สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟอร์มและ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ โดยใช้ TDU-GC-FID

ANALYSIS OF CHLOROFORM AND BTX IN PUBLIC AIR-CONDITIONED BUSES AND NON-AIR-CONDITIONED BUSES USING TDU-GC-FID

T117308

นิจวรรณ อนันตรกิตติ

ภรณ์ทิพย์ ทับทิมทอง

ศศิวิมล วิชาดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
เลขทะเบียน 117308
วัน,เดือน,ปี 20 ก.ค. 2554

b 12338526
i

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANALYSIS OF CHLOROFORM AND BTX IN PUBLIC AIR-CONDITIONED BUSES AND NON-AIR-CONDITIONED BUSES USING TDU-GC-FID

NICHAWAN ANANTARATITTI

PORNTHIP TUBTIMTONG

SASIWIMON WICHADEE

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN ENVIRONMENTAL RESOURCE CHEMISTRY

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟอร์มและ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศโดยใช้ TDU- GC-FID

Analysis of Chloroform and BTX in Public Air-Conditioned Buses and Non-Air-Conditioned Buses Using TDU-GC-FID

ชื่อนักศึกษา นิจวรรณ อนันตรกิตติ

ภรณ์ทิพย์ ทับทิมทอง

ศศิวิมล วิชาดี

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2553

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.กรองแก้ว ทิพยศักดิ์	
ผศ.ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์	
ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟอร์มและ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ โดยใช้ TDU-GC-FID
ชื่อนักศึกษา	นิจวรรณ อนันตรกิตติ ภรณ์ทิพย์ ทับทิมทอง ศศิวิมล วิชาดี
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ศึกษาปริมาณคลอโรฟอร์ม, เบนซีน, โทลูอีน, เมทา/พารา-ไซลีน, และออโทร-ไซลีน ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ โดยเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิงบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนครและ background บริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง เก็บตัวอย่างโดยใช้ Sorbent tube ที่ภายในบรรจุ Tenax TA เป็นสารดูดซับ ที่อัตราการไหล 0.067 ลิตรต่อนาที ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ สาย 1013 ระหว่างหัวตะเข้ถึงซีคอนสแควร์ ระหว่างวันที่ 25 มกราคม-15 กุมภาพันธ์ 2554 และวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง TDU-GC-FID ผลการทดลอง พบว่า รถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟอร์มสูงที่สุด (67.51 $\mu g/m^3$) รองลงมาคือโทลูอีน (55.97 $\mu g/m^3$), เมทา/พารา-ไซลีน (21.22 $\mu g/m^3$), เบนซีน (12.68 $\mu g/m^3$) และออโทร-ไซลีน (9.99 $\mu g/m^3$) ตามลำดับ และรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมีความเข้มข้นของคลอโรฟอร์มสูงที่สุด (60.03 $\mu g/m^3$) รองลงมาคือโทลูอีน (44.45 $\mu g/m^3$), เมทา/พารา-ไซลีน (21.73 $\mu g/m^3$), ออโทร-ไซลีน (9.66 $\mu g/m^3$) และเบนซีน (8.25 $\mu g/m^3$) ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าอากาศที่ป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนครและสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง พบว่า ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้ง 5 ชนิดในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีความเข้มข้นสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

คำสำคัญ : คลอโรฟอร์ม, เบนซีน, โทลูอีน, เมทา/พารา-ไซลีน, ออโทร-ไซลีน, รถโดยสารประจำทางปรับอากาศ, รถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Analysis of Chloroform and BTX in Public Air-Conditioned Buses and Non Air-Conditioned Buses Using TDU-GC-FID
Students	Miss Nichawan Anantarakitti
	Miss Pornthip Tubtimtong
	Miss Sasiwimon Wichadee
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Environmental Resource Chemistry
Academic Year	2010
Advisor	Asst. Prof. Dr. Suwannee Junyapoon

ABSTRACT

This special project studies concentration of chloroform, benzene, toluene, m/p-xylene and o-xylene in air-conditioned buses and non-air-conditioned buses compared with reference air at bus stop in front of Pranakorn Park and background air around the stadium of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Air samples were collected by stadium steel sorbent tubes contained Tenax TA at flow rate 0.067 l/min in air-conditioned buses and non air- conditioned buses number 1013 from Hua takay to Seacon Square between January 25, 2011 and Febuary 15, 2011, then analyzed by TDU-GC-FID. The results showed that the highest concentration in air-conditioned buses was chloroform (67.51 $\mu g/m^3$) followed by toluene (55.97 $\mu g/m^3$), m/p-xylene (21.22 $\mu g/m^3$), benzene (12.68 $\mu g/m^3$) and o-xylene (9.99 $\mu g/m^3$), respectively.The highest concentration in non-air-conditioned buses was chloroform (60.03 $\mu g/m^3$) followed by toluene (44.45 $\mu g/m^3$), m/p-xylene (21.73 $\mu g/m^3$), o-xylene (9.66 $\mu g/m^3$) and benzene (8.25 $\mu g/m^3$), respectively. Concentrations of chloroform and BTX in both types of buses were higher than reference air at bus stop in front of Pranakorn Park and background air around the stadium of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. It was found that concentrations of chloroform and BTX in air-conditioned buses were higher than non-air-conditioned buses.

Keywords: chloroform, benzene, toluene, m/p-xylene, o-xylene, air-conditioned buses, non-air-conditioned buses

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากได้รับการดูแล เอาใจใส่ให้คำปรึกษา แนะนำ ที่เป็นประโยชน์และได้รับความร่วมมือ ความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย คณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยเหลือเอาใจใส่ในการดำเนินงานโครงงานพิเศษเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีทุกท่านที่คอยให้ความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์ ติดต่อสำนักงานที่เกี่ยวข้อง ที่ทำให้โครงงานพิเศษสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่อนุเคราะห์สารมาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยง่าย 45 ชนิดและให้คำปรึกษาในการทำโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบคุณบิดามารดา ที่คอยให้กำลังใจและคำปรึกษาที่ดี

ท้ายนี้ขอขอบพระคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้คำปรึกษา กำลังใจ สนับสนุนการทำให้โครงงานพิเศษนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นิจวรรณ อนันตรกิตติ
ภรณ์ทิพย์ ทับทิมทอง
ศศิวิมล วิชาดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
คำย่อและสัญลักษณ์	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย	3
2.1.1 แหล่งกำเนิด	5
2.1.2 กลไกการแพร่กระจายในบรรยากาศ	5
2.1.3 ผลกระทบของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายต่อสิ่งแวดล้อม	5
2.1.4 ผลกระทบของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายต่อสุขภาพอนามัย	6
2.1.5 มาตรฐานค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ	7
2.2 การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ในรถยนต์	8
2.2.1 ชนิดของเครื่องยนต์	8
2.2.2 เชื้อเพลิงในรถยนต์	9
2.2.3 มลภาวะอากาศเนื่องจากยานยนต์	12
2.2.4 ที่มาของมลสารในอากาศจากรถยนต์	12
2.3 สารดูดซับ	17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	20
3.1.1 อุปกรณ์	20
3.1.2 สารเคมี	20
3.1.3 สถานที่เก็บตัวอย่าง	21
3.2 ขั้นตอนการทดลอง	21
3.2.1 ศึกษาปริมาณคลอโรฟอร์มและ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ	21
3.2.2 ศึกษา breakthrough ในการเก็บตัวอย่างอากาศใน Sorbent tube	23
บทที่ 4 ผลการทดลอง	25
4.1 ผลการศึกษาปริมาณคลอโรฟอร์มและ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ	25
4.2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟอร์มและ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ	28
4.3 การควบคุมคุณภาพ	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผลการทดลอง	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ	4
2.2 มาตรฐานค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศทั่วไป	7
2.3 ไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆในตัวอย่างน้ำมันก๊าซโซลีน	10
2.4 ปริมาณมลสารในอากาศจากยานยนต์ในกรุงเทพมหานครปี 2522	12
3.1 สภาวะการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermal Desorption-GC-FID	23
ข-1 ปริมาณสารที่ได้จาก Stock Standard Gas	42
ข-2 พื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐาน	44
ข-3 สภาวะที่เก็บตัวอย่าง	46
ค-1 ปริมาณและความเข้มข้นของสารตัวอย่าง	51
ค-2 ผลการตรวจวัด Chloroform และ BTX ริมถนนบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทาง หน้าสวนพระนคร	57
ค-3 ผลการตรวจวัด Chloroform และ BTX บริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสารมลพิษชนิดต่างๆจากรถโดยสาร NGVและรถโดยสารดีเซล	11
3.1	สถานที่เก็บอากาศ ก.ริมถนนบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนคร ข. สนามกีฬาพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	21
3.2	การติดตั้ง sorbent tube กับเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคล	22
3.3	การติดตั้ง sorbent tube ในศึกษา breakthrough	24
4.1	โครมาโทแกรมของchloroform และ BTX Standard VOCs Mix 45 (ก) ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ (ข) ในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ (ค)ริมถนนบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนคร (ง) บริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง(จ)	26
4.2	เปรียบเทียบความเข้มข้นของ chloroform ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ	28
4.3	เปรียบเทียบความเข้มข้นของ benzene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ	30
4.4	เปรียบเทียบความเข้มข้นของ toluene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ	31
4.5	เปรียบเทียบความเข้มข้นของ m/p-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ	32
4.6	เปรียบเทียบความเข้มข้นของ o-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ	33
4.7	โครมาโทแกรมของ Trip Blank เก็บตัวอย่างวันที่ 17 ก.พ. 2554	35
ข-1	กราฟมาตรฐาน ก) chloroform ข) benzene ค) toluene ง) m/p-xylene จ) o-xylene	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	ความหมาย
$\mu g/m^3$	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ng	นาโนกรัม
ppb	หนึ่งในพันล้านส่วน
$^{\circ}C$	องศาเซลเซียส
TDU	Thermal Desorber Unit
GC	แก๊สโครมาโตกราฟ (Gas chromatograp)
FID	Flame ionization detector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds, VOCs) คือกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยเป็นไอกระจายตัวไปในอากาศได้ที่อุณหภูมิและความดันปกติ โมเลกุลส่วนใหญ่ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจน อาจมีออกซิเจนหรือคลอรีนร่วมด้วย แหล่งกำเนิดของสารเหล่านี้เกิดจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันและกิจกรรมต่างๆ เช่น สีทาบ้าน ควันบุหรี่ น้ำยาฟอกสี น้ำยาซักแห้ง น้ำยาสำหรับย้อมและดัดผม สารฆ่าแมลง เฟอร์นิเจอร์ ไอเสียจากรถยนต์ การประกอบอาหาร เป็นต้น สารอินทรีย์ระเหยง่ายเหล่านี้เป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม หากได้รับในปริมาณความเข้มข้นที่เป็นอันตรายหรือสะสมเป็นเวลานาน อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็ง เกิดความผิดปกติทางพันธุกรรม เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยา Photochemical smog รวมทั้งสามารถทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ทำให้เกิดก๊าซโอโซนและสารอื่นๆ ที่เป็นสารมลพิษทางอากาศทุติยภูมิ เป็นต้น ปัจจุบันสถานการณ์การปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศมีแนวโน้มรุนแรงขึ้นและส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนรวมทั้งสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ดังนั้น สารอินทรีย์ระเหยง่ายจึงจัดว่าเป็นสารพิษที่ต้องมีการเฝ้าระวังและตรวจวัดปริมาณในบรรยากาศอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดมาตรการป้องกันแก้ไขปัญหาสารอินทรีย์ระเหยง่ายไม่ให้ส่งผลกระทบต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษได้ให้ความสำคัญกับผลกระทบของสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยกำหนดค่ามาตรฐานของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศทั่วไปแต่ละชนิดขึ้น เช่น เบนซีน (benzene) มีค่ามาตรฐานไม่เกิน 1.7 $\mu g/m^3$ ไวนิลคลอไรด์ (vinyl chloride) มีค่ามาตรฐานไม่เกิน 10 $\mu g/m^3$ ไตรคลอโรเอทธิลีน (trichloroethylene) มีค่ามาตรฐานไม่เกิน 23 $\mu g/m^3$ เตตระคลอโรเอทธิลีน (tetrachloroethylene) มีค่ามาตรฐานไม่เกิน 200 $\mu g/m^3$ เป็นต้น
(นพภาพร และคณะ, 2550)

รถยนต์เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งในเมืองใหญ่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์แบบไม่สมบูรณ์ ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนตริกออกไซด์ ฝุ่นละออง และสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง chloroform, benzene, toluene, ethybenzene, m/p-xylene และ o-xylene ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ จากการที่ปัญหาจราจรหนาแน่นในเมืองใหญ่ ทำให้ประชาชนจำนวนมากหันมาใช้รถโดยสารสาธารณะ ปัจจุบันได้มีผู้สนใจศึกษามลพิษทางอากาศจากรถยนต์เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทยยังมีการศึกษาสารอินทรีย์ระเหยง่ายในรถยนต์ไม่แพร่หลายนัก เนื่องจากมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปใช้

ข้อจำกัดหลายประการ เช่น เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ, เครื่องมือวิเคราะห์ เป็นต้น

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาปริมาณคลอโรฟอร์ม เบนซีน โทลูอีน เมทา/พารา-ไซลีน และออโทร-ไซลีน (BTX) ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ โดยการเก็บตัวอย่างอากาศผ่าน Sorbent tube ที่บรรจุ Tenax TA และวิเคราะห์ด้วย TDU-GC-FID เพื่อใช้เป็นข้อมูลการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของผู้โดยสารรถประจำทาง

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณคลอโรฟอร์มและ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟอร์มและ BTX ระหว่างรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ทำความสะอาด Sorbent tube ที่บรรจุ Tenax TA ด้วย Thermal Desorber Cleaner

2. เก็บตัวอย่างอากาศในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ สาย 1013 ระยะทางจากหัวตะเข้ถึงซีคอนสแควร์ ระหว่างวันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลา 07.00-09.00น. ในเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ 2554 โดยใช้เครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคล ที่อัตราการไหล 0.067 ลิตรต่อนาที

3. เก็บตัวอย่างริมถนนที่ป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนคร และ background ที่บริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง

4. วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟอร์ม และ BTX ในตัวอย่างอากาศ โดยใช้ Thermal Desorber Unit- Gas Chromatograph-Flame Ionization Detector (TDU-GC-FID)

5. คำนวณความเข้มข้นคลอโรฟอร์มและ BTX โดยเปรียบเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐาน VOCs Mixed 45

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบปริมาณคลอโรฟอร์มและ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

2. สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นแนวทางในการป้องกันปัญหาสุขภาพอนามัยของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทางในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs)

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าสาร VOCs มาจากคำว่า Volatile organic compounds หมายถึงกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่าย กระจายตัวไปในอากาศได้ในอุณหภูมิและความดันปกติ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักของสาร ได้แก่ อะตอมของธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และมีองค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ออกซิเจน ฟลูออไรด์ คลอไรด์ โบรไมด์ ซัลเฟอร์ และไนโตรเจน (มลิวรรณ, 2544)

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในบรรยากาศจัดเป็นอากาศพิษ (toxic air) ซึ่งในชีวิตประจำวันมนุษย์ได้รับสารชนิดนี้จากผลิตภัณฑ์หลายอย่าง เช่น สีทาบ้าน ควันบุหรี่ น้ำยาฟอกสี สารตัวทำละลายในการพิมพ์ อู่พ่นสีรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม น้ำยาซักแห้ง น้ำยาสำหรับย้อมผม และดัดผม สารกำจัดศัตรูพืช สารที่เกิดจากการเผาไหม้ และปนเปื้อนในอากาศ น้ำดื่ม อาหาร และเครื่องดื่ม

สาร VOCs สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ใหญ่ ๆ ตามลักษณะของโมเลกุลของสาร (นิพนธ์ และคณิตา, 2552) คือ

1. กลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปราศจากคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (Non-chlorinated VOCs หรือ Non-halogenated hydrocarbons) ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยง่ายที่ไม่มีอะตอมของธาตุคลอรีนในโมเลกุล สารกลุ่มนี้มาจากสิ่งแวดล้อม การเผาไหม้กองขยะ พลาสติก วัสดุ สารตัวทำละลาย สีทาวัสดุ ซึ่งทำให้มีผลเสียต่อสุขภาพของผู้ได้รับคือทำให้ป่วยเป็นโรคทางเดินหายใจ ตัวอย่างกลุ่มสารนี้ได้แก่

- กลุ่มสารอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (Aliphatic hydrocarbons) เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง (fuel oils), ตัวทำละลายในอุตสาหกรรม (industrial sovents), โพนเพน (propane), 1,3-บิวทาไดอีน (1,3 butadiene), แก๊สโซลีน (gasoline), เฮกเซน (hexane)

- กลุ่มสารแอลกอฮอล์ (Alcohols), แอลดีไฮด์ (Aldehyde) และคีโตน (Ketone) เช่น เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol), เมทิลแอลกอฮอล์ (methyl alcohol), ฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde)

- กลุ่มสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic hydrocarbons) เช่น โทลูอีน (toluene), ไซลีน (xylene), เบนซีน (benzene), แนฟทาลีน (naphthalene), สไตรีน (styrene), ฟีนอล (phenol)

2. กลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (Chlorinated VOCs หรือ Halogenated hydrocarbons) ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่มีอะตอมของธาตุคลอรีนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้

โมเลกุล ได้แก่ สารเคมีที่ใช้สังเคราะห์ในอุตสาหกรรม สารกลุ่มนี้มีความเป็นพิษมากกว่า และเสถียรในสิ่งแวดล้อมมากกว่าสารในกลุ่มสาร Non-chlorinated VOCs นั่นคือ สลายตัวได้ยากในธรรมชาติ และในทางเคมีจะมีความคงตัวสูง สะสมได้นาน รบกวนการทำงานของสารพันธุกรรม ยับยั้งปฏิกิริยาชีวเคมีในเซลล์ มีฤทธิ์ในการก่อมะเร็ง หรือกระตุ้นการเกิดมะเร็งได้ ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ

ชื่อสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย	ชื่อสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย	ชื่อสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย
1,1,1,2- Tetrachloroethane	Bromoform	Glycerol trichlorohydrin
1,1,1-Trichloroethane	Bromomethane	Hexachlorobutadiene
1,1,2,2,-Tetrachloroethane	Carbon tetrachloride	Hexachlorocyclopentadiene
1,1,2-Tetrachloroethane	Chlorodibromomethane	Hexachloroethane
1,1-Dichloroethane	Chloroethane	Methylene chloride
1,1-Dichloroethylene	Chloroform	Neoprene
1,2,2-Trifluoroethane	Chloromethane	Pentachloroethane
1,2-Dichloroethane	Chloropropane	Perchloroethylene
1,2-Dichloropropane	cis-1,2-Dichloroethylene	Propylene dichloride
1,2-trans-Dichloroethylene	cis-1,3-Dichloropropane	Trichlorotrifluoroethane
1,3-cis-Dichlor-1-propane	Dibromochloropropane	Monochlorobenzene
1-Chloro-2-propene	Dibromomethane	Tetrachloroethylene
2-Butylene dichloride	Dichlorobromomethane	Trichloroethylene (TCE)
Acetylene tetrachloride	Dichloromethane (DCM)	Vinyl chloride
Bromodichloromethane	Ethylene dibromide	Vinyl trichloride
1,3-trans-Dichlopropene	Fluorotrichloromethane	Vinylidene chloride

ที่มา : http://monitor.onep.go.th/document/voc.htm

สารอินทรีย์ระเหยง่ายมีอันตรายต่อสุขภาพได้หลายด้าน หากได้รับสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) บางชนิดจะทำให้เกิดการทำลายระบบประสาทส่วนกลาง กดประสาท เกิดอาการทันทีหรือหมดสติได้ ถ้าได้รับปริมาณน้อยและเป็นระยะเวลานานจะก่อให้เกิดปัญหาเรื้อรัง อาจทำให้เกิดโรคมะเร็ง และความเสื่อมของอวัยวะภายในได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 แหล่งกำเนิด

สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่แพร่กระจายอยู่ในบรรยากาศมีแหล่งกำเนิดจากหลายแหล่ง โดยทั่วไปแล้วสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากแหล่งกำเนิดมี 2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ 1) สารอินทรีย์ระเหยที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น ไฟไหม้ป่า ภูเขาไฟระเบิด ก๊าซจากการเน่าเสียของอินทรียวัตถุ รวมทั้งเกิดจากพืชบางชนิดที่ผลิตสารอินทรีย์ระเหยสู่บรรยากาศ เป็นต้น 2) สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ อุตสาหกรรมที่ผลิตหรือใช้สารอินทรีย์ระเหยง่าย ไอระเหยจากการเติมน้ำมันเชื้อเพลิง ไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในรถยนต์ การคมนาคมขนส่ง การใช้เชื้อเพลิงหุงต้ม การเผาไหม้กองขยะ และการใช้สารเคมีในครัวเรือน เช่น น้ำยาซักแห้งหรือน้ำยาทำความสะอาด (นพภาพร และคณะ, 2550)

2.1.2 กลไกการแพร่กระจายในบรรยากาศ

สารมลพิษในบรรยากาศจะถูกกระจายไป หรือมีความเข้มข้นมากขึ้นในบรรยากาศโดยความแตกต่างกันของสภาพอากาศ และสภาพภูมิประเทศ ในบางที่สภาพของอากาศและภูมิประเทศจะทำให้เกิดการสะสมของสารมลพิษเป็นเหตุให้เกิดการสึกกร่อนของสิ่งก่อสร้าง และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและพืชผลอื่นๆในพื้นที่นั้น การกระจายของมลสารในบรรยากาศมีกลไกที่สำคัญ 3 อย่าง คือ 1) การเคลื่อนไหวของอากาศที่พามลสารไปตามลม บริเวณที่มีลมพัดอยู่เสมอจะทำให้เกิดการกระจายสารมลพิษได้ดีขึ้นทำให้ความเข้มข้นลดน้อยลง 2) ความแปรปรวนของบรรยากาศ ซึ่งจะทำให้สารมลพิษกระจายออกไปทุกทิศทางทำให้เกิดการเจือจางอากาศส่วนหนึ่งจะถูกแทนที่จากอากาศอีกส่วนหนึ่ง และจะพาสารมลพิษไปด้วย แต่บางครั้งถ้าความแปรปรวนเกิดในบรรยากาศใกล้ผิวดินก็จะทำให้สารมลพิษกระจายจนก่อให้เกิดอันตรายได้ 3) การฟุ้งกระจายของสารมลพิษเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้น (นพภาพร และคณะ, 2550)

2.1.3 ผลกระทบของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายต่อสิ่งแวดล้อม

สาร VOCs มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คือ เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยา photochemical smog และสามารถทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ทำให้เกิดก๊าซโอโซนและสารอื่นซึ่งเป็นสารมลพิษทางอากาศทุติยภูมิ โดยปกติโอโซนจะอยู่ในชั้นสตราโทรเฟียร์ทำหน้าที่กรองแสงอัลตราไวโอเลต (UV) แต่สาร VOCs มีผลทำให้เกิดโอโซนในชั้นบรรยากาศใกล้โลก และโอโซนนี้จะทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ เช่น ทำให้เจ็บไข้ ไม่สบาย เจ็บคอ หายใจไม่สะดวก ระคายเคืองตา แก้วตา จมูก คอ ทรวงอก ไอ ปวดศีรษะ นอกจากนี้ โอโซนยังเป็นตัวทำให้สิ่งก่อสร้างชำรุด ผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาร VOCs สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางคือ การหายใจ การกิน-ดื่มทางปาก และการสัมผัสทางผิวหนัง เมื่อสาร VOCs เข้าสู่ร่างกายแล้วจะผ่านเข้าสู่ตับ ซึ่งจะมีเอนไซม์และวิถีทาง เมตะบอลิสม์แตกต่างกัน สารพิษถูกเปลี่ยนแปลงทางเมตะบอลิสม์ในตับในระยะแรก โดยอาศัยเอนไซม์ในระบบ ชนิดของเอนไซม์ที่จะใช้แตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของสาร VOCs ที่ได้รับ และในขั้นตอนสุดท้ายจะถูกขับทิ้งทางปัสสาวะในรูปของกรด เช่น สารไตรคลอโรเอทธิลลีน เมื่อถูกขับออกมาในขั้นตอนสุดท้าย จะออกมาในรูปของกรดไตรคลอโรอะซิติก ซึ่งความเป็นพิษต่อร่างกายจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ช่วงครึ่งชีวิตของสาร VOCs ในร่างกาย ถ้ามีการตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในเลือดสามารถบอกประวัติการได้รับ หรือการสัมผัส VOCs ในมนุษย์ได้

2. สภาวะความสมบูรณ์ของร่างกาย ปฏิกิริยาชีวเคมีทางเมตาบอลิสม์ในตับและเนื้อเยื่อสามารถแปรสภาพสารอินทรีย์ระเหยง่ายไปเป็นพิษมากขึ้นหรือน้อยลงได้ เช่น การดื่มเหล้าหรือเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์จะเพิ่มการดูดซึมและเพิ่มระดับของสาร 2-butamone และ acetone ในเลือดของนักดื่มเหล้า

3. ระบบการขับถ่ายของเสีย การขับถ่ายสารพิษทิ้ง สาร VOCs ถูกขับโดยตรงผ่านไตออกมาทางปัสสาวะ ทางลมหายใจ และโดยทางอ้อมผ่านตับ และน้ำดี ถ้าสารนั้นถูกขับออกได้ง่าย ความเป็นพิษจะน้อยลงกว่าสารเคมีที่ถูกขับออกได้ยาก

ปฏิกิริยาการเกิดโอโซนจากสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ แสดงดังสมการที่ 2.1-2.5

$$VOC + \dot{O}H \xrightarrow{[O_2]} RO_2 + H_2O \quad \text{..... (2.1)}$$

$$RO_2 + NO \xrightarrow{[O_2]} \text{secondary VOC} + HO_2 + NO_2 \quad \text{..... (2.2)}$$

$$HO_2 + NO \longrightarrow \dot{O}H + NO_2 \quad \text{..... (2.3)}$$

$$NO_2 + h\gamma \longrightarrow NO + O \quad (\lambda < 400nm) \quad \text{..... (2.4)}$$

$$O + O_2 + M \longrightarrow O_3 + M \quad \text{..... (2.5)}$$

โดยปฏิกิริยาเริ่มต้น เมื่อกลุ่มไอระเหยของสารอินทรีย์ในบรรยากาศทำปฏิกิริยากับกลุ่มไฮดรอกซิลเรดิคัล ($\dot{O}H$) จนเกิดกลุ่มเปอร์ออกซิลเรดิคัล ซึ่งทำปฏิกิริยากับไนตริกออกไซด์ ซึ่งต่อมาก็จะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนเกิดการผลิตก๊าซโอโซน (นพภาพร และคณะ, 2550)

2.1.4 ผลกระทบของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายต่อสุขภาพอนามัย (นิพนธ์และคณิตา, 2552)

1) ผลกระทบต่อด้านภูมิคุ้มกัน

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายหลายชนิดทำให้ระบบภูมิคุ้มกันถูกรบกวนหรือทำลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศักยภาพการป้องกันโรคการติดเชื้อจะลดลง เช่น จากการศึกษาประชากรโดยการตรวจเลือด และผิวหนังในคนที่อยู่ใกล้ที่ทิ้งขยะสารเคมีมีพิษจำพวกสารฆ่าแมลง พบว่ามีสาร Dichloroethane (DCE) ในเลือดมากกว่าผู้ที่อยู่ห่างไกลกว่า ยิ่งอยู่ในบริเวณนั้นนาน ๆ ยิ่งได้รับมากขึ้นแตกต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้เม็ดเลือดขาวของประชากรที่อาศัยอยู่ใกล้ขยะมีพิษจะมีเม็ดเลือดขาวต่ำกว่าในกลุ่มประชากรที่อยู่ห่างไกลออกไป

2) ผลกระทบต่อระบบประสาท

การได้รับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายจะทำให้เกิดอาการกดประสาทหลายอย่าง เช่น การง่วงนอน วิงเวียนศีรษะ ซึมเศร้า หรือหมดสติได้ ยิ่งได้รับนาน ๆ จะยิ่งทำให้มีผลมากขึ้น

3) ผลกระทบเสียหายต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพระบบอื่น ๆ ได้แก่ ระบบพันธุกรรม ระบบฮอร์โมน ระบบสืบพันธุ์ อาจทำให้เกิดโรคมะเร็งบางชนิดได้ และโรคทางระบบสืบพันธุ์ เช่น เป็นหมัน ความพิการของเด็ก มีการกลายเพศ เป็นต้น

2.1.5 ค่ามาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ (นพภาพร และคณะ, 2550)

ค่ามาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศของประเทศไทย แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศทั่วไป

มาตรฐานค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี	
สารมลพิษ	**ค่ามาตรฐาน ($\mu g/m^3$)**
1. เบนซีน (benzene)	1.7
2. ไวนิลคลอไรด์ (vinyl chloride)	10
3. 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-dichloroethane)	0.4
4. ไตรคลอโรเอทธิลีน (trichloroethylene)	23
5. ไดคลอโรอีเทน (dichloromethane)	22
6. 1,2-ไดคลอโรโพรเพน (1,2-dichloroethane)	4
7. เตตระคลอโรเอทธิลีน (tetrachloroethylene)	200
8. คลอโรฟอร์ม (chloroform)	0.43
9. 1,3-บิวทาไดอีน (1,3-butadiene)	0.33

หมายเหตุ : 1. การหาค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี แต่ละชนิด ให้นำผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศแบบต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมงของทุกๆเดือน (อย่างน้อยเดือนละหนึ่งครั้ง) มาหามัชฌิมเลขคณิต (Arithmetic Mean)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในกรณีตัวอย่างอากาศที่เก็บมาตรวจวิเคราะห์ตามวรรคที่สองไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ให้เก็บตัวอย่างอากาศมาวิเคราะห์ใหม่ภายใน 30 วัน นับตั้งแต่วันที่เก็บตัวอย่างที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

3. การคำนวณค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี แต่ละชนิดตามข้อที่ 1 ให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือ 760 มิลลิเมตรปรอท และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.2 การเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ในรถยนต์

ปัจจุบันรถยนต์เป็นสิ่งที่จำเป็นในการดำเนินชีวิตของคนในเมือง มลพิษจากไอเสียรถยนต์ที่เกิดจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ จึงเป็นมลพิษอากาศหลักที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ ซึ่งการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของรถยนต์ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ชนิดของเครื่องยนต์ ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง และสภาวะในการเผาไหม้ เป็นต้น

2.2.1 ชนิดของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ในรถยนต์สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ เครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซิน

1) เครื่องยนต์ดีเซล เป็นเครื่องที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล คือ อากาศเมื่อถูกอัดตัวจะมีความร้อนสูงขึ้น แต่ถ้าอากาศถูกอัดตัวอย่างรวดเร็วโดยไม่มีการสูญเสียความร้อน ทั้งแรงดันและความร้อนจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อฉีดละอองน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในอากาศที่ร้อนจัดจากการอัดตัว ก็จะเกิดการเผาไหม้ทันที ทำให้เกิดกำลังงานขึ้นที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในรูปของแรงขับหรือแรงผลักดัน ผ่านลูกสูบและก้านสูบทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุน ณ กำลังอัดเดียวกัน อากาศที่อุณหภูมิเริ่มต้นสูงกว่า เมื่อถูกอัดย่อมมีอุณหภูมิสูงกว่าหรือร้อนกว่า เครื่องยนต์ดีเซลแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (4-cycle engine) นิยมใช้กับรถยนต์ และเครื่องยนต์ 2 จังหวะ (2-cycle engine) นิยมใช้กับรถจักรยานยนต์ (พูลพร, 2537)

การทำงานของเครื่องยนต์ หากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดสารพิษปล่อยออกมาจากท่อไอเสียซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ สารพิษเหล่านี้ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbons) ฝุ่นละอองขนาดเล็ก เป็นต้น

2) เครื่องยนต์เบนซีน เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซลีนหรือน้ำมันเบนซีนเป็นเชื้อเพลิง หลักการทำงานของเครื่องยนต์เบนซีน คือ มีการจุดเชื้อเพลิงด้วยประกายไฟ โดยมีคอยล์ทำหน้าที่เป็นหม้อแปลง และมีหัวเทียนทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) ทำหน้าที่แปลงความต่างศักย์ให้สูงขึ้นหรือต่ำลง เครื่องยนต์แบบใช้น้ำมันเบนซินในรถยนต์มีการจุดระเบิดภายใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความกดดันซึ่งสูงพอเหมาะ จึงก่อให้เกิดพลังงานมากเพียงพอในการขับเคลื่อนอุณหภูมิสูงในระหว่างการจุดระเบิดจึงเป็นลักษณะเฉพาะของเครื่องยนต์ประเภทนี้ ความร้อนเกินกว่า 1,500 องศาเซลเซียส ประกอบกับปริมาณออกซิเจนที่มากเกินพอ จึงเกิดปฏิกิริยาระหว่างก๊าซออกซิเจนและไนโตรเจนซึ่งมีอยู่ทั่วไปในอากาศเกิดเป็นไนตริกออกไซด์ขึ้นแล้วจึงเปลี่ยนรูปเป็นอื่นต่อๆไป

2.2.2 เชื้อเพลิงในรถยนต์

1) น้ำมันดีเซล (Diesel fuel) คือน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล เป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์น้ำมันดิบที่ได้จากโรงกลั่น ซึ่งเป็นน้ำมันที่เรียกว่า น้ำมันใส หรือ Distillate fuel มีช่วงจุดเดือดประมาณ 180-370 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งเป็นเครื่องยนต์แรงอัดสูงและจุดระเบิดเอง ซึ่งการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นจากความร้อนจากแรงอัดสูงของอากาศในกระบอกสูบโดยไม่ต้องใช้หัวเทียน ที่มีจำหน่ายในปัจจุบันนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- น้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลรอบหมุนเร็วที่ใช้กับยานยนต์ (Automotive diesel oil) เช่น รถยนต์ รถบรรทุก รถโดยสาร เรือโดยสาร รถแทรกเตอร์ และเครื่องจักรกลหนักทุกชนิดที่มีรอบหมุนเร็วเกิน 1,000 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ประเภทนี้ จำเป็นต้องใช้น้ำมันที่มีค่าซีเทนสูง
และมีการระเหยเร็ว มิฉะนั้นเครื่องยนต์จะเดินไม่สะดวก น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้เรียกว่า น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (High speed diesel oil, HSD) โดยทั่วไปเป็นที่รู้จักกันในชื่อของน้ำมันโซล่า ถ้าใช้กับเรือเดินสมุทรมักเรียกว่า Marine gas oil

-น้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลรอบหมุนปานกลางหรือหมุนช้า (Industrial diesel oil) เช่น เครื่องยนต์ดีเซลขับส่งกำลัง ติดตั้งอยู่กับที่ตามโรงงานต่างๆ ซึ่งมีรอบการทำงานต่ำประมาณ 500-1,000 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ประเภทนี้ไม่ต้องการน้ำมันดีเซลที่มีค่าซีเทนสูงมากนักและการระเหยอาจช้ากว่าได้ น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้เรียกว่า น้ำมันดีเซลหมุนช้า (Low speed diesel oil, LSD) โดยทั่วไปที่รู้จักกันในชื่อของน้ำมันขี้โล้ ถ้าใช้กับเรือเดินสมุทรมักเรียกว่า Marine diesel oil เป็นน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (Distillate fuel) และน้ำมันเตา (Fuel oil, FO หรือ Heavy fuel oil, HFO) ในอัตราส่วนที่มีสมบัติตรงตามข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์ (พูลพร , 2537) มลพิษที่เกิดจากการใช้น้ำมันดีเซล เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2), ไฮโดรคาร์บอน, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), พวกอัลดีไฮด์ และฝุ่นละออง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆ ในตัวอย่างน้ำมันก๊าซโซลีน (พูลพร, 2537)

ชนิดไฮโดรคาร์บอน	% โดยน้ำหนัก
Propane	0.01
Isobutane	0.37
Isobutane and butane-1	0.04
n-Butane	4.29
trans-2-butene	0.20
cis-2-butene	0.17
Pentanes	16.59
Pentenes	3.50
Hexanes	9.67
Hexenes	2.70
Benzene	0.81
Heptanes	8.80
Heptenes	7.94
Toluene	12.20
Octanes	9.67
Nonanes	4.88
Ethyl benzene	1.70
Xylenes	4.60
Sub. Benzene (9 carbons)	4.00
Decanes	1.64
Sub. Benzene (10 carbons)	1.85
Undecanes	0.09
Sub. Benzene (11 carbons)	0.11
Naphthalene	0.10
Dodeecanes	0.05
Sub. Benzene (12 carbons)	-

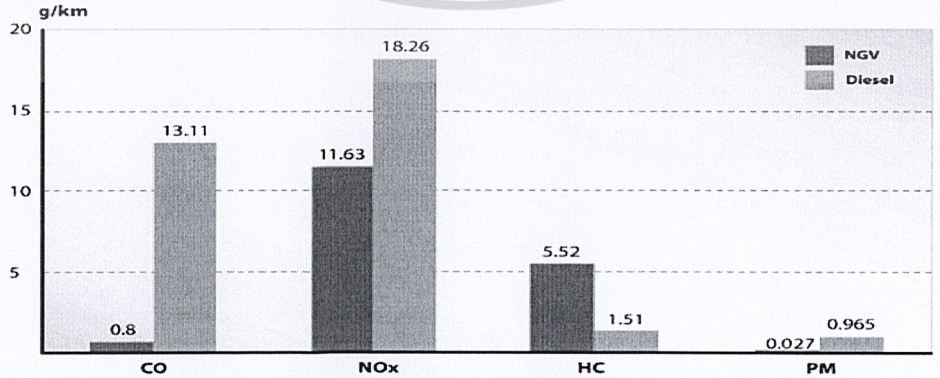
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) น้ำมันเบนซิน (Benzene fuel)

น้ำมันเบนซินหรือก๊าซโซลีน (Gasoline) เป็นเชื้อเพลิงที่ระเหยได้ง่าย ซึ่งได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบในโรงกลั่น โดยกลั่น หรือ ตัดเอาส่วนที่เบาพอเหมาะจากส่วนต่างๆ ในกรรมวิธีการกลั่น แล้วเอามาผสมกันและปรุงแต่งด้วยสารเพิ่มคุณภาพต่างๆไม่ว่าจะเป็นแนฟธา (Naphtha), Isomerate, Reformate และสารเติมแต่ง (Additives) เช่น Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE), เอทานอล เป็นต้น เพื่อให้เหมาะสมแก่การใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เบนซินชนิดสันดาปภายในโดยมีหัวเทียนเป็นเครื่องจุดระเบิด (Spark ignition internal combustion engine) ความสามารถในการระเหยน้ำมันต้องพอเหมาะกับการเผาไหม้ในกระบอกสูบและต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่อง (วาสนา และคณะ, 2549)

มลพิษที่เกิดจากการใช้น้ำมันเบนซิน เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์, ไนโตรเจนไดออกไซด์, คาร์บอนไดออกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, เบนซีน, ฟอร์มาลดีไฮด์, 1,3-บิวทา-ไดอีน และฝุ่นละออง

3) ก๊าซธรรมชาติ เป็นเชื้อเพลิงปิโตรเลียมชนิดหนึ่งเกิดจากการทับถมของซากสิ่งมีชีวิตนับล้านปี เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ประกอบด้วยมีเทน (CH_4), อีเทน (C_2H_6), โพรเพน (C_3H_8) และบิวเทน (C_4H_{10}) ฯลฯ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยก๊าซมีเทนเป็นส่วนใหญ่ คือ ร้อยละ 70 ขึ้นไป นอกจากสารไฮโดรคาร์บอนแล้ว ก๊าซธรรมชาติยังอาจประกอบด้วยก๊าซอื่นๆ อาทิ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S), ไนโตรเจน (N_2) และน้ำ (H_2O) เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้สามารถแยกออกจากกันได้ โดยนำมาผ่านกระบวนการแยกที่โรงแยกก๊าซธรรมชาติซึ่งก๊าซที่ได้แต่ละตัวนำไปใช้ประโยชน์ต่อเนื่องได้อีกมากมาย มลพิษที่เกิดจากการใช้ก๊าซธรรมชาติ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์, คาร์บอนไดออกไซด์, ออกไซด์ของไนโตรเจน, ไฮโดรคาร์บอน และฝุ่นละออง ซึ่งเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงจะมีระดับการปล่อยมลพิษที่ต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ดีเซล โดยเฉพาะคาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสารมลพิษชนิดต่างๆ จากรถโดยสาร NGV และรถโดยสารดีเซล (บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551)

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 มลภาวะอากาศเนื่องจากยานยนต์

ยานยนต์เป็นตัวกำเนิดของมลสารในอากาศ ได้แก่ รถยนต์ รถประจำทางและรถบรรทุกที่ใช้น้ำมันก๊าซโซลีนหรือน้ำมันดีเซล นอกจากนี้ยังมีรถไฟ เรือยนต์และเครื่องบิน แต่แหล่งกำเนิดมลสารในอากาศที่สำคัญที่สุดในที่นี้ คือ รถยนต์ (ตารางที่ 2.4) เนื่องจากมีจำนวนมากกว่าและอยู่ในชุมชนที่มีผู้คนหนาแน่น

ตารางที่ 2.4 ปริมาณมลสารในอากาศจากยานยนต์ในกรุงเทพฯ ปี พ.ศ.2522 ปริมาณที่ปล่อย ตัน/ปี (พูลพร, 2537)

ชนิดของยานยนต์	อนุภาคมลสาร	ซัลเฟอร์ได-ออกไซด์	ไนโตรเจนได-ออกไซด์	ไฮโดรคาร์บอน	คาร์บอนมอนอกไซด์
มอเตอร์ไซด์	245	24	86	12,278	20,873
เครื่องยนต์ดีเซล	1,697	13,437	7,779	1,839	30,763
เครื่องยนต์ก๊าซโซลีน	1,499	405	7,720	10,868	57,711
เครื่องบินขึ้น-ลง	75	100	1,750	750	3,000
รวม	3,516	13,966	17,335	25,735	112,347

รถยนต์เป็นแหล่งกำเนิดมลสารในอากาศที่สำคัญ 3 ชนิด คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และไนโตรเจนไดออกไซด์ มลสารถูกปล่อยจากรถยนต์ทางท่อไอเสียและส่วนอื่นๆของรถยนต์ สำหรับรถยนต์ที่ไม่มีเครื่องควบคุม การปล่อยมลสารมีไฮโดรคาร์บอนออกทางท่อไอเสีย 65 % ระเหยจากถังน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์ 15% และมาจากเสื้อสูบ 20% ส่วนคาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์มาจากท่อไอเสียเกือบทั้งหมด

2.2.4 ที่มาของมลสารในอากาศจากรถยนต์

การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ทำให้เกิดมลสารในอากาศ ผลจากการสันดาปที่สมบูรณ์ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ส่วนการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์จะให้ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอนที่เหลือจากการเผาไหม้ นอกจากนี้ในน้ำมันยังมีสารเจือปนที่สำคัญ คือ ซัลเฟอร์และไนโตรเจน ซึ่งทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ กลายเป็นก๊าซซัลเฟอร์ได-ออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ยังเกิดได้จากปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนและไนโตรเจนที่อุณหภูมิสูงของห้องสันดาป มลสารต่างๆที่ปล่อยมาจากรถยนต์สามารถเกิดขึ้นจาก

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เสื้อสูบ

ในที่นี้รวมถึงส่วนล่างของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นโครงหุ้มรอบคันชักที่แช่ในอ่างน้ำมันและหมายถึงช่องว่างระหว่างใต้ลูกสูบและเหนืออ่างน้ำมัน ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน ส่วนผสมอากาศ/เชื้อเพลิง และไอเสียจะรั่วผ่านแหวนลูกสูบเข้ามาในเสื้อสูบ ก๊าซส่วนนี้เรียกว่า Blowby เป็นที่มาของ มลสารจากรถยนต์แหล่งหนึ่ง ส่วนผสม อากาศ/เชื้อเพลิงและไอเสียจะรั่วผ่านแหวนลูกสูบในจังหวะอัดอากาศ และจังหวะถ่ายทอดกำลัง เนื่องจากความดันสูงในห้องสันดาป ไอเสียที่รั่วผ่านแหวนลูกสูบวงแรกส่วนใหญ่จะถูกสกัดกั้นโดยแหวนวงถัดมา แต่ยังคงมีไอเสียส่วนน้อยที่รั่วผ่านไปได้เสมอ เนื่องจากจะต้องมีช่องว่างเล็กน้อยระหว่างแหวนกับกระบอกสูบ เนื่องจากการขยับขึ้นลงของแหวนโดยเฉพาะในขณะที่เปลี่ยนทิศทาง ปริมาณไอเสียที่รั่วผ่านเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์และสภาพของลูกสูบ

2. ไอเสีย

ไอเสียเกิดจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดไฮโดรคาร์บอน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ มีสาเหตุหลายประการที่ทำให้เกิดการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ คือ

การจุดระเบิดซ้อน โดยปกติการจุดระเบิดจะเกิดจากหัวเทียนแล้วน้ำมันเผาไหม้กระจายออกไปทั่วห้องสันดาป เกิดแรงอัดที่สูงมากกว่าปกติ ในการเผาไหม้ที่ผิดปกติจะเกิดการจุดระเบิดซ้อนขึ้นหลังจากการจุดระเบิดของหัวเทียน ก่อนที่น้ำมันจะเผาไหม้หมดทั้งห้องสันดาป ไอน้ำมันส่วนปลายซึ่งได้รับแรงอัดและความร้อนสูง จะจุดระเบิดขึ้นเองก่อนเปลวไฟจะลามมาถึง ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังของเครื่องยนต์ และเกิดเสียงน็อค

การดับเปลวไฟ เมื่อแนวเปลวไฟไหม้มาถึงผิวโลหะซึ่งเย็นกว่าเปลวไฟจะดับ เนื่องจากส่วนผสมอากาศ/เชื้อเพลิงที่ติดผิวโลหะเย็นกว่าที่จะติดไฟ ผนังโลหะนี้จะถ่ายเทความร้อนจากส่วนผสมได้เร็วกว่าการรับความร้อนจากเปลวไฟ จึงทำให้ส่วนผสมนี้ไม่ลุกไหม้ ในจังหวะปล่อยไอเสีย ลูกสูบจะดันขึ้นเพื่อขับไอเสียรวมทั้งไฮโดรคาร์บอนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ส่วนนี้ออกตามท่อไอเสีย

3. การระเหยของน้ำมัน

การระเหยของน้ำมันจากถังน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์เป็นที่มาของมลสารในอากาศ เกิดจากคุณสมบัติของน้ำมันซึ่งเป็นของเหลวที่ระเหยได้ง่ายในรถรุ่นเก่า ไอระเหยน้ำมัน (ไฮโดรคาร์บอน) รั่วออกจากถังน้ำมันทางรูระบายอากาศซึ่งอยู่ในฝาปิดถังน้ำมัน ถ้ารูนี้อุดตันเครื่องยนต์จะดับ การระเหยจากถังน้ำมัน ๆช่องระบายอากาศที่ฝาปิดนี้ช่วยระบายความดันจากถังเมื่อรถจอดกลางแดดความร้อนจะทำให้น้ำมันขยายตัวและระเหย แต่ถ้าถังน้ำมันเต็มเกินไป น้ำมันที่ขยายตัวจะล้นออกทางช่องระบายอากาศเปียกข้างรถและหยดสู่พื้นถนน น้ำมันที่ล้นจะระเหยอย่างรวดเร็วและเพิ่มมลภาวะอากาศ ในกรณีที่ถังน้ำมันมีเนื้อที่เพียงพอแก่การขยายตัวของน้ำมัน เมื่ออากาศเย็นจะหดตัว ถังน้ำมันดูดอากาศดีเข้า เมื่ออากาศร้อนจะขยายตัว ถังน้ำมันจะปล่อยอากาศผสมไอระเหยน้ำมัน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมา หากอุณหภูมิแตกต่างกันมาก การสูญเสียน้ำมันจะเกิดขึ้นสูง การระเหยจากคาร์บูเรเตอร์ ในการทำงานของเครื่องยนต์ น้ำมันจะถูกปั๊มจากถังน้ำมันมายังคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งมีลูกลอยเป็นอ่างเก็บน้ำมันขนาดเล็ก ระดับน้ำมันในลูกลอยจะต้องคงที่เพื่อรักษาอัตราส่วนผสมอากาศ/เชื้อเพลิงที่เหมาะสม น้ำมันในลูกลอยอาจจะระเหยทางรูระบาย external vents, internal vents ท่อน้ำมันและรูอากาศ การสูญเสียน้ำมันระเหยทาง external vents เป็นส่วนใหญ่คาร์บูเรเตอร์แบบใหม่จะไม่มี external vents ที่ลูกลอยอีกต่อไป ส่วน internal vents คือท่อระบายไอน้ำมันในลูกลอยเข้าสู่คาร์บูเรเตอร์ ในขณะที่เดินเครื่อง ไอน้ำมันจะถูกคาร์บูเรเตอร์ดูดนำไปใช้ แต่เมื่อเครื่องยนต์หยุดความร้อนจากเครื่องยนต์จะทำให้น้ำมันในลูกลอยระเหยออกทาง internal vents ผ่านไส้กรองอากาศซึ่งจะดักน้ำมันไว้บางส่วน ส่วนที่เหลือจะระบายสู่อากาศ (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543)

สารอินทรีย์ระเหยง่ายบางชนิดที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์ ได้แก่

1) เบนซีน (Benzene)

โมเลกุลของเบนซีนประกอบด้วยคาร์บอน 6 อะตอมต่อกันเป็นวง มีสูตรโมเลกุลเป็น C_6H_6 พันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนเป็นพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว มีความยาวเท่ากัน คือ 136 พิโกเมตร มีสูตรโครงสร้างดังนี้

หรือเขียนเป็นสูตรแบบย่อได้ดังนี้

เบนซิน มีน้ำหนักโมเลกุล 78.11 จุดเดือด 80.1 องศาเซลเซียส สมบัติ ของเหลวใส ไม่มีสี-สีเหลืองอ่อน มีกลิ่นเฉพาะ ติดไฟได้ เกิดขึ้นได้จากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่าง ๆ เช่น ไฟป่า และภูเขาไฟระเบิด นอกจากนี้ แหล่งที่พบทั่วไปเกิดจากผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจากเบนซีนเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติก ไนลอน และผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น สารหล่อลื่น สี ยาง เป็นต้น มนุษย์สามารถได้รับเบนซีนได้หลายทาง ได้แก่ ควันบุหรี่ ไอเสียจากยานพาหนะต่าง ๆ ควันพิษที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม และจากผลิตภัณฑ์ที่มีเบนซินเป็นองค์ประกอบ เช่น กาว สี เป็นต้น

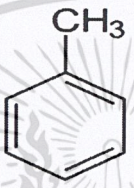
เมื่อได้รับเบนซินเข้าไปในระยะแรก ๆ จะเกิดอาการวิงเวียน คลื่นไส้ ถ้าดื่มหรือกินอาหารที่มีเบนซีนปนเปื้อนอยู่สูง จะทำให้มีอาการปวดท้องเนื่องจากกระเพาะถูกกัดกร่อน เวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ง่วงนอน ชัก หัวใจเต้นแรง และอาจเสียชีวิตได้ เมื่อหายใจเอาเบนซีนเข้าไปใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับสูงและเป็นเวลานานอาจทำให้เซื่องซึม วิงเวียน หมดสติ ใจสั่น อาจรุนแรงจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ และเมื่อสูดดมเป็นเวลานานจะทำให้เป็นโรคมะเร็งเม็ดเลือด (leukemia) ได้ การได้รับเบนซีนเป็นเวลานานจะมีผลทำให้เป็นโรคโลหิตจาง (anemia) ได้ เนื่องจากเบนซีนจะเข้าไปทำลายไขกระดูก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้จำนวนเม็ดเลือดลดลง และทำลายระบบภูมิคุ้มกันภายในร่างกายได้ ซึ่ง LD_{50} (oral) ของ benzene ในหนู rat เท่ากับ 4,900 mg/kg (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

2) โทลูอีน (Toluene)

ชื่อเรียกอื่น Methylbenzene , toluol , phenylmethane , methacide มีสูตรโมเลกุล C_7H_8 สูตรโครงสร้าง ดังนี้



น้ำหนักโมเลกุล 92.13 จุดเดือด 110.6 องศาเซลเซียส คุณสมบัติ เป็นของเหลวไม่มีสี ติดไฟง่าย มีกลิ่นคล้าย benzene LD_{50} ทางปาก เท่ากับ 636 mg/kg (หนู) LD_{50} ทางผิวหนัง เท่ากับ 14,100 µl/kg (กระต่าย) และ LC_{50} ทางการหายใจ เท่ากับ 49 g/m3/4 hours (หนู) (Asia Pacific Petrochemical, 2008) โทลูอีนใช้เป็นสารทำละลายและสารตัวกลาง โทลูอีนบริสุทธิ์มีเบนซีนประมาณร้อยละ 0.01 ขณะที่โทลูอีนดิบอาจมีเบนซีนผสมอยู่ถึงร้อยละ 25 ความเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย เมื่อการหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง เกิดอาการปวดศีรษะ วิงเวียนศีรษะ คลื่นไส้ และมึนงง สัมผัสทางผิวหนัง การสัมผัสถูกผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ทำให้เกิดผื่นแดง การกลืนหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ทำให้ปวดท้อง ปวดศีรษะ วิงเวียน และมึนงง การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ทำให้ตาแดง การก่อมะเร็ง ความผิดปกติอื่น ๆ สารนี้มีผลทำลาย ตับ ไต กระเพาะปัสสาวะ สมอง

3) ไซลีน (Xylene)

ไซลีนเป็นอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน มีน้ำหนักโมเลกุล 106.17 มีสถานะเป็นของเหลว ไม่มีสี ไซลีนได้จากการกลั่น Coal tar และ Petroleum ไซลีนที่ใช้ภายในประเทศได้จากการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยนำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน ญี่ปุ่น สิงคโปร์ อิตาลี ปากีสถาน ไต้หวัน สวิตเซอร์แลนด์ ออสเตรเลีย และสหพันธ์สาธารณรัฐเกาหลี ไซลีนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนี้

1. ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์
2. ใช้เป็นทินเนอร์หรือสารทำละลายในหมึก ยาง กาว เรซิน และแลคเกอร์
3. ใช้เป็นสารขจัดสี ในอุตสาหกรรมเคลือบกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ใช้เป็นสารทำละลาย และใช้ในการผสมสารเคมีที่ใช้ทางการเกษตร

5. ใช้เป็นสารล้างคราบน้ำมันในอุตสาหกรรมพลาสติก และอิเล็กทรอนิกส์

6. ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต benzoic acid, phthalic anhydride, isophthalic และ terephthalic acid

7. ใช้ผสมในน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

แหล่งสำคัญที่แพร่กระจายไซลีนออกสู่สิ่งแวดล้อมคือ โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไซลีน ซึ่งไซลีนจะฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศภายในโรงงานและฟุ้งกระจายออกมาปนเปื้อนกับบรรยากาศภายนอกโดยออกจากปล่องอากาศเสียของโรงงาน ถ้าหากเครื่องมือและอุปกรณ์ในการควบคุมมลพิษทางอากาศของโรงงานไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยที่มีการใช้ไซลีนและสามารถก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศได้ ได้แก่ โรงงานทำกิจการเกี่ยวกับสี แลคเกอร์ แชลแล็ค โรงงานพิมพ์สี เคลือบเงาบนแผ่นโลหะ โรงงานทำเฟอร์นิเจอร์ไม้ โรงซ่อมรถยนต์ (อู่เคาะพ่นสี) โรงงานแบ่งบรรจุสารเคมีทางการเกษตร ซึ่งใช้ไซลีนเป็นสารทำลาย ความเป็นพิษจากการสัมผัสแบบเรื้อรัง อาการที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสสารไซลีนเข้าไปเป็นระยะเวลานานต่อเนื่องกันจะมีอาการคล้ายคลึงกับอาการที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสแบบเฉียบพลัน แต่อาการที่เกิดขึ้นในบางระบบอาจรุนแรงมากกว่า เมื่อสัมผัสกับละอองเป็นเวลานานติดต่อกันจะทำให้เยื่อตาอักเสบผิวหนังและจมูกแห้ง คอแห้ง ถ้าสัมผัสกับของเหลวโดยตรง ผิวหนังจะเป็นสะเก็ดหรือเป็นโรคผิวหนังชนิดไม่รุนแรง ถ้าหายใจเอาไอเคมีเข้าไปจะมีผลไปกระตุ้นและกดระบบประสาทส่วนกลาง เช่น เกิดอาการชา สั่นกระตุก หวาดกลัว ความจำเสื่อม อ่อนเพลีย จิตใจกระวนกระวาย ทรงตัวลำบาก ปวดศีรษะ เบื่ออาหาร คลื่นเหียน และท้องอืด จากการสังเกต ในคนไข้ ตรวจพบว่าเนื้อเยื่อมีจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นมากผิดปกติ ตับโตขึ้นเล็กน้อย เนื้อเยื่อหรือกลุ่มเซลล์บางส่วนตายและเป็นโรค (วิวัฒน์, 2553) มีค่า LD_{50} ทางปาก เท่ากับ 4,300 mg/kg (หนู) LD_{50} ทางผิวหนัง เท่ากับ >1,700 mg/kg (กระต่าย) LC_{50} ทางการหายใจ เท่ากับ 5,000 ppm/4 hours (หนู) (Asia Pacific Petrochemical, 2008)

4) คลอโรฟอร์ม (Chloroform)

คลอโรฟอร์ม หรือไตรคลอโรมีเทน (trichloromethane, TCM) มีสูตรโมเลกุล $CHCl_3$ เป็นสารทำละลายชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนอยู่ในโมเลกุล (chlorinated hydrocarbon) LD_{50} ทางปาก เท่ากับ 250 mg/kg (หนู) LD_{50} ในเยื่อบุช่องท้อง เท่ากับ 25 Mg/Kg (หนู) และ LC_{50} ในหลอดเลือดดำ เท่ากับ 4200 µg/kg (หนูตะเภา) (กรมควบคุมมลพิษ, 2542) สารนี้มีพิษกดประสาทอย่างรุนแรง มีพิษต่อตับและไต อาจทำให้เกิดวิรูป (teratogenic) การสัมผัสสารนี้พบได้ทั้งในที่ทำงานและพบความเข้มข้นในระดับต่ำๆ ในสิ่งแวดล้อมทั่วไปคือในน้ำประปาที่เติมคลอรีนและสระว่ายน้ำสามารถเกิดขึ้นได้เองจากการทำปฏิกิริยาของคลอรีนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

น้ำประปากับก๊าซมีเทนในอากาศ ในคนทั่วไปที่ใช้น้ำประปาหรือว่ายน้ำในสระน้ำที่เติมคลอรีนจะได้รับสารนี้ในระดับต่ำ ๆ ในภาคอุตสาหกรรมใช้เป็นตัวทำละลายในสารเคมีหลายประเภท เช่น อยู่ในส่วนผสมของกาว ทินเนอร์ แลคเกอร์ น้ำยาทำความสะอาด ยาฆ่าแมลง น้ำยาฟอกขาว (bleaching agent) เป็นต้น ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารฟรีออน (freon) ซึ่งใช้ในตู้เย็น ใช้เป็นสารสกัด (extractors) ในกระบวนการผลิตยา และในอดีตเคยใช้เป็นน้ำยาซักแห้ง กำจัดรอยดำบนเสื้อผ้า แต่เนื่องจากมีพิษต่อตับ ปัจจุบันจึงมักเลิกใช้ในอุตสาหกรรมนี้แล้วเช่นกัน กลไกการก่อโรคออกฤทธิ์กดสมอง (CNS depressant) อย่างรุนแรง ออกฤทธิ์เป็นพิษต่อตับและไต ทำให้หัวใจเต้นผิดจังหวะ ทำให้เกิดผื่นแพ้ ผิวแห้ง อาจเป็นสารที่ทำให้เกิดการวิรูป และอาจเป็นสารก่อมะเร็งตับ กลไกการเกิดพิษที่ตับและไตนั้นเชื่อว่าเกิดจาก free radical intermediate คือสาร trichloromethyl radical ซึ่งเกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ cytochrome p-450 (CYP-450) ในตับ สาร free radical ที่เกิดขึ้นนี้สามารถจับกับโมเลกุลของโปรตีน ไขมัน หรือ nucleic acid ในเซลล์ ทำให้เกิด DNA adduct ขึ้นได้และเซลล์ถูกทำลายหรืออาจเกิดเป็นมะเร็ง

2.3 สารดูดซับ

ชนิดของสารดูดซับ

1. Organic Polymeric Sorbents นิยมใช้เพราะไม่มีปัญหาเรื่องความชื้น เช่น Porous polymeric resin of 2,4 - diphenyl - p - phenylene oxide (Tenax – GC), Styrene divinyl benzene copolymer (XAD) resin, Polyurethane foam (PUF), Chromosorb, Tenax – GC

2. Inorganic Sorbents มีประสิทธิภาพมากเมื่อใช้เก็บสารอินทรีย์ระเหยชนิดมีขั้ว แต่จะดูดซับน้ำได้ดีเช่นกัน ดังนั้น ความชื้นจะทำให้ประสิทธิภาพการเก็บตัวอย่างลดลง เช่น Siliga gel, Alumina, Molecular sieves

3. Carbon Sorbents เป็นสารดูดซับที่มีขั้วมากกว่า inorganic sorbents แต่มีปัญหาความชื้นน้อยกว่าตัวอย่างของสารดูดซับชนิดนี้ เช่น Graphite Carbon(Carbotrap), Activated Carbon/Activated Charcoal

การทดลองนี้เลือกใช้สารดูดซับ Tenax TA เนื่องจาก เป็น Organic Polymeric Sorbents นิยมใช้ในการเก็บและวิเคราะห์หาสารกลุ่ม BTEX ในบรรยากาศเพราะไม่มีปัญหาเรื่องความชื้น จะทำหน้าที่ดูดซับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีอะตอมของคาร์บอนตั้งแต่ 6-26 อะตอม (วรุณย์พันธ์, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
117308

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Liu *et al.* (2008) ศึกษาแหล่งกำเนิดหลักของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ตรวจวัดในประเทศจีน โดยแหล่งกำเนิดหลักของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในจีน เช่น การปล่อยไอเสียจากยานพาหนะ ไอระเหยจากแก๊สโซลีน การทาสี ยางมะตอย โรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้ถ่านหินและอุตสาหกรรม ปิโตรเคมี แหล่งกำเนิดที่ทำการศึกษาประกอบด้วย แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ แหล่งกำเนิดอยู่กับที่ ฟาร์มที่มีการเผาไหม้ชีวมวล และบริเวณที่มีอุตสาหกรรมเคมี ทำการศึกษาสารอินทรีย์ระเหยง่าย 92 ชนิด เก็บตัวอย่างโดยใช้ถังคานิสเตอร์ วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง GC-FID/MS การตรวจวัดแหล่งกำเนิดที่มีการปล่อยไอเสียจากยานพาหนะ จะพบ toluene และ m/p-xylene และจะพบ n-butane, trans-2-butene สำหรับ n-pentane จะพบในไอระเหยจากแก๊สโซลีน และ n-nonane, n-decane และ n-undecane จะพบในไอระเหยของน้ำมันดีเซลและกระบวนการผลิตยางมะตอย องค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดจากแก๊สโซลีนกับน้ำมันดีเซล จะคล้ายคลึงกัน ซึ่งจะมีอะตอมของคาร์บอนน้อยกว่า 10 อะตอม โดย ethylene, isopentane, benzene และ toluene จะเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายหลักที่พบในไอเสียจากยานพาหนะ

Parra *et al.* (2008) ศึกษาระดับความเสี่ยงที่ผู้โดยสารและพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะจะได้รับจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย ทำการศึกษาในภาคเหนือของประเทศสเปน โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศจำนวน 112 ตัวอย่าง ซึ่งการเก็บตัวอย่างใช้หลอดดูดซับโดยใช้ Tenax TA เป็นสารดูดซับและใช้เทคนิค Gas chromatography -Mass spectrometer ; GC-MS ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง จากผลการทดลองพบสาร benzene, toluene, tetrachloroethene, ethybenzene, m/p-xylene, o–xylene, 1,3,5-trimethylbenzene, 1,3– dichlorobenzene, 1,4 – dichlorobenzene และ 1,2 – dichlorobenzene โดยพบ toluene มากที่สุด รองลงมาคือ benzene

Chan *et al.* (2003) ศึกษาการได้รับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายในการขนส่งสาธารณะในเมือง Guangzha ประเทศจีน โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 40 ตัวอย่าง จากการบริการสาธารณะที่ได้รับความนิยมมาก 4 ประเภท คือ รถไฟใต้ดิน แท็กซี่ รถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ และรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ มีเส้นทางการเดินทางในเมือง การเดินทางจะมีความสัมพันธ์กับ benzene, toluene, ethylbenzene, m/p-xylene และ o-xyzene ที่เก็บตัวอย่างโดยใช้ sorbent tubes จากผลการทดลอง พบว่ารถแท็กซี่สัดส่วนเฉลี่ยของ BTEX อยู่ในช่วง 0.87-1.09 รถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศอยู่ในช่วง 0.75-0.88 รถโดยสารประจำทางปรับอากาศอยู่ในช่วง 0.78-0.84 และรถไฟใต้ดินอยู่ในช่วง 0.95-1.16 ทั้งนี้อาจเกิดจากชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ การขับขี่ในช่องการจราจร และจำนวนยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lee and Jo (2002) ศึกษาการได้รับสัมผัส methyl tertiary butyl ether (MTBE), benzene และ toluene ในรถยนต์และรถโดยสารประจำทาง โดยพื้นที่ที่ทำการศึกษาคือ เมือง Taegu เป็นเมืองที่ใหญ่เป็นอันดับสามในประเทศเกาหลีมีความหนาแน่นของประชาชน 2,812 คนต่อตารางกิโลเมตร รูปแบบการขนส่งในเขตพื้นที่ทำการศึกษามีลักษณะเช่นเดียวกับในหลาย ๆ ประเทศที่กำลังพัฒนา ในการวิจัยทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเร่งด่วน ตอนเช้า 07.00 น. - 09.00 น. ในช่วงเร่งด่วน ตอนเย็น 19.00 น. - 21.00 น. ซึ่งจากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของ MTBE ในรถยนต์เท่ากับ 27.6 mg/m^3 และรถโดยสารประจำทางเท่ากับ 20.6 mg/m^3 สัดส่วนความเข้มข้นเฉลี่ยของรถยนต์ต่อรถโดยสารประจำทางเป็น 1.6 และ 1.4 สำหรับเบนซินและโทลูอีน ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า MTBE และโทลูอีน ในรถยนต์ส่วนบุคคลและรถโดยสารประจำทางสูงกว่าในบรรยากาศทั่ว ๆ ไป

Jo and Yu (2001) ศึกษาการได้รับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายในชั่วโมงการทำงานของพนักงานขับรถแท็กซี่ โดยทำการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย 5 ชนิด ที่พบภายในรถโดยสารประจำทางและรถแท็กซี่ในระหว่างช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน คือ benzene, toluene, ethylbenzene, m,p-xylene และ o-xylene พนักงานขับรถโดยสาร 5 คน ที่สูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่ และพนักงานขับรถแท็กซี่ 5 คน ที่สูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่ จากการศึกษาพบว่า พนักงานขับรถแท็กซี่ได้รับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายสูงกว่าพนักงานขับรถโดยสารประจำทางในระหว่างชั่วโมงการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1. เครื่อง Gas Chromatrograph-Flame Ionization Detector (GC-FID) รุ่น CP-3800 บริษัท Varian ประเทศเยอรมัน

2. เครื่อง Thermal Desorber Unit รุ่น UNITY บริษัท Perkin Elmer ประเทศเยอรมัน

3. เครื่อง Thermal Desorber Cleaner รุ่น MT 106 บริษัท Masstech Innova ประเทศสหรัฐอเมริกา

4. เครื่อง Personal Air Sampling Pump ชนิด Low Flow รุ่น 224-PCXR8 บริษัท SKC ประเทศสหรัฐอเมริกา

5. เครื่อง Ultra Flo™ รุ่น 709 บริษัท SKC ประเทศสหรัฐอเมริกา

6. Sorbent tube (Stainless steel) เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.25 นิ้ว ความยาว 3.5 นิ้ว บริษัท SKC ประเทศสหรัฐอเมริกา

7. บารอมิเตอร์

8. เทอร์โมมิเตอร์

9. parafilm

10. กระดาษฟอยล์

11. กระติกน้ำแข็ง

12. เครื่องแก้วขนาดต่าง ๆ

3.1.2 สารเคมี

1. Tenax TA ขนาด 80/100 mesh บริษัท Supelco ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. Standard VOCs Mix 45 ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม (ERTC)

3. คลอโรฟอร์ม (Chloroform) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Lab system ประเทศเยอรมนี

4. เบนซีน (Benzene) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Lab system ประเทศเยอรมนี

5. โทลูอีน (Toluene) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Lab system ประเทศเยอรมนี

6. เมทา/พารา-ไซลีน (m/p-xylene) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Italmer ประเทศเยอรมนี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ออโทร-ไซลีน (o-xylene) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Italmer ประเทศเยอรมนี

8. ใยแก้ว

3.1.3 สถานที่เก็บตัวอย่าง

- เก็บตัวอย่างอากาศในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ สาย 1013 ที่เครื่องยนต์ใช้แก๊สธรรมชาติ (NGV) เป็นเชื้อเพลิง ระยะทางจากหัวตะเข้ถึงซีคอน-

สแควร์ทำการเก็บตัวอย่างในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ระหว่างเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ 2554 เวลา 07.00 - 09.00 น. (ดังรูปที่ 3.1ก)

- ประจำทางบริเวณหน้าสวนพระนคร วันที่ 17 ก.พ. 2554 เวลา 8.00 - 9.00 น. (ดังรูปที่ 3.1 ก) เก็บตัวอย่างอากาศบริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง วันที่ 16 ก.พ. 2554 เวลา 8.00 - 9.00 น. (ดังรูปที่ 3.1ข)

ก. ข.

รูปที่ 3.1 สถานที่เก็บอากาศ (ก) ป้ายรถโดยสารประจำทางบริเวณหน้าสวนพระนคร (ข) สนามกีฬา-พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.1 ศึกษาปริมาณ Chloroform และ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

1. ทำความสะอาด sorbent tube ที่บรรจุด้วย Tenax TA 2.0 มิลลิกรัมด้วยเครื่อง Thermal Desorber Cleaner ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ความดัน 20 psi เป็นเวลา 120 นาที (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก1)

2. นำ Sorbent tube ที่บรรจุด้วย Tenax TA ที่ผ่านการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Thermal Desorber Unit- Gas Chromatrograph-Flame Ionization Detector (TDU-GC-FID) เพื่อทดสอบความสะอาดของ Sorbent tube

3. ติดตั้ง sorbent tube กับเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคล ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 การติดตั้ง Sorbent tube กับเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคล

4. ปรับเทียบอัตราการไหลของเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคลที่อัตราการไหล 0.067 ลิตรต่อนาที ด้วยเครื่อง Ultra Flo™ จำนวน 10 ครั้ง แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย

5. เก็บตัวอย่างอากาศในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศสาย 1013 โดยการนำเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคลที่ต่อกับ Sorbent tube ไปเก็บตัวอย่างอากาศที่อัตราการไหลต่ำ 0.067 ลิตรต่อนาที ระยะทางจากหัวตะเข้ถึงซีคอนสแควร์ โดยเก็บตัวอย่างในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและไม่ปรับอากาศระหว่างวันจันทร์ถึงวันศุกร์ วันละ 1 ตัวอย่าง เป็นเวลา 16 วัน

6. เมื่อเก็บตัวอย่างเสร็จเรียบร้อย ปิด tube ทั้ง 2 ด้านด้วยฝาแล้วห่อด้วยแผ่นฟอยล์ เก็บใส่ถุงซิปและแช่ในน้ำแข็งที่อุณหภูมิไม่เกิน 4°C เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง จดบันทึกอุณหภูมิ ความดันบรรยากาศในระหว่างเก็บตัวอย่าง แล้วนำกลับไปวิเคราะห์ผลที่ห้องปฏิบัติการ (ในกรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันภายใน 1 วัน ให้เก็บตัวอย่างในตู้เย็นที่อุณหภูมิไม่เกิน 4°C แล้วนำมาวิเคราะห์ภายใน 1 สัปดาห์)

7. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศที่สนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง (background) 1 ตัวอย่าง จำนวน 2 ซ้ำ

8. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศที่จุดอ้างอิงบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทางบริเวณหน้าสวนพระนคร 1 ตัวอย่าง จำนวน 2 ซ้ำ

9. วิเคราะห์ตัวอย่างด้วย Thermal Desorber Unit- Gas Chromatrograph- Flame Ionization Detector (TDU-GC-FID) ที่สภาวะ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

10. เก็บตัวอย่าง Standard VOCs Mix 45 ด้วยปั๊มเก็บอากาศส่วนบุคคลที่ต่อกับ Sorbent tube แล้ววิเคราะห์ด้วย TDU-GC-FID ที่สภาวะเดียวกับตัวอย่างเพื่อทำกราฟมาตรฐาน

11. เก็บตัวอย่าง Chloroform และ BTX ด้วยปั๊มเก็บอากาศส่วนบุคคลที่ต่อกับ Sorbent tube แล้ววิเคราะห์ด้วย TDU-GC-FID ที่สภาวะเดียวกับตัวอย่าง เพื่อหา retention time (เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Standard VOCs Mix 45 ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม (ERTC) เมื่อนำมาวิเคราะห์โดยเครื่อง Thermal Desorber Unit - Gas Chromatrograph-Flame Ionization Detector (TDU-GC-FID) แล้วไม่สามารถระบุ Retention time ของสารมาตรฐานแต่ละชนิดได้ ดังนั้น จึงใช้สารละลาย benzene, toluene, m/p xylene, o-xylene และ chloroform ในการระบุ Retention time ของสารมาตรฐาน)

ตารางที่ 3.1 สภาวะการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermal Desorption-GC-FID

	สภาวะในการเดินระบบ
Gas Chromatrograph(GC)	Varian model GC-CP 3800
Detector	Flame Ionization Detector (FID)
Column	Rtx-5 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25μm (Crossbond 5% diphenyl-95% dimethyl polysiloxane)
Injector temperature	250 °C
Oven temperature	initial temperature 50 °C hold for 1 min, ramp rate at 10°C/min until 250 °C for 5 min then ramp rate 20°C/min until 300°C hold for 10 min
Detector temperature	250 °C
Carrier gas	He, Flow rate 2.6 ml/min
TDU	ยี่ห้อ Unity Markes International Limited
TDU Program	Purge 1 minute Desorb at 190 °C 3 minute Cold trap - 10 °C 3 minute heat to 300 °C to GC column

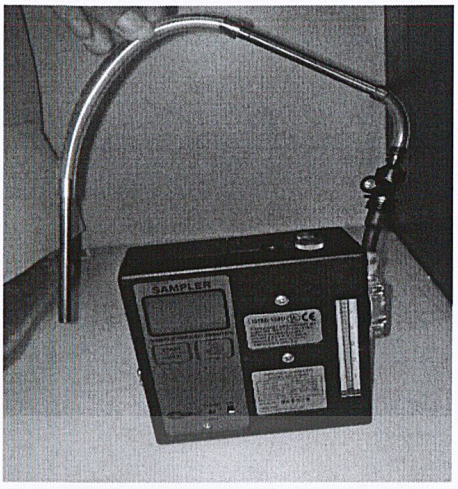
3.2.2 ศึกษา Breakthrough ในการเก็บตัวอย่างอากาศใน Sorbent tube

1. ทำความสะอาด Sorbent tube ที่บรรจุด้วย Tenax TA ด้วยเครื่อง Thermal Desorber Cleaner ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก1)

2. นำ Sorbent tube ที่บรรจุด้วย Tenax TA ที่ผ่านการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง TDU-GC-FID เพื่อทดสอบความสะอาดของ Sorbent tube

3. ติดตั้ง Sorbent tube กับเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคล ดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 การติดตั้ง sorbent tube ในการศึกษา breakthrough

4. ปรับเทียบอัตราการไหลของเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคลที่อัตราการไหล 0.067 ลิตรต่อนาที ด้วยเครื่อง Ultra Flo™ จำนวน 10 ครั้ง แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย

5. เก็บตัวอย่างอากาศในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศสาย 1013 โดยการนำเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคลที่ต่อกับ Sorbent tube ไปเก็บตัวอย่างอากาศที่อัตราการไหลต่ำ 0.067 ลิตรต่อนาที ระยะทางจากหัวตะเข้ถึงซีคอนสแควร์ โดยเก็บตัวอย่างในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ จำนวน 6 ตัวอย่างต่อประเภทของรถ

6. เมื่อเก็บตัวอย่างเสร็จเรียบร้อย ปิด tube ทั้ง 2 ด้านด้วยฝาแล้วห่อด้วยกระดาษฟอยล์ เก็บใส่ถุงซิปและแช่ในน้ำแข็งที่อุณหภูมิไม่เกิน 4°C เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง จดบันทึกอุณหภูมิ ความดันบรรยากาศในระหว่างเก็บตัวอย่าง แล้วนำกลับไปวิเคราะห์ผลที่ห้องปฏิบัติการ (ในกรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันภายใน 1วัน ให้เก็บตัวอย่างในตู้เย็นที่อุณหภูมิไม่เกิน 4°C แล้วนำมาวิเคราะห์ภายใน 1 สัปดาห์)

7. วิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง TDU-GC-FID ที่สภาวะ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

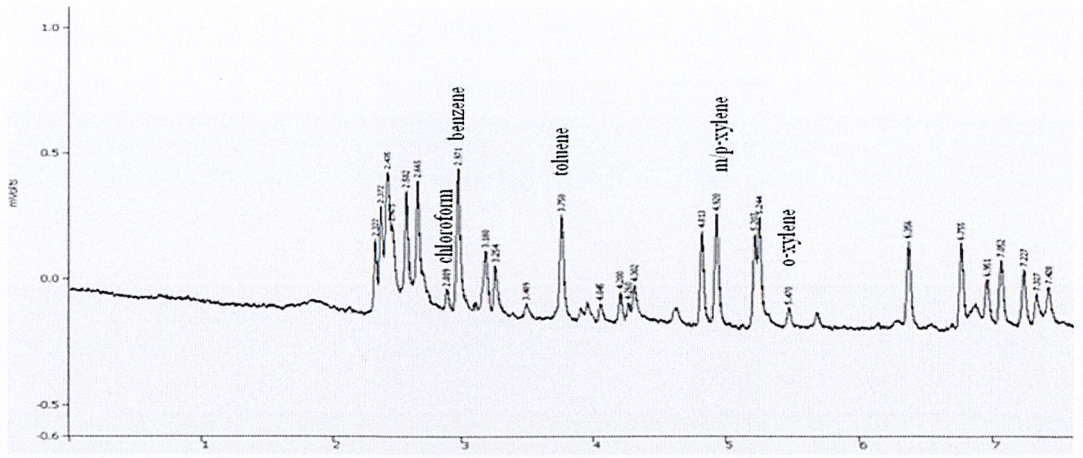
บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย chloroform, benzene, toluene, m/p-xylene และ o-xylene (BTX) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำมันเชื้อเพลิงที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศสาย 1013 ระยะทางจากหัวตะเข้ถึงซีคอนสแควร์ ทำการเก็บตัวอย่างในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลา 07.00 – 09.00 น. ระหว่างวันที่ 25 มกราคมถึง วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2554 เปรียบเทียบกับริมถนนบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนคร และสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง ได้ผลการศึกษาดังนี้

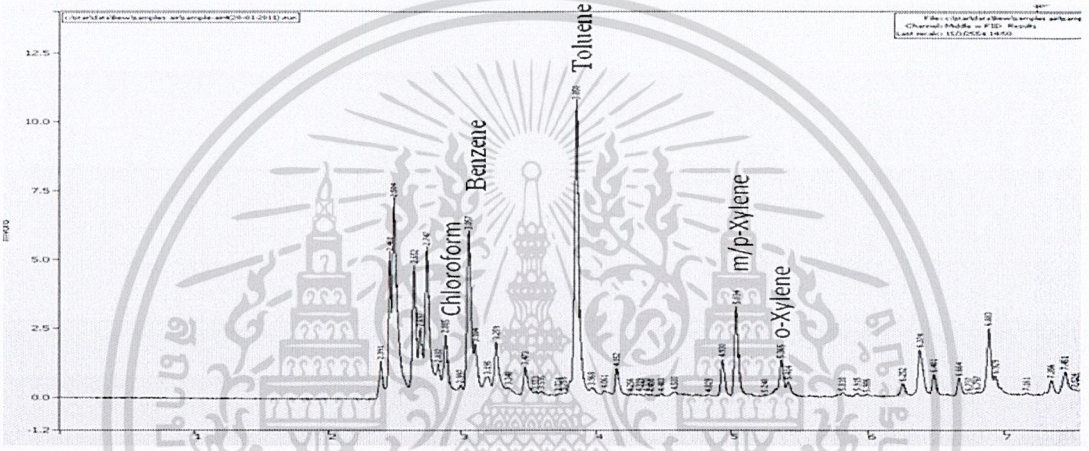
4.1 ผลการศึกษาปริมาณ Chloroform และ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

การทดลองนี้วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของ Chloroform และ BTX โดยเปรียบเทียบ retention time และพื้นที่ใต้กราฟกับ Standard VOCs Mix 45 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ก) พบพีคของสารมาตรฐานทั้งหมด 26 ชนิด เนื่องจาก Tenax TA อาจไม่สามารถดูดซับสารมาตรฐานทั้งหมดได้ และใช้สารละลาย chloroform, benzene, toluene, m/p-xylene และ o-xylene (BTX) ในการหา retention time ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้ง 5 ชนิด ภายใต้สภาวะการวิเคราะห์เดียวกัน จากผลการทดลองพบ Chloroform และ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ รถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ ริมถนนบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนคร และบริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ข-จ)

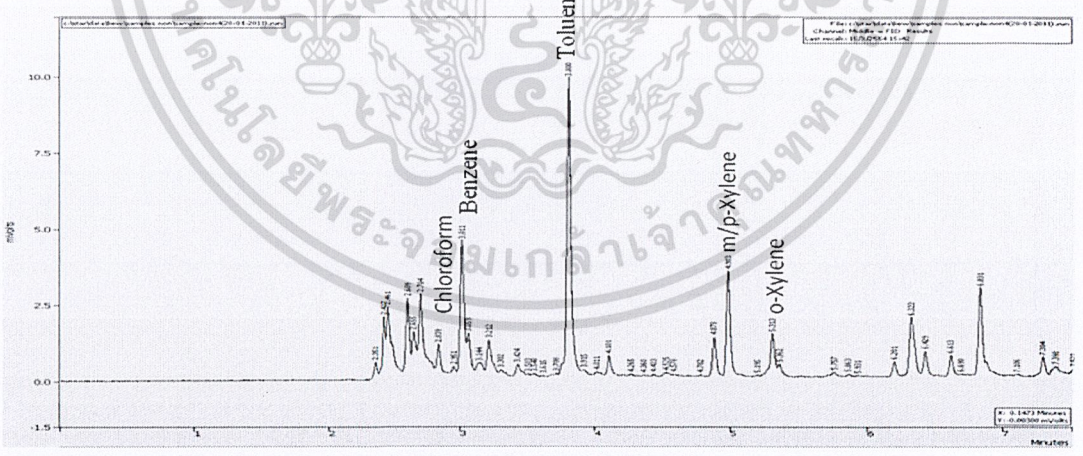
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



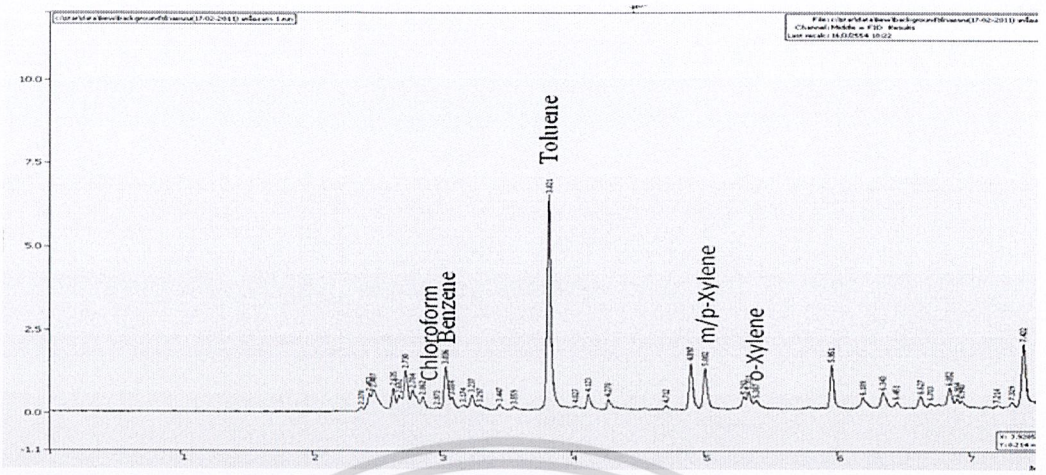
(ข)



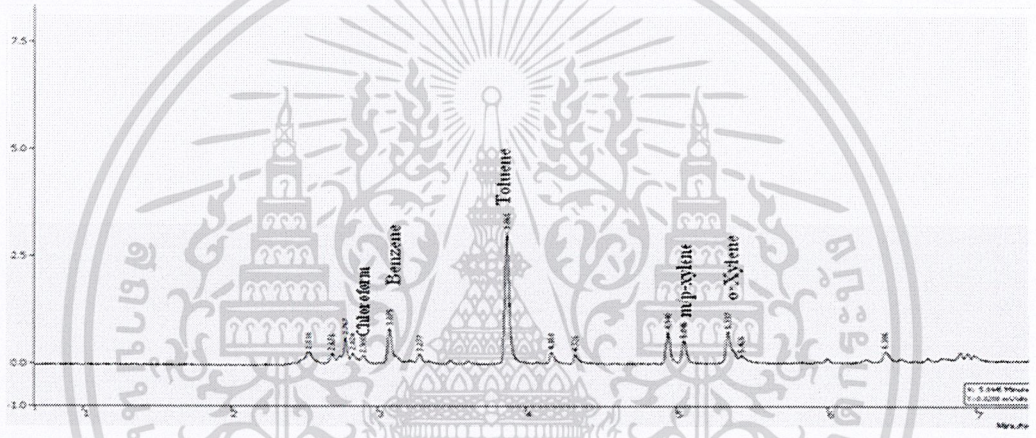
(ค)

รูปที่ 4.1 โครมาโทแกรมของ Chloroform และ BTX Standard VOCs Mix 45 (ก) ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ (ข) ในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ(ค) ริมถนนบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนคร (ง) บริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง (จ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ง)



(จ)

รูปที่ 4.1 (ต่อ)โครมาโทแกรมของ Chloroform และ BTX Standard VOCs Mix 45 (ก) ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ (ข) ในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ(ค) ริมถนนบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนคร (ง) บริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง (จ)

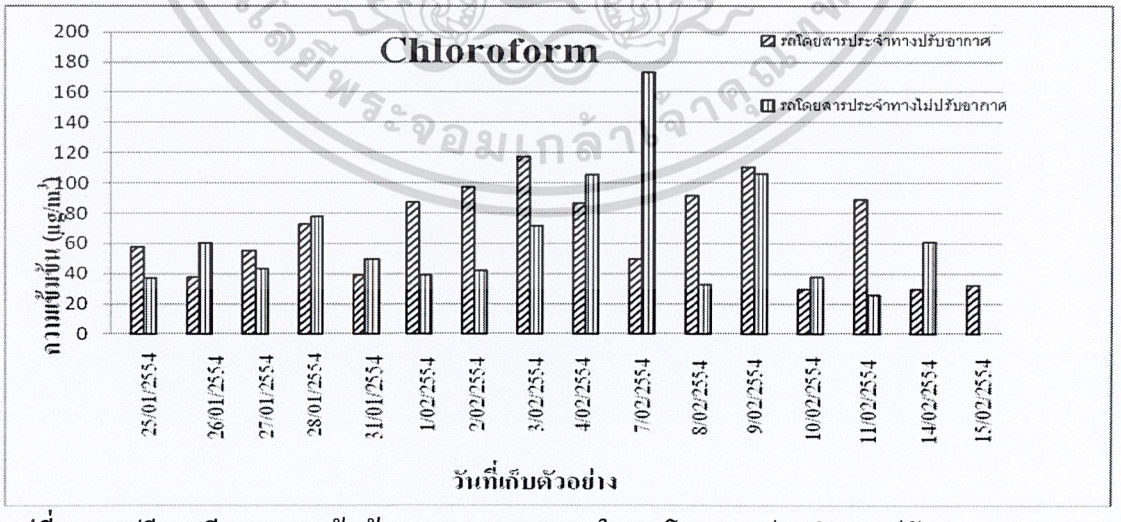
จากผลการตรวจวัดปริมาณ Chloroform และ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ ในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ ริมถนนบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนคร และบริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง พบว่าในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีปริมาณ chloroform สูงที่สุด รองลงมาคือ toluene, m/p-xylene, benzene และ o-xylene มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 67.51, 55.97, 21.22, 12.68 และ 9.99 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมีปริมาณ chloroform สูงที่สุด รองลงมาคือ toluene, m/p-xylene, o-xylene และ benzene มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.03, 44.45, 21.73, 9.66 และ 8.25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ดูรายละเอียดในตาราง ค-1, ภาคผนวก ค) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chan *et al.* (2003) ที่พบปริมาณ toluene สูงที่สุด จากการศึกษาสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEX ในรถโดยสารประจำทาง อย่างไรก็ตาม Chan *et al.* (2003) ไม่ได้ทำการศึกษาปริมาณ Chloroform สำหรับริมถนนบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนครพบ Chloroform และ BTX มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ แต่มีความเข้มข้นต่ำกว่า (ดูรายละเอียดในตาราง ค-2, ภาคผนวก ค) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณ Chloroform และ BTX ที่พบในรถโดยสารประจำทางทั้ง 2 ประเภทเกิดจากการถ่ายเทของอากาศภายนอกรถเข้าสู่ภายในรถ ส่วนบริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบังพบปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่ำทั้ง 5 ชนิด โดยพบปริมาณ chloroform สูงที่สุด รองลงมา คือ toluene, o-xylene, m/p-xylene และ benzene มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.24, 6.87, 3.89, 3.80 และ 1.35 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-3, ภาคผนวก ค) เนื่องจากบริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบังอยู่ห่างจากมอเตอร์เวย์ 1 กิโลเมตร จึงมีการแพร่กระจายของ Chloroform และ BTX จากถนนไปยังจุดเก็บตัวอย่างน้อย

4.2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณ Chloroform และ BTX ระหว่างรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

จากการคำนวณปริมาณสาร Chloroform และ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศโดยเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐาน (ตารางที่ ข-2 ภาคผนวก ข) ได้ผลการทดลองดังนี้

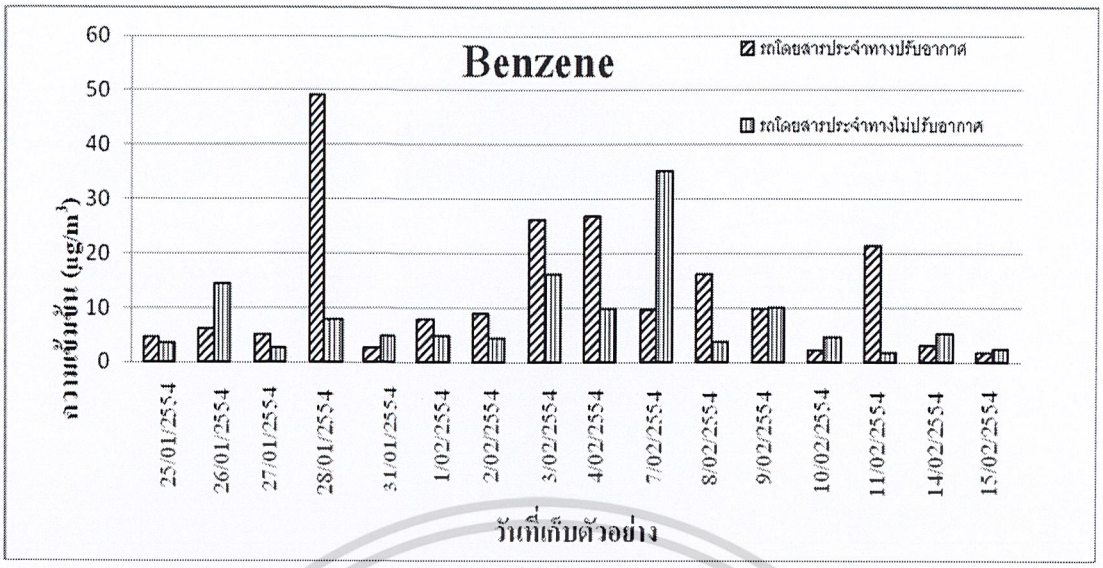


รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบความเข้มข้นของ chloroform ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-1, ภาคผนวก ค) พบว่า ความเข้มข้นของ Chloroform ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจาก chloroform มีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ อย่างไรก็ตาม พบว่าระหว่างวันที่ 1 ถึง 3 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ chloroform ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากมีผู้โดยสารจำนวนมาก รวมทั้งมีการจอดรับผู้โดยสารบ่อยครั้งจึงทำให้อากาศจากภายนอกเข้ามาภายในรถ ส่วนในวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ chloroform ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าต่ำกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมาก ทั้งนี้อาจเกิดจากในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีจำนวนผู้โดยสารน้อย จอดรับผู้โดยสารน้อยครั้งและมีรถเก็บขยะจอดอยู่บริเวณด้านข้างรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ จึงส่งผลให้ปริมาณ chloroform สูง ในวันที่ 8 และ 11 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ chloroform ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมาก อาจเกิดจากในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีการจอดรับผู้โดยสารบ่อยครั้ง เปิดประตูรถค้างไว้นาน จึงทำให้มีปริมาณ chloroform สูง ในวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ chloroform ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าต่ำกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจาก ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีจำนวนผู้โดยสารน้อยและมีการจราจรหนาแน่นบริเวณเขตก่อสร้าง ทำให้รถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมีปริมาณ chloroform ที่สูง ส่วนในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ chloroform ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องมาจากในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีผู้โดยสารจำนวนมากจอดรับผู้โดยสารบ่อยครั้ง ส่วนในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศไม่พบ ปริมาณ chloroform อาจเนื่องมาจากวันนี้มีฝนตกทำให้เกิดการเจือจางความเข้มข้นของ chloroform จากผลการตรวจวัดความเข้มข้นของchloroform ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ พบว่ามีค่าเกิน 0.43 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานเฉลี่ย 1 ปี (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 30 พ.ศ. 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

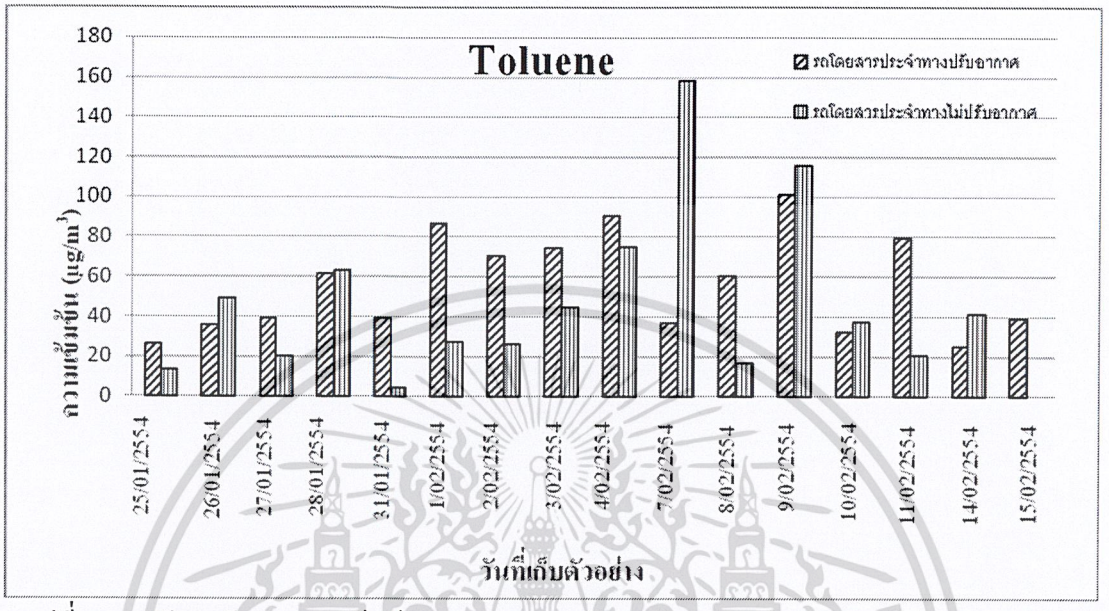


รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบความเข้มข้นของ benzene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ และรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

จากรูปที่ 4.3 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-1, ภาคผนวก ค) พบว่าความเข้มข้น benzene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจาก benzene มีแหล่งกำเนิดจากไอเสียจากยานพาหนะต่าง ๆ ควันบุหรี่ กาว สี อย่างไรก็ตาม พบว่า ในวันที่ 28 มกราคม 2554 ปริมาณ benzene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมาก ทั้งนี้อาจเกิดจากมีสภาพการจราจรที่หนาแน่นมาก ควันบุหรี่ที่เกิดจากการสูบบุหรี่ของคนที่ยืนรอรถโดยสาร ในวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ benzene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากมีผู้โดยสารจำนวนมาก จอดรับ-ส่งผู้โดยสารบ่อยครั้ง ในวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ benzene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากการปล่อยไอเสียจากรถยนต์ที่มีเขม่าควันดำ ส่วนในวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ benzene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าต่ำกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมาก เนื่องจากมีการปล่อยไอเสียที่มีเขม่าควันดำของรถโดยสารประจำทางสายอื่นที่ด้านหน้ารถประจำทางไม่ปรับอากาศคันที่เก็บตัวอย่างและยังมีการจอดรับผู้โดยสารบริเวณหน้าปั๊มน้ำมันเป็นเวลานาน ในวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2554 และ 11 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ benzene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมาก ทั้งนี้อาจเกิดจากในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีการจอดรับผู้โดยสารบ่อยครั้ง ประตูรถเปิดค้างไว้นาน จึงทำให้ปริมาณ benzene สูง ในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2554 ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมีค่าใกล้เคียงกันและพบในปริมาณต่ำ เนื่องจากวันนี้ฝนตก ทำให้เกิดการเจือจางความเข้มข้นของ benzene

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการตรวจวัดความเข้มข้นของ benzene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศอากาศมีค่าเกิน 1.70 $\mu g/m^3$ ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานเฉลี่ย 1 ปี (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 30 พ.ศ. 2550)

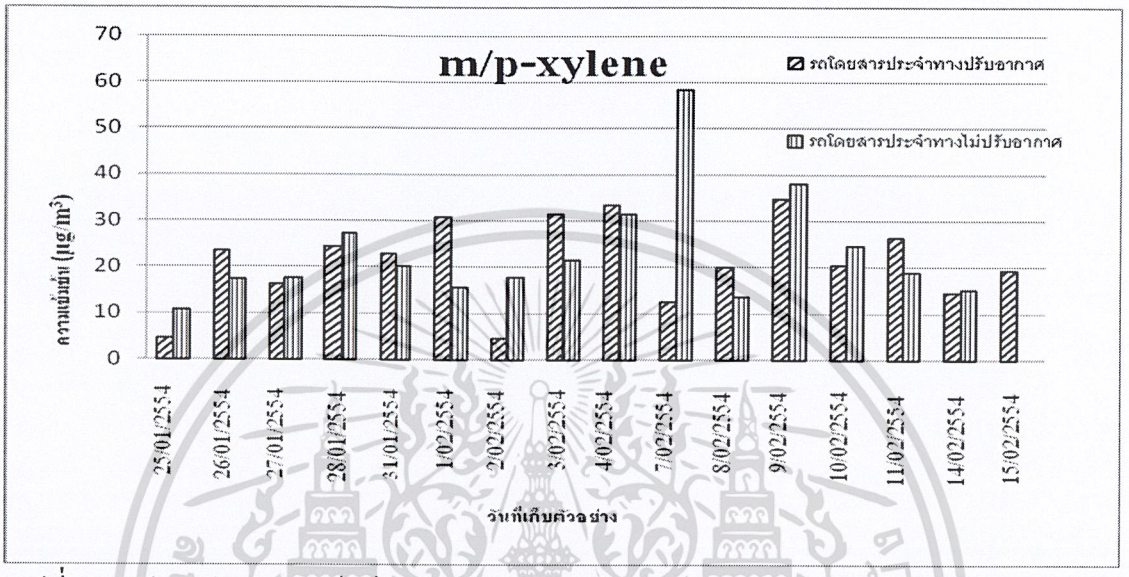


รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบความเข้มข้นของ toluene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

จากรูปที่ 4.4 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-1, ภาคผนวก ค) พบว่า ความเข้มข้นของ toluene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจาก toluene มีแหล่งกำเนิดจากการจราจร ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิง เกิดจากภายในรถ เช่น กาวทาเบาะ อย่างไรก็ตาม พบว่า วันที่ 31 มกราคม 2554 มีปริมาณ toluene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากมีการจราจรที่หนาแน่น มีการปล่อยไอเสียที่มีเขม่าดำของรถยนต์สภาพเก่า ส่วนในวันที่ 1 ถึง 3 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ toluene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากมีผู้โดยสารจำนวนมาก รวมทั้งมีการจอดรับส่งผู้โดยสารบ่อยครั้ง จึงทำให้อากาศจากภายนอกเข้ามาภายในรถ ส่วนในวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ toluene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าต่ำกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ ทั้งนี้อาจเกิดจากมีการปล่อยไอเสียที่มีเขม่าควันดำของรถโดยสารประจำทางสายอื่นที่บริเวณด้านหน้ารถประจำทางไม่ปรับอากาศคันที่เก็บตัวอย่าง สภาพการจราจรที่หนาแน่น และยังมีการจอดรับผู้โดยสารบริเวณหน้าปั๊มน้ำมันเป็นเวลานาน ในวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2554 และ 11 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ toluene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมาก ทั้งนี้เกิดจากในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศจอดรับผู้โดยสารบ่อยครั้ง มีการเปิดประตูรถค้างไว้ จึงทำให้ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้

toluene สูง ในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ toluene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่ารถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีผู้โดยสารจำนวนมาก มีการจอดรับส่งผู้โดยสารบ่อยครั้ง ส่วนในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศไม่พบปริมาณ toluene เนื่องจากมีฝนตก ทำให้เกิดการเจือจางความเข้มข้นของ toluene

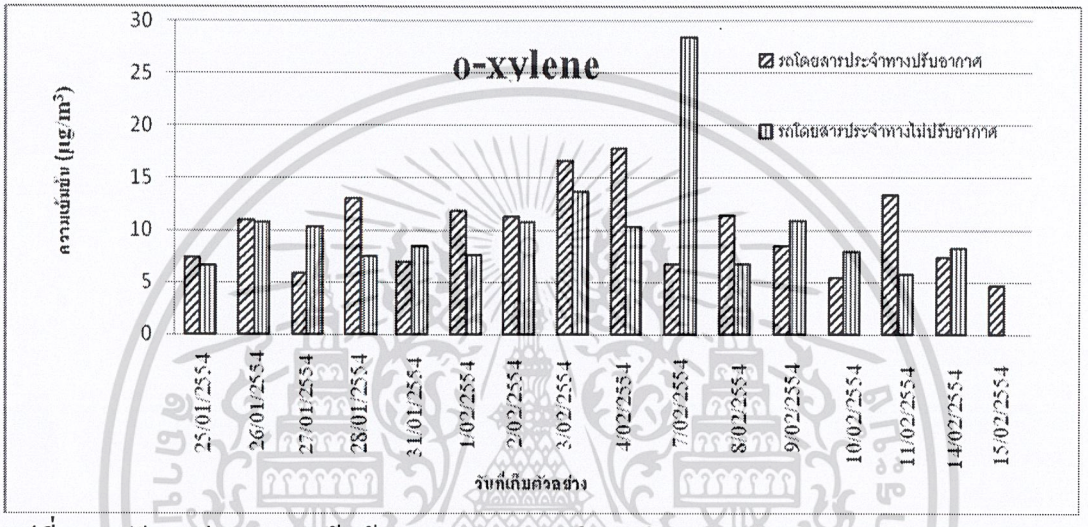


รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบความเข้มข้นของ m/p-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ และรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

รูปที่ 4.5 (รายละเอียดในตารางที่ ค-1, ภาคผนวก ค) พบว่า ความเข้มข้นของ m/p-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจาก m/p-xylene มีแหล่งกำเนิดมาจากอู่พ่นสีรถยนต์ น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้กับเครื่องจักร ไอระเหยจากถังน้ำมัน ไอเสียจากยานพาหนะ อย่างไรก็ตาม พบว่า วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2554 และวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ m/p-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากมีผู้โดยสารจำนวนมาก รวมทั้งมีการจอดรับผู้โดยสารบ่อยครั้ง จำทำให้อากาศจากภายนอกเข้ามาภายในรถ วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ m/p-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศต่ำกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมีสภาพการจราจรที่หนาแน่นบริเวณเขตก่อสร้าง ทำให้ได้รับ m/p-xylene จากน้ำมันหล่อลื่นเครื่องจักร วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2554 มีปริมาณ m/p-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศต่ำกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีจำนวนผู้โดยสารน้อย จอดรับส่งผู้โดยสารน้อยครั้งและมีการปล่อยไอเสียที่มีเขม่าควันดำของรถโดยสารประจำทางสายอื่นที่ด้านหน้ารถโดยประจำทางไม่ปรับอากาศคันที่เก็บตัวอย่าง และยังมีการจอดรับส่งผู้โดยสารบริเวณหน้าปั๊มน้ำมันเป็นเวลานาน ในวันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 กุมภาพันธ์ 2554 และ 11 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ m/p-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารไม่ปรับอากาศมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากในรถปรับอากาศมีการจอดรับผู้โดยสารบ่อยครั้ง เปิดประตูรถค้างไว้นาน จึงทำให้ปริมาณ m/p-xylene สูง ส่วนในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ m/p-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีผู้โดยสารจำนวนมาก จอดรับส่งผู้สารบ่อยครั้ง ส่วนในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศไม่พบปริมาณ m/p-xylene อาจเนื่องมาจากมีฝนตกทำให้เกิดการเจือจางความเข้มข้น m/p-xylene



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบความเข้มข้นของ o-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

รูปที่ 4.6 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-1, ภาคผนวก ค) พบว่า ความเข้มข้นของ o-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมีค่าใกล้เคียง ทั้งนี้เนื่องจาก o-xylene มีแหล่งกำเนิดมาจากอู่พ่นสีรถยนต์ น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้กับเครื่องจักร ไอระเหยจากถังน้ำมัน ไอเสียจากยานพาหนะ อย่างไรก็ตาม พบว่า วันที่ 27 มกราคม 2554 ปริมาณ o-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าต่ำกว่ารถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากขณะเก็บตัวอย่างผู้ทำการเก็บตัวอย่างบนรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศนั่งด้านหลังพนักงานขับรถ ทำให้ได้รับ o-xylene จากเบรกหรือไอระเหยจากถังน้ำมัน ในวันที่ 28 มกราคม 2554 ปริมาณ o-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจาก o-xylene เป็นส่วนประกอบของน้ำมันมีการถ่ายเทเข้าสู่ภายในรถจึงทำให้ความเข้มข้นของ o-xylene สูง ในวันที่ 1 ถึง 3 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ o-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ ทั้งนี้เนื่องจากมีผู้โดยสารจำนวนมาก รวมทั้งมีการจอดรับผู้โดยสารบ่อยครั้ง จึงทำให้อากาศภายนอกเข้ามาภายในรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

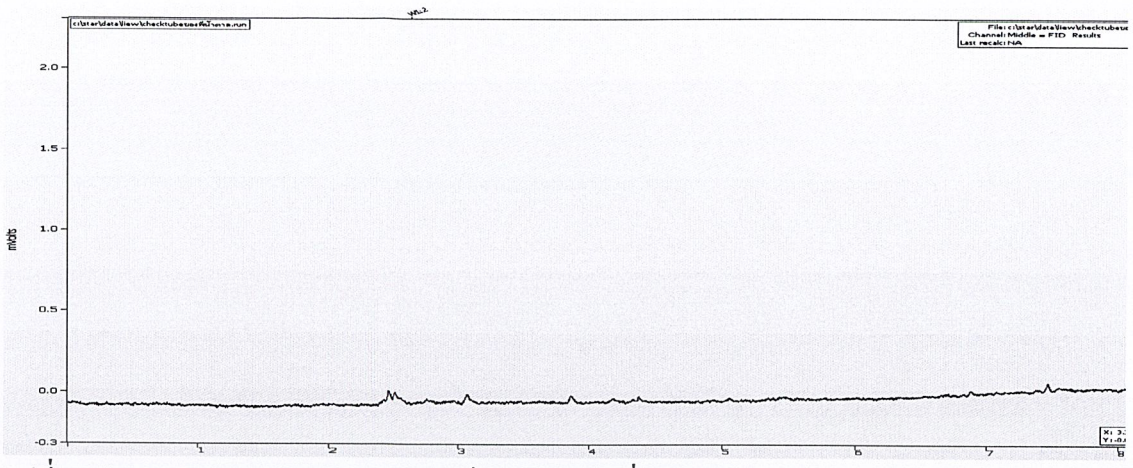
ในวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ o-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากขณะเก็บตัวอย่างในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศผู้เก็บตัวอย่างนั่งบริเวณด้านข้างพนักงานขับรถ ซึ่งทำให้ได้ไอระเหยจากน้ำมัน ซึ่งไอระเหยของน้ำมันมีส่วนประกอบของ o-xylene ขณะที่ผู้เก็บตัวอย่างในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศนั่งบริเวณใต้พัดลม ทำให้เกิดการกระจายตัวของ o-xylene จึงทำให้มีความเข้มข้นน้อยกว่าในวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ o-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าต่ำกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมาก ทั้งนี้อาจเกิดจากมีการปล่อยไอเสียที่มีเขม่าควันดำของรถโดยสารประจำทางสารอื่นที่อยู่บริเวณด้านหน้ารถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ และมีการจอดรับผู้โดยสารบริเวณหน้าปั๊มน้ำมันเป็นเวลานาน ในวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2554 และ 11 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ o-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ ทั้งนี้อาจเกิดจากในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีการจอดรับผู้โดยสารบ่อยครั้ง เปิดประตูรถค้างไว้นาน จึงทำให้ปริมาณ o-xylene สูง ใน 15 กุมภาพันธ์ 2554 ปริมาณ o-xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ เนื่องจากในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีผู้โดยสารจำนวนมาก จอดรับผู้โดยสารบ่อยครั้ง ส่วนในรถโดยสารไม่ปรับอากาศ ไม่พบปริมาณ o-xylene อาจเนื่องจากมีฝนตกทำให้เกิดการเจือจางความเข้มข้นของ o-xylene

จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นของ Chloroform และ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ พบว่า ความเข้มข้นของ Chloroform และ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีความเข้มข้นสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการถ่ายเทอากาศภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศไม่เพียงพอ จึงเกิดการสะสมของสารดังกล่าวสูงกว่าอากาศภายนอกรถ

4.3 การควบคุมคุณภาพ

การควบคุมคุณภาพ โดยการศึกษา breakthrough ในการเก็บตัวอย่างอากาศ โดย Sorbent tube 2 หลอดต่อกัน พบว่า หลอดที่ 2 ไม่มีการหลุดลอดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากหลอดที่ 1 ส่วน Trip blank ไม่พบสารอินทรีย์ระเหยง่ายแสดงว่าไม่เกิดการปนเปื้อนระหว่างการเดินทาง แสดงดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 โครมาโทแกรมของ Trip blank เก็บตัวอย่างวันที่ 17 ก.พ. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาปริมาณ chloroform, benzene, toluene, m/p-xylene และ o- xylene ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ ในระหว่างวันที่ 25 มกราคมถึง 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 เวลา 07.00 - 09.00 น. พบว่า

รถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีความเข้มข้นของ chloroform สูงที่สุด รองลงมาคือ toluene, m/p-xylene, benzene และ o-xylene ตามลำดับ และรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศมีความเข้มข้นของ chloroform สูงที่สุด รองลงมาคือ toluene, m/p-xylene, o-xylene และ benzene ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าอากาศที่ป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนครและสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นของ Chloroform และ BTX ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ พบว่า ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้ง 5 ชนิดในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศมีความเข้มข้นสูงกว่าในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเก็บ background ทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง เพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบปริมาณและความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายของตัวอย่างได้อย่างถูกต้อง
2. ควรเก็บตัวอย่างอากาศ 3 ซ้ำ ในแต่ละวัน
3. ควรทำการยืนยันชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยใช้ TDU-GC-MS
4. ควรเก็บข้อมูลสภาพอากาศ ได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2542. **เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการของสารเคมีเฉพาะเรื่อง เรื่องเบนซีน.** กรุงเทพฯ : ศรีเมืองการพิมพ์

กรมควบคุมมลพิษ. 2542. **เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการของสารเคมีเฉพาะเรื่อง เรื่องคลอโรฟอร์ม.** กรุงเทพฯ : ศรีเมืองการพิมพ์

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์. 2552. **เคมีบรรยากาศ.** กรุงเทพฯ : มหาลัยเกษตรศาสตร์

นพภาพร พานิช และคณะ. 2550. **ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พูลพร แสงบางปลา. 2537. **ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มลิวรรณ บุญเสนอ. 2544. **พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม (Environment Toxicology).** นครปฐม : มหาวิทยาลัยศิลปากร

วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, นิตยา มหาผล และธีระ เกรอต . 2543. **มลภาวะอากาศ.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วรุณพันธ์ จารุพันธ์. 2547. **การตรวจวัดสารมลพิษในบรรยากาศ**.[Online].Available: http://aqnis.pcd.go.th/activity_event/gas%20soholl/gasohol%20project/presentation004.pdf

วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์. 2553. **พิษของไซลีน**. [Online].Available: http://gotoknow.org/blog/toxico/416568

วาสนา บุญจริง และคณะ. 2549. **น้ำมันเบนซิน.** [Online].Available: http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/2549/m6-6/no11-14-16-49/gasoline_safe1.html

บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). 2551. **NGV คืออะไร.** [Online].Available: http://pttweb2.pttplc.com/webngv/TH/kw_if.aspx

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2550. **เรื่อง กำหนดค่ามาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี.** [Online].Available: http://legalbase.ptit.org/Law.aspx?lid=4004

Asia Pacific Petrochemical. 2008. **แบบแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับสารเคมีโทลูอีน.** [Online]. Available : http://www.apcbkk.com/file/thai/Hydrocarbon%20Group/Toluene.pdf

Asia Pacific Petrochemical. 2008. **แบบแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับสารเคมีไซลีน.** [Online].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Available : http://www.apcbkk.com/file/thai/Hydrocarbon%20Group/Xylene.pdf

Liu, Y., Shao, M., Fu, L., Lu, S., Zeng, L., Tang, D. 2008. **Source Profiles of Volatile Organic Compounds (VOCs) Measured in China: Part I.** Environmental Sciance. 42:6247–6260.

Parra, M.A., Elustondo, D. , Bermejo, R. and Santamaría, J.M. 2008. **Exposure to Volatile Organic Compounds (VOC) in Public Buses of Pamplona, Northern Spain.** Environ. Sci. 404: 18-25.

Chan, L.Y. , Lau, W.L.,Wang, X.M. and Tang, J.H. 2003. **Preliminary Measurements of Aromatic VOCs in Public Transportation Modes in Guangzhou, China.** Environ Int. 29: 429-435.

Lee, J.W. and Jo, W.K. 2002. **Actual Commuter Exposure to Methyl-tertiary butyl ether, Benzene and Toluene while Traveling in Korean Urban Areas.** Environ. Sci. 291: 219-228.

Jo, W-K. and Yu, C-H. 2001. **Public Bus and Taxicab Drivers' Exposure to Aromatic Work – Time Volatile Organic Compounds.** Environ. Res. 86: 66-72.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

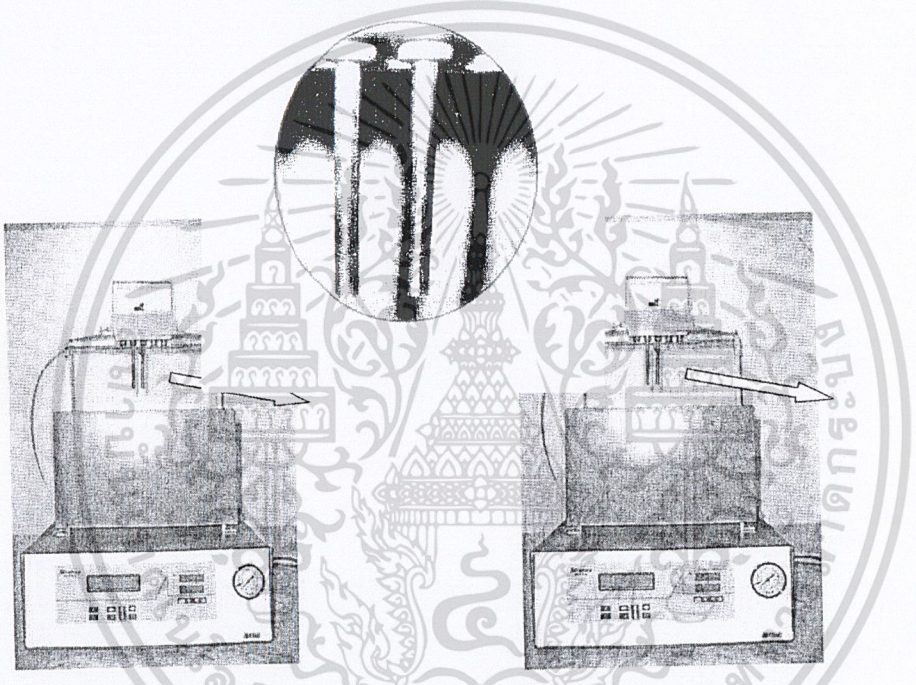
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการ Clean tube

วิธีการ Clean tube

1. ใส่ tube ที่ต้องการ clean ในช่องให้ครบทุกช่อง (ในกรณีที่ tube ที่ต้องการ clean ไม่ครบตามจำนวนช่องให้ใส่ tube ตันเพิ่มจนครบทุกช่อง) โดยใส่ tube ด้านที่ไม่มีรอยขีดเข้ากับส่วนหัวของเครื่อง Clean tube ขันน๊อตให้แน่นและปิดฝาเครื่อง ดังรูป



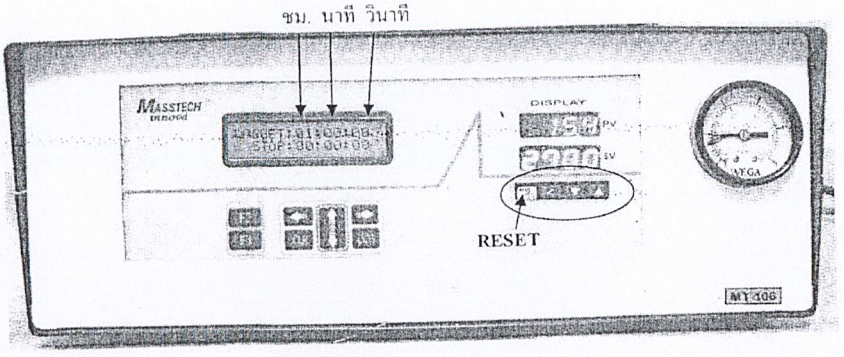
2.ปิดวาล์วที่ถังแก๊ส โดยไม่ต้องปรับอัตราการไหลและเปิดสวิตซ์ด้านหลังเครื่อง

3.ตั้งอุณหภูมิในการ Clean tube โดยกดปุ่ม [<] ไฟจะกระพริบให้ตั้งอุณหภูมิ โดย

- เลื่อนลูกศร [<] เพื่อเลื่อนตำแหน่งหลักในการตั้งอุณหภูมิ
- เลื่อนลูกศร [∨] เพื่อลดอุณหภูมิ
- เลื่อนลูกศร [∧] เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ

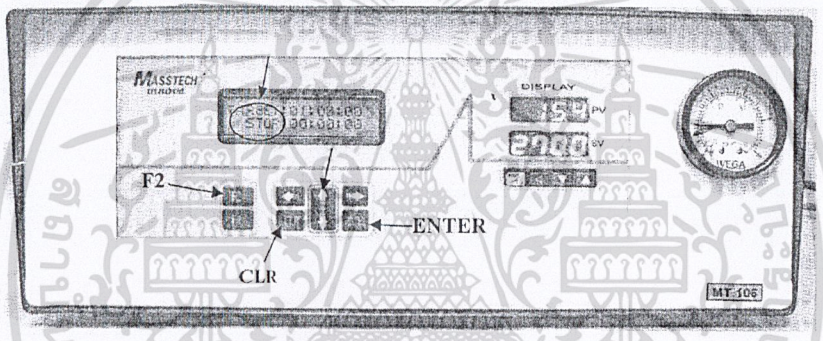
จากนั้นกดปุ่ม RESET เพื่อตั้งอุณหภูมิและรอจนอุณหภูมิที่ point value (PV)เท่ากับอุณหภูมิที่ set value (SV)(อุณหภูมิที่ตั้งต้องไม่เกิน 350 °C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.กดปุ่ม F2 เพื่อตั้งเวลาในการ Clean tube โดย

- เลื่อนลูกศร ซ้าย-ขวา เพื่อเลื่อนตำแหน่งในการตั้งเวลา
- เลื่อนลูกศร ขึ้น-ลง เพื่อเพิ่มหรือลดเวลาที่ต้องการตั้ง จากนั้นกดปุ่ม ENTERเพื่อเริ่มการ Clean tube และกด Enter อีกจนกว่าคำว่า STOP เปลี่ยนเป็น START



5.กดปุ่ม CLR เพื่อยกเลิกการ Clean tube

6.เมื่อทำการ Clean tube แล้วเสร็จต้องรอจนกว่าอุณหภูมิต่ำกว่า จึงปิดเครื่องและปิดวาล์วที่ถังแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคำนวณปริมาณสารจาก Stock Standard Gas ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ

Stock standard 10^9 ml มี benzene 1010 ml

Stock standard มา 5 ml มี benzene $\frac{1010 \text{ ml} \times 5 \text{ ml}}{10^9 \text{ ml}} = 5.05 \times 10^{-6}$ ml

ปริมาตรอากาศ 24.5 L มีปริมาณ benzene 78.12 g

ปริมาตรอากาศ 5.05×10^{-9} L มีปริมาณ benzene $\frac{78.12 \text{ g} \times (5.05 \times 10^{-9} \text{ L})}{24.5 \text{ L}} = 1.61022 \times 10^{-8}$ g

= 16.1022 ng

ตารางที่ ข-1 ปริมาณสารที่ได้จาก Stock Standard Gas

Name	MW	Stock (ppb)	Volume (ml)			
			1.5	5	15	25
			ng			
Propane	42.08	1050	2.7051	9.0171	27.0514	45.0857
Freon 22 (HCFC 22)	86.47	1020	5.3999	17.9999	53.9999	89.9994
Chloromethane	50.49	970	2.9985	9.9949	29.9849	49.9748
Isobutene	56.11	1010	3.4696	11.5655	34.6966	57.8276
Vinyl chloride	62.50	990	3.7883	12.6275	37.8826	63.1377
1,3-Butadiene	54.09	1010	2.7051	9.0171	27.0514	45.0857
Bromomethane	94.94	990	5.3999	17.9999	53.9996	89.9994
Pentane	72.15	1000	2.9985	9.9949	29.9849	49.9748
Isoprene	68.12	1010	3.4697	11.5655	34.6966	57.8277
Acrylonitrile	53.06	1000	3.7883	12.6276	37.8826	63.1377
Ethanol	46.07	1000	3.3447	11.1492	33.4475	55.7458
Acrolein	56.0	910	5.7541	19.1818	57.5453	95.9088
1,1-Dichloroethene	96.95	1050	4.4173	14.7245	44.1734	73.6224
Carbon disulfide	76.14	1020	4.2123	14.0411	42.1232	70.2053
Acetone	58.08	1070	3.2486	10.8286	32.4857	54.1428
Dichloromethane	84.94	1050	2.8206	9.4020	28.2061	47.0102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 ปริมาณสารที่ได้จาก Stock Standard Gas (ต่อ)

Name	MW	Stock (ppb)	Volume (ml)			
			1.5	5	15	25
			ng			
Acetonitrile	41.0	1000	3.1200	10.4000	31.2000	52.0000
Cyclopentane	70.14	970	6.2325	20.7750	62.3250	103.8750
trans-1,2-Dichloroethene	96.94	1010	4.7549	15.8495	47.5486	79.2477
2-Methoxy-2-methylpropane	88.15	1020	3.8048	12.6828	38.0483	63.4139
Hexane	86.18	1040	5.4604	18.2015	54.6043	91.0071
cis-1,2-Dichloroethene	96.94	1030	2.5102	8.3673	25.1020	41.8367
2-Butanone	72.11	1060	4.1655	13.8849	41.6546	69.4243
*Chloroform	119.38	1040	5.9945	19.9815	59.9445	99.9075
Cyclohexane	84.18	1020	5.5049	18.3496	55.0488	91.7479
*Benzene	78.12	1010	5.4874	18.2913	54.8738	91.4563
1,2-Dichloroethane	98.96	1010	6.1132	20.3772	61.1315	101.8859
Trichloroethylene	131.29	990	4.6798	15.5993	46.7979	77.9965
1,2-Dichloropropane	112.99	1030	7.6013	25.3378	76.0134	126.6889
1,4-Dioxane	88.11	990	5.2569	17.5232	52.5695	87.6159
*Toluene	92.15	1040	4.8306	16.1023	48.3068	80.5114
1,1,2-Trichloroethane	133.41	1030	6.1194	20.3979	61.1936	101.9894
Tetrachloroethylene	165.83	1000	7.9578	26.5259	79.5778	132.6297
Ethylbenzene	106.17	1010	7.1253	23.7509	71.2529	118.7548
*m/p-Xylene	106.17	1000	5.3405	17.8018	53.4054	89.0091
*o-Xylene	106.17	1040	5.8675	19.5584	58.6751	97.7918
Styrene	104.16	1040	8.4129	28.0433	84.1299	140.2166
1,1,2,2-Tetrachloroethane	167.85	1040	10.1529	33.8429	101.5286	169.2143
1,3,5-Trimethylbenzene	120.20	1030	6.5652	21.8840	65.6521	109.4201
1,2,4-Trimethylbenzene	120.20	1050	6.5002	21.6673	65.0020	108.3367
1,3-Dichlorobenzene	147.01	1030	6.7602	22.5340	67.6021	112.6702
1,4-Dichlorobenzene	147.01	1010	6.6322	22.1074	66.3223	110.5371
1,2,3-Trimethylbenzene	120.20	1010	10.6875	35.6253	106.8759	178.1265
Benzyl chloride	126.59	1030	7.5799	25.2665	75.7996	126.3326
1,2-Dichlorobenzene	147.01	1030	7.7271	25.7571	77.2714	128.7857

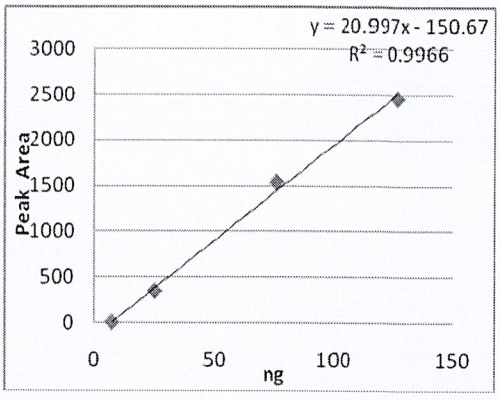
หมายเหตุ * คือสารประกอบสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่สนใจศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

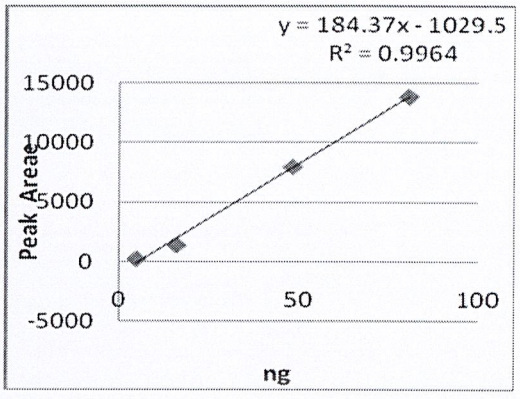
ตารางที่ ข-2 พื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐาน

No	Peak Name	Peak Area ของ standard			
		1.5 mL	5 mL	15 mL	25 mL
1	chloroform	-	344	1541	2460
2	Benzene	257	1427	7973	13837
3	Toluene	142	944	6214	13755
4	m/p-xylene	-	956	5444	11520
5	o-xylene	-	-	6029	12527

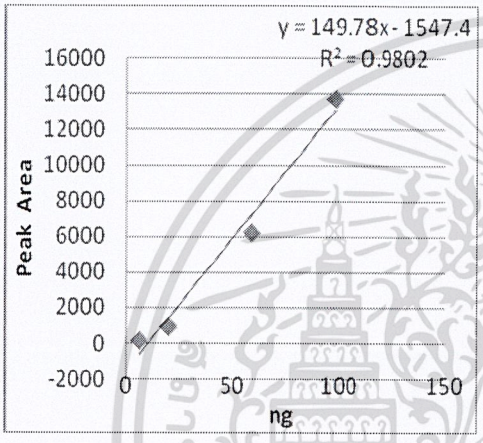
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



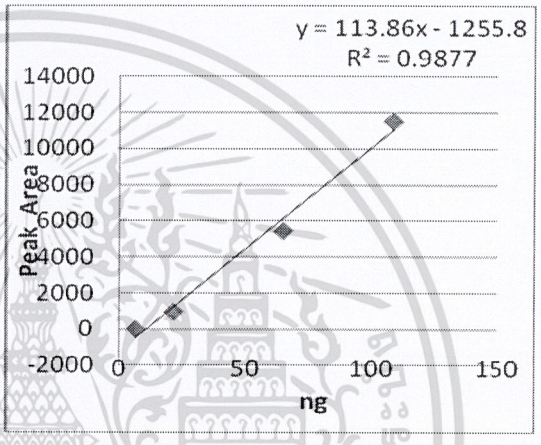
ก)



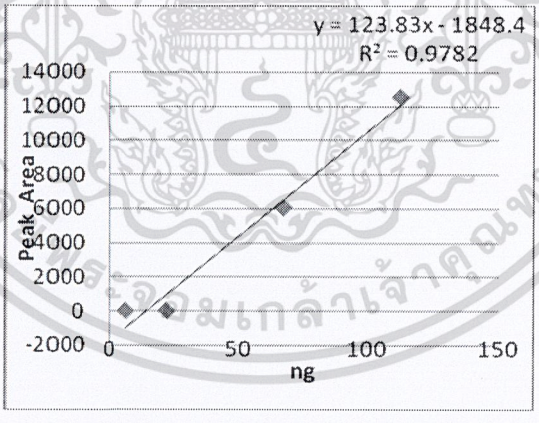
ข)



ค)



ง)



จ)

รูปที่ ข-1 กราฟมาตรฐาน ก) chloroform ข) benzene ค) toluene ง) m/p-xylene จ) o-xylene

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 สภาวะที่เก็บตัวอย่าง

วันที่เก็บตัวอย่าง	สภาวะที่เก็บตัวอย่าง	
	รถประจำทางปรับอากาศ	**รถประจำทางไม่ปรับอากาศ**
25 มกราคม 2554	อุณหภูมิ 26 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.814 L ระยะเวลาในการเก็บ 42 min อัตราการไหล 0.067 L/min	อุณหภูมิ 29 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.720 L ระยะเวลาในการเก็บ 40 min อัตราการไหล 0.068 L/min
26 มกราคม 2554	อุณหภูมิ 22 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.516 L ระยะเวลาในการเก็บ 37 min อัตราการไหล 0.068 L/min	อุณหภูมิ 30 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 3.450 L ระยะเวลาในการเก็บ 50 min อัตราการไหล 0.069 L/min
27 มกราคม 2554	อุณหภูมิ 26 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 3.400 L ระยะเวลาในการเก็บ 50 min อัตราการไหล 0.068 L/min	อุณหภูมิ 29 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.400 L ระยะเวลาในการเก็บ 48 min อัตราการไหล 0.070 L/min
28 มกราคม 2554	อุณหภูมิ 23 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 3.015 L ระยะเวลาในการเก็บ 45 min อัตราการไหล 0.067 L/min	อุณหภูมิ 28 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.970 L ระยะเวลาในการเก็บ 45 min อัตราการไหล 0.066 L/min
31 มกราคม 2554	อุณหภูมิ 22 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.315 L ระยะเวลาในการเก็บ 35 min อัตราการไหล 0.068 L/min	อุณหภูมิ 26 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.412 L ระยะเวลาในการเก็บ 36 min อัตราการไหล 0.067 L/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 สภาวะที่เก็บตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	สภาวะที่เก็บตัวอย่าง	
	รถประจำทางปรับอากาศ	**รถประจำทางไม่ปรับอากาศ**
1 กุมภาพันธ์ 2554	อุณหภูมิ 20°C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.479 L ระยะเวลาในการเก็บ 37 min อัตราการไหล 0.067 L/min	อุณหภูมิ 26°C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.450 L ระยะเวลาในการเก็บ 35 min อัตราการไหล 0.070 L/min
2 กุมภาพันธ์ 2554	อุณหภูมิ 21°C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.479 L ระยะเวลาในการเก็บ 37 min อัตราการไหล 0.067 L/min	อุณหภูมิ 25°C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.310 L ระยะเวลาในการเก็บ 33 min อัตราการไหล 0.070 L/min
3 กุมภาพันธ์ 2554	อุณหภูมิ 20°C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 1.863 L ระยะเวลาในการเก็บ 27 min อัตราการไหล 0.069 L/min	อุณหภูมิ 26°C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.176 L ระยะเวลาในการเก็บ 32 min อัตราการไหล 0.069 L/min
4 กุมภาพันธ์ 2554	อุณหภูมิ 19 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.450 L ระยะเวลาในการเก็บ 35 min อัตราการไหล 0.070 L/min	อุณหภูมิ 29 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.380 L ระยะเวลาในการเก็บ 35 min อัตราการไหล 0.068 L/min
7 กุมภาพันธ์ 2554	อุณหภูมิ 22 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 3.149 L ระยะเวลาในการเก็บ 47 min อัตราการไหล 0.067 L/min	อุณหภูมิ 29 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.010 L ระยะเวลาในการเก็บ 30 min อัตราการไหล 0.067 L/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 สภาวะที่เก็บตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	สภาวะที่เก็บตัวอย่าง	
	รถประจำทางปรับอากาศ	**รถประจำทางไม่ปรับอากาศ**
8 กุมภาพันธ์ 2554	อุณหภูมิ 22 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.881 L ระยะเวลาในการเก็บ 43 min อัตราการไหล 0.067 L/min	อุณหภูมิ 30 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.967L ระยะเวลาในการเก็บ 43 min อัตราการไหล 0.069 L/min
9 กุมภาพันธ์ 2554	อุณหภูมิ 19 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.415 L ระยะเวลาในการเก็บ 35 min อัตราการไหล 0.069 L/min	อุณหภูมิ 29 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.553 L ระยะเวลาในการเก็บ 37 min อัตราการไหล 0.069 L/min
10 กุมภาพันธ์ 2554	อุณหภูมิ 22 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 3.105 L ระยะเวลาในการเก็บ 45 min อัตราการไหล 0.069 L/min	อุณหภูมิ 28 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.622 L ระยะเวลาในการเก็บ 38 min อัตราการไหล 0.069 L/min
11 กุมภาพันธ์ 2554	อุณหภูมิ 21 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 3.604 L ระยะเวลาในการเก็บ 53 min อัตราการไหล 0.068 L/min	อุณหภูมิ 27 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 3.808 L ระยะเวลาในการเก็บ 56 min อัตราการไหล 0.068 L/min
14 กุมภาพันธ์ 2554	อุณหภูมิ 24 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 3.128 L ระยะเวลาในการเก็บ 46 min อัตราการไหล 0.068 L/min	อุณหภูมิ 30 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.720 L ระยะเวลาในการเก็บ 40 min อัตราการไหล 0.068 L/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 สภาวะที่เก็บตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	สภาวะที่เก็บตัวอย่าง	
	รถประจำทางปรับอากาศ	**รถประจำทางไม่ปรับอากาศ**
15 กุมภาพันธ์ 2554	อุณหภูมิ 22 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 3.196 L ระยะเวลาในการเก็บ 47 min อัตราการไหล 0.068 L/min	อุณหภูมิ 29 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 3.128 L ระยะเวลาในการเก็บ 46 min อัตราการไหล 0.068 L/min
สนามกีฬาพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	อุณหภูมิ 29 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 4.080 L ระยะเวลาในการเก็บ 60 min อัตราการไหล 0.068 L/min	อุณหภูมิ 27 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 2.720 L ระยะเวลาในการเก็บ 60 min อัตราการไหล 0.068 L/min
ป้ายรถโดยสารประจำทางบริเวณหน้าสวนพระนคร	อุณหภูมิ 30 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 3.973 L ระยะเวลาในการเก็บ 60 min อัตราการไหล 0.068 L/min	อุณหภูมิ 27 °C ความดัน 1.005 atm ปริมาตรอากาศ 4.193 L ระยะเวลาในการเก็บ 60 min อัตราการไหล 0.070 L/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การคำนวณหาปริมาณและความเข้มข้นของสารตัวอย่าง

1. การคำนวณหาปริมาณสารตัวอย่าง

ตัวอย่างจากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน Benzene Y = 184.37x - 1029.5 รถโดยสารประจำทางปรับอากาศ เก็บตัวอย่างวันที่ 25 มกราคม 2554 Peak Area ของ Benzene เท่ากับ 1419

แทนค่าในสมการจะได้ Y = 184.37x-1029.5

$$1419 = 184.37x - 1029.5$$

$$X = \frac{1419+1029.5}{184.37}$$

$$X = 13.28$$

ปริมาณสาร Benzene เท่ากับ 13.28 ng

2. การคำนวณหาความเข้มข้นของสารตัวอย่าง

ตัวอย่าง คำนวณจากปริมาตรอากาศที่สภาวะ (25 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ)

อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง 26 องศาเซลเซียส

ความดัน 1.005 atm

ระยะเวลาในเก็บตัวอย่าง 42 นาที

อัตราการไหลที่ผ่าน sorbent tube 0.067 ลิตร/นาที

ดังนั้น ปริมาตรอากาศที่ผ่าน sorbent tube = 0.067 ลิตร/นาที x 42 นาที

ปริมาตรอากาศ = 2.814 ลิตร

จากสูตร $\frac{P1V1}{T1} = \frac{P2V2}{T2}$

$$\frac{(1atm)V1}{(273+25)} = \frac{(1.005atm)2.814}{(273+26)}$$

$$V_1 = 2.819$$

ปริมาตรอากาศที่ STP = 2.819 L

ปริมาณสาร Benzene ที่พบ 13.28 ng

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ความเข้มข้นของสาร Benzene ที่พบ = $\frac{13.28\ ng}{2.819\ L}$

= 4.71 ng/L

= 4.71 $\mu g/m^3$

ตารางที่ ค-1 ปริมาณและความเข้มข้นของสารตัวอย่าง

วันที่เก็บตัวอย่าง	สาร	รถประจำทางปรับอากาศ			รถประจำทางไม่ปรับอากาศ		
		Peak Area	ปริมาณสาร (ng)	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)	Peak Area	ปริมาณสาร (ng)	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
25/01/54	chloroform	1568	162.71	57.72	226	98.80	36.63
	benzene	1419	13.28	4.71	691	9.33	3.46
	toluene	9548	74.08	26.28	3673	34.85	12.92
	m/p-xylene	208	12.87	4.56	2013	28.75	10.66
	o-xylene	1130	59.93	7.45	373	17.94	6.65
26/01/54	chloroform	156	95.46	37.38	2458	205.10	60.15
	benzene	1902	15.90	6.23	8078	49.40	14.49
	toluene	12063	90.87	35.58	23529	167.42	49.10
	m/p-xylene	5557	59.93	23.47	5420	58.72	17.22
	o-xylene	1945	28.16	11.02	2688	36.63	10.74
27/01/54	chloroform	2093	187.71	55.11	317	103.13	43.33
	benzene	2161	17.31	5.08	155	6.43	2.67
	toluene	18234	132.07	38.78	5517	47.17	19.82
	m/p-xylene	5060	55.56	16.31	3474	41.61	17.48
	o-xylene	1045	20.24	5.94	1202	24.63	10.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 ปริมาณและความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	สาร	รถประจำทางปรับอากาศ			รถประจำทางไม่ปรับอากาศ		
		Peak Area	ปริมาณสาร (ng)	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)	Peak Area	ปริมาณสาร (ng)	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
28/01/54	chloroform	2788	220.81	72.37	2968	229.39	77.63
	benzene	13144	149.69	49.06	3176	22.81	7.72
	toluene	26569	187.72	61.53	26428	186.98	63.28
	m/p-xylene	7202	74.40	24.39	7884	80.40	27.21
	o-xylene	3266	39.78	13.04	922	22.37	7.57
31/01/54	chloroform	102	92.89	38.96	658	119.37	49.41
	benzene	149	6.38	2.67	1114	11.63	4.81
	toluene	12284	92.35	38.74	63.3	10.75	4.45
	m/p-xylene	4912	54.26	22.76	4305	48.92	20.25
	o-xylene	634	16.62	6.97	687	20.48	8.48
1/02/54	chloroform	2781	220.48	87.01	139	94.66	38.57
	benzene	2704	20.25	7.99	1195	12.07	4.92
	toluene	31196	218.61	86.27	8521	67.22	27.39
	m/p-xylene	7599	77.89	30.74	3088	38.21	15.57
	o-xylene	2176	30.19	11.91	483	18.83	7.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 ปริมาณและความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	สาร	รถประจำทางปรับอากาศ			รถประจำทางไม่ปรับอากาศ		
		Peak Area	ปริมาณสาร (ng)	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)	Peak Area	ปริมาณสาร (ng)	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
2/02/54	chloroform	3298	245.10	97.07	210	98.04	42.21
	benzene	3198	22.93	9.08	890	10.41	4.48
	toluene	25092	177.86	70.44	7495	60.37	26.00
	m/p-xylene	70	11.66	4.62	3442	41.33	17.80
	o-xylene	2008	28.71	11.37	1263	25.13	10.82
3/02/54	chloroform	2835	223.05	117.15	1414	155.38	71.28
	benzene	8190	50.01	26.26	5516	35.50	16.29
	toluene	19627	141.37	74.25	12908	96.51	44.27
	m/p-xylene	5548	59.85	31.43	4076	46.90	21.52
	o-xylene	2339	31.62	16.61	1859	29.94	13.73
4/02/54	chloroform	2713	217.24	86.45	3384	249.20	105.59
	benzene	11447	67.67	26.93	3233	23.12	9.80
	toluene	32450	226.98	90.32	24936	176.82	74.92
	m/p-xylene	8315	84.19	33.51	7184	74.24	31.46
	o-xylene	3838	44.81	17.83	1179	24.45	10.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 ปริมาณและความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	สาร	รถประจำทางปรับอากาศ			รถประจำทางไม่ปรับอากาศ		
		Peak Area	ปริมาณสาร (ng)	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)	Peak Area	ปริมาณสาร (ng)	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
7/02/54	chloroform	1451	157.14	49.15	5396	345.03	173.12
	benzene	4612	30.60	9.57	11890	70.07	35.16
	toluene	16054	117.52	36.76	45590	314.71	157.91
	m/p-xylene	3246	39.60	12.39	11936	116.71	58.23
	o-xylene	1226	21.83	6.83	5178	56.74	28.47
8/02/54	chloroform	3783	268.20	91.69	160	95.66	32.61
	benzene	8044	49.21	16.83	1045	11.25	3.84
	toluene	24771	175.71	60.07	5707	48.43	16.51
	m/p-xylene	5354	58.14	19.88	3303	40.10	13.67
	o-xylene	2550	33.48	11.45	625	19.97	6.81
9/02/54	chloroform	3893	273.44	110.39	3792	268.63	106.10
	benzene	3525	27.70	9.97	3720	25.76	10.17
	toluene	35876	249.86	100.87	42290	292.68	115.59
	m/p-xylene	8550	86.26	34.82	9708	96.44	38.09
	o-xylene	1129	20.98	8.47	1559	27.52	10.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 ปริมาณและความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	สาร	รถประจำทางปรับอากาศ			รถประจำทางไม่ปรับอากาศ		
		Peak Area	ปริมาณสาร (ng)	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)	Peak Area	ปริมาณสาร (ng)	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
10/02/54	chloroform	104	92.99	29.50	210	98.04	37.58
	benzene	209	6.72	2.13	1231	12.26	4.70
	toluene	13621	101.27	32.13	13061	97.53	37.38
	m/p-xylene	6088	64.60	20.50	6020	64.00	24.53
	o-xylene	702	17.22	5.46	733	20.85	8.00
11/02/54	chloroform	4999	326.11	88.84	196	97.37	25.61
	benzene	13460	78.59	21.41	221	6.78	1.78
	toluene	42098	291.40	79.38	10031	77.30	20.33
	m/p-xylene	9756	96.87	26.39	6868	71.46	18.80
	o-xylene	4316	49.01	13.35	874	21.99	5.78
14/02/54	chloroform	114	93.46	29.63	1576	163.10	60.65
	benzene	801	9.93	3.15	1596	14.24	5.30
	toluene	10289	79.03	25.06	15126	111.32	41.40
	m/p-xylene	3923	45.56	14.44	3391	40.88	15.20
	o-xylene	1411	23.46	7.44	902	22.21	8.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 ปริมาณและความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	สาร	รถประจำทางปรับอากาศ			รถประจำทางไม่ปรับอากาศ		
		Peak Area	**ปริมาณสาร (ng)**	**ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)**	**Peak Area**	**ปริมาณสาร (ng)**	**ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)**
15/02/54	chloroform	319	103.22	31.81	-	-	-
	benzene	94	6.09	1.88	317	7.30	2.35
	toluene	17419	126.63	39.02	-	-	-
	m/p-xylene	6225	65.81	19.36	-	-	-
	o-xylene	486	15.32	4.71	-	-	-
ความเข้มข้นเฉลี่ย	chloroform	67.51			60.03		
	benzene	12.68			8.25		
	toluene	55.97			44.45		
	m/p-xylene	21.22			21.73		
	o-xylene	9.99			9.66		

หมายเหตุ : วันที่ 15/02/54 การเก็บตัวอย่างอากาศในรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศอาจเกิดข้อผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2 ผลการตรวจวัด Chloroform และ BTX ริมถนนบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทางหน้าสวนพระนคร

สาร	Peak Area		ปริมาณสาร (ng)		ความเข้มข้น (ng/L)		ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)	S.D.
	1	2	1	2	1	2		
Chloroform	1119	1038	141.33	137.47	35.57	32.79	34.18	1.219
Benzene	2799	2943	20.77	21.55	5.23	5.14	5.19	0.062
Toluene	14555	8068	107.51	64.20	27.06	15.31	21.19	8.345
m/p-Xylene	2771	1827	35.42	27.12	8.92	6.47	7.70	1.735
o-Xylene	682	405	20.43	18.20	5.14	4.34	4.74	0.570

หมายเหตุ : เก็บตัวอย่างอากาศริมถนนบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทาง 1 ครั้ง จำนวน 2 ซ้ำ ดังนั้นจึงถือว่าเป็นตัวแทนของอากาศริมถนนในช่วงระยะเวลาในการเก็บอากาศ

ตารางที่ ค-3 ผลการตรวจวัด Chloroform และ BTX บริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง

สาร	Peak Area		ปริมาณสาร (ng)		ความเข้มข้น (ng/L)		ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
	1	2	1	2	1	2	
Chloroform	1080	-	58.61	-	14.47	-	7.24
Benzene	-	317	-	7.30	-	2.69	1.35
Toluene	6810	-	55.80	-	13.74	-	6.87
m/p-Xylene	2250	-	30.79	-	7.60	-	3.80
o-Xylene	2028	-	31.30	-	7.78	-	3.89

หมายเหตุ : เก็บตัวอย่างอากาศบริเวณสนามกีฬาพระจอมเกล้าลาดกระบัง 1 ครั้ง จำนวน 2 ซ้ำ ดังนั้นจึงถือว่าเป็นตัวแทนของอากาศในช่วงระยะเวลาในการเก็บอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้