกเป็น 3 กลุ่มคือ รถที่มีอายุมากกว่า 10 ปี รถที่มีอายุ 6-10 ปี และรถที่มีอายุน้อยกว่า 6 ปี ในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างไอเสียสามสถานะคือ สถานะเดินเบา สถานะขับจริงบนถนน และการขับในห้องทดสอบ โดยใช้ปั๊มดูดไอเสียผ่านหลอด Charcoal แล้วนำไปสกัดด้วย CS [superscript 2] ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/FID เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้น และปริมาณของมลพิษ BTEX แล้ววิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาถึงผลของอายุการใช้งานและการซ่อมบำรุงที่มีต่อการปล่อย BTEX จากการวิจัยพบว่า อายุรถไม่มีผลต่อปริมาณการปล่อย BTEX และการซ่อมบำรุงมีส่วนช่วยทำให้ปริมาณ BTEX ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยก่อนการซ่อมบำรุงค่าเฉลี่ยของ BTEX ที่ปล่อยจากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ มีค่าเท่ากับ 790.458, 1550.108, 74.946 และ 244.856 มก./กม. ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน BTEX ต่อ THC ในไอเสียเท่ากับร้อยละ 8.46, 16.54, 0.83 และ 2.72 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Anjali (2005)

จากการใช้แบบจำลอง Chemical Mass Balance (CMB) สามารถนำไปสู่การแบ่งประเภทของแหล่งกำเนิด ทำการทดลองโดยเก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ใน 15 สถานที่ จากแหล่งกำเนิด 5 ประเภท คือ ที่อยู่อาศัย ย่านการค้า เขตอุตสาหกรรม บนท้องถนนบริเวณสี่แยก และปั๊มน้ำมัน จากตัวอย่างทั้งหมด 360 ตัวอย่าง ที่เก็บในช่วงเดือนสิงหาคม ค.ศ. 2001 ถึง กรกฎาคม ค.ศ. 2002 ในเมือง Delhi พบว่าไอเสียจากยานพาหนะมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศมากกว่าแหล่งกำเนิดประเภทอื่น ๆ

### บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) (2545)

การเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซล และดีเซลปลั้มบริสุทธิ ผลการทดสอบของสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. เพื่อทดสอบผลการใช้ดีเซลปลั้มบริสุทธิเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล ในด้านมลพิษไอเสีย สมรรถนะ กว้นค้ำ และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ใช้รถยนต์ทดสอบ 2 คัน คือ TOYOTA Hilux Tiger 2.5 ลิตร เกียร์ธรรมดา รุ่นเครื่องยนต์ 2L Mileage 24,249 กม. รุ่นปี 2000 และ ISUZU Spark SX 2.5 Turbo เกียร์ธรรมดา รุ่นเครื่องยนต์ 4JA1-T Mileage 3,500 กม. รุ่นปี 2001 น้ำมันเชื้อเพลิง 2 ตัวอย่าง คือ ดีเซล และดีเซล-ปลั้ม(บริสุทธิ) (ผสมน้ำมันปลั้มบริสุทธิไม่เกิน 10 % โดยปริมาตร) ผลการทดสอบการตรวจวัดไอเสีย (Emission Measurement) ตามมาตรฐานของ สมอ. ซึ่งเทียบเท่ากับ มาตรฐานยุโรป สามารถวิเคราะห์ปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (Total Hydrocarbon, THC) สารคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) สารไนตริกออกไซด์ (NOx) สารคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) และสารมลพิษอนุภาค (Particulate Matter, PM)

### ตารางที่ 2.9 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำมันทดสอบ

รายการคุณสมบัติ	วิธีทดสอบ	MOC	ดีเซล	ดีเซลปลั้มบริสุทธิ
		SPEC.		
Specific gravity @ 15.6/15.6 °C	ASTM D 1298	0.81-0.87	0.8302	0.8342
Cetane index	ASTM D 976	Min. 47	58.2	57.2
Viscosity @ 40 °C cSt	ASTM D 445	1.8-4.1	3.34	3.725

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำมันทดสอบ

รายการคุณสมบัติ	วิธีทดสอบ	MOC	ดีเซล	ดีเซลปาล์มบริสุทธิ์
		SPEC.		
Pour point °C	ASTM D 97	Max. 10	0	-3
Sulfur content %wt.	ASTM D 4294	Max 0.05	0.037	0.032
Copper strip corrosion (number)	ASTM D 130	Max. 1	1a	1a
Carbon residue %wt.	ASTM D 4530	Max 0.05	< 0.001	< 0.001
Water and sediment %vol.	ASTM D 2709	Max 0.05	Traces	Traces
Ash %wt.	ASTM D 482	Max 0.01	0.001	0.001
Flash point °C	ASTM D 93	Min 52	69	70
Distillation	ASTM D 86	-	-	-
90% recovered °C	-	Max. 357	352	356.2
Colour	ASTM D 1500	Max. 40	0.5	0.5
Lubricity by HFRR	CEC F-06-A-96	Max.460	465	204
Gross heating value (J/g)	ASTM D240	-	45906	45387
TAN (mgKOH/g)	ASTM D664	-	-	-
Total insoluble mg/100 ml	ASTM D2274	-	-	-
Total aromatics g/100 ml	IP391/95	-	23.2	22.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### กรมควบคุมมลพิษ (2549)

ได้จัดทำโครงการวิจัยสาธิตการผลิต และการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์รับจ้างสองแถวในจังหวัดเชียงใหม่เพื่อใช้เป็นโครงการนำร่องในการผลิตและการใช้ไบโอดีเซล โดยทดสอบรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก จำนวน 5 คัน 51 ครั้ง ใช้น้ำมันดีเซล 100% 1 ครั้ง เปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลซึ่งมีส่วนผสมของน้ำมันไบโอดีเซลต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ B5, B20, B50, และ B100 ใช้รูปแบบการขับขี่ในกรุงเทพฯ ฯ และ ETC โดย มลพิษที่ตรวจวัด ได้แก่ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (THC) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) และฝุ่นละออง (PM) หน่วย กรัมต่อกิโลเมตร รวมทั้งหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (Fuel consumption) โดยวิธี Carbon Balance หน่วยกิโลเมตรต่อลิตร และตรวจวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยตรวจวัดขณะรถยนต์ ขับเคลื่อนบน Chassis Dynamometer ด้วยความเร็วต่างๆ จากผลการทดลอง พบว่า มลพิษที่เกิดจะมีค่าลดลง เมื่อมีส่วนผสมของน้ำมันไบโอดีเซลมากขึ้น

### อนุสร (2550)

การทดสอบเปรียบเทียบปริมาณแก๊สเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล ที่ใช้น้ำมันดีเซลกับน้ำมันมะพร้าวดีเซล พบว่า น้ำมันมะพร้าวดีเซล ช่วยลดมลภาวะทางอากาศได้อย่างชัดเจน การทดสอบนี้วัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาปริมาณแก๊สเสียจากการใช้น้ำมันมะพร้าวดีเซลเป็นเชื้อเพลิงและศึกษาถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม และเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนลดปริมาณฝุ่นละอองในเขตเมืองใหญ่ ซึ่งมีการใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนจำนวนมาก และได้ดำเนินการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ ที่ผ่านการใช้งานแล้ว โดยทดสอบที่ความเร็วรอบสูงสุด 2,400 รอบต่อนาทีในสภาวะไม่มีภาระ จากนั้นเปรียบเทียบการปล่อยแก๊สเสียระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลกับน้ำมันมะพร้าวดีเซล ในอัตราส่วนผสม 20:80 โดยปริมาตร เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ โดยวัดปริมาณเขม่าควันและฝุ่นละอองที่ระบายออกมาจากไอเสียของเครื่องยนต์

ทดลองโดยใช้กระดาดทรงดักเก็บเขม่าควันและฝุ่นละอองจากท่อไอเสียโดยคำนวณจากน้ำหนักของกระดาดทรงที่แตกต่างกันระหว่างก่อนเก็บตัวอย่างกับหลังการเก็บตัวอย่าง ในหน่วยกรัมต่อการทดสอบ ที่ระยะเวลา 20, 40 และ 60 นาที ตามลำดับ การทดสอบพบว่าน้ำมันมะพร้าวดีเซลที่อัตราส่วนผสม 20:80 โดยปริมาตร จะปลดปล่อยปริมาณเขม่าควันและฝุ่นละอองน้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง คือ 0.0003 กรัม 0.0010 กรัม และ 0.0014 กรัม ต่อมาเมื่อวัดปริมาณความเข้มข้นของสีเขม่าควันและฝุ่นละอองด้วยเครื่องวัดสี พบว่า น้ำมันมะพร้าวดีเซลที่อัตราส่วนผสมดังกล่าว มีปริมาณความเข้มข้นของสีเขม่าควันน้อยกว่าเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 อุปกรณ์

1. เครื่อง Gas Chromatograph-Flame Ionization Detector ( GC-FID ) รุ่น CP-3800 บริษัท Varian ประเทศเยอรมัน
2. เครื่อง Thermal Desorber Unit บริษัท Perkin Elmer รุ่น UNITY ประเทศเยอรมัน
3. เครื่อง Thermal Desorber Cleaner บริษัท Masstech Innova รุ่น MT 106 ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. เครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) รุ่น SRS3400 บริษัท Siemens ประเทศสหรัฐอเมริกา
5. เครื่อง Personal Air Sampling Pump ชนิด Low Flow บริษัท SKC รุ่น 224-PCXR8 ประเทศสหรัฐอเมริกา
6. เครื่อง Flow meter บริษัท SKC รุ่น 709 ประเทศสหรัฐอเมริกา
7. เครื่องชั่ง บริษัท Satorious รุ่น R160D
8. Sorbent tube (Stainless steel) เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.25 นิ้ว ความยาว 3.5 นิ้ว บริษัท SKC ประเทศสหรัฐอเมริกา
9. นาฬิกาจับเวลา
10. parafilm
11. กระดาษฟอยล์
12. glass wool
13. ถุงซีป

#### 3.2 สารเคมี

1. Carboxpack B ขนาด 60/80 mesh บริษัท supelco ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. Scott Gas Standards บริษัท supelco ประเทศสหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ขั้นตอนการทดลอง

#### 3.3.1 ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้ น้ำมันไบโอดีเซลชนิดต่าง ๆ

การทดลองนี้ ใช้รถยนต์ Pick up ขนาดเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (กระบะ) ISUSU 2.5 น้ำหนักรถ 1,590 กิโลกรัม ในการศึกษาปริมาณ และองค์ประกอบของฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้ น้ำมันไบโอดีเซล ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ B5, B20 และ B50 ซึ่งตัวอย่างฝุ่นละอองในการศึกษาได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ ส่วนมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำการเก็บตัวอย่างในวันที่ 2 มิถุนายน พ.ศ. 2550 โดยมีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดังนี้

##### 1) ขั้นตอนการเตรียมกระดวยกรอง

เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองโดยใช้กระดวยกรองควอทซ์ ขนาด 70 มิลลิเมตร ก่อนเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง ต้องนำกระดวยกรองไปอบในตู้อบความชื้น ที่สภาวะอุณหภูมิระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 35-55 % เป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 56 ชั่วโมง จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักกระดวยกรอง แล้วบันทึกผลน้ำหนักกระดวยกรองก่อนเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง ตามวิธีการตรวจวัดแบบ Direct, CVS ([http://www.pcd.go.th/public/Publications/print\\_report.cfm?task=air\\_autolab2006](http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_report.cfm?task=air_autolab2006))

##### 2) ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบแยกขนาด โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบคัดขนาด (Cascade Impactor) ที่คัดขนาด จำนวน 6 ขนาด ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ตามวิธีการตรวจวัดแบบ Direct, CVS ([http://www.pcd.go.th/public/Publications/print\\_report.cfm?task=air\\_autolab2006](http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_report.cfm?task=air_autolab2006)) โดยมีขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1. เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองจากรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล โดยทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเครื่องยนต์วิ่งบนแท่นทดสอบตามรูปแบบการขับมาตรฐานที่มีสภาวะการใช้งานเทียบเท่าการวิ่งใช้งานจริงบนท้องถนนในเขตกรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) (รูปที่ 3.1) ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล 5 % ด้วยเครื่องมือชนิด Cascade Impactor บริเวณ Dilution Tunnel (CVS System) ของห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากรถยนต์ที่อัตราการไหล 30 ลิตรต่อนาที (รูปที่ 3.2) ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง 33 นาที

##### 2. เก็บกระดวยกรองตัวอย่างใส่ถุงซิปล

##### 3. อบกระดวยกรองในสภาวะเช่นเดียวกับขั้นตอนการเตรียมกระดวยกรอง

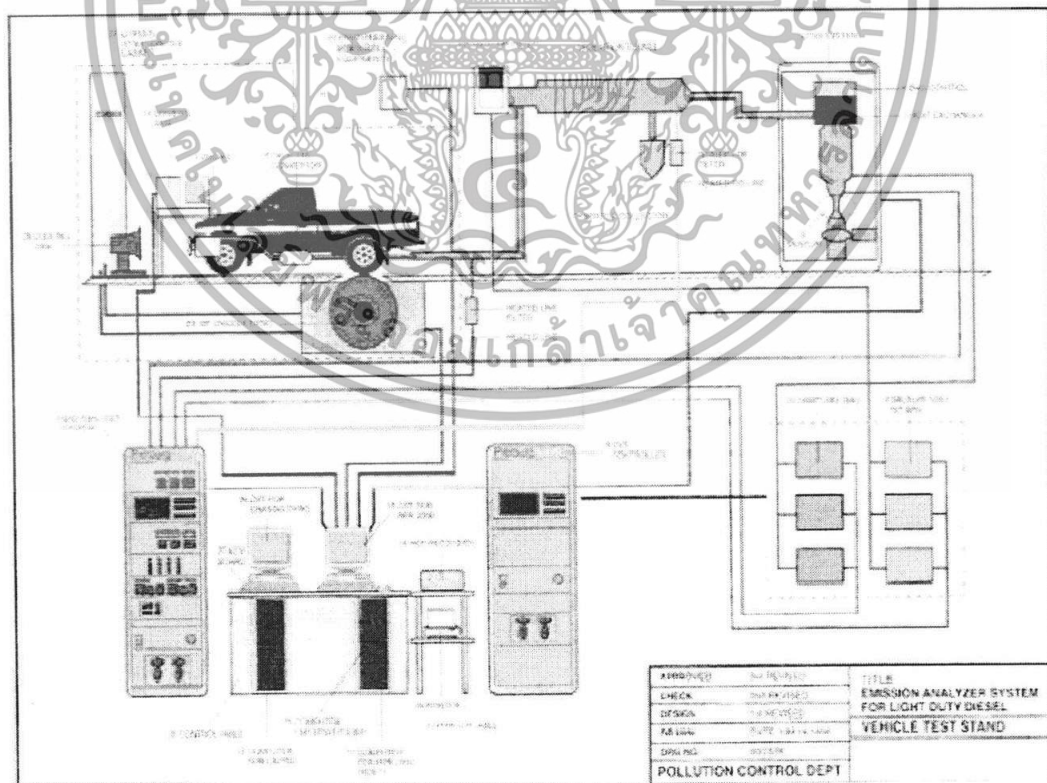
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-4 แต่เปลี่ยนเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงน้ำมันไบโอดีเซล 20 % และ 50 %

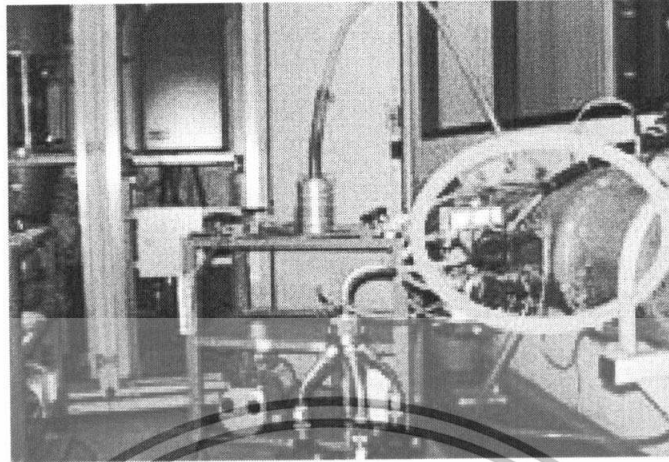
ตารางที่ 3.1 ขนาดฝุ่นละอองจากการคัดขนาดโดยใช้ Cascade Impactor

Stage	ขนาด (ไมโครเมตร)
Stage 1	ใหญ่กว่า 7.0
Stage 2	4.7-7.0
Stage 3	3.3-4.7
Stage 4	2.1-3.3
Stage 5	1.1-2.1
Stage 6	1.1- เล็กกว่า 0.65



รูปที่ 3.1 ฟังก์ชันทดสอบมลพิษจากรถยนต์และบริเวณเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

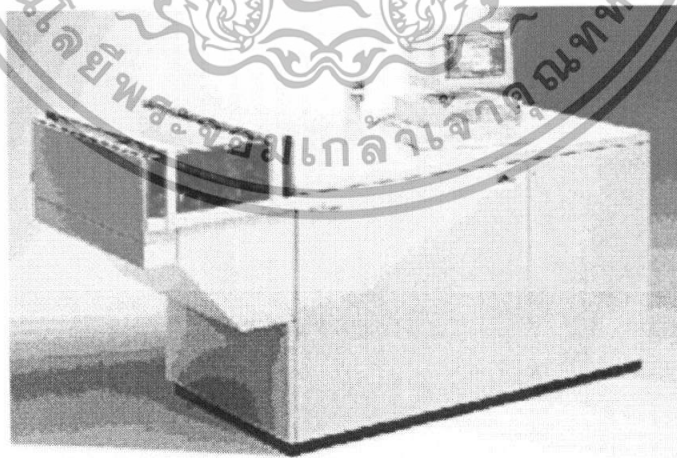


รูปที่ 3.2 บริเวณ Dilution Tunnel (CVS System)

3) ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละออง

นำกระดวยกรองควอทซ์ ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 ไปวิเคราะห์หองค์ประกอบธาตุต่าง ๆ ของฝุ่นละอองด้วย เครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) (รูปที่ 3.3) โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่าง ดังนี้

1. ตัดกระดวยกรองตัวอย่าง โดยเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร
2. นำกระดวยที่เตรียมไว้วิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer



รูปที่ 3.3 X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

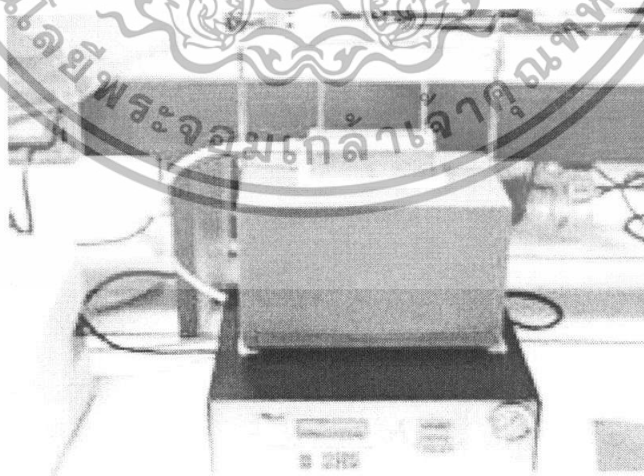
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 ศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์เบนซิน

#### 1) ขั้นตอนการเก็บสารมาตรฐาน BTEX

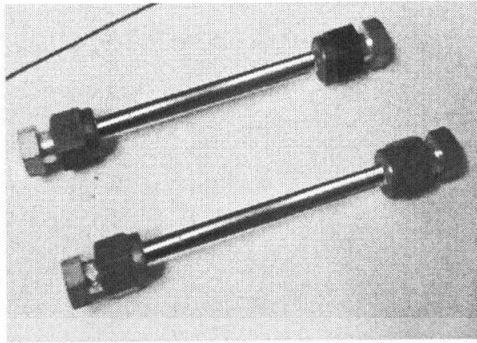
ก๊าซมาตรฐาน BTEX ในการศึกษาได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Research and Training Center – ERTC) กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีขั้นตอนการเก็บก๊าซมาตรฐาน ดังนี้

1. นำ Sorbent Tube ที่บรรจุ Carbopack B ไปทำความสะอาดด้วยเครื่อง Thermal Desorber Cleaner (รูปที่ 3.4) ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ([http://www.pcd.go.th/public/Publications/print\\_report.cfm?task=air\\_autolab2006](http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_report.cfm?task=air_autolab2006))
2. ดูดก๊าซมาตรฐาน BTEX ความเข้มข้นแสดงดังภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-1) จำนวน 0.5 มิลลิลิตร ด้วย Syringe ฉีดลงใน Sorbent Tube และไล่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน โดยที่ปลายอีกด้านของ Sorbent Tube ยังคงปิดด้วย Swalog knut
3. ปิดปลายด้านที่เหลือด้วย Swalog knut (รูปที่ 3.5) แล้วห่อด้วยกระดาษฟอยล์ และเก็บใส่ถุงซิปล
4. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 1-3 แต่เปลี่ยนปริมาณก๊าซมาตรฐานเป็น 1.5, 5, 15, และ 25 มิลลิลิตร ตามลำดับ
5. วิเคราะห์ด้วย Thermal desorption-GC-FID ที่สภาวะดังแสดงในตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.4 เครื่อง Thermal Desorber Cleaner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 Sorbent Tube ที่ใช้เก็บตัวอย่างอากาศปิดด้วย Swalog knut

2) ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอากาศจากท่อไอเสียรถยนต์

ทำการเก็บอากาศจากท่อไอเสียรถยนต์ที่วิ่งบนแท่นทดสอบตามรูปแบบการจับมาตรฐาน ที่มีสภาวะการใช้งานเทียบเท่าการวิ่งใช้งานจริงบนท้องถนนในเขตกรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) (รูปที่ 3.6) ของห้องปฏิบัติการตรวจจ้อมูลพิษจากรถยนต์ ที่อัตราการใช้ 0.8 ลิตรต่อนาที และเก็บด้วยอากาศภายในห้องทดสอบ ซึ่งทดสอบมาตรฐานใช้เวลา 20 นาที แบ่งการเก็บออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ใช้เวลา 780 วินาที และระยะที่ 2 ใช้เวลา 400 วินาที ในการทดสอบแต่ละครั้งจะมีอัตราการเก็บที่ต่างกัน โดยการทดสอบนี้ทำการเก็บตัวอย่างรถยนต์เครื่องยนต์เบนซิน ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเบนซิน 91 จำนวน 2 คัน คือ

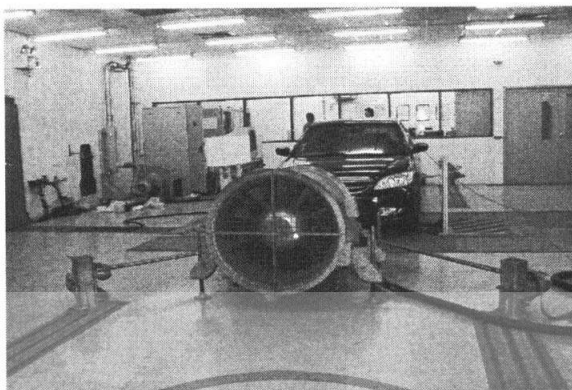
คันที่ 1 รถยนต์ Honda Civic i-VTEC น้ำหนัก 1,250 กิโลกรัม ระยะไมล์ 67,128 ไมล์ Dilution factor ระยะ 1 เท่ากับ 30.444 ใช้เวลา 780 วินาที และระยะ 2 เท่ากับ 15.512 ใช้เวลา 400 วินาที

คันที่ 2 รถยนต์ Toyota Soluna Vios น้ำหนัก 1,130 กิโลกรัม ระยะไมล์ 78,564 ไมล์ Dilution factor ระยะ 1 เท่ากับ 37.784 ใช้เวลา 780 วินาที และระยะ 2 เท่ากับ 18.231 ใช้เวลา 400 วินาที โดยมีขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง ดังนี้

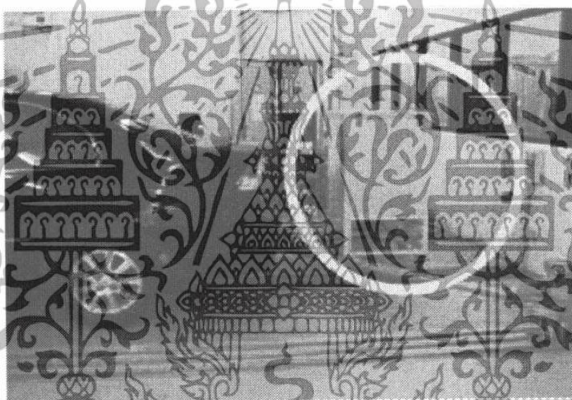
1. เก็บตัวอย่างอากาศจากท่อไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 ด้วย Sorbent tube ที่บรรจุ Carpack B บริเวณ Dilution Tunnel (CVS System) (รูปที่ 3.7) ในการเก็บตัวอย่างไอเสียของรถยนต์แต่ละคันจะทำการต่อ Sorbent tube จำนวน 3 หลอด (รูปที่ 3.8)

2. เมื่อเก็บตัวอย่างเสร็จเรียบร้อย ปิด Tubes ทั้ง 2 ด้าน ด้วย Swalog knut แล้วห่อด้วยกระดาษฟอยล์ และเก็บใส่ถุงซิปล็อค (รูปที่ 3.9) จัดบันทึกอุณหภูมิ ความดัน เวลา แล้วนำกลับมาวิเคราะห์ผลที่ห้องปฏิบัติการ และขนส่งที่อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส (ในกรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันภายใน 1 วัน เก็บตัวอย่างในตู้เย็นอุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสแล้ววิเคราะห์ภายใน

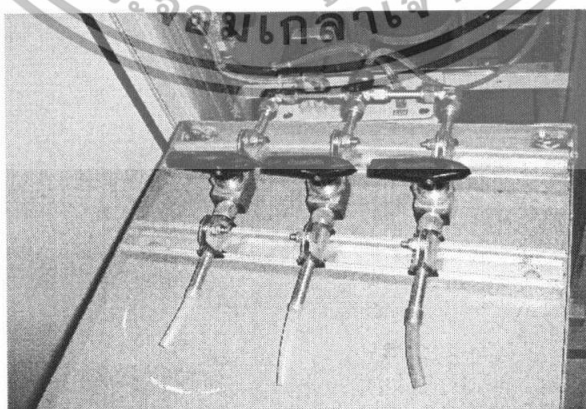
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แท่นทดสอบตามรูปแบบการขับมาตรฐาน



รูปที่ 3.7 บริเวณ Dilution Tunnel



รูปที่ 3.8 ลักษณะการต่อ Sorbent tube

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำชุดควบคุมโดยเก็บตัวอย่างอากาศในบรรยากาศเช่นเดียวกันกับการเก็บไอเสียรถยนต์ที่อัตราการไหล 0.8 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที (รูปที่ 3.10)

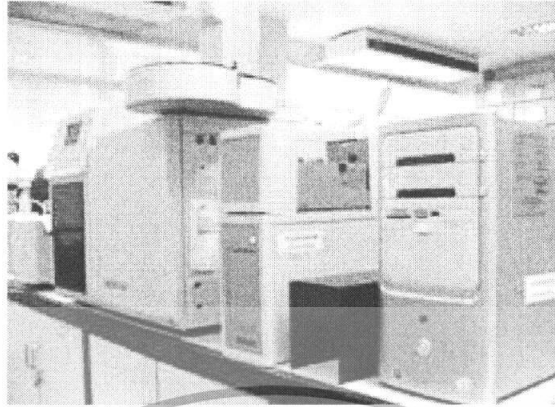
4. ทำ Field blank โดยนำ Sorbent tube ไปสถานที่เก็บตัวอย่างและเก็บกลับมาโดยไม่เปิด Swalog knut และถุงซีป เพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนระหว่างการเดินทาง

5. วิเคราะห์ตัวอย่างอากาศจากท่อไอเสียรถยนต์ด้วย Thermal desorption-GC-FID (รูปที่ 3.11) ที่สภาวะดังแสดงในตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.10 การเก็บตัวอย่างอากาศในบรรยากาศ (ชุดควบคุม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 Thermal desorption-GC-FID

ตารางที่ 3.2 สภาวะการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermal Desorption-GC-FID

สภาวะในการเดินระบบ	
Gas Chromatograph (GC) :	Varian model GC-CP 3800
Detector	: Flame Ionization Detector (FID)
Column	: Rtx-5 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 $\mu$ m (Crossbond 5% diphenyl-95% dimethyl polysiloxane)
Injector temperature	: 190 $^{\circ}$ C
oven temperature	: initial temperature 50 $^{\circ}$ C hold for 1 min, ramp rate at 5 $^{\circ}$ C/min untill 90 $^{\circ}$ C for 1 min then ramp rate 10 $^{\circ}$ C/min untill 280 $^{\circ}$ C hold for 10 min
Detector temperature	: 250 $^{\circ}$ C
Carrier gas	: He , flow rat 2.6 ml/min
TDU Program	: Purge 1 minute : Desorb at 190 $^{\circ}$ C 3 minutes : Cold trap -10 $^{\circ}$ C 3 minutes heat to 300 $^{\circ}$ C to GC column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลชนิดต่าง ๆ

การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล 5 %, 20 % และ 50 % โดยรถยนต์ Pick up ขนาดเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (กระบะ) ISUSU 2.5 น้ำหนักเครื่องยนต์ 1,590 กิโลกรัม โดยการวิ่งบนแท่นทดสอบตามรูปแบบการขับมาตรฐานที่มีสถานะการใช้งานเทียบเท่าการวิ่งใช้งานจริงบนท้องถนนในเขตกรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) เก็บตัวอย่างวันที่ 2 มิถุนายน พ.ศ. 2550 (รูปที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 น้ำหนักของฝุ่นละอองในแต่ละขนาดที่น้ำมันไบโอดีเซลเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ กัน

พบว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ B5, B20 และ B50 พบฝุ่นละอองที่มีขนาดมากกว่า 7 ไมโครเมตร (Stage 1) มีปริมาณฝุ่นสูงสุดและปริมาณฝุ่นจะลดลงตามขนาดที่เล็กลงของฝุ่น ซึ่งฝุ่นที่เกิดอาจเป็นผลมาจากกระบวนการในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในรถยนต์ดีเซล และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลที่ B5, B20 และ B50 พบว่าปริมาณฝุ่นละอองใน B50 มีปริมาณสูงสุด รองลงมาคือ B20 และ B5 ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของกรมควบคุมมลพิษ (2549) ที่พบว่า การใช้ไบโอดีเซลสามารถลดมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ได้ส่วนหนึ่ง เนื่องจากองค์ประกอบของไบโอดีเซลไม่มีกำมะถันที่เป็นสาเหตุในการเกิดฝุ่นละออง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ได้เห็นว่าเป็นประโยชน์ในการนำข้อมูลไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และยังมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จึงช่วยให้การเผาไหม้ดีขึ้น โดยการทดสอบเปรียบเทียบน้ำมันไบโอดีเซลกับดีเซลที่ใช้จะมีการเติมส่วนผสมของน้ำมันปาล์มไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองพบว่าปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจาก B50 มีมากกว่า B20 และ B5 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากปัจจัยอื่นที่มาเกี่ยวข้อง ได้แก่ ความหนืดที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันไบโอดีเซล ทำให้การสเปรย์น้ำมันให้เป็นฝอยขนาดเล็กไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ([http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi4/care\\_car/car2.htm](http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi4/care_car/car2.htm))

#### 4.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลชนิดต่าง ๆ

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล B5, B20 และ B50 ด้วยเครื่อง XRF แสดงดังตารางที่ 4.1 จากการทดลองพบธาตุหลายชนิด ได้แก่ S, K, Ca, Fe, Cu และ Rh ซึ่งในงานวิจัยนี้การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถวิเคราะห์ในเชิงปริมาณของธาตุที่มีปริมาณน้อย ทราบเพียงเปอร์เซ็นต์ของธาตุที่พบในตัวอย่างเท่านั้น ดังนั้นผลการทดลองของธาตุที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไบโอดีเซลแต่ละชนิดจึงไม่แตกต่างกัน จากการทดลองพบว่าองค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองขนาดใหญ่จะคล้ายคลึงกัน ธาตุที่พบส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของน้ำมัน ([http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi4/care\\_car/car2.htm](http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi4/care_car/car2.htm)) และยังพบRh อาจเป็นผลมาจากโลหะที่เป็นองค์ประกอบของกะตะไลติกคอนเวอร์เตอร์

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นละอองที่ประเภทน้ำมันต่าง ๆ

ประเภทน้ำมัน	stage	สัดส่วนองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นละออง					
		S	K	Ca	Fe	Cu	Rh
B5	1	1.3	1.2	1	2.3	2.5	
	2	0.9	0.9	1	2	2	0.5
	3	1.5	0.6	1	-	-	-
	4	0.8	1	1	2.3	2.4	-
	5	1	-	1	2.2	2.3	0.5
	6	0.9	0.8	1	1.8	1.7	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.1 (ต่อ) สัดส่วนองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นละอองที่ประเภทน้ำมันต่าง ๆ**

ประเภทน้ำมัน	stage	สัดส่วนองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นละออง					
		S	K	Ca	Fe	Cu	Rh
B20	1	1.5	-	1	1.8	1.8	0.5
	2	1.4	1.1	1	2	2.3	0.6
	3	0.9	1.1	1	2.4	2.3	-
	4	1	1.1	1	2.6	2.5	-
	5	1	1.2	1	2.5	2.3	-
	6	0.9	1.1	1	2.3	2.4	0.5
B50	1	1.7	-	1	2.2	2.4	0.5
	2	0.8	-	1	2	2	0.5
	3	1.1	1.2	1	2.6	2.7	-
	4	1.4	1.5	1	3	3.2	-
	5	1	1.4	1	2.3	2.5	-
	6	1	1.3	1	2	2.2	-

#### 4.3 ผลการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินที่ใช้น้ำมันเบนซินชนิดเดียวกัน

การศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินซึ่งใช้น้ำมันเบนซิน 91 เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ จำนวน 2 คัน และชุดควบคุม ดังนี้

คันที่ 1 รถยนต์ Honda Civic i-VTEC น้ำหนักรถ 1,250 กิโลกรัม ระยะไมล์ 67,128 ไมล์ Dilution factor ระยะ 1 เท่ากับ 30.444 ใช้เวลา 780 วินาที และระยะ 2 เท่ากับ 15.512 ใช้เวลา 400 วินาที

คันที่ 2 รถยนต์ Toyota Soluna Vios น้ำหนักรถ 1,130 กิโลกรัม ระยะไมล์ 78,564 ไมล์ Dilution factor ระยะ 1 เท่ากับ 37.784 ใช้เวลา 780 วินาที และระยะ 2 เท่ากับ 18.231 ใช้เวลา 400 วินาที

ชุดควบคุมคันที่ 1 อัตราการไหลเท่ากับ 796.56 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะเวลา 20 นาที

ชุดควบคุมคันที่ 2 อัตราการไหลเท่ากับ 850.13 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะเวลา 28 นาที

อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณ BTEX ที่ปล่อยออกจากท่อไอเสียรถยนต์

Test	ความเข้มข้น ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	<i>m/p</i> -xylene	<i>o</i> -xylene
คันที่ 1	440.7 ± 232.15	30.6 ± 29.91	163.92 ± 182.15	343.97 ± 378.36	203.84*
ชุดควบคุม 1	-	-	-	-	-
คันที่ 2	571.9 ± 208.46	3077.58 ± 1193.85	347.51 ± 94.48	825.08 ± 476.49	327.37 ± 128.79
ชุดควบคุม 2	0.03	-	-	-	-
ริมถนน	1.38 ± 0.32	7.34 ± 1.73	1.27 ± 0.25	3.93 ± 1.39	1.73 ± 0.58

หมายเหตุ \* พบสารเพียง 1 ตัวอย่าง

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 4.2) รายละเอียดการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ข พบว่า สารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ของรถคันที่ 2 มีค่าไปในทิศทางเดียวกันกับอากาศบริเวณริมถนน ซึ่งเห็นได้ว่า สารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่พบตามท้องถนนมีแหล่งกำเนิดมาจากรถยนต์ คือ มีปริมาณ Toluene มากที่สุด รองลงมาคือ Benzene, *m/p*-Xylene, Ethylbenzene และ *o*-Xylene ตามลำดับ สำหรับรถยนต์คันที่ 1 ค่าที่ได้จะแตกต่างจากรถยนต์คันที่ 2 ค่อนข้างมาก ทั้งนี้อาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนจากวิธีเก็บตัวอย่างเนื่องจากต่อกับ Sorbent tube โดยตรง ทำให้อัตราการไหลของไอเสียที่ผ่านเข้า Sorbent tube แต่ละหลอดไม่เท่ากัน ในอนาคตควรเก็บตัวอย่างใส่ Gas bag แล้วใช้ปั๊มดูดจากตัวอย่างอากาศผ่านเข้า Sorbent tube และทำซ้ำโดยใช้ Sorbent tube หลอดเดียวกัน 3 ซ้ำ และควรทำการทดสอบการวิ่งของรถยนต์อย่างน้อย 3 ครั้ง สำหรับชุดควบคุมที่ 1 จะไม่พบสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX แต่ชุดควบคุมที่ 2 จะพบ Benzene เนื่องจากการเคลื่อนรถยนต์ทดสอบคันที่ 1 เข้าและออกบริเวณแท่นทดสอบ ทำให้มีไอระเหยจากน้ำมันเบนซินปะปนออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลชนิดต่าง ๆ เพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลต่างชนิดกัน รวมทั้งศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่ปล่อยจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซิน ที่ใช้น้ำมันเบนซิน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ฝุ่นละอองที่เกิดจากน้ำมันไบโอดีเซลต่างชนิดกัน คือ B5, B20 และ B50 พบปริมาณฝุ่นละอองมีแนวโน้มลดลงตามขนาดที่เล็กลงเช่นเดียวกันทั้งหมด และพบว่าปริมาณฝุ่นละอองใน B50 มีปริมาณสูงสุด รองลงมาคือ B20 และ B5

2. องค์ประกอบของธาตุที่พบส่วนใหญ่ในน้ำมันไบโอดีเซลทั้งสามชนิดและทุก Stages คือ S, K, Ca, Fe, Cu และ Rh

3. สารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ของรถเบนซินคันที่ 2 มีค่าไปในทิศทางเดียวกันกับอากาศบริเวณริมถนน คือ มีปริมาณ Toluene มากที่สุด รองลงมาคือ Benzene, *m/p*-Xylene, Ethylbenzene และ *o*-Xylene ตามลำดับ นั้นแสดงให้เห็นว่า สารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ที่พบตามท้องถนนมีแหล่งกำเนิดมาจากรถยนต์

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากเครื่อง XRF วิเคราะห์เป็นเปอร์เซ็นต์ ทำให้ทราบเพียงสัดส่วนขององค์ประกอบของธาตุที่พบเท่านั้น ไม่สามารถวิเคราะห์ปริมาณความแตกต่างของธาตุในระดับ ppm หากต้องการทราบปริมาณควรใช้เทคนิค ICP-MS

2. เนื่องจากการเก็บตัวอย่างจากท่อไอเสียรถยนต์ ใช้ Sorbent tube 3 หลอด ต่อกับท่อเก็บตัวอย่าง 3 ท่อ และ Sorbent tube ทำให้อัตราการไหลของไอเสียที่ผ่านเข้า Sorbent tube แต่ละหลอดไม่เท่ากัน จึงเป็นสาเหตุให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น ดังนั้น ในอนาคตควรเก็บตัวอย่างใส่ Gas bag แล้วใช้ปั๊มดูดจากตัวอย่างอากาศผ่านเข้า Sorbent tube และทำซ้ำโดยใช้ Sorbent tube หลอดเดียวกัน 3 ซ้ำ

3. ควรนำสารมาตรฐาน BTEX ที่มีความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นของตัวอย่างมาสร้างกราฟมาตรฐาน เพื่อให้ผลการทดลองที่ได้มีความแม่นยำขึ้น และเป็นการทดสอบการเกิด Break through เนื่องจากการเก็บตัวอย่างจากท่อไอเสียรถยนต์โดยตรงมีความเข้มข้นสูงอาจเกิด Break through ได้

4. การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละออง ควรทำซ้ำอย่างน้อย 3 ซ้ำ

5. เนื่องจากองค์ประกอบของฝุ่นมีเปอร์เซ็นต์โลหะดำ ดังนั้นควรมีการวิเคราะห์หา PAH เพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

6. เนื่องจากรถยนต์มีปัจจัยหลายด้านในการก่อกมลพิษควรบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้ครอบคลุมมากที่สุด เช่น เลขไมล์ ประเภทรถยนต์ รุ่นของรถยนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

กนกรส ถมปลีกและคณะ (2549) การศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM<sub>10</sub>) บริเวณใกล้เคียงท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ, วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต,ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

งานสารเป็นพิษ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

**ไวโนลคลอไรด์**, กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, ฝ่ายศูนย์ข้อมูลสารอันตรายและอนุสัญญา กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ, พิมพ์ครั้งที่ 2, ตุลาคม 2541.

ประสงค์ คุณานันต์ชัยเดช, ไมตรี สุทธิจิตต์. “สารอินทรีย์ไอระเหย และสุขภาพ (Volatile Organic Chemicals and Health)” **พิษวิทยาสาร**, ปีที่ 12 ฉบับที่ 1, 2544.

พงษ์เสวด สุวรรณธานี (2545) การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของอนุภาคมลสารรวมทั้งหมดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Marcazzan, G. M., Vaccaro. S., Valli. G., and Anjali. R. V.,2001. **Characterisation of PM10 and PM2.5 particulate matter in the ambient air of Milan (Italy).** *Atmospheric Environment*, 35:4639–4650

Pharada, M., 2001. **Emission estimates and species of volatile organic compounds from motorcycles.** Department of Environmental Engineering, Chulalongkorn university, Bangkok.

Schmitz,T., Hassel. D., and Franz-Josef .,2000. **Determination of VOC-components in the exhaust of gasoline and diesel passenger cars** *Weber Atmospheric Environment* . 34:4639-4647

Srivastavaa ,A., Senguptab. B., and Duttab. S.A., 2005.**Source apportionment of ambient VOCs in Delhi City.** *Science of the Total Environment* .343: 207– 220

Suwattiga, P., Osathaphan, K., Bualert, S. and Limpaseni,W. 2004. **Profiling of PM<sub>10</sub> Emission Sources in Thailand.** Department of Environmental Engineering, Chulalongkorn university, Bangkok.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรมการขนส่งทางบก. 2522. จำนวนรถจดทะเบียนภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522.

[Online]. Available: <http://www.news.mot.go.th/motc/portal/graph/excel/index3.asp>.

กรมควบคุมมลพิษ. 2549. รายงานประจำปี ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ พ.ศ.

2549. [Online]. Available: [http://www.pcd.go.th/public/Publications/print\\_report](http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_report).

[cfm?task=air\\_autolab2006](http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_report.cfm?task=air_autolab2006)

กรมควบคุมมลพิษ. 2550. มลพิษทางอากาศ. [Online]. Available: <http://www.thaienvimonitor.net>

[/Database/air.htm](http://www.thaienvimonitor.net/Database/air.htm).

กรมควบคุมมลพิษ. 2550. สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียงกรมควบคุมมลพิษ. [Online].

Available: <http://www.pcd.go.th/Public/News/GetNewsThai.cfm?task=lt2003&id>

[=14913](http://www.pcd.go.th/Public/News/GetNewsThai.cfm?task=lt2003&id=14913).

กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน. 2550. น้ำมันเบนซิน. [Online]. Available:

[http://www.dmf.go.th/default\\_prev.asp](http://www.dmf.go.th/default_prev.asp).

กรมอนามัย. 2550. ความรู้เกี่ยวกับฝุ่นละออง. [Online]. Available: [www.anamai.moph.go.th/](http://www.anamai.moph.go.th/kmportal/news/files/anamai_9378225.doc)

[kmportal/news/files/anamai\\_9378225.doc](http://www.anamai.moph.go.th/kmportal/news/files/anamai_9378225.doc).

กระทรวงพลังงาน. 2550. น้ำมัน. [Online]. Available: <http://www.energy.go.th/th/knowledge.asp>.

กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร. 2550. การดูแลรักษาเครื่องยนต์เพื่อลดมลพิษ. [Online].

Available: [http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi4/care\\_car/car2.htm](http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi4/care_car/car2.htm).

กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร. 2550. ความรู้เกี่ยวกับฝุ่นละออง. [Online]. Available:

<http://www.school.net.th/library/snet6/envi4/fun/fun.htm>.

อมรรงค์ พงษ์ไสว. 2550. เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซลีน. [Online]. Available:

<http://www.sopon.ac.th/science/thomrong2/sec01p02.html>.

ปตท.. 2546. ปตท. นำร่องอีกครั้งด้วยดีเซลใหม่ พีทีที เติลต้า เอ็กซ์ ยูโร ทรี. [Online]. Available:

[http://pttinternet.pttplc.com/th/ptt\\_core.asp?page=nc\\_pr\\_bu\\_detail&id=246](http://pttinternet.pttplc.com/th/ptt_core.asp?page=nc_pr_bu_detail&id=246).

ปตท.. 2545. เปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซล VS ดีเซลปลาล์มบริสุทธิ. [Online]. Available:

[http://www.pttplc.com/th/ptt\\_core.asp?page=ps\\_pr\\_fu\\_ds\\_07](http://www.pttplc.com/th/ptt_core.asp?page=ps_pr_fu_ds_07).

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. 2550. สารพิษและผลกระทบ. [Online]. Available:

<http://www.udru.ac.th/~pasak/>.

โรงพยาบาลราชวิถี. 2550. เอกสารเผยแพร่หมายเลข 18 สำนักงานอาชีวเวชศาสตร์และสิ่งแวดล้อม.

[Online]. Available: <http://www.thaimedtech.org/Aluminium.doc>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงเรียนเถินวิทยา. 2550. **องค์ประกอบของธาตุที่มีมากในเปลือกโลก.** [Online]. Available: [www.elearning.tws.ac.th](http://www.elearning.tws.ac.th).

โรงเรียนวัดรางบัว. 2550. **ไมโอดีเซล.** [Online]. Available: <http://www.watrangbua.ac.th/products/mickeyweb/index5.htm>.

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. 2550. **แร่ (Minerals).** [Online]. Available: <http://www.lesa.in.th/7/minerals/minerals.html>.

สุ่มัทธา สัมมณากุล. 2544. **วารสารโลกพลังงาน.** [Online]. Available : <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/2001/01/08.php>.

อนุตร จำลองกุล. 2551. **ชัยบุรีพิพิธสถมะพร้าวดีเซลช่วยลดฝุ่นควัน.** [Online]. Available: <http://www.komchadluek.net/>.

CHARPA TECHENTER. 2550. **เบนซีน.** [Online]. Available: <http://www.charpa.co.th/>.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก-1 น้ำหนักฝุ่นละออง ที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ กัน

Paper Type		BLANK (1)	STAGE 1	STAGE 2	STAGE 3	STAGE 4	STAGE 5	STAGE 6
			> 0.7	(4.7-0.7)	(3.3-4.7)	(2.1-3.3)	(1.1-2.1)	(0.65-1.1)
		(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)
QUARTZ	ก่อน	250.594	248.612	252.989	250.654	251.198	248.579	252.404
	หลัง	250.598	253.218	253.535	250.978	251.374	248.680	252.417
	สุทธิ	0.004	4.606	0.546	0.324	0.176	0.101	0.013
QUARTZ	ก่อน	250.594	252.730	249.369	251.041	250.446	252.384	252.984
	หลัง	250.598	255.730	251.478	251.307	250.584	252.429	253.034
	สุทธิ	0.004	3.000	2.109	0.266	0.138	0.045	0.050
QUARTZ	ก่อน	250.895	250.326	250.924	251.374	250.704	252.674	248.683
	หลัง	250.897	253.836	253.341	251.981	251.141	253.029	248.840
	สุทธิ	0.002	3.510	2.417	0.607	0.437	0.355	0.157

หมายเหตุ วันที่เก็บตัวอย่าง 8 มีนาคม 2549 ประเภทรถยนต์ PICK UP เลขทะเบียนรถ ม-9414 ปทุมธานี (เครื่องซังทศนิยม 6 ตำแหน่ง)

ตารางที่ ก-2 องค์ประกอบของธาตุที่พบในฝุ่นละอองจากท่อไอเสียรถยนต์ดีเซล น้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล 5 %, 20% และ 50%

ไบโอดีเซล	สาร	ขนาด( blank )		ขนาด( stage 1 )		ขนาด( stage 2 )		ขนาด( stage 3 )		ขนาด( stage 4 )		ขนาด( stage 5 )		ขนาด( stage 6 )	
		KCps	%	KCps	%	KCps	%	KCps	%	KCps	%	KCps	%	KCps	%
5%	Si	267.6	46.6	268.1	46.6	264.6	46.6	261.4	46.5	265	46.6	270.2	46.6	268.9	46.5
	S	0.1	0.0264	0.2	0.0289	0.1	0.0242	0.3	0.0597	0.1	0.0205	0.1	0.0243	0.1	0.0251
	K	-	-	0.2	0.0283	0.2	0.0245	0.2	0.0246	0.2	0.0249	-	-	0.2	0.0224
	Ca	0.2	0.0205	0.2	0.0229	0.2	0.0263	0.3	0.0409	0.2	0.0245	0.2	0.0243	0.2	0.0285
	Fe	2	0.0542	2	0.0537	1.9	0.0518	2.1	0.0599	2	0.0563	2	0.0545	1.9	0.052
	Cu	3	0.0575	3.1	0.0583	2.9	0.0557	3.1	0.0598	3.1	0.0595	3	0.0562	2.5	0.0488
	Rh	-	-	-	-	0.2	0.0136	0.2	0.014	-	-	0.1	0.0128	-	-
20%	Si	267.6	46.6	243.4	46.5	252.2	46.5	255.2	46.6	258.8	46.6	260.1	46.5	262.1	46.5
	S	0.1	0.0264	0.2	0.0491	0.2	0.037	0.1	0.0224	0.1	0.0232	0.1	0.022	0.1	0.0215
	K	-	-	-	-	0.2	0.0297	0.2	0.0295	0.2	0.0253	0.2	0.0285	0.2	0.0286
	Ca	0.2	0.0205	0.3	0.0334	0.2	0.027	0.2	0.0261	0.2	0.0229	0.2	0.0242	0.2	0.0253
	Fe	2	0.0542	2	0.0614	1.9	0.0553	2.1	0.0613	2.1	0.0587	2.1	0.0597	2.1	0.0587
	Cu	3	0.0575	2.9	0.0608	3.1	0.063	3	0.0598	2.9	0.0572	2.9	0.0566	3.2	0.0617
	Rh	-	-	0.2	0.0156	0.2	0.0153	-	-	-	-	-	-	0.2	0.0137



## ภาคผนวก ข

การคำนวณหาปริมาณสารจาก Stock Standard Gas

ที่ STP (25 องศาเซลเซียส 1 atm)

$$\text{สูตร} \quad \text{ng} = \frac{[\text{ppb}] \times V (\text{ml}) \times \text{MW}}{1,000 \times 24.5}$$

ตัวอย่าง

Benzene มวลโมเลกุล = g/mol

ความเข้มข้นของ Benzene จาก stock = 990 ppb

ปริมาตรที่ใช้ 0.5 ml

แทนค่าจากสูตร

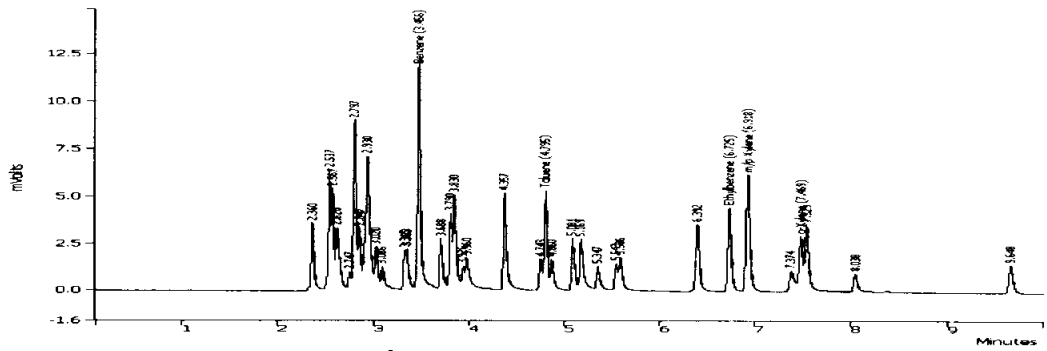
$$\text{ng} = \frac{990 \text{ ppb} \times 0.5 \text{ ml} \times 78.12 \text{ g/mol}}{1000 \times 24.5}$$

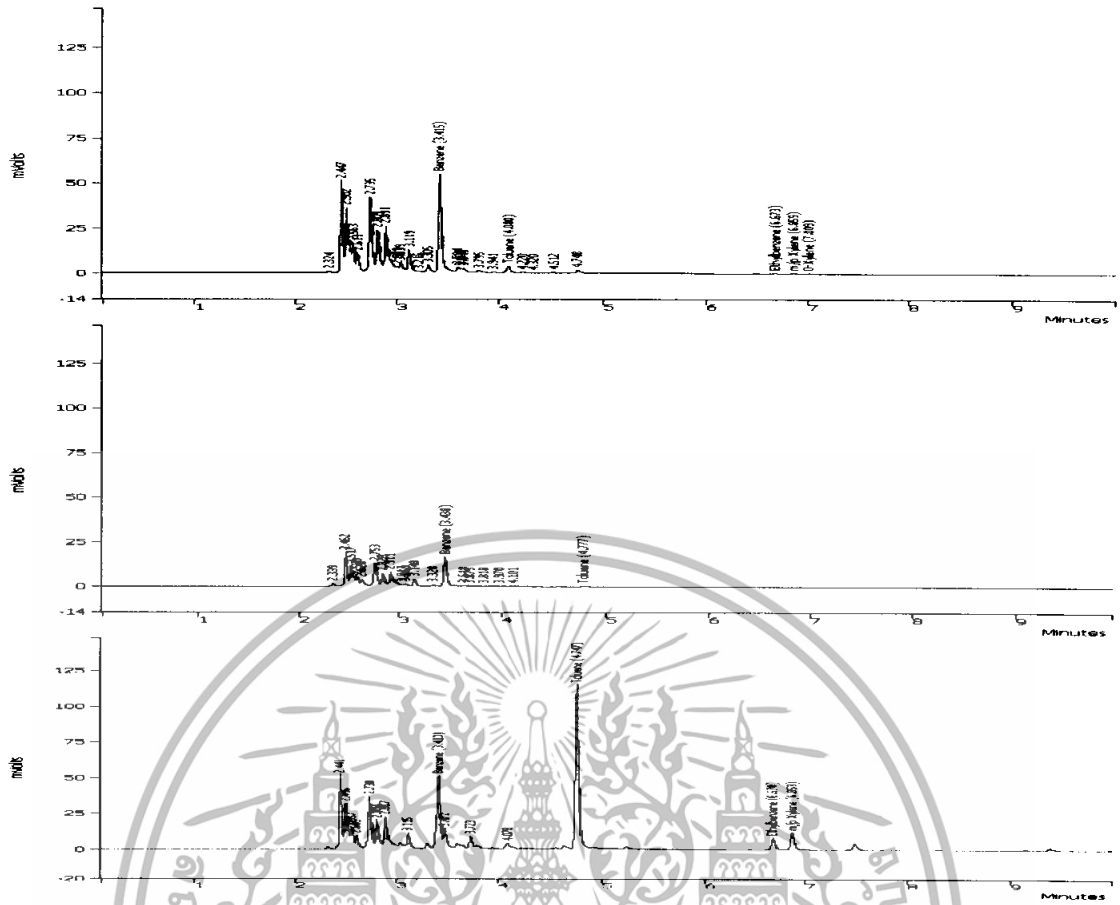
ปริมาณสาร = 1.58 ng

ตารางที่ ข-1 การคำนวณปริมาณสารที่ได้จาก Stock Standard Gas

NO	Compound	MW	Stock (ppb)	V (ml)				
				0.5	1.5	5	15	25
				ng				
1	Benzene	78.12	990	1.58	4.74	15.78	47.35	78.92
2	Toluene	92.14	1000	1.88	5.64	18.80	56.41	94.02
3	Ethylbenzene	106.17	990	2.15	6.44	21.45	64.35	107.25
4	<i>m/p</i> -Xylene	106.17	1980	4.29	12.87	42.90	128.70	214.51
5	<i>o</i> -Xylene	106.17	1000	2.17	6.50	21.67	65.00	108.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ ข-3 Chromatogram ของไอเสียรถยนต์ตัวอย่างคันที่ 1 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ข-3 Peak Area ของไอเสียรถยนต์ตัวอย่างคันที่ 1

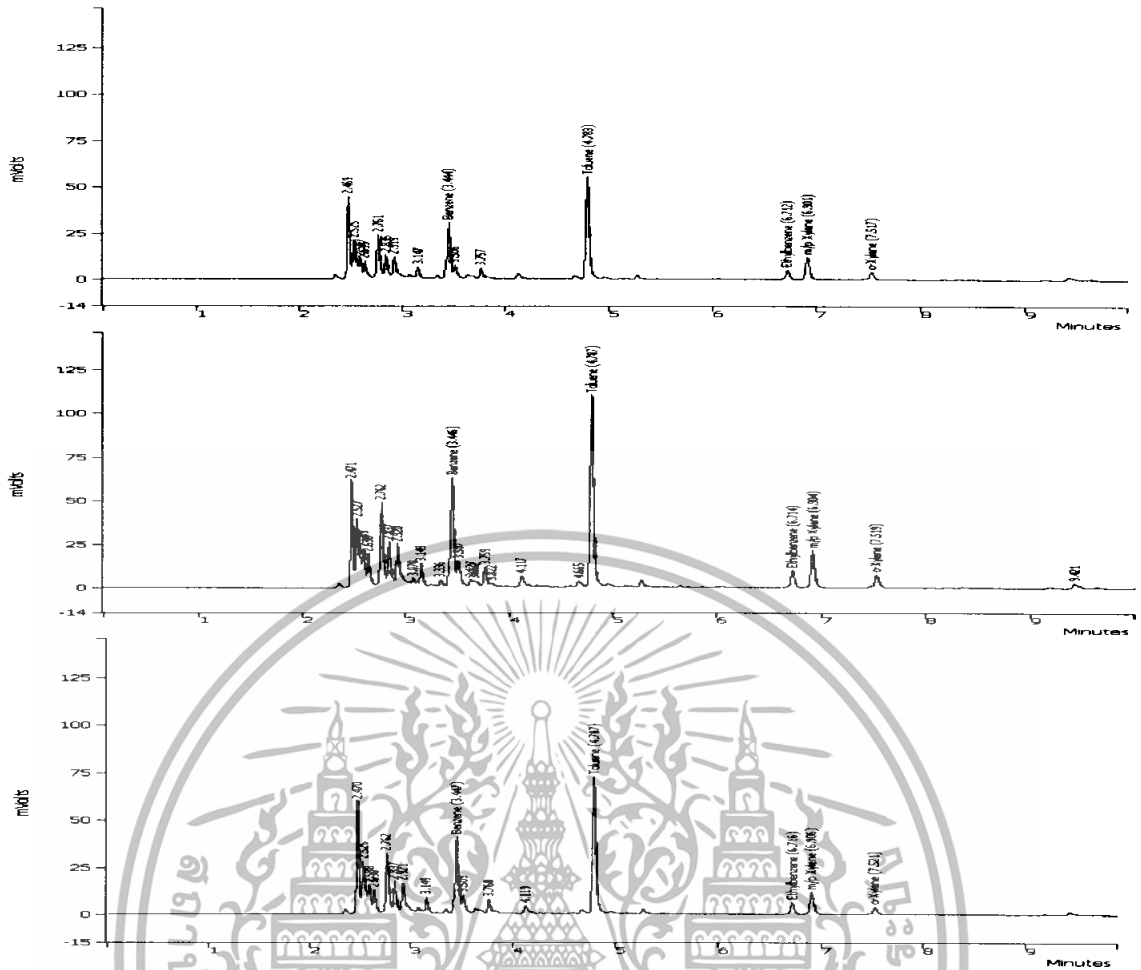
คันที่ 1	Peak Area		
	1	2	3
Benzene	135371	39126	121037
Toluene	4329	414	(284258)
Ethyl benzene	54	-	21236
m/p-xylene	113	-	34158
o-xylene	-	-	11947

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บ คือ ค่า Outliner ไม่นำมาคำนวณ

สถานะที่เก็บตัวอย่าง : อัตราการไหลในการเก็บอากาศ 818.3 mL/min ระยะเวลาในการเก็บ 20 min

อุณหภูมิในการเก็บ 21 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-4 Chromatogram ของไอเสียรถยนต์ตัวอย่างคันที่ 1 ทำการทดลอง 3 ครั้ง

ตารางที่ ข-4 Peak Area ของไอเสียรถยนต์ตัวอย่างคันที่ 2

สาร (คันที่ 2)	Peak Area		
	1	2	3
Benzene	94975	145901	71607
Toluene	180459	291049	138288
Ethyl benzene	17195	24600	14479
m/p-xylene	34006	(66682)	34968
o-xylene	11664	23393	12533

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บ คือ ค่า Outliner ไม่นำมาคำนวณ

สภาวะที่เก็บตัวอย่าง : อัตราการไหลในการเก็บอากาศ 818.3 mL/min ระยะเวลาในการเก็บ 20 min

อุณหภูมิในการเก็บ 21 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การคำนวณหาปริมาณสารตัวอย่าง

จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน Benzene  $Y = 341.77X - 62.04$  รถยนต์คันที่ 1 tube  
ที่ 1 Peak area ของ Benzene = 135371 แทนค่าในสมการ จะได้

$$Y = 341.77X - 62.04$$

$$135371 = 341.77X - 62.04$$

$$X = \frac{135371 + 62.04}{341.77}$$

$$\text{ปริมาณสาร Benzene} = 396.27 \text{ ng}$$

### ตารางที่ ข-5 ปริมาณสารตัวอย่าง

คัน ที่	สาร	Peak Area			a	b	ปริมาณสาร (ng)		
		1	2	3			1	2	3
1	Benzene	135371	39126	121037	341.77	-62.04	396.27	114.66	354.33
	Toluene	4329	414	284258	123.93	-109.74	35.82	4.23	-
	Ethylbenzene	54	-	21236	103.98	-509.67	5.42	-	209.13
	<i>m/p</i> -xylene	113	-	34158	80.76	-1045.30	14.34	-	435.88
	<i>o</i> -xylene	-	-	11947	95.16	-747.84	-	-	133.41
2	Benzene	94975	145901	71607	341.77	-62.04	278.07	427.08	209.70
	Toluene	180459	291049	138288	123.93	-109.74	1457.02	2349.38	1116.74
	Ethylbenzene	17195	24600	14479	103.98	-509.67	170.27	241.49	144.15
	<i>m/p</i> -xylene	34006	66682	34968	80.76	-1045.30	434.00	-	445.91
	<i>o</i> -xylene	11664	23393	12533	95.16	-747.84	130.43	253.69	139.56

### การคำนวณหาความเข้มข้นของสารตัวอย่าง

คำนวณจากปริมาตรอากาศที่ STD (25 องศาเซลเซียส 1 atm)

อุณหภูมิที่เก็บตัวอย่าง 21 องศาเซลเซียส

ความดัน 1.03 atm

เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง 20 นาที

อัตราการไหลของอากาศที่ผ่าน sorbent tube 0.813 ลิตรต่อนาที

ดังนั้น ปริมาตรอากาศที่ผ่าน Sorbent tube = 0.818 (ลิตรต่อนาที) x 20 (นาที)

$$= 16.36 \text{ ลิตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ปริมาตรอากาศที่ STP

จากสูตร

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{(1 \text{ atm}) V_1}{(273 + 25) \text{ K}} = \frac{(1.03 \text{ atm})(16.26 \text{ L})}{(273 + 21) \text{ K}}$$

$$V_1 = 16.97 \text{ L}$$

ปริมาตรอากาศที่ STP = 16.97 L

ปริมาตรสาร Benzene ที่พบ = 396.27 ng

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสาร Benzene ที่พบ} &= \frac{396.27 \text{ ng}}{16.61 \text{ L}} \\ &= 23.86 \text{ ng/L} \\ &= 23.86 \mu\text{g/m}^3 \end{aligned}$$

การเก็บตัวอย่างในการทดสอบรถทั้ง 2 คัน จะมีการ Dilution ที่ต่างกัน ดังนี้

คันที่ 1 รถยนต์ Dilution factor phase 1 เท่ากับ 30.444 ใช้เวลา 780 วินาที phase 2 เท่ากับ 15.512 ใช้เวลา 400 วินาที

$$\text{Dilution factor} = \frac{(780 \times 30.444) + (400 \times 15.512)}{1180} = 25.38$$

คันที่ 2 รถยนต์ Dilution factor phase 1 เท่ากับ 37.784 ใช้เวลา 780 วินาที phase 2 เท่ากับ 18.231 ใช้เวลา 400 วินาที

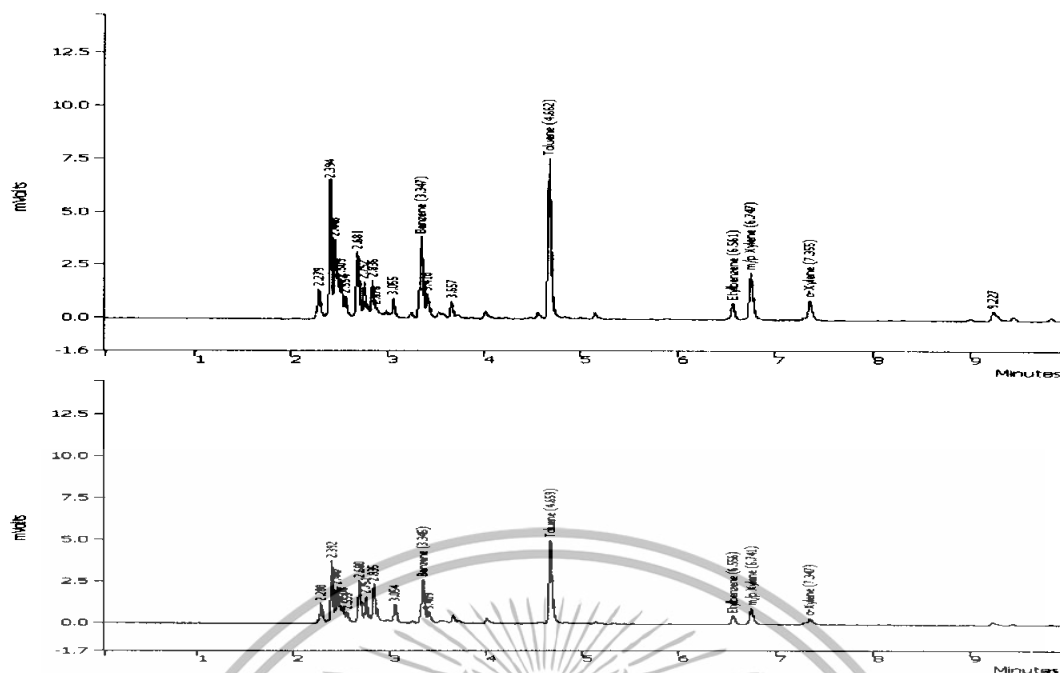
$$\text{Dilution factor} = \frac{(780 \times 37.784) + (400 \times 18.231)}{1180} = 31.15$$

$$\begin{aligned} \text{นั่นคือ ความเข้มข้นของ Benzene ในรถคันที่ 1} &= 23.86 \mu\text{g/m}^3 \times 25.38 \\ &= 605.57 \mu\text{g/m}^3 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-6 ความเข้มข้นสารที่จากการทดสอบรถยนต์ 2 คัน

คันที่	สาร	ปริมาณสาร (ng)			ความเข้มข้นของสารที่ STP ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			ความเข้มข้นของสาร ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) $\times$ Dilution factor			ค่าเฉลี่ย	S.D.
		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Benzene	396.27	114.66	354.33	23.86	6.9	21.33	605.5	175.2	541.41	440.70	232.15
	Toluene	35.82	4.23	-	2.16	0.25	-	54.73	6.46	-	30.60	29.91
	Ethylbenzene	5.42	-	209.13	0.33	-	12.59	8.28	-	319.55	163.92	182.15
	<i>m/p</i> -xylene	14.34	-	435.88	0.86	-	26.24	21.91	-	666.02	343.97	378.36
	<i>o</i> -xylene	-	-	133.41	-	-	8.03	-	-	203.84	203.84	-
	Benzene	278.07	427.08	209.7	16.74	25.71	12.62	521.49	800.94	393.27	571.90	208.46
2	Toluene	1457.02	2349.38	1116.74	87.72	141.44	67.23	2732.46	4405.97	2094.31	3077.58	1193.85
	Ethylbenzene	170.27	241.49	144.15	10.25	14.54	8.68	319.32	452.88	270.33	347.51	94.48
	<i>m/p</i> -xylene	434	-	445.91	26.13	-	26.85	813.91	-	836.24	825.08	476.49
	<i>o</i> -xylene	130.43	253.69	139.56	7.85	15.27	8.4	244.61	475.76	261.74	327.37	128.79
	Benzene	278.07	427.08	209.7	16.74	25.71	12.62	521.49	800.94	393.27	571.90	208.46



รูปที่ ข-5 Chromatogram ตัวอย่างอากาศริมถนนหน้าคณะวิทยาศาสตร์ครั้งที่ 1 ซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่ ข-7 Peak Area ตัวอย่างอากาศริมถนนหน้าคณะวิทยาศาสตร์

สาร	Peak Area	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
Benzene	9263	6036
Toluene	17926	11644
Ethyl benzene	2045	1248
m/p-xylene	5704	2649
o-xylene	2713	1195

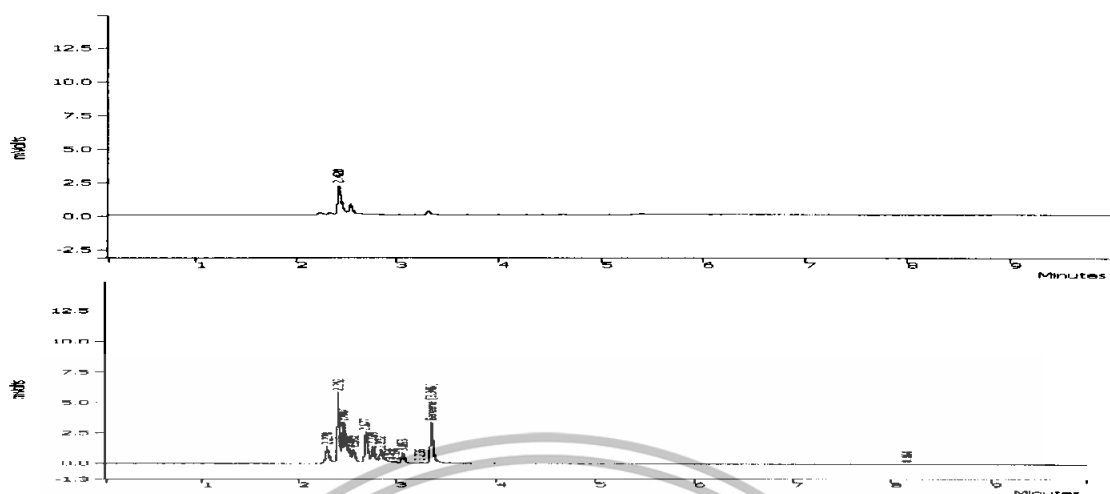
สถานที่เก็บตัวอย่าง บริเวณป้อมยามหน้าคณะวิทยาศาสตร์ ทำการเก็บตัวอย่างวันที่ 23 มกราคม 2551 เวลา 16.00 น.

สภาวะที่เก็บตัวอย่าง : อัตราการไหลในการเก็บอากาศครั้งที่ 1 เท่ากับ 849.63 มิลลิลิตรต่อนาที และอัตราการไหลครั้งที่ 2 เท่ากับ 775.01 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะเวลาในการเก็บ 20 นาที อุณหภูมิในการเก็บ 31 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-8 ความเข้มข้นตัวอย่างอากาศริมถนนหน้าคณะวิทยาศาสตร์จำนวน 2 ซ้ำ

สาร	Peak Area		a	b	ปริมาณสาร (ng)		(ng/L)		ค่าเฉลี่ย( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	S.D.
	1	2			1	2	1	2		
Benzene	9263	6036	341.77	-62.04	27.28	17.84	1.61	1.15	1.38	0.32
Toluene	17926	11644	123.93	-109.74	145.53	94.84	8.57	6.12	7.34	1.73
Ethylbenzene	2045	1248	103.98	-509.67	24.57	16.90	1.45	1.09	1.27	0.25
<i>m/p</i> -xylene	5704	2649	80.76	-1045.30	83.57	45.74	4.92	2.95	3.93	1.39
<i>o</i> -xylene	2713	1195	95.16	-747.84	36.37	20.42	2.14	1.32	1.73	0.58

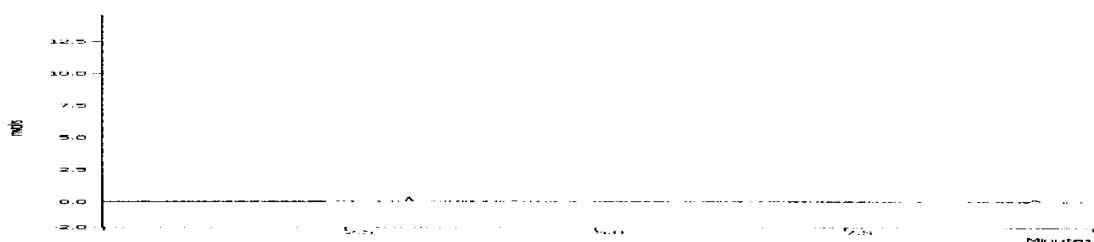


รูปที่ ข-6 Chromatogram ตัวอย่างอากาศริมถนนหน้าคณะวิทยาศาสตร์คันที่ 2 ซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่ ข-9 Peak Area ตัวอย่างอากาศของชุดควบคุม

สาร	Peak Area	
Benzene	1	2
Toluene	-	7220
Ethyl benzene	-	-
<i>m/p</i> -xylene	-	-
<i>o</i> -xylene	-	-

หมายเหตุ อัตราการไหลในการเก็บอากาศชุดควบคุมคันที่ 1 เท่ากับ 796.56 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะเวลาในการเก็บ 20 นาที อุณหภูมิในการเก็บ 24 องศาเซลเซียส และ อัตราการไหลในการเก็บอากาศชุดควบคุมคันที่ 2 เท่ากับ 850.13 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะเวลาในการเก็บ 28 นาที อุณหภูมิในการเก็บ 24 องศาเซลเซียส



รูปที่ ข-7 Chromatogram Field blank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้