

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประเมินการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์
: ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและในสำนักหอสมุดกลาง
FORMALDEHYDE AND NITROGEN DIOXIDE EXPOSURE
ASSESSMENT : AIR CONDITION BUS AND CENTRAL LIBRARY



T117309



ณัฐกานต์ หล้าผาสุข
วิชรินทร์ จันสุวรรณ
แหวตา วางงาน

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 117309
วันเดือนปี..... 20 ก.ค. 2554

b. 1232556A
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**FORMALDEHYDE AND NITROGEN DIOXIDE EXPOSURE
ASSESSMENT : AIR CONDITION BUS AND CENTRAL LIBRARY**



**A SPECIAL PROJECT SUMITTED IN PARTIAL FULFILLMANT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2010**



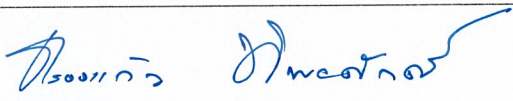
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การประเมินการรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์
: ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและในสำนักหอสมุดกลาง
Formaldehyde and Nitrogen Dioxide Exposure Assessment : Air
Condition Bus and Central Library

นักศึกษา นางสาวณัฐกานต์ หล้าผาสุข
นางสาววัชรินทร์ จันสุวรรณ
นางสาวแววตา วางงาน

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2553
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
ทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2553

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สุวรรณณี จรรยาพูน	
ผศ.ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์	
ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การประเมินการรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ : ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศและในสำนักหอสมุดกลาง	
นักศึกษา	นางสาวณัฐกานต์	หล้าผาสุข
	นางสาววัชรินทร์	จันทสุวรรณ
	นางสาวเววตา	วางงาน
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	
ปีการศึกษา	2553	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.กรองแก้ว	ทิพย์ศักดิ์

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ (HCHO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ภายในสำนักหอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ เพื่อประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสาร HCHO ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ในการเก็บตัวอย่าง HCHO ทำการเก็บด้วยวิธีแอดทิพ (NIOSH 3500) ใช้สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์เป็นสารดูดซึม ส่วน NO₂ ทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีพาสตีฟ (Ayer, *et al.*, 2001) โดยเก็บตัวอย่างจุดเดียวกับ HCHO ภายในสำนักหอสมุดกลางตรวจวัดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากการตรวจวัดภายในสำนักหอสมุดกลางบริเวณชั้น 1 ชั้น 3 และห้องวิทยานิพนธ์มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น HCHO เท่ากับ 9.93 ± 1.16 , 8.21 ± 0.39 และ 6.41 ± 0.63 ppb ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NO₂ เท่ากับ 6.50 ± 0.53 , 4.67 ± 0.50 และ 4.04 ± 0.37 ppb ตามลำดับ ซึ่งพบว่าชั้น 1 มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ HCHO และ NO₂ สูงที่สุด ส่วนภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ ทำการตรวจวัดทั้งช่วงเช้าและช่วงสายในช่วงเวลา 7.30 – 11.30 น. พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ HCHO ในช่วงวันทำการช่วงเช้าและช่วงสายมีค่าเท่ากับ 14.61 ± 0.47 และ 12.93 ± 0.80 ppb ส่วนค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ NO₂ มีค่าเท่ากับ 31.69 ± 5.12 และ 28.55 ± 4.55 ppb สำหรับช่วงวันหยุดพบว่าช่วงสายมีการจราจรหนาแน่นกว่าทำให้มีความเข้มข้นของสารมลพิษทั้งสองชนิดสูงกว่าในช่วงเช้า จากการประเมินความเสี่ยงจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้เมื่อใช้ความเข้มข้นเฉลี่ยทั้ง 3 จุดที่สำนักหอสมุดกลางพบว่าทุกจุดที่ทำการศึกษาเพศหญิงมีความเสี่ยงมากกว่าเพศชาย ส่วนการประเมินความเสี่ยงนักศึกษาที่เดินทางโดยรถโดยสารประจำทางปรับอากาศไม่พบความเสี่ยง

คำสำคัญ: ฟอร์มัลดีไฮด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ การประเมินความเสี่ยง

Title	FORMALDEHYDE AND NITROGEN DIOXIDE EXPOSURE ASSESSMENT: AIR CONDITION BUS AND CENTRAL LIBRARY	
Students	Miss Nattakan	Lumpasuk
	Miss Watcharin	Junsuwan
	Miss Waewta	Wangngan
Degree	Bachelor of Science	
Major	Environmental Resource Chemistry	
Academic year	2010	
Advisor	Asst. Prof. Krongkaew Tippayasak	

ABSTRACT

This special project study on exposure of formaldehyde (HCHO) and nitrogen dioxide (NO₂) in the Central Library at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang and the air condition bus. HCHO exposure was quantified for risk assessment because of its carcinogenic. The samples were drawn and analyzed by active method (NIOSH 3500) with sodium bi-sulfite as absorbing solution while NO₂ were collecting by passive method (Ayer, *et al.*, 2001) for 8 hours in the 1st, 3rd floor and the thesis room. The results showed that the average of HCHO concentration were 9.93 ± 1.16 , 8.21 ± 0.39 and 6.41 ± 0.63 ppb, respectively. The average of NO₂ concentration were 6.50 ± 0.53 , 4.67 ± 0.50 and 4.04 ± 0.37 ppb, respectively. In the bus, samples were collected during 7.30 - 11.30 am. In working day, the average of HCHO concentration in the early morning within the rush hours was 14.61 ± 0.47 ppb and was 12.93 ± 0.80 ppb during the late morning (non – rush hours). NO₂, measured in the same time, were 31.69 ± 5.12 ppb and 28.55 ± 4.55 ppb, respectively. In contrast, the late morning during holiday the traffic jam occurred so that the average concentration both pollutants were higher than in the early morning. From the risk assessment at assumption criteria, female has more risk than male in all the central library site, while the risk from bus transportations were not found.

Keywords: formaldehyde, nitrogen dioxide, risk assessment

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือ ตลอดจนการจัดหาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ในการทำโครงการพิเศษ คณะผู้จัดทำโครงการพิเศษจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆในโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร.สุวรรณี จรรยาพูน และ ผศ.ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษที่ให้ความรู้และคำแนะนำที่จะเป็นแนวทางในการทำโครงการพิเศษนี้ อีกทั้งความอนุเคราะห์ตรวจทานและแก้ไขโครงการพิเศษนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่ดี ตลอดจนการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเคมี เจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อนนักศึกษาที่เป็นกำลังใจและช่วยสนับสนุนการทำโครงการพิเศษนี้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณ บุคลากรสำนักหอสมุดกลางและพนักงานประจำรถประจำทางสาย 517 ทุกท่าน ที่ให้ความสะดวกและให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษนี้

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษนี้จนเสร็จสมบูรณ์

นางสาวณัฐกานต์ หล้าผาสุข

นางสาวแววตา วางงาน

นางสาววัชรินทร์ จันสุวรรณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
คำย่อและสัญลักษณ์	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 พอร์มาลดีไฮด์	4
2.2 ผลกระทบของพอร์มาลดีไฮด์	5
2.3 แหล่งกำเนิดพอร์มาลดีไฮด์	8
2.4 กลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงาน	9
2.5 ปัจจัยเหตุของกลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิด	10
2.6 มาตรฐานคุณภาพอากาศ	11
2.7 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน	12
2.8 มาตรฐานก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ	16
2.9 การเก็บตัวอย่างอากาศ	17
2.10 การประเมินความเสี่ยงภัย	21
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	28
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	28
3.2 สารเคมี	29
3.3 วิธีการทดลอง	30
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	35
4.1 การเลือกพื้นที่ศึกษา	35
4.2 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ	35
4.3 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศ โดยวิธีเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ	39
4.4 การประเมินความเสี่ยงจากฟอร์มาลดีไฮด์จากพื้นที่ศึกษา	45
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	46
5.1 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์และฟอร์มาลดีไฮด์ ในพื้นที่ต่างๆภายในบริเวณสำนักหอสมุดกลาง	46
5.2 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์และฟอร์มาลดีไฮด์ ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ สาย 517	47
5.3 การประเมินความเสี่ยงจากฟอร์มาลดีไฮด์จากพื้นที่ศึกษา	48
5.4 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข	48
5.5 ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์และการหาความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์	51
ภาคผนวก ข. การคำนวณความเข้มข้นที่แน่นอนของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	55
ภาคผนวก ค. การประกันคุณภาพสำหรับการเก็บตัวอย่างในบรรยากาศทั่วไป	62

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง. ผลการวิเคราะห์และตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้น	65
ภาคผนวก จ. การประเมินความเสี่ยง	96
ภาคผนวก ฉ. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	100



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของฟอร์มัลดีไฮด์	4
ตารางที่ 2.2 ระดับความเป็นพิษของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	6
ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์	12
ตารางที่ 2.4 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไนโตรเจนไดออกไซด์	13
ตารางที่ 2.5 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อการได้รับสัมผัสที่เวลาต่างๆ	15
ตารางที่ 2.6 ค่ามาตรฐานก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ	16



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ	19
รูปที่ 2.2 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ	21
รูปที่ 3.1 พื้นที่ภายในสำนักหอสมุดกลาง	30
รูปที่ 3.2 แผนผังพื้นที่ต่างๆ ในชั้นที่ 1 และชั้น 3 ภายในสำนักหอสมุดกลาง	31
รูปที่ 3.3 รถโดยสารประจำทางปรับอากาศ สาย 517	32
รูปที่ 3.4 เส้นทางการเดินทางรถ ลาดกระบัง – หอมชิตใหม่	33
รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ที่บริเวณต่างๆภายในสำนักหอสมุดกลาง และพื้นที่ภายนอกสำนักหอสมุดกลางที่เวลาการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง	36
รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ช่วงเช้าและช่วงสายในวันทำการ	37
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ช่วงเช้าและช่วงสายในวันหยุด	38
รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในวันทำการและวันหยุด	38
รูปที่ 4.5 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในสำนักหอสมุดกลาง และจุดอ้างอิงที่เวลาการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง	39
รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารปรับอากาศ กับเที่ยวการเดินทางในวันทำการ	41
รูปที่ 4.7 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารปรับอากาศ กับเที่ยวการเดินทางช่วงเช้าและช่วงสายในช่วงวันหยุด	42
รูปที่ 4.8 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เปรียบเทียบกับ กับช่วงวันทำการและวันหยุด	43
รูปที่ 4.9 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์ และในบรรยากาศทั่วไป	44
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ ในวันทำการ	44

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อและสัญลักษณ์	ความหมาย
μL	ไมโครลิตร
ppm	หนึ่งในล้านส่วน
ppb	หนึ่งในพันล้านส่วน
ppbv	หนึ่งในพันล้านส่วนของปริมาตรอากาศ
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
mg/m^3	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
mg/km	มิลลิกรัมต่อกิโลเมตร
NIOSH	หน่วยงานวิชาการที่ศึกษา วิเคราะห์ วิจัย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานและออกคู่มือสำหรับเป็นแนวทางปฏิบัติ
OSHA	หน่วยงานที่กำหนดและดูแลการบังคับใช้กฎหมายด้านความปลอดภัยในการทำงาน
US EPA	องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันการเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนาความเจริญในด้านต่างๆ เช่น ด้านอุตสาหกรรม ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ก่อให้เกิดมลพิษแฝงตัวอยู่มากมายในสิ่งแวดล้อมที่อาจส่งผลกระทบต่อชีวิตและสุขภาพอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในชีวิตประจำวันนั้นมนุษย์ได้รับมลพิษใกล้ตัวส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปของไอระเหย ซึ่งมาจากการใช้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น สีทาบ้าน ควันบุหรี่ สารที่เกิดจากการเผาไหม้และปะปนในอากาศทั่วไป จากผลการวิจัยจากหน่วยงานสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (Environmental Protection Agency : US EPA) พบว่าอากาศภายในอาคารมีสิ่งปนเปื้อนมากกว่าภายนอกอาคาร 2-5 เท่า นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าอาคารที่เพิ่งสร้างเสร็จใหม่มีสารระเหยอินทรีย์ในอากาศมากกว่าภายนอกอาคาร 100 เท่า ทำให้เสี่ยงต่อการเป็นโรค Sick Building Syndrome, SBS หรือโรคที่เกิดอาการระคายเคืองของผิวหนังและเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการทำงานที่เกิดขึ้นกับกลุ่มคนทำงานในอาคารห้องใดห้องหนึ่งหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคาร และอาจจะหายไปเมื่อออกจากอาคาร และจากข้อมูลที่ทำการศึกษาพบว่าในบรรยากาศทั่วไปพบสารที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศหลายชนิด โดยสารมลพิษที่พบในอากาศได้แก่ สารฟอร์มัลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น (<http://www.uniserv.buu.ac.th>)

ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde : HCHO) เป็นสารเคมีที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอย่างรุนแรง วัสดุที่เป็นแหล่งที่มาของฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคารที่สำคัญได้แก่ ไม้อัดและผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก ไม้อัด โฟมที่ใช้ทำฉนวนกันความร้อน ผลิตภัณฑ์กระดาษไฟเบอร์กลาส ฝ้าบานและพรมปูพื้น ฟอร์มัลดีไฮด์ยังใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์และ ไม้เนื้อแข็งต่างๆ รวมทั้งพื้นผนังที่ทำด้วยไม้ เป็นต้น จากการศึกษาในประเทศจีนพบว่ามากกว่า 65% ของปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ทั้งหมดใช้เป็นส่วนประกอบในเรซินที่ใช้ทำกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ และเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสารเคมีที่ใช้กับของใช้ต่าง ๆ เช่น วัสดุก่อสร้าง ไม้อัด กาวกระดาษ ฝ้า เป็นต้น (Tang, X.et.al. 2009) ดังนั้นฟอร์มัลดีไฮด์จึงจัดเป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญมีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยตรง ผลของการได้รับสารฟอร์มัลดีไฮด์ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจส่วนบน เกิดอาการระคายเคืองดวงตา จมูก ลำคอ ทำให้เกิดการอักเสบ น้ำมูก น้ำตาไหล ไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ยังทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง และเป็นสาเหตุของอาการหอบหืด ซึ่งอันตรายที่เกิดส่วนใหญ่นั้นมาจากการสัมผัสกับสารพิษนั้น โดยตรงหรือหายใจเอาสารพิษนั้นเข้าไปเป็นระยะเวลานาน เมื่อได้รับมากๆ จะทำให้เป็น

อันตรายต่อสุขภาพ อาจรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตโดยเฉียบพลันหรืออาจเกิดโรคร้ายแรงตามมา เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรคมะเร็งโพรงจมูก มะเร็งคอหอยส่วนจมูก เป็นต้น นอกจากนี้ในบรรยากาศทั่วไปยังพบสารมลพิษหลักอีกชนิดหนึ่ง คือ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ซึ่งเป็นสารมลพิษพื้นฐานที่พบได้โดยทั่วไปทั้งภายในและนอกอาคาร เกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่อุณหภูมิสูง แหล่งกำเนิดสำคัญที่พบ เช่น ยานพาหนะ และเตาแก๊สที่ใช้ภายในอาคาร เป็นต้น การได้รับก๊าซ NO₂ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาวจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยในระยะสั้นจะส่งผลกระทบต่อทำให้เสี่ยงต่อโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น เช่น โรคหอบหืด ส่วนในระยะยาวพบว่าทำให้สมรรถภาพการทำงานของปอดลดลง เป็นต้น (<http://hpe4.anamai.moph.go.th>)

จากปัญหาที่พบดังนั้นการศึกษานี้จึงได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆที่พบภายในอาคารและในยานพาหนะ ซึ่งในปัจจุบันบางประเทศได้มีความตระหนักถึงอันตรายของฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ที่แอบแฝงอยู่ในบรรยากาศ รวมถึงประเทศไทยซึ่งมีสภาพอากาศที่ร้อน เกิดการระเหยของฟอร์มาลดีไฮด์ออกมาได้มากขึ้น ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้สนใจตรวจวัดปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในการได้รับเพื่อนำมาประเมินความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นจากผู้ที่ได้รับสารฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่เป็นประจำ เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมปริมาณการใช้และวิธีป้องกันอันตรายจากการรับสัมผัสทางการหายใจเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยวิธีแอกทิฟ และไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีพาสสิฟ
2. เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มาจากแหล่งกำเนิด ต่างๆภายในอาคาร
3. เพื่อประเมินความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจเป็นระยะเวลานานๆ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ทำการตรวจวัด ในบริเวณที่คาดว่าจะจะเป็นแหล่งกำเนิดของฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์จำนวน 2 แหล่ง คือ
 - 1) หอสมุดกลางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทำการตรวจวัด 3 บริเวณคือ บริเวณชั้น 1 ชั้น 3 และห้องวิทยานิพนธ์ โดยตรวจวัดในช่วงเวลาทำการ 8 ชั่วโมง
 - 2) รถโดยสารปรับอากาศประจำทางสาย 517 ลาดกระบัง-หมอชิตใหม่ โดยตรวจวัดในวันทำการและวันหยุด ในช่วงเช้า (7.30 – 9.30 น.) และช่วงสาย (10.00 – 12.00 น.)
2. ทำการเก็บตัวอย่างฟอร์มาลดีไฮด์ ด้วยวิธีแอกทิฟโดยวิเคราะห์ตัวอย่างตามวิธีมาตรฐาน NIOSH 3500 และทำการเก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีพาสสิฟ
3. ทำการประเมินความเสี่ยงของผู้ที่ได้รับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์เป็นประจำ
 - 1) บุคลากรที่ปฏิบัติงานในสำนักหอสมุดกลางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 - 2) นักศึกษาที่โดยสารรถประจำทางสาย 517 เป็นประจำ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในสำนักหอสมุดกลางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ
2. เป็นแนวทางในการประเมินความเสี่ยงของนักศึกษาและบุคลากรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้รับความเสี่ยงเพิ่มขึ้นจากการได้รับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์จากแหล่งกำเนิดภายในอาคารและจากการเดินทางด้วยรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

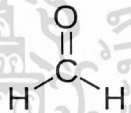
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พอร์มาลดีไฮด์

พอร์มาลดีไฮด์หรือพอร์มาลิน ในทางเคมีคือสารชนิดเดียวกัน เพียงแต่ว่าเมื่ออยู่ในรูปของสารละลายจะเรียกว่า “พอร์มาลิน” พอร์มาลิน หมายถึง สารละลายที่ประกอบด้วยแก๊สพอร์มาลดีไฮด์ประมาณร้อยละ 37 โดยน้ำหนักในน้ำ และมีเมทานอลปนอยู่ด้วยประมาณร้อยละ 10-15 เพื่อป้องกันการเกิดพอลิเมอร์ พอร์มาลดีไฮด์เป็นสารเคมีที่มีสมบัติทางเคมีและกายภาพ ดังนี้

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของพอร์มาลดีไฮด์

พารามิเตอร์	สมบัติ
สูตรโมเลกุล	CH ₂ O
สูตรโครงสร้าง	
น้ำหนักโมเลกุล	30.03 AMU
สี	ไม่มีสี
กลิ่น	ฉุน
ค่าพีเอช	pH 3-4 ที่อุณหภูมิ 20 °C
จุดหลอมเหลว	≈ -118 °C
จุดเดือด	≈ 96 – 98 °C
อุณหภูมิติดไฟ	≈ 300 °C
จุดวาบไฟ	≈ 62 °C
ขอบเขตการระเบิด	7 Vol % เขตล่าง
เขตบน	73 Vol %
ความหนาแน่น / ความถ่วงจำเพาะ	1.09 g/cm ³ ที่อุณหภูมิ 20 °C
ความสามารถในการละลาย	ละลายในน้ำที่อุณหภูมิ 20 °C ละลายในเอทานอลที่อุณหภูมิ 20 °C
ค่าคงที่ของเฮนรี่	3.27x10 ⁻⁷ atm·m ³ /mol (25 °C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติสารละลายนี้จะไม่เสถียรเมื่อเก็บไว้นาน โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง จะกลายเป็นกรดฟอร์มิก จึงมีการเติมเมทานอลร้อยละ 5-15 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งหรือเรียกว่า สารเสถียร (Stabilizer) แล้วนำมาขายในรูปของพาราฟอร์มัลดีไฮด์ (ศรีนัย, 2551)

2.2 ผลกระทบของฟอร์มัลดีไฮด์

2.2.1 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย

ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง มีฤทธิ์กัดกร่อนต่อตา ผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ การหายใจเข้าไปทำให้ปอดอักเสบ การกลืนหรือกินเข้าไปทำลายตับและไต การสัมผัสสารเป็นเวลานาน ทำให้ผิวหนังผิดปกติ ก่อให้เกิดเนื้องอก มีผลทำลายตับ ไต หัวใจ อาจเป็นสารเปลี่ยนแปลงพันธุกรรม หากมีการได้รับหรือสัมผัสกับฟอร์มัลดีไฮด์จะแสดงอาการต่างๆ ดังนี้

1. การสัมผัสทางหายใจ ทำให้เกิดอาการไอ เจ็บคอ และหายใจติดขัด
2. การสัมผัสทางผิวหนัง ทำให้เป็นผื่นแดงปวดแสบปวดร้อน และผิวหนังไหม้
3. การกินหรือกลืนเข้าไป ทำให้เจ็บคอ ปวดท้อง และท้องร่วง
4. การสัมผัสลูกตา ทำให้ตาแดง เจ็บตาและทำให้การมองเห็นไม่ชัดเจน (ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์, 2552)

2.2.2 ความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ฟอร์มัลดีไฮด์จัดเป็นสารพิษปานกลางมีค่าความเป็นพิษ (Lethal Dose, LD₅₀) ต่อหนูขาวทางกระเพาะอาหารเท่ากับ 28.72 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม สำหรับปริมาณที่ทำให้คนเสียชีวิตอยู่ระหว่าง 0.5-0.225 กรัมต่อกิโลกรัม อาการที่เกิดจากความเป็นพิษอย่างเฉียบพลันของฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีต่อสัตว์ทดลองโดยการฉีดเข้าในกระเพาะอาหาร (Intergastric administration) พบว่าหลังจากที่สัตว์ทดลองได้รับสารเข้าไปจะแสดงอาการตื่นตระหนก ตามด้วยอาการง่วงซึม อ่อนเพลีย หายใจติดขัดและตายภายใน 2-3 ชั่วโมงแรกที่ได้รับสาร สัตว์ทดลองที่รอดชีวิตพบว่ามีอาการเหนื่อยชา ง่วงเหงา และเบื่ออาหาร ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่มนุษย์ได้รับกลิ่น (Olfactory threshold) เท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนปริมาณในน้ำที่มนุษย์สามารถรับรู้เท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในสัตว์ทดลองที่ใช้ทดลองความเป็นพิษของฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่าเมื่อให้หนูรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์เข้าทางปาก มีค่า LD₅₀ 100 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม แต่ถ้าได้รับทางการหายใจ จะมีค่า LD₅₀ สูงกว่า (230 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ส่วนการทดลองทางผิวหนังของกระต่ายพบว่ามีค่า LD₅₀ สูงขึ้นเป็น 270 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

ผลการตรวจสุขภาพคนงานจำนวน 278 คน ซึ่งทำงานในโรงงานไม้ตัดท่อนไม้อัดที่ใช้เรซินหรือกาวชนิด Carbamide Formaldehyde พบว่าคนงาน 129 คนเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ซึ่งเกิดจากการหายใจเอาไอของฟอร์มาลดีไฮด์ความเข้มข้นประมาณ 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเข้าไป การตรวจสุขภาพของคนงานหญิงอายุ 25-40 ปีที่ทำงานประมาณ 5-20 ปี ในโรงงานย้อมผ้าที่ใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งมีฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศ ประมาณ 5 -78 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่ามีอาการปวดหัว ทรงตัวลำบาก ระคายเคืองง่าย และน้ำตาไหลเป็นประจำ

2. อาการแสดงความเป็นพิษของฟอร์มาลดีไฮด์ที่สำคัญ ได้แก่

- อาการเฉียบพลัน ฟอร์มาลดีไฮด์ที่พบในอาคารอาจมีผลกระทบที่สำคัญคือทำให้ระคายเคืองผิวหนัง เกิดอาการผิวหนังอักเสบเป็นผื่นแดง อาจเป็นตุ่ม พุพอง ตกสะเก็ด และแสบคันทันทีที่สัมผัส จะเกิดขึ้นที่ใบหน้า คอ อวัยวะ ข้อพับของแขน เปลือกตา

- อาการพิษเรื้อรัง หากได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ทางอากาศในปริมาณน้อยเป็นเวลานาน จะมีอาการไอและหายใจติดขัดเพราะหลอดลมอักเสบ นอกจากนี้ฟอร์มาลดีไฮด์ยังเกี่ยวข้องกับความผิดปกติของการเกิดกระดูกและการเจริญพันธุ์ โรคมะเร็งโพรงจมูก มะเร็งคอหอยในส่วนจมูก และทำให้เกิดอาการระคายเคืองอย่างมากต่อผิวหนังเมื่อได้รับทางการสัมผัส โดยเกิดขึ้นหลังจากที่สัมผัสในระยะนานเป็นปี โดยจะเริ่มเป็นจากปลายนิ้วมือ หลังมือ ข้อมือ ท้องแขน และส่วนของร่างกายซึ่งมีการเสียดสีกับเสื้อผ้า

ระดับความเป็นพิษของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นดังนี้

ตารางที่ 2.2 ระดับความเป็นพิษของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

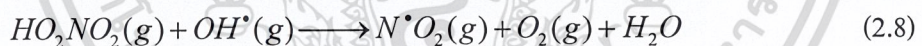
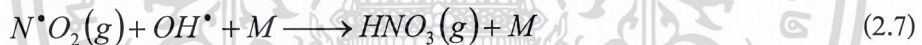
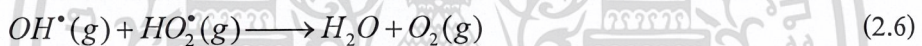
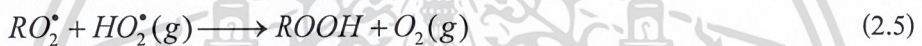
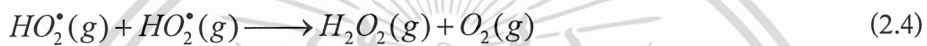
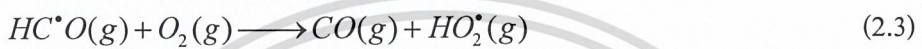
ความเข้มข้น (ppm)	อาการและอาการแสดง
0.5-2	ระคายเคืองตา จมูกและคอ
1	ได้กลิ่นฉุน
3	น้ำตาไหล
4-5	น้ำลาย (จำนวนเล็กน้อย) ไหลไม่หยุด
10	น้ำลาย (จำนวนมาก) ไหลไม่หยุด
10-20	หายใจลำบาก จมูก คอ และหลอดลมแสบร้อน พร้อมกับมีอาการไอได้
50-100	เกิดอาการเจ็บป่วยอย่างรุนแรงได้ (ในระหว่าง 5-10 นาที)

ที่มา : แก้ว, 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

ฟอร์มัลดีไฮด์เมื่อเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจัดเป็นสารมลพิษทุติยภูมิ เมื่อทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิลเรดิคัล (OH) ซึ่งมีได้ในบรรยากาศจากการเกิดปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยแสง (Photolysis) ของสารต่างๆ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไนตริก (HNO₃) ซึ่งก่อให้เกิดฝนกรด ดังสมการ



ฟอร์มัลดีไฮด์เกิดปฏิกิริยากับ OH[•] ดังสมการที่ 2.1 เกิด Formyl radical (HC[•]O) และสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อกับออกซิเจนได้คาร์บอนมอนอกไซด์และซูเปอร์ไฮดรอกซีเรดิคัล (HO₂[•]) ดังสมการที่ 2.3 เมื่อ 2 โมล HO₂[•] ทำปฏิกิริยากันได้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และออกซิเจน HO₂[•] ทำปฏิกิริยาต่อกับ OH[•] ได้น้ำและออกซิเจน OH[•] ทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนไดออกไซด์เกิดเป็นกรดไนตริก โดยไนโตรเจนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับซูเปอร์ไฮดรอกซีเรดิคัลได้กรดเปอร์ออกซีไนตริก (HO₂NO₂) และทำปฏิกิริยากับ OH[•] จะได้ NO₂ และ O₂ ดังสมการที่ (2.9)

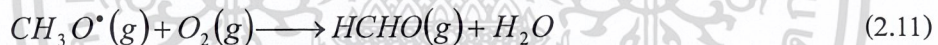
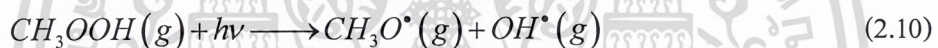
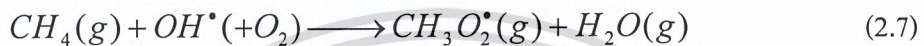
จากปฏิกิริยาทุกข้อดังสมการที่ 2.1- 2.9 จะเห็นว่ามีกรเกิดกรดไนตริกขึ้น ซึ่งกรดไนตริกจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ เช่น แสบจุก ทำลายเนื้อเยื่อ แล้วยังส่งผลกระทบต่อน้ำและดิน เมื่อมีฝนตกก็จะเกิดการชะละลายของกรดไนตริกในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศลงสู่ดินและน้ำ ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมในดินและในน้ำ เมื่อมนุษย์นำน้ำมาใช้อุปโภคจะได้รับอันตรายจาก กรดไนตริก ด้วย (จารุวรรณและคณะ, 2552)

2.3 แหล่งกำเนิดฟอร์มัลดีไฮด์

2.3.1 การเกิดตามธรรมชาติ

ฟอร์มัลดีไฮด์เกิดขึ้นที่บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ (Troposphere) ระหว่างการออกซิเดชันของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ปฏิกิริยาเกิดขึ้นโดย ไฮดรอกซิลเรดิคัล (Hydroxyl radical, OH) และ โอโซน (Ozone, O₃) มีการเกิดปฏิกิริยาได้เป็นฟอร์มัลดีไฮด์และอัลดีไฮด์อื่นๆ ได้ดังสมการ



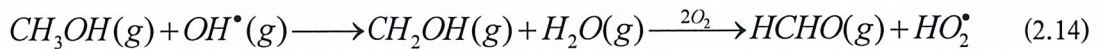
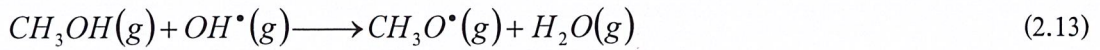
สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่พบในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ (Troposphere) ได้แก่ มีเทนซึ่ง ความเข้มข้นสูงถึง 1.18 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m³) ในซีกโลกเหนือดังนั้นทำให้เป็นแหล่งที่สำคัญต่อการเกิดฟอร์มัลดีไฮด์ อัตราเฉลี่ยที่โลกผลิตฟอร์มัลดีไฮด์จากมีเทนในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์เท่ากับ 4x10¹¹ กิโลกรัมต่อปี ส่วนในระดับพื้นดินต้นไม้สามารถผลิตเทอร์ปีน (Terpenes) และ ไอโซปีน (Isoprenes) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ OH เกิดเป็นฟอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์มัธยันต์ได้ แต่เทอร์ปีนและไอโซปีนมีการคงตัวต่ำ ความสำคัญในการเกิดฟอร์มัลดีไฮด์ในข้อนี้จึงน้อยมีความสำคัญเฉพาะบริเวณของการเพาะปลูกต้นไม้ที่ผลิตเทอร์ปีนและไอโซปีนเท่านั้น

2.3.2 เกิดจากการกระทำของมนุษย์

ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ถูกปล่อยออกจากกระบวนการอุตสาหกรรม โดยทั่วไปแพร่กระจายไปยังบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกับโรงงานอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว แหล่งกำเนิดปฐมภูมิของฟอร์มัลดีไฮด์ประกอบไปด้วย ควีนจากบุนหรี ไอเสียจากยานพาหนะ เต่าเผาขยะ และกระบวนการผลิตเรซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมทานอลเป็นวัตถุดิบทางปิโตรเคมีและเชื้อเพลิง ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากเมทานอล เช่น ไดเมทิลอีเทอร์ (dimethyl ether, DME) ซึ่งเป็นส่วนผสมในน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อเมทานอลทำปฏิกิริยากับ OH^\bullet ในบรรยากาศทำให้เกิดฟอร์มัลดีไฮด์ การเกิดฟอร์มัลดีไฮด์จากเมทานอลแสดงดังสมการ



จากสมการ เมทานอลจะทำปฏิกิริยากับ OH^\bullet จะได้ CH_3O^\bullet และได้ CH_2OH กับน้ำทำปฏิกิริยาต่อกับออกซิเจนจะได้ฟอร์มัลดีไฮด์ (Jacobson, Mark Z. 2002)

2.4 กลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิด

ปัจจุบันในหลายประเทศทั่วโลกได้ให้ความสนใจเรื่องคุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากคนส่วนใหญ่ใช้เวลาอยู่ในอาคารเกือบร้อยละ 90 ของเวลาในแต่ละวัน ไม่ว่าจะเป็นบ้าน โรงเรียน สถานที่ทำงาน โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า และในอาคารอื่นๆ ทั้งนี้ องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) คาดว่า ร้อยละ 30 ของอาคารทั่วโลกอาจมีปัญหาด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) ซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาหากกลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิดได้

องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (US EPA) ได้อธิบายความหมายของ Sick Building Syndrome, SBS หรือกลุ่มอาการป่วยว่าเป็นสถานการณ์ที่คนทำงานในอาคารเกิดอาการผิดปกติทางสุขภาพ หรือเกิดผลกระทบต่อความสบายในการทำงาน เนื่องจากสาเหตุหลากหลาย แต่ไม่สามารถระบุสาเหตุที่แน่นอนได้ อาจเกิดขึ้นเฉพาะส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคาร หรือทุกส่วนของอาคารก็ได้ อาการที่พบ ได้แก่ ถัดจมูก น้ำมูกไหล เคืองตา ไอ แน่นหน้าอก อ่อนล้า ปวดศีรษะ อาการป่วยดังกล่าว เป็นอาการที่ไม่มีลักษณะเฉพาะโรค และมักจะหายเมื่อออกจากอาคาร

WHO ได้ให้คำนิยามของคำ Sick Building Syndrome ว่าเป็นอาการระคายเคืองของผิวหนังและเยื่อเมือกที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน รวมถึงอาการปวดศีรษะ อ่อนเพลีย และไม่มีสมาธิ ซึ่งรายงานจากผู้ทำงานในอาคารสำนักงานใหม่ และอาคารที่ผู้อาศัยอย่างน้อยร้อยละ 10-30 มีอาการระคายเคือง เจ็บป่วย และอาการข้างเคียงอื่นที่อาจมีสาเหตุจากอาคารที่อยู่แต่ไม่สามารถตรวจพบอาการทางคลินิกได้

2.5 ปัจจัยเหตุของกลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงาน ในอาคารปิด

โดยทั่วไป เราสามารถจำแนกปัจจัยเหตุของกลุ่มอาการ ที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิดออกได้ เป็นกลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

2.5.1 การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ

ด้วยเหตุผลของการประหยัดพลังงาน ทำให้มีการระบายอากาศเข้า-ออกอาคารให้น้อยลง ส่งผลให้มีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่อาคารไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการสะสมของกลิ่น เชื้อโรค และสารระคายเคืองต่างๆ ในอากาศที่หมุนเวียนภายในอาคาร ส่วนมากมักพบในอาคารที่ก่อสร้างในทศวรรษที่ 70 ซึ่งมักมีช่องอากาศบริสุทธิ์ค่อนข้างเล็ก และตัวอาคารค่อนข้างแน่นหนา บางครั้งอาจเกิดจากความงุนงงของผู้ดูแลอาคารที่ต้องการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบปรับอากาศ จึงปิดช่องทางเข้าของอากาศบริสุทธิ์

2.5.2 สิ่งปนเปื้อนด้านเคมี จากแหล่งกำเนิดในอาคาร

แหล่งมลพิษด้านเคมีที่เกิดจากกิจกรรมภายในอาคาร ได้แก่ การสูบบุหรี่ การใช้สารกำจัดแมลง ปลวก และการใช้ก๊าซหุงต้ม เป็นต้น มลพิษที่ปล่อยออกจากผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในอาคาร เช่น อุปกรณ์สำนักงาน พงหมีกจากเครื่องพิมพ์หรือเครื่องถ่ายเอกสาร อุปกรณ์เครื่องจักรต่างๆ ที่กำลังทำงาน ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด นอกจากนี้วัสดุภายในอาคารที่มักปล่อยสารระเหยของสารเคมีออกมา ได้แก่ สี กาวที่ยึดเศษไม้ของแผ่นไม้อัด เฟอร์นิเจอร์ ปรอทปูพื้น แผ่นโพลีเอทิลีน วัสดุบุผนัง และพื้น ซึ่งอาจปล่อยสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) เช่น ฟอรัมาลดีไฮด์ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ ทั้งนี้ฟอรัมาลดีไฮด์เป็นสารเคมีที่มีกลิ่นฉุน มักพบในสารที่ใช้ทำกาว ไม้อัดหรืออื่นๆ

2.5.3 สิ่งปนเปื้อนด้านเคมี จากแหล่งกำเนิดภายนอกอาคาร

มลพิษที่ปนเปื้อนในอากาศภายนอกอาคารเมื่อเข้าสู่อาคารได้เป็นปัญหาคูณภาพอากาศภายในอาคาร ยกตัวอย่างเช่น ไอเสียจากรถยนต์ เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดก๊าซและอนุภาคในขนาดที่เข้าสู่ทางเดินหายใจได้ (ต่ำกว่า 10 ไมครอน, PM_{10}) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะส่งผลให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรับออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกายได้ ทำให้เกิดอาการวิงเวียน ปวดศีรษะ อาเจียน อ่อนเพลีย หดแรงแรง ความรู้สึกสับสน ถ้าได้รับในปริมาณมากอาจทำให้หมดสติ หรือเสียชีวิตได้ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง เยื่อเมือกตา จมูก และคอ เกิดอาการเจ็บหน้าอก ไอ หายใจติดขัด ภูมิแพ้ทางเดินหายใจลดลง และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 สิ่งปนเปื้อนด้านชีวภาพ

จุลินทรีย์ที่อาจพบได้ในอาคาร คือ แบคทีเรีย โดยเฉพาะตัวที่ทำให้เกิดปัญหารุนแรง คือ เชื้อลิจิโอเนลล่า นิวโมฟีลา (*Legionella pneumophila*) ซึ่งพบได้ในหอหล่อเย็น (Cooling Tower) ของระบบปรับอากาศรวม และสามารถถูกแพร่กระจายตามท่อส่งอากาศ ไปตามส่วนต่างๆ ของอาคารได้ นอกจากนี้ยังอาจพบไวรัส เชื้อรา ไรฝุ่น ละอองเกสรดอกไม้ ฯลฯ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่ชื้นแฉะ และสกปรกในระบบปรับอากาศ เช่น ที่แผงกรองอากาศ (Air Filter) คอยด์ทำความเย็น ท่อส่งลมเย็น สาเหตุมาจากการบำรุงรักษาและการทำความสะอาดที่ไม่ดีพอ การมีน้ำรั่วอยู่ตลอดเวลา การควบคุมความชื้นที่ไม่เพียงพอ การควบแน่น หรือการกระทำของผู้อาศัย การไม่มีที่กรองอากาศ การสัมผัสสิ่งปนเปื้อนด้านชีวภาพในอาคาร เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการไอ แน่นหน้าอก เป็นไข้ หนาวสั่น ปวดกล้ามเนื้อ และมีอาการภูมิแพ้ เช่น ระบายเคืองเยื่อเมือกทางเดินหายใจส่วนต้นตีบตัน อาการภูมิแพ้เฉพาะบุคคลนั้นมีส่วนสำคัญในการเกิดโรคหอบหืดและเกิดโรคแทรกซ้อนในบางรายที่มีสภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง (วิกิรรม และคณะ, 2548)

2.6 มาตรฐานคุณภาพอากาศ

ในปัจจุบันมีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของฟอร์มาลดีไฮด์ในสถานที่ทำงานหลายสถาบันรวมทั้งของประเทศไทยเอง เนื่องจากการนำฟอร์มาลดีไฮด์ไปใช้อย่างกว้างขวางทั้งในโรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม และอาคารสำนักงานต่างๆ ที่ใช้เฟอร์นิเจอร์ ไม้อัด ซึ่งมีองค์ประกอบของกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ จึงได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฟอร์มาลดีไฮด์ นอกจากนี้ ยังพบว่าสารฟอร์มาลดีไฮด์จากไอเสียรถยนต์และจากปฏิกิริยาเคมีด้วยแสง (Photochemical reaction) ซึ่งยังไม่มีสถาบันใดกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของฟอร์มาลดีไฮด์ แต่สถาบัน Environment Protection and Heritage Council (EPHC) ของประเทศออสเตรเลียคาดว่าอีก 8 ปี จะสามารถรวบรวมข้อมูลมากพอที่จะพัฒนาเป็นค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศได้ (ปรางทิพย์และคณะ, 2550)

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์

มาตรฐาน	มาตรฐานคุณภาพอากาศในสถานที่ทำงานของก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์		
	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น ในเวลา	ค่ามาตรฐาน	
ไทย	8 ชั่วโมง	ไม่เกิน 3 ppm	3680 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	30 นาที	ไม่เกิน 10 ppm	12280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
OSHA	8 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.75 ppm	920 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	15 นาที	ไม่เกิน 2 ppm	2460 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ACGIH	Ceiling ^a	ไม่เกิน 0.3 ppm	370 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NIOSH	8 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.016 ppm	24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	15 นาที	ไม่เกิน 0.1 ppm	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

หมายเหตุ : a หมายถึง ค่ามาตรฐานระดับเพดานของสารเคมี

ที่มา ; จารุวรรณ , 2552

2.7 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน

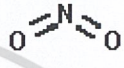
ออกไซด์ของไนโตรเจนประกอบด้วย ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไนตริกออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนไตรออกไซด์ (N_2O_3) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ไดไนโตรเจนไดออกไซด์ (N_2O_2) ไดไนโตรเจนเตตราออกไซด์ (N_2O_4) และ ไดไนโตรเจนเพนตอกไซด์ (N_2O_5) ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น ก๊าซ ถ่านหิน ฟืน เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของออกไซด์ของไนโตรเจนซับซ้อนมาก และขึ้นอยู่กับสารมลพิษอื่นๆ เช่น ไฮโดรคาร์บอน โอโซน สารประกอบซัลเฟอร์ เป็นต้น รวมทั้งสภาวะทางธรรมชาติ เช่น แสงอาทิตย์ ก็เป็นองค์ประกอบตัวหนึ่งเช่นกัน

ไนตริกออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ซึ่งส่วนมากเมื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีกับออกซิเจนในอากาศจะเปลี่ยนเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ และมีผลต่อมนุษย์ ดังแสดงในตารางที่ 2.4 ซึ่งพบว่า ค่าต่ำสุดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปวดโรคหอบหืดคือ 190 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.1 ppm) ในระยะเวลา 1 ชั่วโมงต่อวันที่หายใจเอาก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เข้าไป อย่างไรก็ตามจากการประชุมขององค์การอนามัยโลก พ.ศ. 2515 ที่กรุงโตเกียวได้สรุปว่า ถึงแม้จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองกับผู้ป่วยโรคหอบหืด และพบว่าก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่ระดับ 190 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรในระยะ 1 ชั่วโมง มีผลทำให้เกิดหลอดลมตีบตันมากขึ้น แต่ก็ยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัด มีข้อเสนอว่าควรมีการทดสอบต่อไปอีก

ตารางที่ 2.4 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂)

ไนโตรเจน ไดออกไซด์ (NO ₂)	
พารามิเตอร์	คุณสมบัติ
สูตรโมเลกุล	NO ₂
สูตรโครงสร้าง	
น้ำหนักโมเลกุล	46.05 g/mol
สี	น้ำตาลแดง
กลิ่น	ไม่มี
ค่าพีเอช	ไม่มี
จุดหลอมเหลว	-11.2 °C
จุดเดือด	21.1 °C
อุณหภูมิติดไฟ	ไม่มี
จุดวาบไฟ	ไม่มี
ขอบเขตการระเบิด	ไม่มี
ความหนาแน่น / ความถ่วงจำเพาะ	1.45
ความสามารถในการละลาย	ละลายในน้ำ

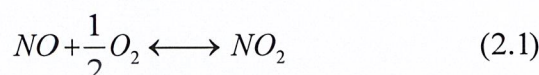
ที่มา : <http://www.pcd.go.th> (2553)

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง จะทำอันตรายต่อปอดโดยตรง เช่น ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อปอด ระคายเคืองถุงลม (alveoli) มีผลให้ภูมิคุ้มกันของร่างกายลดลงทำให้ปอดอักเสบ เกิดเนื้องอกในปอด ทำให้หลอดลม (emphysema) ตีบตัน และเป็นผลให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ เช่น ไข้หวัดใหญ่ ถ้าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงถึง 300 - 500 พีพีเอ็ม จะเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตหรือสลับเนื่องจากสมองขาดออกซิเจน เพราะก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินได้เช่นเดียวกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ทำให้ระดับของออกซิเจนในเลือดลดลง แต่เนื่องจากในบรรยากาศจะมีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์น้อยกว่า 1.22 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (1 พีพีเอ็ม) ดังนั้นจึงไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คน แต่หากได้รับก๊าซไนตริกออกไซด์ที่ความเข้มข้นระดับ 0.7 - 20 พีพีเอ็ม ในเวลา 10 นาที จะทำให้หายใจไม่ออก และที่ระดับ 0.11 - 0.22 พีพีเอ็ม จะเริ่มได้กลิ่น ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีผลต่อสุขภาพของคนมากกว่าก๊าซไนตริกออกไซด์ที่มีความเข้มข้นเท่ากัน โดยทั่วไปแล้วก๊าซไนตริกออกไซด์ในอากาศจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ดังปฏิกิริยาในสมการที่ (2.1) แต่ยังไม่มียางานยืนยันว่าระดับของก๊าซไนตริกออกไซด์ที่พบในอากาศโดยทั่วไปจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้



เนื่องจากก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้ดีทำให้เป็นต้นเหตุของการเกิดฝนกรด โดยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับละอองน้ำในบรรยากาศ เกิดเป็นกรดไนตริก (HNO_3) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดฝนกรด ดังปฏิกิริยาในสมการที่ (2.2) - (2.3) ในบรรยากาศกรดไนตริกสามารถรวมตัวกับแอมโมเนียกลายเป็นแอมโมเนียมไนเตรด (NH_4NO_3) ได้ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับสารไฮโดรคาร์บอนเกิดเป็นก๊าซโอโซน ส่งผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อระบบนิเวศทั้งบนพื้นดินและแหล่งน้ำ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศยังเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ฝนกรด และปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่พืชน้ำเจริญเติบโตมากเกินไปก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำได้ เนื่องจากมีสารไนโตรเจนเป็นสารอาหารที่พืชนำไปใช้เพื่อสร้างความเจริญเติบโตลงไปในน้ำมาก



ทั้งก๊าซไนตริกออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ไม่มีผลโดยตรงต่อวัตถุ อย่างไรก็ตาม ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีสมบัติในการดูดซับแสง ทำให้เป็นตัวการหนึ่งของการลดทัศนวิสัยเมื่อความเข้มข้นในอากาศมีค่ามากกว่า 0.25 พีพีเอ็ม ทำให้ท้องฟ้ามีสีเหลืองถึงสีน้ำตาล ซึ่งเป็นสีของท้องฟ้าในตอนเย็น (สิวพันธ์ ชูอินทร, 2550)

ตารางที่ 2.5 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อการได้รับสัมผัสที่เวลาต่างๆ

ความเข้มข้น		ระยะเวลาที่ ได้รับก๊าซ	เหตุผล
ไมโครกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร	ส่วนในล้านส่วน		
230	0.12	-	การได้กลิ่น ชายปกติและแข็งแรง จำนวน 3 คน ใน 9 คนจะได้กลิ่น ส่วนใหญ่ของจำนวน 14 คนได้ กลิ่นทันทีเมื่อเริ่มการทดลอง 26 คนในจำนวน 28 คน ได้กลิ่นทันที เมื่อเริ่มต้นการทดลอง
230	0.12	-	
200	0.11	-	
1,300-3,800	0.7-2.0	10 นาที	ผลต่อการทำงานของปอด เพิ่มความต้านทานของระบบ ทางเดินหายใจทั้งการหายใจเข้า และออก
190	0.1	1 ชม./วัน	เพิ่มความต้านทานของระบบ ทางเดินหายใจและเพิ่มอาการ ตีบตันของทางเดินหายใจใน ผู้ป่วยโรคหืด 13 คน จาก จำนวน 20 คน
560,000 – 940,000	300 – 500	-	เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตด้วยโรค จากอาการปอดบวมน้ำ (Pulmonary Edema) หรือสลับ เนื่องจากสมองขาดออกซิเจน

ที่มา : <http://www.pcd.go.th> (2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น การกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศจึงยึดถือค่าต่ำสุดที่ยังไม่ปรากฏผลเป็นอันตรายต่อมนุษย์ เท่ากับ 940 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาใช้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Safety Factor) เป็น 3 แล้ว จะได้ค่าที่ควรตั้งเป็นมาตรฐาน คือ 320 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ 0.17 ส่วนในล้านส่วน ในระยะเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง (<http://aqnis.pcd.go.th>)

2.8 มาตรฐานก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ

จากข้อมูลการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เข้าสู่บรรยากาศจากแหล่งต่างๆ และข้อมูลความเป็นพิษของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ จากสัตว์ทดลองและความเป็นพิษต่อมนุษย์ ทำให้หน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องทั้งในระดับประเทศและระดับชาติมีการจัดทำมาตรฐาน ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ค่ามาตรฐานก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ

ประเทศ	มาตรฐานก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน ; ppm)		
	ระยะสั้น		ระยะยาว
	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี
Guideline ขององค์การอนามัยโลก (WHO Global update 2005)	0.10	-	0.021
สหรัฐอเมริกา			
1. มาตรฐานกลาง (NAAQS)	-	-	0.053
2. มาตรฐานของรัฐแคลิฟอร์เนีย (ปรับปรุงล่าสุด 2007)	0.18	-	0.03
ไทย	0.17	-	0.03

ที่มา : <http://www.pcd.go.th> (2553)

2.9 การเก็บตัวอย่างอากาศ

อากาศเป็นสิ่งแวดล้อมพื้นฐานทางกายภาพที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต อากาศในบรรยากาศทั่วไป (Ambient air) ถือว่ามีสารมลพิษเมื่อเทียบกับสถานที่ทำงานประเภทโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากการหมุนเวียนของอากาศดีกว่า ในการเก็บตัวอย่างอากาศจึงสามารถแบ่งย่อยตามวัตถุประสงค์ของการติดตามเฝ้าระวังออกเป็น

1. การเก็บตัวอย่างอากาศในบรรยากาศทั่วไป (Ambient air sampling) ตัวอย่างอากาศอยู่ภายนอกอาคาร ในการเก็บต้องการให้มีปริมาณมากเพื่อเป็นตัวแทนตัวอย่างตัวอย่างอากาศบริเวณที่ต้องการศึกษาได้ดี เนื่องจากอากาศเป็นของไหลมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบได้ การไหลแทนที่จากมวลอากาศบริเวณอื่นเนื่องมาจากลม ความกดอากาศ ตลอดจนระดับความสูงจากพื้นดินก็มีผลต่อชนิดและองค์ประกอบของอากาศได้

2. การเก็บตัวอย่างอากาศจากแหล่งกำเนิดโดยตรง (Emission source sampling) ตัวอย่างอากาศจากแหล่งกำเนิด เช่น จากปล่องโรงงานอุตสาหกรรมจากเตาเผาขยะ จากท่อไอเสียรถยนต์ ตลอดจนจากการเผาขยะเป็นบริเวณกว้าง

3. เก็บตัวอย่างจากสถานที่ทำงานหรือภายในอาคาร (Working place or indoor air sampling) สภาพแวดล้อมในการทำงานหรือที่อยู่อาศัยอาจเป็นแหล่งที่มีปัญหามลภาวะทางอากาศจึงมีการศึกษาและทำการเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารด้วย

การเก็บตัวอย่างอากาศจำเป็นต้องพิจารณาถึงสสารที่ต้องวิเคราะห์ด้วยว่าอยู่ในรูปแบบของอนุภาคหรือในรูปแบบของก๊าซ ซึ่งวิธีการเก็บสสารจะแตกต่างกันดังนี้

- การกรอง (Filter method) ใช้กับมลพิษที่เป็นอนุภาคของแข็ง โดยชักตัวอย่างอากาศผ่านตัวกรอง (Filter) แล้วนำไปวิเคราะห์ต่อเช่นทำการชั่งน้ำหนักฝุ่นและย่อยสลายเพื่อหาชนิดและปริมาณองค์ประกอบที่มีในอนุภาคฝุ่นนั้นๆ

- การดูดซับ (Sorption) นิยมใช้กับสารประเภทก๊าซ แอโรซอล ที่สามารถดูดซับได้โดยทำการชักตัวอย่างอากาศผ่านสารดูดซับ (Absorber) ซึ่งอาจเป็นทั้งในรูปเปือก ใช้สารละลายในการดูดซับ โดยเก็บในอิมพินเจอร์หรือในรูปแข็งโดยใช้ของแข็งในการดูดซับซึ่งอยู่ในรูปหลอดดูดซับ (Sorbent tube)

- การเก็บตัวอย่างอากาศแบบจ้วง (Grab sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ เพื่อเป็นตัวแทนอากาศที่สนใจศึกษา อาจเก็บเป็นวิธีการกรองหรือเก็บอากาศใส่ภาชนะที่ป้องกันการรั่วไหลได้และนำมาวิเคราะห์ต่อไป

- การเก็บตัวอย่างอากาศและวิธีวิเคราะห์อย่างต่อเนื่อง (Continuous air analysis) เป็นการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ขั้นสูงเพื่อทราบค่าอย่างต่อเนื่อง

การเก็บตัวอย่างอากาศและการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษในบรรยากาศนั้นเป็นงานที่ต้องการความประณีตและความถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นดังกล่าวอยู่ในระดับส่วนในพันล้านส่วน (ppb) หรือส่วนในล้านส่วน (ppm) วิธีการที่นิยมใช้กันในประเทศไทยนำมาจากวิธีที่ได้รับการยอมรับ โดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US EPA) การตรวจวัดโดยทั่วไปสามารถจำแนกออกได้ตามลักษณะของวัตถุประสงค์และลักษณะเฉพาะของระดับความเข้มข้นสารมลพิษและสถานะที่ปรากฏ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความชื้นในบรรยากาศ องค์ประกอบอื่นๆ ในอากาศหรือจุดที่ทำการเลือกเก็บตัวอย่าง ซึ่งมีผลทำให้เทคนิคในการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศแตกต่างกันออกไป

วิธีเก็บตัวอย่างอากาศ (Air Sampling Methods) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. การเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ (Active Sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างอนุภาคหรือก๊าซที่มีการชักตัวอย่างอากาศโดยใช้ปั๊มดูดตัวอย่างอากาศผ่านเข้าไปใน sampling media ที่เหมาะสมนิยมใช้วัดคุณภาพอากาศของโรงงานอุตสาหกรรม

2. การเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ (Passive Sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างก๊าซ ละอองไอที่อาศัยหลักการแพร่ โดยอัตราเก็บตัวอย่างถูกควบคุมโดยกระบวนการทางกายภาพ ได้แก่การแพร่ผ่านเมมเบรนที่เป็นวัสดุคูดซับโดยไม่มีการใช้พลังงานในการชักตัวอย่างอากาศ (Active force)

2.9.1 ทฤษฎีและหลักการเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ

การเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้ อากาศจะถูกสูบลมมาเก็บไว้ที่ตัวจับสารตัวอย่าง ได้แก่ สารกรองสารคูดซับหรือสารเคมีที่ใช้เป็นสารละลาย โดยมีปริมาตรอากาศและระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างที่แน่นอน วิธีนี้สามารถเก็บตัวอย่างได้ทุกวันทำให้วิเคราะห์ผลได้รวดเร็ว โดยทั่วไปสามารถเก็บได้ทั้งตัวอย่างที่เป็นก๊าซและอนุภาค การเลือกชนิดของสารตัวอย่างขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารวิเคราะห์หลักในอากาศเป็นสำคัญ ตัวอย่างเช่นการตรวจวัดสารวิเคราะห์บนอนุภาคจะเก็บตัวอย่างโดยแผ่นกรอง (Filter) และตัวอย่างที่เป็นก๊าซสามารถเก็บได้โดยใช้สารคูดซับ (Sorbent) หรือใช้การจับแบบทำความเย็น (Cold Trap) เป็นต้น จากสมบัติทางเคมีที่สำคัญของก๊าซนั้นจะนำมาใช้พิจารณาเลือกสารคูดซับชนิดต่างๆให้มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้เก็บตัวอย่างได้ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตโดยอาศัยหลักการคือ เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ปั๊มดูดอากาศผ่านสารละลายที่บรรจุในหลอดเก็บตัวอย่าง ก๊าซสารละลายจะทำปฏิกิริยากับก๊าซที่ตรวจวัดแล้วจะเกิดการเปลี่ยนสี นำสารละลายไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้น ซึ่งสารละลายที่ใช้ในการตรวจวัดก๊าซแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป ก๊าซมลพิษที่สามารถวัดได้คือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซชนิดอื่นๆ สำหรับสารละลายคูดซับที่ใช้สำหรับจับฟอร์มัลดีไฮด์คือ โซเดียมโบรไมด์ ซึ่งสารละลาย

โซเดียมไบซัลไฟต์จะสามารถเกิดปฏิกิริยาการเติมกับฟอร์มาลดีไฮด์ได้เป็นผลิตภัณฑ์ การเติมหมู่ไบซัลไฟต์และเมื่ออยู่ในสถานะที่เป็นกรดจะสามารถแตกตัวได้เป็นฟอร์มาลดีไฮด์

การเก็บอากาศด้วยอิมพิงเจอร์ (Impinger) เป็นการเก็บตัวอย่างก๊าซและไอโดยวิธีการดูดซับด้วยของเหลวที่บรรจุอยู่ในกระบอกแก้วซึ่งมีปลายเปิดด้านบนเป็นรูขนาดเล็ก เมื่ออากาศถูกสูบผ่านเข้ามายังอิมพิงเจอร์ อากาศจะถูกฉีดพุ่งออกมาด้วยความเร็วสูงสู่ด้านล่างของกระบอกแก้ว โดยเป็นละอองฝอย ทำให้ของเหลวที่อยู่ภายในเกิดเป็นฟองเล็กๆ สารอินทรีย์ในอากาศจะถูกจับไว้โดยการดูดซับด้วยของเหลวที่แตกเป็นฟองขนาดเล็กได้ ซึ่งปฏิกิริยาจะนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ตามวิธีที่ศึกษาต่อไป (นันทนา ชูฉัตร, 2542)



ก. เครื่องวัดอัตราการไหล ข. เครื่องเก็บตัวอย่างส่วนบุคคล ค. อิมพิงเจอร์

รูปที่ 2.1 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ

ข้อดีของการเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ คือ มีความไวและความแม่นยำในการตรวจวัดสูง อุปกรณ์ต่างๆ สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ สารเคมีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเตรียมได้ง่ายและในการวิเคราะห์ทำได้ง่ายและรวดเร็ว

ข้อเสียของการเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ คือ อุปกรณ์เก็บตัวอย่างมีขนาดใหญ่ทำให้เคลื่อนย้ายไม่สะดวก เกิดเสียงรบกวนและไม่สามารถเก็บตัวอย่างจำนวนมากได้

2.9.2 ทฤษฎีและหลักการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ

อุปกรณ์พาสซีฟอาศัยหลักการแพร่ของมลพิษที่สนใจผ่านสิ่งกีดขวาง (Carrier) และถูกจับอยู่บนเมมเบรนจะมีสารเคมีที่จำเพาะกับมลพิษนั้นๆ เคลือบอยู่เพื่อเป็นตัวดูดซับหรือเกิดปฏิกิริยากับมลพิษนั้นๆ การซึมผ่านของมลพิษที่ศึกษาเป็นการแพร่ของโมเลกุลอย่างอิสระ (Free molecular diffusion) เกิดจากความเข้มข้นที่ต่างกันของมลพิษบนเมมเบรน พลิกซ์ของมวลสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(The mass flux , g/cm².s) สามารถใช้ Fick's First Law of Diffusion อธิบายได้ว่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความแตกต่างของความเข้มข้นของสารมลพิษ ดังสมการที่ 2.1 (สิวพันธ์, 2550)

$$F = -\frac{DdC}{dL} \quad (2.1)$$

- F = ฟลักซ์ของมวลสาร (g/cm².s)
 D = สัมประสิทธิ์การแพร่ของสาร (Diffusion coefficient) (cm²/s)
 dC = ความเข้มข้นของมลพิษที่ต่างกันระหว่างในอากาศกับบนเมมเบรน (g/cm³)
 dL = ระยะความยาวของการแพร่ (Effective path length) (cm)

สำหรับมลพิษที่ดูดซับอยู่บนเมมเบรนสามารถหาได้จากสมการที่ 2.2

$$M = F \times A \times T \quad (2.2)$$

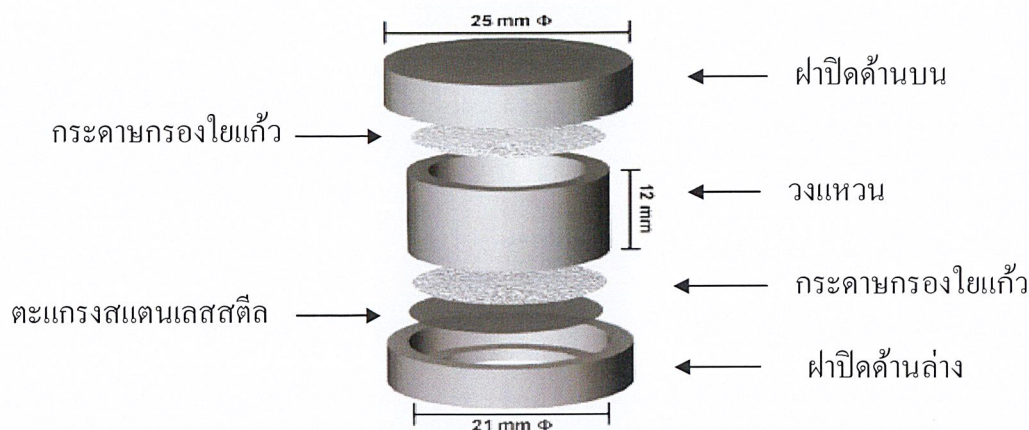
- M = มวลของสารบนเมมเบรน (กรัม)
 A = พื้นที่หน้าตัดของเมมเบรน
 T = ระยะเวลาสัมผัส (Exposure time, S)

ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่สามารถหาค่าได้จากการทดลองใน Experimental chamber โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับเป็นรูปทรงเรขาคณิตของอุปกรณ์ฟาสตีฟ คุณลักษณะทางกายภาพของก๊าซเช่น อุณหภูมิ ความดัน และความชื้น โดยควบคุมไม่ให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนของอากาศ (Turbulence flow) และระยะเวลาที่สัมผัสมลพิษ จากนั้นนำมาหาความเข้มข้นของมลพิษในบรรยากาศได้ดังสมการที่ 2.3

$$C_{air} = \frac{M \times L}{D \times A \times T} \quad (2.3)$$

รูปทรงอุปกรณ์ฟาสตีฟมีทั้งแบบแผ่น (Badge, Cassette type) และแบบหลอด (Tube type) ปัจจุบันมีการจำหน่ายเชิงพาณิชย์ในต่างประเทศ เช่น อุปกรณ์ฟาสตีฟสำหรับไอระเหยง่ายของยี่ห้อ SKC มีลักษณะเป็นแผ่นประกอบด้วยเมมเบรนเคลือบสารดูดซึมสำหรับดักจับไอสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างแบบพลาสติก

ข้อดีของอุปกรณ์พลาสติกคือ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา สามารถผลิตได้ง่ายและสะดวกในการติดตั้งเหมาะสมกับการใช้ตรวจวัดแบบบุคคล ปกป้องภัยต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้ง สามารถใช้ตรวจวัดมลสารได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ใช้ตรวจวัดมลสารในสภาวะย่อยได้เก็บตัวอย่างมลพิษได้เป็นบริเวณกว้าง สามารถทำซ้ำได้หลายค่า มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและค่าบำรุงรักษาต่ำ

ข้อจำกัดของอุปกรณ์พลาสติกคือ ความว่องไวในการตรวจวัดต่ำ สารเคมีที่ใช้มีราคาค่อนข้างสูง การเตรียมมีความยุ่งยากต้องใช้ความระมัดระวังสูงเพื่อป้องกันการปนเปื้อนและใช้เวลาในการชักตัวอย่างนานกว่าวิธีแอกทิฟ ในการเลือกใช้วิธีเก็บแบบแอกทิฟหรือพลาสติกจึงขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการทำว่าเหมาะสมกับสถานการณ์ได้ (เจ็ดนภางค์และคณะ, 2546)

2.10 การประเมินความเสี่ยงภัย

การประเมินความเสี่ยงภัยเป็นการประเมินความรุนแรงของอันตรายและแนวโน้มที่ได้รับ ผลอันไม่พึงประสงค์ต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสกับฟอร์มัลดีไฮด์ ความสนใจของงานวิจัยนี้อยู่ที่ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ ภายในสำนักหอสมุดกลางและภายในรถโดยสารประจำทาง ปริมาณที่นักศึกษาและเจ้าหน้าที่ที่ได้รับเข้าไปในเกณฑ์เสี่ยงที่จะเจ็บป่วยจากการรับสัมผัส

การประเมินความเสี่ยงของสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.10.1. การบ่งชี้ความเป็นอันตราย (Hazard Identification)

เป็นการค้นหาข้อมูลความเป็นอันตรายของฟอร์มาลดีไฮด์ โดยดูข้อมูลจากสัตว์ทดลอง เช่น ค่า LD₅₀ ของหนู หรือข้อมูลวิจัยในคน และศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของฟอร์มาลดีไฮด์

2.10.2. การประเมินผลตอบสนองต่อขนาดที่ได้รับ (Dose respond assessment)

เป็นการหาความสัมพันธ์ของปริมาณสารพิษที่ได้รับและผลกระทบว่าอยู่ในระดับใดจึงจะมีผลต่อสุขภาพและใช้ข้อมูลนี้เพื่อเป็นขนาดอ้างอิงในการประเมินการได้รับสัมผัสต่อไป

2.10.3. การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure Assessment)

เป็นการหาขนาดที่ได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ ความเข้มข้นที่ได้รับและโอกาสที่จะได้รับสารพิษ โดยพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น วิธีทางที่ได้รับ ทั้งทางการกิน การหายใจ หรือทางผิวหนัง อายุ ช่วงเวลาที่ได้รับ และอัตราการดูดซึมหรือกักเก็บสารมลพิษไว้ของร่างกาย

2.10.4. ลักษณะของความเสี่ยงที่เกิดขึ้น (Risk – Characterization)

เป็นการนำข้อมูลจาก 3 ข้อข้างต้นมาสรุปให้เห็นถึงขนาดความเสี่ยงของฟอร์มาลดีไฮด์ต่อสุขภาพของกลุ่มที่ถูกประเมินว่าตลอดอายุการทำงานมีโอกาสเกิดความเสี่ยงมากกว่า 1 ในล้านส่วน หรือไม่ หากเกินก็มีความเสี่ยงที่จะเป็นมะเร็งได้ (สุเทพ เรืองวิเศษ, 2551)

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แก้ว ขจรไชยกุล (2543)

ผู้วิจัยทำการตรวจวัดปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ภายในอาคารโดยทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาลจำนวน 5 ห้อง ได้แก่ ห้องคองศพและห้องปฏิบัติการกายวิภาคโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ ห้องตรวจศพและห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาริบัติ และพื้นที่เปรียบเทียบ เก็บตัวอย่างด้วยวิธีพาสสิฟและวิธีแอกทีฟ จากผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตรวจด้วยวิธีแอกทีฟ มีค่าเฉลี่ยดังนี้ ห้องคองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เท่ากับ 363.85 ± 164.94 ppb และตรวจวัดด้วยวิธีพาสสิฟมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 411.86 ± 162.07 ppb ห้องปฏิบัติการกายวิภาคโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์เท่ากับ 107.57 ± 36.15 ppb (วิธีแอกทีฟ) และเท่ากับ 148.94 ± 36.66 ppb (วิธีพาสสิฟ) ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจด้วยวิธีแอกทีฟ เท่ากับ 224.99 ± 138.46 ppb และด้วยวิธีพาสสิฟเท่ากับ 230.99 ± 50.73 ppb ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาริบัติเท่ากับด้วยวิธีแอกทีฟ 206.15 ± 39.16 ppb และด้วยวิธีพาสสิฟเท่ากับ 248.47 ± 39.47 ppb และพื้นที่เปรียบเทียบด้วยวิธีแอกทีฟเท่ากับ 13.63 ± 1.29 ppb และด้วยวิธีพาสสิฟเท่ากับ 17.79 ± 1.43 ppb โดยทุกพื้นที่ศึกษามีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในห้องสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน TWA ของ OSHA ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 100 ppb และผลการประเมินความเสี่ยง ความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพพบว่า ห้องคองศพโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีค่าสูงที่สุด

ปรารค์ทิพย์ แก้วเพ็งกรอ และคณะ (2550)

ผู้ทำการวิจัยทำการศึกษาริเก็บตัวอย่างก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศที่มีความเข้มข้นในอากาศด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบแอกทีฟตามวิธีของNIOSH 3500 โดยทำการจำลองสถานการณ์ในห้องทดสอบในห้องทดสอบที่ทำจากสแตนเลสภายในมีปริมาตรอากาศ 120 ลิตร โดยใช้สารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นแหล่งกำเนิด 2 ระดับความเข้มข้น ใช้ที่ 37% และที่ 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศเป็นเวลา 120, 180, และ 360 นาที จากผลการศึกษาพบว่า สารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ 37% มีปริมาณสูงเกินขีดจำกัดการตรวจวัด (40 ไมโครกรัม) ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมสำหรับเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ในห้องทดสอบ และพบว่าสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีค่าอยู่ในช่วงการวิเคราะห์ได้ ซึ่งถือเป็นช่วงการเก็บตัวอย่างที่เหมาะสม จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยเก็บตัวอย่าง 2 จุด ได้แก่บริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังซึ่งถือเป็นจุดที่มีการจราจรเบาบาง พบว่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เท่ากับ 4.24 ± 1.10 ppb และสี่แยกซอยจินดาถนนอ่อนนุช- ลาดกระบัง ซึ่งถือเป็นจุดที่มีการจราจรหนาแน่นพอสมควร พบว่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เท่ากับ 7.27 ppb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรมควบคุมมลพิษ (2551)

กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดโครงการตรวจวัดมลพิษจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์เพื่อตรวจสอบและประเมินผลกระทบที่เกิดจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ต่อคุณภาพอากาศ โดยทำการตรวจวัดสารมลพิษ ในไอเสียและไอระเหยน้ำมันเชื้อเพลิง โดยทำการตรวจวัดสารกลุ่ม BTEX และสารประกอบกลุ่ม คาร์บอนิล ซึ่งประกอบไปด้วย ฟอรัมาลดีไฮด์ และ อะเซทัลดีไฮด์ ในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งทำการเก็บตัวอย่างด้วยอุปกรณ์ชนิด DNPH - Coated silica และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC โดยทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ทุกๆ 6 วันเป็นเวลาต่อเนื่อง 12 เดือน โดยทำการตรวจวัดจากบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 5 สถานีจากผลการตรวจวัดพบว่า สถานีเคหะชุมชนดินแดง มีค่าเฉลี่ยฟอรัมาลดีไฮด์เท่ากับ 5.14 – 10.71 ppb สถานีราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา เท่ากับ 1.89 – 8.91 ppb สถานีโชคชัย 4 เท่ากับ 3.99 – 11.17ppb สถานีโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์เท่ากับ 4.19 – 14.64 ppb และศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จังหวัดปทุมธานี 2.39 – 6.48 ppb โดยพบว่าปริมาณสารมลพิษที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ตั้งอยู่ริมถนน (สถานีโชคชัย 4 และเคหะชุมชนดินแดง) จะมีความเข้มข้นสูงกว่าที่ตรวจวัดได้จากสถานีคุณภาพอากาศที่ตั้งอยู่ห่างจากถนนหรือพื้นที่ทั่วไป (สถาบันราชภัฏสมเด็จ และศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม)

देशी हमोनौय (2551)

การวิจัยนี้ได้ดำเนินการเพื่อศึกษาสารกลุ่มคาร์บอนิลในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร อันเนื่องจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบชนิดและระดับความเข้มข้นของสารกลุ่มคาร์บอนิลในกรุงเทพมหานคร เพื่อศึกษาการกระจายในบรรยากาศของสารกลุ่มคาร์บอนิล และเพื่อทราบความเข้มข้นของสารกลุ่มคาร์บอนิล เปรียบเทียบกับจำนวนรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน แก๊สโซฮอล์ มีการเก็บตัวอย่างอากาศจากจุด 10 จุด ในกรุงเทพมหานคร ในปี 2550 ถึงปี 2551 โดยใช้ปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศต่อกับหลอดเก็บตัวอย่างที่บรรจุสาร 2, 4 DNPH อยู่ภายในหลอดและนำตัวอย่างมาสกัดและวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC ตาม US EPA Compendium Method TO - 11A ของสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาพบว่า มีสารกลุ่มคาร์บอนิลที่พบในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร จำนวน 10 ชนิด คือ สารฟอรัมาลดีไฮด์ สารอะเซทัลดีไฮด์ สารอะซีโตน สารโพรวินัลดีไฮด์ สารบิวทิลดีไฮด์ สารโครโทนัลดีไฮด์ สารเบนซัลดีไฮด์ สารไอโซวาราล- ดีไฮด์ สารวาราลดีไฮด์ และสารเฮกซานัลดีไฮด์ สารฟอรัมาลดีไฮด์ พบมากที่สุด ในบรรยากาศของกรุงเทพมหานครในพื้นที่ริมถนนพบในช่วง 5.14 - 17.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย 11.53 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในพื้นที่อยู่อาศัย ในเวลาเดียวกันมีความเข้มข้นในช่วง 3.06 - 19.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย 9.65 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นของสารอะเซทัลดีไฮด์ในพื้นที่ริมถนนอยู่ในช่วง 1.59 - 7.95 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย 3.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครกรัมในพื้นที่อยู่อาศัย ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1.07 - 8.05 ไมโครกรัม ค่าเฉลี่ย 3.11 ไมโครกรัม สารกลุ่มคาร์บอนิลอื่นๆ ที่พบในกรุงเทพมหานครมีความเข้มข้นต่ำ ในการศึกษาพบว่าในเวลาที่มีการจราจรหนาแน่น ความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ และสารอะเซทัลดีไฮด์เพิ่มขึ้น ในเวลา กลางคืน ความเข้มข้นของสารกลุ่มนี้ลดลงเนื่องจากการลดลงของแหล่งกำเนิด และจากการ คำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่ริมถนนกับจำนวน รถยนต์พบว่ามีความสัมพันธ์ที่ดี ($R^2 = 0.977$) เช่นเดียวจากการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของสารอะเซทัลดีไฮด์ในพื้นที่ริมถนนกับจำนวนรถยนต์พบว่ามีความสัมพันธ์ที่ดี ($R^2 = 0.9256$)

ศิวพันธ์ ชูอินทร์ (2551)

ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาวิธีการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศมี วัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์วิธีการแบบพาสซีฟในการเก็บตัวอย่างก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในเขต เมือง และนำไปใช้ในการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในมหา ลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยทำการพัฒนาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟเพื่อเก็บตัวอย่าง ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศเป็นค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ในการเก็บตัวอย่างอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง แบบพาสซีฟจะถูกครอบด้วยถ้วยกระดาษเพื่อลดผลที่จะก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากกระแสลม ความชื้นจากบรรยากาศ และแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ ผลการนำอุปกรณ์แบบพาสซีฟไปเก็บ ตัวอย่างและตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นใน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา พบว่ามีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 8.90 – 109.90 ppb และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 54.30 ppb โดยมีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งอาคารคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม รองมาคือตำแหน่ง ร้านเบเกอรี่ (ป้อมจรรยา) หน้าอาคารศรีจุฑาภา และบริเวณประตูทางเข้ามหาวิทยาลัยถนนอุทอง นอก ซึ่งตำแหน่งที่ตรวจวัดเป็นตำแหน่งที่ติดกับถนนมีรถเคลื่อนที่ตลอดเวลา ทำให้มีการปล่อย ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ออกมาทางท่อไอเสียของรถ ทั้งนี้ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนได ออกไซด์ที่ทำการตรวจวัดมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.32 mg/m³ หรือ 0.163 ppm

จารุวรรณ เพียรเจริญ และคณะ (2552)

ผู้ทำการวิจัยได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ ฟอร์มัลดีไฮด์และ อะเซทัลดีไฮด์ โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 2 แห่งคือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 อำเภอบางเสาธง จังหวัด สมุทรปราการ (จุดอ้างอิง) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 สนามกีฬาแห่งชาติ เขตปทุมวัน (บริเวณที่มี การจราจรหนาแน่น) โดยทำการตรวจวัดในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์ เวลา 09.00 – 12.00 น. ระหว่าง เดือนธันวาคม 2552 ถึงเดือนมกราคม 2553 ซึ่งไนโตรเจนไดออกไซด์ทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี พาสซีฟ โดยนำไปสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออนและเทียบสีกับสารละลาย N-1 Naphthyl เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์การค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ethylenediamine Dihydrochloride (NEDH) และเก็บตัวอย่างด้วยวิธีแอกทีฟสำหรับตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์ และอะเซทัลดีไฮด์ โดยใช้หลอดที่บรรจุ 2,4 - Dinitrophenyldrazin (DNPH) เป็นตัวดูดซับและวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC ตาม US EPA Method TO-11A และจากผลการตรวจวัดพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศจุดที่ 1 เท่ากับ 46.0 ± 4.0 ppb และจุดที่ 2 เท่ากับ 35.0 ± 6.0 ppb ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ และอะเซทัลดีไฮด์ จุดที่ 1 เท่ากับ 1.28 ± 0.5 ppb และ 2.30 ± 1.6 ppb และจุดที่ 2 เท่ากับ 0.85 ± 0.5 ppb และ 0.95 ± 0.7 ppb ตามลำดับ

Michael ,C. et.al (2002)

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการปล่อยสารมลพิษในอากาศในบริเวณเมืองชิดนีย์ในประเทศออสเตรเลีย โดยทำการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์โดยใช้วิธีพาสสิฟ โดยทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เดินทางโดยใช้ยานพาหนะต่างๆ ในช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์ รายละเอียดดังนี้ รถยนต์ใช้ค่าเฉลี่ยตรวจวัดที่เวลา 203 นาที รถโดยสาร 276 นาที รถไฟ 331 นาที รถจักรยาน 351 นาที และเดิน 299 ผลการศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์จากรถยนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.70 ppb รถโดยสารเท่ากับ 44.30 ppb จักรยานเท่ากับ 24.58 ppb รถไฟเท่ากับ 14.85 ppb จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์จากการโดยสารด้วยรถประจำทางมีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์สูงที่สุด

Banoune ,B. et.al (2006)

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดหาความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์จากห้องสมุดแห่งชาติ ในเมือง Strasbourg ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงของประเทศฝรั่งเศส โดยใช้วิธี Infrared diode laser spectroscopy และวิธี DNPH - derivatization ในการตรวจวัด นำไปวิเคราะห์ด้วย วิธี liquid chromatography โดยใช้ UV เป็นหน่วยตรวจวัด และนำ 2 วิธีมาเปรียบเทียบกัน ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ได้จากการตรวจวัดทั้ง 2 เทคนิคมีความใกล้เคียงกัน ซึ่งวิธี Infrared diode laser spectroscopy สามารถใช้ตรวจวัดหาความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์จากอากาศภายในอาคารได้ ซึ่งใช้เวลาเพียงไม่กี่นาทีในการตรวจวัด ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้จากห้องสมุดโดยปกติจะอยู่ในช่วง 8-33 ppb ยกเว้นจากห้องสมุด 2 แห่งที่ตรวจวัดความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ได้เท่ากับ 82 และ 105 ppb จากข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของฟอร์มาลดีไฮด์ในห้องสมุด ซึ่งได้เท่ากับ 33.5 ± 31.2 ppb พบว่าเกินค่าที่กำหนดโดยองค์การสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยในการทำงานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NIOSH) ซึ่งระบุไว้ที่ 16 ppb

Marchand C. and et .al (2006)

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของ ฟอรัมาลดีไฮด์ และอะเซทัลดีไฮด์ ที่ตรวจวัดได้ภายในอาคารและสถานที่สาธารณะต่างๆ ได้แก่ สถานีรถไฟ ท่าอากาศยาน ศูนย์กลางค้า ห้องสมุดที่จอดรถใต้ดิน ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศฝรั่งเศส เก็บตัวอย่างโดยวิเคราะห์ห้อนุพันธ์ของ DNPH โดยเครื่องลิควิด โครมาโทกราฟีโดยใช้วิธีเทคนิคเตอร์ ความเข้มข้นของฟอรัมาลดีไฮด์และอะเซทัลดีไฮด์ ในพื้นที่สาธารณะพบ สูงสุดที่ท่าอากาศยานและสถานีรถไฟ ซึ่งอยู่ในช่วง 1-10 ppb ส่วนภายในอาคารพบว่า ในบ้านที่บริเวณห้องนั่งเล่นมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฟอรัมาลดีไฮด์ เท่ากับ 37 ppb และที่ห้องนอนเท่ากับ 46 ppb จากการตรวจวัด อะซีตัลดีไฮด์พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยที่ห้องนั่งเล่นเท่ากับ 15 ppb และที่ห้องนอน เท่ากับ 18 ppb โดยที่ตามความเข้มข้นสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดคือ 123. 80 และ 47 ppb ซึ่งตรวจพบในฟอรัมาลดีไฮด์ และ อะเซทัลดีไฮด์ ตามลำดับ ในสถานที่สาธารณะพบความเข้มข้นฟอรัมาลดีไฮด์ สูงสุดถึง 62 ppb และความเข้มข้น อะเซทัลดีไฮด์ สูงสุดเท่ากับ 26 ppb

Ann ,F.et .al (2010)

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา สารระเหยของหมู่แอลดีไฮด์ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยทำการศึกษาระยะในห้องสมุดและห้องเก็บเอกสารเนื่องจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายเหล่านี้อาจมีแหล่งกำเนิดมาจากกระดาษต่างๆ ซึ่งอาจมีการเสื่อมสภาพไป ทำให้เกิดการสะสมของสารมลพิษต่างๆ เพิ่มขึ้น การศึกษานี้ทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีพาสตีฟที่บรรจุสาร 2,4 – Dinitrophenyldrazin (DNPH) โดยเก็บตัวอย่างในสิบบริเวณจากห้องสมุดทั้งสิ้นแห่ง จากผลการศึกษาพบว่า ห้องสมุดที่ไม่มีการระบายอากาศโดยเฉพาะที่เก็บหนังสือพิมพ์จะมีปริมาณสารระเหยของหมู่แอลดีไฮด์ ได้แก่ ฟอรัมาลดีไฮด์ อะเซทัลดีไฮด์ เฟอร์ฟูรัล และเฮกซานัล ในปริมาณค่อนข้างสูงกว่าบริเวณที่มีการระบายอากาศ ส่วนความเข้มข้นของอะซีติก แอซิด และสารอินทรีย์ระเหยง่ายพบว่ามีค่าความเข้มข้นมากกว่าภายนอกอาคาร ผลจากการประเมินค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของความเข้มข้นสารระเหยของหมู่แอลดีไฮด์ในห้องสมุดสำหรับการทำงานใน 8 ชั่วโมงพบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าที่กฎหมายกำหนดไว้ โดยองค์กรด้านความปลอดภัยและสุขภาพ อย่างไรก็ตามการประเมินค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสำหรับการทำงาน ใน 8 ชั่วโมง นี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดโดยองค์กรสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยในการทำงานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NIOSH) ซึ่งระบุไว้ที่ 16 ppb

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องเก็บตัวอย่างแบบส่วนบุคคล (Personal Air Sampling) ยี่ห้อ SKC รุ่น 224-PCXR4 พร้อมอุปกรณ์อิมพินเจอร์และแทรปเปอร์ และเครื่องเทียบอัตราการไหลอิเล็กทรอนิกส์ (Ultra Flow™ Calibrator)
2. เครื่องยูวี – วิซิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS Spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo Spectronic รุ่น Genesys 10 series บริษัท Honder Associates Laboratory, USA
3. เครื่อง Ultrasonic bath รุ่น 136H บริษัท Ney Dental ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. pH meter ยี่ห้อ Denver รุ่น Model 225 บริษัท Denver Instrument Company, USA
5. อุปกรณ์พาสตีฟ
6. กระดาษกรองใยแก้ว
7. เทอร์โมมิเตอร์
8. ไมโครปิเปต ขนาด 100 และ 1000 μL
9. เครื่องแก้วต่างๆ

3.2 สารเคมี

1. โซเดียมไอโอดด์ (NaI) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, Italy
2. โซเดียมไนไตรท์ (NaNO₂) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, Italy
3. กรดซัลฟานิลิก เกรดวิเคราะห์ บริษัท LAB-SCAN, Ireland
4. NEDH (N-1 Naphthyl Ethylenediamine Dihydrochloride) เกรดวิเคราะห์ FLUKA CHEMIKA
5. กรดฟอสฟอริก(H₃PO₄) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Mallinckrodt, USA
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท LAB-SCAN, Ireland
7. ฟอรัมาลดีไฮด์ (HCHO) 37 % เกรดวิเคราะห์ บริษัท Mallinckrodt Baker , USA
8. โซเดียมไบซัลไฟต์ 1% (NaHSO₃) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Mallinckrodt, USA
9. โซเดียมซัลไฟต์ (Na₂SO₃) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Mallinckrodt, USA
10. สารละลายเมทานอล (CH₃OH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, Italy
11. กรดซัลฟิวริก 95% (H₂SO₄) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Mallinckrodt Baker, USA
12. กรดโครมาโทปิก ((HO)₂C₁₀H₄(SO₃Na)₂.2H₂O) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, Italy
13. โพแทสเซียมไอโอดด์ (KI) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, Italy
14. น้ำปราศจากไอออน และน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 สถานที่ทำการเก็บตัวอย่าง

1. สำนักหอสมุดกลางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ลักษณะ : สำนักหอสมุดกลางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ลักษณะเป็นอาคาร 4 ชั้น พื้นที่ประมาณ 9,579 ตารางเมตร บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างคือ

1.) บริเวณห้องอ่านหนังสือชั้น 1 พื้นที่ประกอบไปด้วยโถงอ่านหนังสือ ซึ่งเป็นบริเวณกว้างมีทรัพยากรสารสนเทศ เช่น หนังสือ วารสาร หนังสือพิมพ์ และมีชั้นวางหนังสือที่เป็นเหล็กและไม้ ประตุมิเปิดปิดตลอดเวลา เนื่องจากมีผู้เข้ามาใช้บริการตลอดทั้งวัน

2.) ชั้น 3 บริเวณห้องอ่านหนังสือทั่วไป ภายในห้องมีหนังสือ และชั้น ไม้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีห้องสำเนาถ่ายเอกสารอยู่ในบริเวณชั้นด้วย

3.) ห้องวิทยานิพนธ์ซึ่งเป็นห้องที่อยู่ด้านในสุด ห้องมีขนาดเล็ก หนังสือมีจำนวนน้อย เป็นหนังสือประเภทวิทยานิพนธ์และชั้นวางหนังสือทำจากเหล็ก

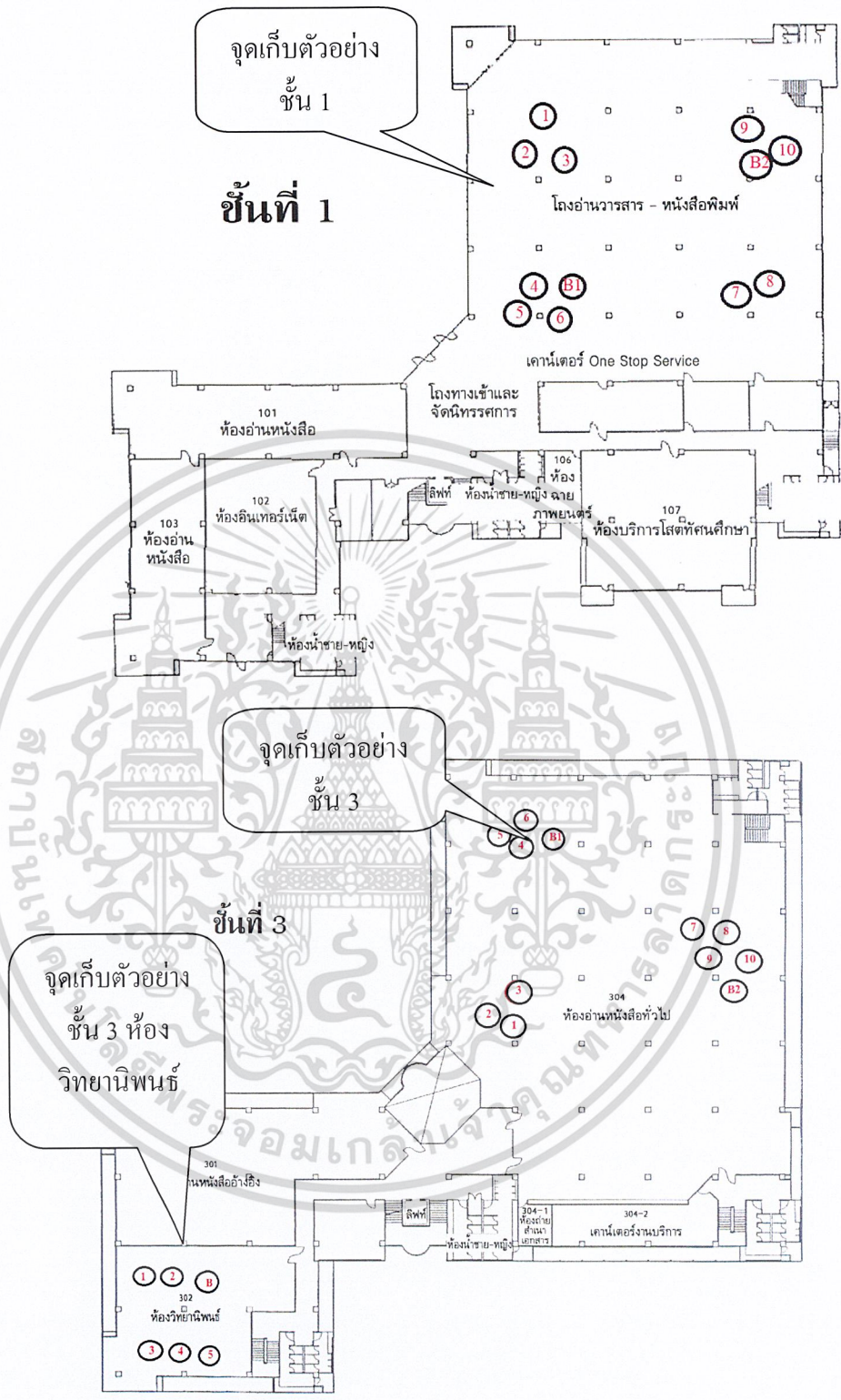
การเก็บตัวอย่างเก็บในช่วงระยะเวลาทำการ (8 ชั่วโมง) 3 จุด จุดละ 3 ซ้ำ จุดที่ใช้อ้างอิงในการเก็บตัวอย่างสำนักหอสมุดกลางคือ บริเวณหน้าสำนักหอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกันเวลา 9.00 น. - 17.00 น.

แหล่งกำเนิดฟอร์มัลดีไฮด์มาจากกาวและไม้ที่ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ชั้นวางหนังสือ หนังสือ ฉนวนกันความร้อน เป็นต้น และภายในอาคารมีการถ่ายเทอากาศจากภายนอกสามารถทำให้เกิดการแพร่กระจายของก๊าซในโตรเจนไดออกไซด์ร่วมด้วยเช่นกัน



รูปที่ 3.1 พื้นที่ภายในสำนักหอสมุดกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนผังพื้นที่ต่างๆ ในชั้นที่ 1 และชั้น 3 ภายในสำนักหอสมุดกลางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- หมายเหตุ ○ ตำแหน่งที่วางอุปกรณ์พาสตีฟในชั้นต่างๆ
- B ตำแหน่งที่วางอุปกรณ์พาสตีฟแสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รถโดยสารปรับอากาศ

ลักษณะ : รถโดยสารประจำทางปรับอากาศ สาย 517 เครื่องยนต์ดีเซล เส้นทางเดินรถลาดกระบัง – หมอชิตใหม่ โดยผ่าน ถนนลาดกระบัง - ถนนอ่อนนุช ถนนพัฒนาการ ถนนพระรามเก้า แยกลาดพร้าว ถนนพหลโยธิน เส้นทางเดินรถเป็นเส้นทางที่มีการจราจรหนาแน่น ทำการเก็บตัวอย่างในวันราชการ(จันทร์ พุธ ศุกร์) และวันหยุดราชการ (เสาร์ อาทิตย์) ตลอดเดือนกุมภาพันธ์ ในช่วงเวลา 7.30 – 9.30 น. และ 10.00 – 12.00 น. โดยเริ่มจากบริเวณหน้าสวนพระนครเป็นต้นทาง และสิ้นสุดที่สถานีขนส่งหมอชิตใหม่ โดยหนึ่งตัวอย่างคือหนึ่งเที่ยวการเดินทาง (1-2 ชั่วโมง) ทำการเก็บตัวอย่างอากาศตามช่วงเวลาดังกล่าวและจุดที่ใช้อ้างอิงในการเก็บตัวอย่างรถโดยสารปรับอากาศคือ บริเวณสวนหน้าคณะวิทยาศาสตร์ โดยทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลา 7.00 น. - 9.00 น.

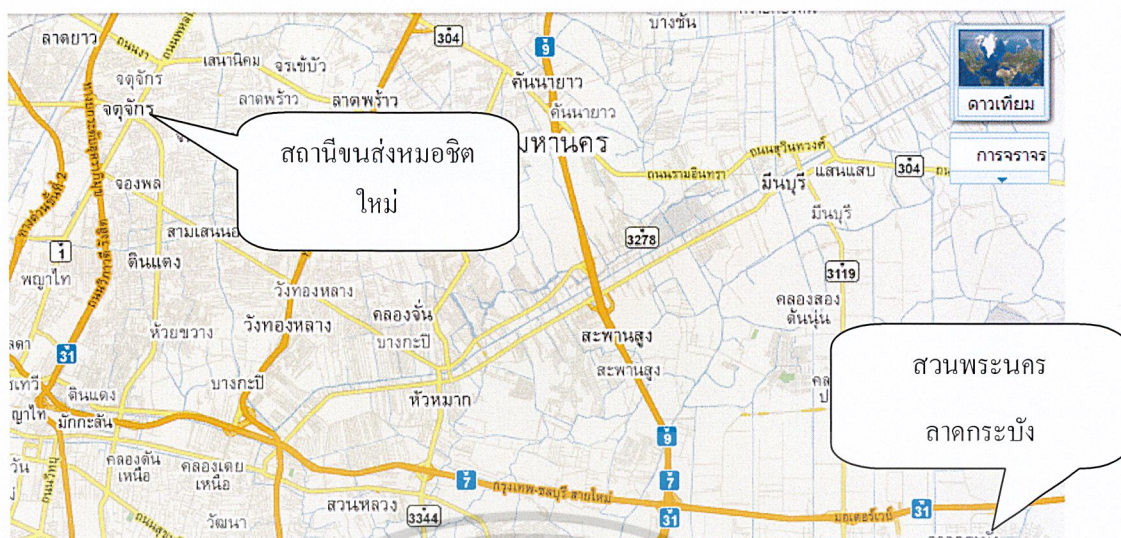
แหล่งกำเนิดฟอร์มาลดีไฮด์ภายในรถโดยสารมาจาก ไอระเหยจากการเผาไหม้จากน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศที่ถ่ายเทจากภายนอกเข้าสู่ภายในรถโดยสารจาก การเปิด-ปิด ประตู เบาะที่นั่งโดยสาร ยางซี้น บริเวณขอบหน้าต่าง ผ้าม่าน ฉนวนกันความร้อน

แหล่งกำเนิดไนโตรเจนไดออกไซด์นั้นเกิดจากไอระเหยจากการเผาไหม้จากน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศที่ถ่ายเทจากภายนอกเข้าสู่ภายในรถโดยสารเช่นเดียวกัน



รูปที่ 3.3 รถโดยสารประจำทางปรับอากาศ สาย 517

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 เส้นทางเดินรถ ลาดกระบัง – หมอชิตใหม่

3.3.2 วิธีการทดลองสำหรับวิเคราะห์ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์และฟอร์มาลดีไฮด์

การทดลองสำหรับวิเคราะห์ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ การหาความเข้มข้นที่แน่นอนและการประกันคุณภาพสำหรับการเก็บตัวอย่างในบรรยากาศทั่วไปดังภาคผนวก ก ข และ ค

3.3.3 การประเมินความเสี่ยงสิ่งแวดล้อมจากฟอร์มาลดีไฮด์ภายในพื้นที่ที่ศึกษา

เนื่องจากฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ ดังนั้นจึงสนใจประเมินความเป็นพิษที่อาจเกิดขึ้นจากการได้รับฟอร์มาลดีไฮด์เป็นระยะเวลานาน

หลักการประเมินความเสี่ยงสิ่งแวดล้อม มีขั้นตอนดังนี้

1. การเลือกพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่ทำการศึกษา มี 2 แห่งคือ สำนักหอสมุดกลางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 3 จุดคือ บริเวณชั้น 1 ชั้น 3 และห้องวิทยานิพนธ์ตามลำดับ และรถโดยสารปรับอากาศสาย 517 ลาดกระบัง-หมอชิตใหม่

2. การดำเนินงาน

ทำการสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะการทำงานและแหล่งกำเนิดฟอร์มาลดีไฮด์ ศึกษาบริเวณที่เป็นพื้นที่การตรวจวัด จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างเก็บตัวอย่างฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยวิธีแอกทิฟ และทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อระดับความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคาร โดยทำการวัดอุณหภูมิและวัดความชื้นสัมพัทธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สมมติฐานที่ใช้ในการศึกษา

1. สำนักหอสมุดกลางลักษณะความเสี่ยงที่ประเมินคือ บุคลากรที่ปฏิบัติงานภายใน สำนักหอสมุดกลางเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน โดยไม่คิดช่วงนอกเวลาทำงาน ความถี่ในการ ได้รับสารมลพิษคิดจากการทำงานสัปดาห์ละ 5 วัน (จันทร์ – ศุกร์) คิดที่ 100 % ของวันทำงานใน 1 ปี เป็นระยะเวลาการทำงานตลอด 30 ปี จนถึงเกษียณ โดยคิดที่อายุเริ่มต้นการทำงาน 30 ปี

2. รถโดยสารปรับอากาศ ลักษณะความเสี่ยงที่ประเมินคือ นักศึกษาที่โดยสารรถประจำทางปรับอากาศสาย 517 จากลาดกระบัง – หอมชิตใหม่ โดยคิดที่ระยะเวลาเดินทางเฉลี่ยจากการเก็บ ตัวอย่างช่วงเช้าและช่วงสาย ซึ่งได้ทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยและความเข้มข้นที่ใช้ในแต่ละเที่ยวของการเดินทาง โดยกำหนดให้วันทำการ (จันทร์ – ศุกร์) นักศึกษาเดินทางมาเรียนคิดเป็น 100 % ของวันมาเรียนทั้งหมดใน 1 ปีการศึกษา (8 เดือน) โดยคิดที่ระยะเวลาที่ได้รับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์จากการเดินทางตลอด 4 ปี โดยไม่คิดช่วงเวลาริ้วหยุด

ค่าที่ใช้ในการคำนวณความเสี่ยงจากการได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ทางอากาศ (US.EPA,1995)

อัตราการหายใจเมื่อทำงานปานกลาง	1	m ³ /day	CR
น้ำหนักตัวของฝ่ายชาย	70	kg	BW
น้ำหนักตัวของฝ่ายหญิง	65	kg	
อัตราการกักสารพิษไว้จากการหายใจเข้า	1		RR
อัตราการดูดซึมสารพิษไว้จากอากาศที่หายใจเข้า	1		ABS
ความถี่ในการได้รับสัมผัสสารพิษ	-	day/year	EF
ช่วงเวลารับสัมผัสตลอดการทำงาน	30	year	ED
นักศึกษา คิดช่วงเวลารับสัมผัส	4	year	
เวลาเฉลี่ยตลอดอายุขัย	25,550	day	AT
ค่า potency factor ของฟอร์มาลดีไฮด์	0.045	(mg/kg/day) ⁻¹	PF
ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์	-	mg/m ³	C _A
ปริมาณที่ได้รับทางอากาศในแต่ละวันเฉลี่ย	-	mg/kg/day	CDI

$$\text{ปริมาณที่ได้รับทางอากาศในแต่ละวัน (mg/kg/day)} = \frac{C_A \times CR \times EF \times ED \times RR \times ABS}{BW \times AT}$$

$$\text{ความเสี่ยง (Risk)} = \text{CDI} \times \text{PF}$$

*PF คือ Potency Factor หรือ ค่าศักยภาพในการเกิดมะเร็งของสารมลพิษ (mg/kg/day)⁻¹ (US.EPA,1995)

โดยความเสี่ยงที่ยอมรับได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 ส่วนในล้านส่วน

(ดังภาคผนวก จ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การเลือกพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษานี้เป็นการตรวจวัดหาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์โดยวิธีแอกทิฟและไนโตรเจนไดออกไซด์โดยวิธีพาสซีฟ ทำการศึกษา 2 แห่ง คือ

1. บริเวณพื้นที่ภายในและภายนอกสำนักหอสมุดกลางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยแบ่งทำการตรวจวัด บริเวณห้องอ่านหนังสือชั้น 1 ห้องอ่านหนังสือชั้น 3 และห้องวิทยานิพนธ์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ทำการเก็บตัวอย่างในบริเวณชั้น 1 และชั้น 3 จุดละ 10 ตัวอย่าง เป็นจำนวนจุดละ 3 ครั้ง สำหรับห้องวิทยานิพนธ์และจุดอ้างอิงทำการเก็บตัวอย่างครั้งละ 5 ตัวอย่าง เป็นจำนวน 3 ครั้งเช่นเดียวกัน ใช้เวลาในการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง โดยจุดที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงจะทำการตรวจวัดในบริเวณลานหน้าสำนักหอสมุดกลาง ส่วนฟอร์มาลดีไฮด์เลือกจุดเก็บตัวอย่างและใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างเช่นเดียวกับไนโตรเจนไดออกไซด์ การเก็บตัวอย่างในแต่ละจุด เก็บจุดละ 3 ครั้ง บริเวณที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดังรูปที่ 3.2

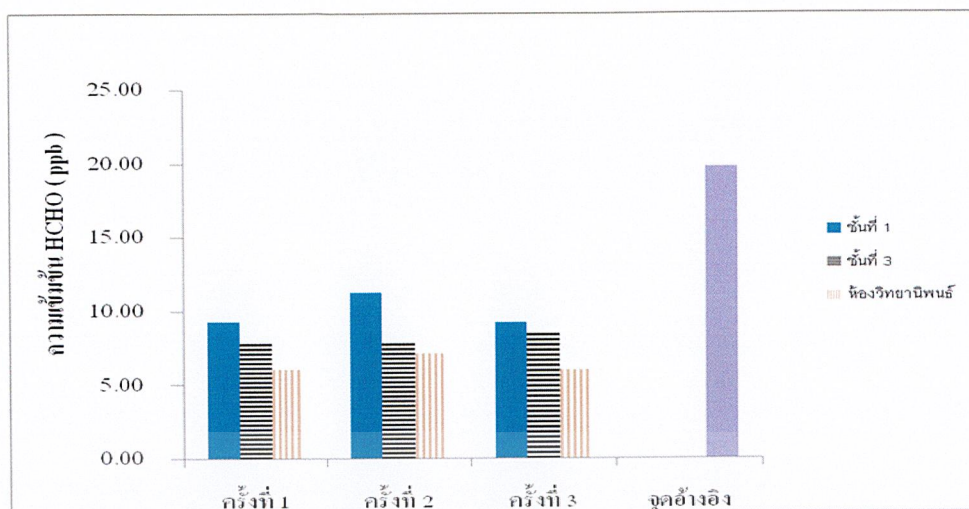
2. ภายในรถโดยสารปรับอากาศสาย 517 และบริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์ สำหรับภายในรถโดยสารจะทำการตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ ทั้งช่วงเช้าและช่วงสาย เวลาที่ใช้การเก็บตัวอย่างจะอยู่ในช่วง 1-2 ชั่วโมง โดยระยะเวลาในการเก็บแต่ละครั้ง ขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจร ณ ช่วงเวลานั้น โดยทำการเก็บตัวอย่างในช่วงวันทำการ และ วันหยุดราชการ ตลอดเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 (ภาคผนวก ง)

4.2 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศโดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบแอกทิฟ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธีแบบแอกทิฟตามวิธีของ NIOSH 3500 โดยใช้สารละลายโซเดียมไบซัลไฟด์เป็นสารดูดซับ และทำให้เกิดสีกับกรดโครมาโทปิกและวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย เครื่องยูวี – วิซิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร

4.2.1 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในสำนักหอสมุดกลาง

จากการเก็บตัวอย่าง 3 บริเวณ ได้แก่ บริเวณห้องอ่านหนังสือชั้น 1 บริเวณห้องอ่านหนังสือชั้น 3 และบริเวณห้องวิทยานิพนธ์ โดยตรวจวัดในช่วงเวลา 9.00 น. - 17.00 น. ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์บริเวณพื้นที่ภายในสำนักหอสมุดกลาง ณ บริเวณต่างๆ ดังรูปที่ 4.1



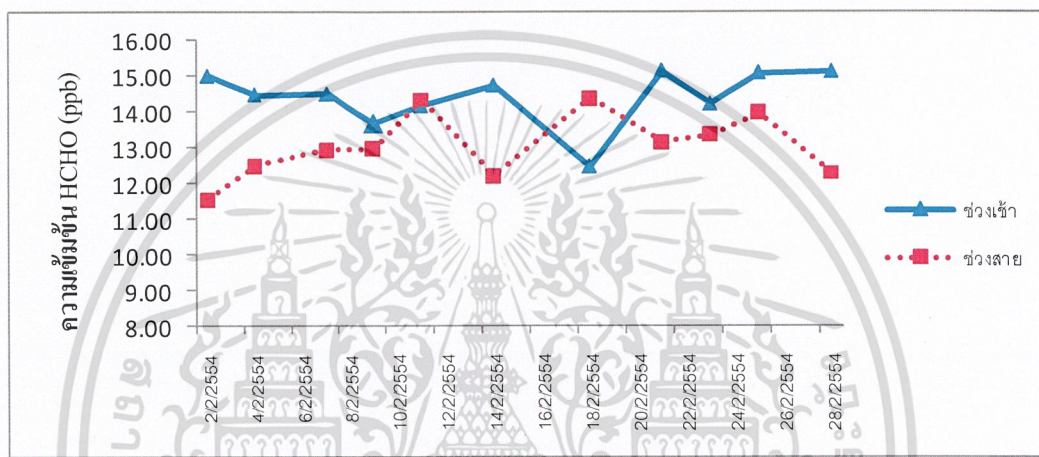
รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ที่บริเวณต่างๆภายในสำนักหอสมุดกลางและพื้นที่ภายนอก สำนักหอสมุดกลางที่เวลาการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง

จากรูปที่ 4.1 ผลจากการตรวจวัดปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ที่สำนักหอสมุดกลางในบริเวณ ห้องอ่านหนังสือชั้น 1 ห้องอ่านหนังสือชั้น 3 และห้องวิทยานิพนธ์ พบว่าบริเวณชั้น 1 มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์สูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.93 ± 1.16 ppb ห้องอ่านหนังสือชั้น 3 มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ เท่ากับ 8.21 ± 0.39 ppb และห้องวิทยานิพนธ์มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.41 ± 0.63 ppb จากผลการตรวจวัดพบว่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์บริเวณชั้น 1 อาจมีแหล่งกำเนิดฟอร์มาลดีไฮด์จากภายในอาคาร เช่น หนังสือ ชั้นวางหนังสือที่ทำจากไม้อัด นอกจากนี้พบว่าฟอร์มาลดีไฮด์มาจากการถ่ายเทระหว่างอากาศภายในกับ อากาศภายนอก จึงทำให้ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่บริเวณชั้นนี้มีความเข้มข้นสูงที่สุด เนื่องจากอากาศภายนอกแพร่กระจายขึ้นมาสู่ชั้น 3 และห้องวิทยานิพนธ์ได้น้อย จึงทำให้ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตรวจพบมีปริมาณน้อย ห้องอ่านหนังสือชั้น 3 เป็นห้องที่มีขนาดใหญ่ มีหนังสือเป็นจำนวนมาก และมีชั้นวางหนังสือที่ทำจากไม้อัดซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดฟอร์มาลดีไฮด์ได้อีกทางหนึ่ง ส่วนห้องวิทยานิพนธ์มีความเข้มข้นต่ำที่สุดเนื่องจากเป็นห้องที่มีขนาดเล็ก จำนวนหนังสือและชั้นวางหนังสือน้อยกว่าชั้น 3 จึงคาดว่าเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ตรวจพบฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งคาดว่าแหล่งของฟอร์มาลดีไฮด์มาจากชั้นวางหนังสือ โต๊ะ และหนังสือต่างๆ ผลการศึกษาของ Tang, X. *et al.* (2009) ที่ได้ทำการศึกษาพบว่าในประเทศจีนปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์มากกว่า 65% เป็นส่วนประกอบในเรซินที่ใช้ทำกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ และเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสารเคมีที่ใช้กับของใช้ต่าง ๆ เช่น วัสดุก่อสร้าง ไม้อัด กาว กระดาษ ผ้า เป็นต้น และจากการศึกษาของ Banoune, B. *et al.* (2006) ในประเทศฝรั่งเศส ทำการตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์จากหอสมุดทั่วไป ด้วยวิธี infrared diode laser spectroscopy และ วิธี DNPH - derivatization ซึ่งมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 6.51 - 71.64 ppb สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

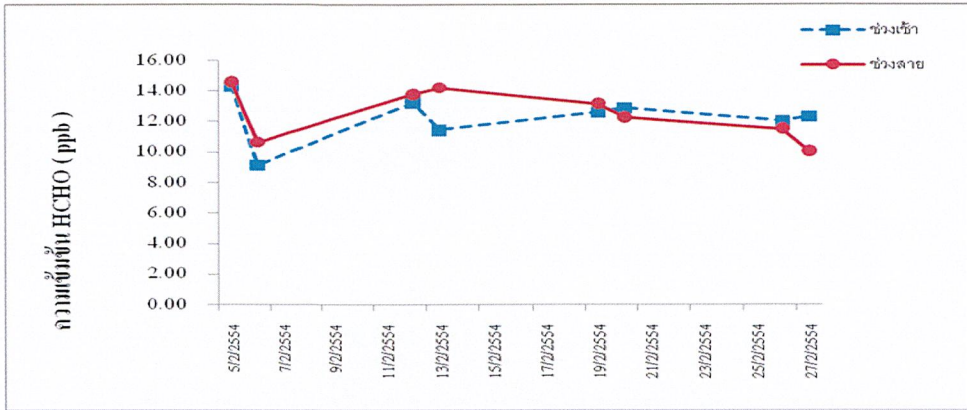
ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้จากสำนักหอสมุดกลางในโครงการนี้ทั้ง 3 จุด มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงดังกล่าวและพบที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าจุดอ้างอิงบริเวณหน้าสำนักหอสมุดกลาง ซึ่งมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 19.76 ± 0.58 ppb (ภาคผนวก ง) และจากการทดสอบทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยทดสอบสมมุติฐานว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในแต่ละจุดไม่แตกต่างกัน (H_0) เมื่อทดสอบสมมุติฐานพบว่า ชั้น 1 มีความแตกต่างกับห้องวิทยานิพนธ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ภาคผนวก ฉ)

4.2.2 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517



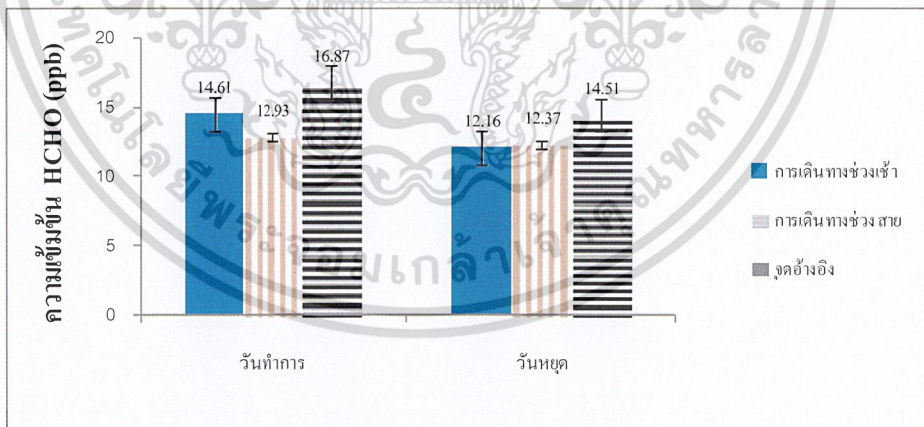
รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ช่วงเช้าและช่วงสายในวันทำการ

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาที่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ช่วงเช้า โดยในช่วงเช้าของวันทำงาน มีปริมาณจราจรที่หนาแน่นมากกว่าช่วงสายของช่วงสาย เนื่องจากผู้คนที่ต้องใช้รถเพื่อเดินทางไปทำงาน ทำให้จำนวนรถมีปริมาณมากระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางช่วงเช้าจึงมากกว่าช่วงสาย ทำให้การเดินทางใช้เวลานานกว่าในช่วงสาย เป็นผลให้ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในช่วงเช้ามีความเข้มข้นสูงกว่าช่วงสาย ยกเว้นข้อมูลในวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2554 ซึ่งเป็นวันหยุดราชการ เนื่องจากเป็นวันมาฆบูชา จึงพบว่าช่วงเช้ามีความเข้มข้นน้อยกว่าในช่วงสาย เนื่องจากปริมาณการจราจรในช่วงเช้าเบาบางกว่า จึงไม่น่ามาคิดที่ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในวันทำการ (ภาคผนวก ง) และจากการทดสอบทางสถิติ พบว่าช่วงเช้าและช่วงสายในช่วงวันทำการมีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ภาคผนวก ฉ)



รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ช่วงเช้าและช่วงสายในวันหยุด

จากรูป 4.3 พบว่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ช่วงเช้าสูงกว่าช่วงสาย เนื่องจากในช่วงเช้าของวันเสาร์ - อาทิตย์ มีสภาพจราจรที่ค่อนข้างเบาบางซึ่งเห็นได้จากระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยส่วนใหญ่ จากรูปจะเห็นได้ว่า ในวันที่ 6 13 และ 19 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 เป็นวันที่มีฝนตกในช่วงเช้า ส่งผลให้ในอากาศมีความชื้นมาก ทำให้ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ลดลงเนื่องจากฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารมีขั้วเล็กน้อยจึงมีความสามารถในการละลายน้ำ อาจมีบางส่วนที่ทำปฏิกิริยารวมกับไอน้ำในอากาศ เป็นละอองไอ (aerosol) ที่มีความหนาแน่นสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างลดลง (ภาคผนวก ง) และจากการทดสอบทางสถิติ พบว่าช่วงเช้าและช่วงสายในช่วงวันหยุดมีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ภาคผนวก ฉ)



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในวันทำการและวันหยุด

จากรูปที่ 4.4 ในช่วงวันทำการ มีความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มาลดีไฮด์ช่วงเช้าเท่ากับ 14.61 ± 0.47 ppb ช่วงสายมีค่าเท่ากับ 12.93 ± 0.80 ppb วันหยุด มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยช่วงเช้าเท่ากับ 12.16 ± 1.52 ppb ช่วงสายมีค่าเท่ากับ 12.37 ± 2.03 ppb ซึ่งพบว่าวันทำการช่วงเช้ามีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์มากกว่าวันหยุดเนื่องจากในวันทำการเป็นวันที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น ไอเสียจากเครื่องยนต์สามารถแทรกซึมเข้ามาภายในรถโดยสารได้ ซึ่งภายในรถโดยสารมีลักษณะเป็นเสมือน

เอกสารนเป็นเอกสารทั้งสองในสาขาการเชิงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

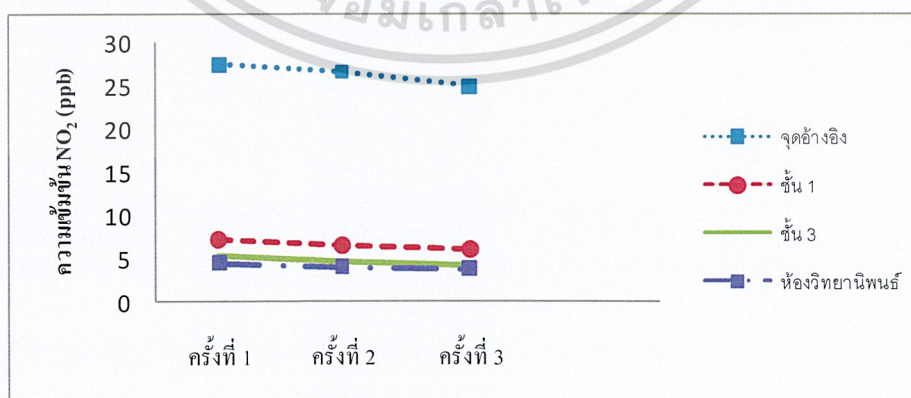
ห้องปิด มีเพียงประตูเท่านั้นเท่าที่ เปิด - ปิดได้ ทำให้การระบายอากาศภายในรถโดยสารนั้นทำได้ไม่ดี จึงเกิดมีไอของสารของฟอร์มาลดีไฮด์ตกค้างอยู่ และเมื่อเปรียบเทียบกับวันหยุด ที่มีความหนาแน่นของจราจรน้อยกว่าในช่วงวันทำการทำให้มีไอเสียจากเครื่องยนต์มีโอกาสที่จะแทรกซึมเข้ามาภายในรถโดยสารในปริมาณที่น้อยกว่าในช่วงของวันทำการ จึงทำให้ไอของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตกค้างอยู่ภายในรถมีปริมาณที่ต่ำกว่า และความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้จากจุดอ้างอิงในวันทำการมีค่า เท่ากับ 16.87 ± 2.52 ppb ส่วนในวันหยุดมีค่าเท่ากับ 14.51 ± 2.28 ppb แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์มีผลมาจากสภาพการจราจร ณ บริเวณนั้นซึ่งสอดคล้องกับการตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษ (2549) ที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับ การตรวจวัดสารมลพิษ จาก 5 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร โดยเก็บตัวอย่างต่อเนื่องที่ 24 ชั่วโมง ทุกๆ 6 วัน เป็นระยะเวลาต่อเนื่องนาน 12 เดือน โดยพบว่าปริมาณสารมลพิษที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ตั้งอยู่ริมถนน (สถานีโชคชัย 4 และเคหะชุมชนดินแดง) จะมีความเข้มข้นสูงกว่าที่ตรวจวัดได้จากสถานีคุณภาพอากาศที่ตั้งอยู่ห่างจากถนนหรือพื้นที่ทั่วไป (สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ศูนย์วิจัย และฝีกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม) และจากการทดสอบทางสถิติพบว่าช่วงเช้าและช่วงสายในช่วงวันทำการและช่วงวันหยุดมีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ภาคผนวก ก)

4.3 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ

4.3.1 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณพื้นที่ภายในและภายนอกสำนักงาน

หอดสมุดกลาง

จากการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีพาสซีฟโดยทำการตรวจวัดที่จุดต่างๆ เช่นเดียวกับฟอร์มาลดีไฮด์ ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่บริเวณต่างๆแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ที่บริเวณต่างๆภายในสำนักงานหอดสมุดกลางและจุดอ้างอิง ที่เวลาการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

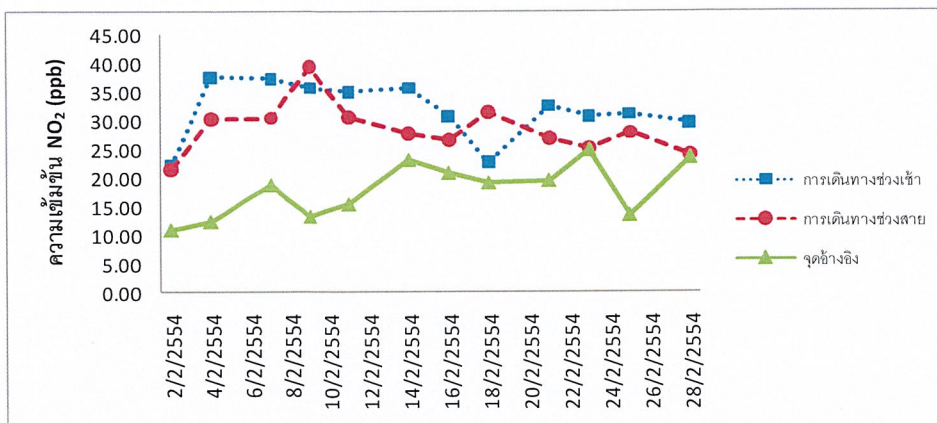
จากรูปที่ 4.5 การเก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีพาสสิฟที่เวลา 8 ชั่วโมง พบว่าจุดเก็บตัวอย่างในชั้นที่ 1 มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์เท่ากับ 6.50 ± 0.53 ppb ซึ่งมีความมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณชั้น 3 และห้องวิทยานิพนธ์ เนื่องจากเป็นจุดที่มีการเปิด-ปิดประตูจึงทำให้เกิดการถ่ายเทระหว่างอากาศภายในกับอากาศภายนอก สารมลพิษจากอากาศภายนอกสำนักหอสมุดกลาง เช่น จากการจราจร จึงมีการถ่ายเทเข้ามาบริเวณภายในได้ และภายในห้องมีขนาดใหญ่ จำนวนผู้ใช้บริการสำนักหอสมุดกลางค่อนข้างมากทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนหมุนเวียนของอากาศสูงจึงมีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดได้มีค่าสูงสุด ห้องอ่านหนังสือบริเวณชั้น 3 มีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 4.67 ± 0.50 ppb สารมลพิษเกิดการถ่ายเทได้ค่อนข้างน้อยซึ่งใกล้เคียงกับห้องวิทยานิพนธ์ที่อยู่ชั้น 3 ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์น้อยที่สุด เนื่องจากในห้องอยู่สูงจากชั้น 1 และจากแผนผังพบว่าห้องวิทยานิพนธ์อยู่ในเขตชั้นในสุดทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศได้น้อยกว่าบริเวณพื้นที่อื่นๆ นอกจากนี้ยังมีนักศึกษาเข้าออกน้อยจึงมีการเปิด-ปิดประตูน้อยครั้ง ทำให้การตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในห้องวิทยานิพนธ์มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 4.04 ± 0.37 ppb

จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกบริเวณหน้าสำนักหอสมุดกลาง พบว่ามีค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยเท่ากับ 26.32 ± 1.30 ppb ที่เวลาการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณภายในสำนักหอสมุดกลาง เนื่องจากบริเวณภายนอกที่ทำการเก็บตัวอย่างอยู่ห่างจากถนนใหญ่ประมาณ 40 เมตรซึ่งถือว่าเป็นระยะทางที่ห่างจากถนนไม่มากนัก จึงมีแหล่งกำเนิดไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ต่างๆ เช่น จากยานพาหนะ ทำให้เกิดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ถ่ายเทเข้าสู่พื้นที่ภายในสำนักหอสมุดกลางได้ (ภาคผนวก ง)

จากการทดสอบทางสถิติพบว่าจุดอ้างอิงมีความแตกต่างกับทุกจุดที่ตรวจวัดจากภายในสำนักหอสมุดกลาง แต่พบว่าความเข้มข้นของชั้น 3 และห้องวิทยานิพนธ์ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์จากชั้น 1 ไม่แตกต่างกับชั้น 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ภาคผนวก ฉ)

4.3.2 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารปรับอากาศ และบริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์เป็นจุดอ้างอิง

จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถโดยสารปรับอากาศ สาย 517 เส้นทางเดินรถ ลาดกระบัง - หมอชิตใหม่ ที่ระยะเวลาต่างๆซึ่งแบ่งการเดินทางเป็นช่วงเช้าและช่วงสาย โดยเริ่มทำการเก็บตัวอย่างเวลา 7.30 น. ระยะเวลาในการเดินทางประมาณ 1.5 – 2 ชั่วโมง ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่วันและเวลาต่างๆ ดังรูปที่ 4.6

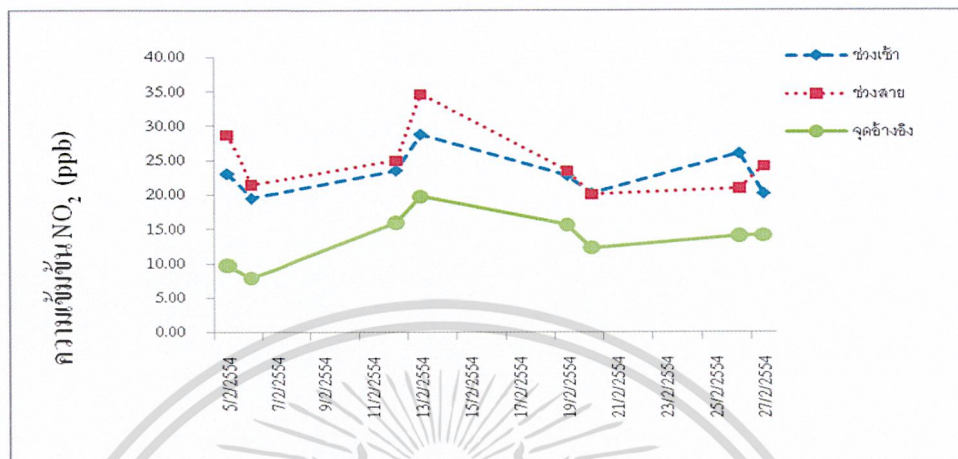


รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารปรับอากาศ กับเที่ยวการเดินทางในวันทำการ

จากรูปที่ 4.6 การตรวจวัดปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารปรับอากาศสาย 517 ต่อเที่ยวการเดินทาง ไป-กลับ ในวันทำการ พบว่าช่วงเช้า มีค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เท่ากับ 32.50 ± 4.47 ppb ซึ่งมีค่ามากกว่าช่วงสาย วัดค่าความเข้มข้นได้เท่ากับ 28.55 ± 4.55 ppb คาดว่าสาเหตุที่ทำให้การเดินทางช่วงเช้า มีความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์สูงกว่าช่วงสาย เนื่องจากเป็นการเดินทางในช่วงที่มีการจราจรติดขัด (7.30 – 9.30 น.) มีปริมาณรถยนต์ค่อนข้างหนาแน่น ทำให้ระยะเวลาในการเดินทางมากขึ้น ผู้โดยสารจึงมีโอกาสได้รับก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลที่มาจากรถยนต์ และจากบรรยากาศภายนอกที่เกิดจากการ เปิด – ปิดประตูรถบ่อยครั้งทำให้ปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์มีแนวโน้มสูงมากขึ้นด้วย และจากข้อมูลทำการตรวจวัดพบว่าในวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2554 มีค่าความเข้มข้นของสารมลพิษต่ำที่สุดเนื่องจากเป็นช่วงเทศกาลตรุษจีน ทำให้ปริมาณยานพาหนะบนท้องถนนน้อยกว่าวันอื่นๆ และผู้เก็บตัวอย่างเดินทางขึ้นรถในช่วงเวลา 8.35 น. ทำให้ไม่เกิดปัญหาการจราจรติดขัด ปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดมีค่าต่ำที่สุดในวันทำการและจากรูปพบว่าในวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2554 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ช่วงเช้ามีค่าน้อยกว่าช่วงสาย ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจวัดที่บริเวณจุดอ้างอิงซึ่งพบว่าในวันที่ 9 และ 25 กุมภาพันธ์ มีความชื้นสูงที่ 50 - 55 % ซึ่งพบว่าความเข้มข้นอยู่ในระดับต่ำ ส่วนค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์มีระดับต่ำในวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2554 ซึ่งเป็นวันหยุดราชการเนื่องจากเป็นวันมาฆบูชา ทำให้สภาพจราจรช่วงเช้ามีความคล่องตัว ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดในช่วงเช้าจึงมีค่าน้อยกว่าวันทำการวันอื่นๆ และความเข้มข้นที่ได้จึงไม่นำมาคิดรวมที่ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในวันทำการอื่น และจากการทดสอบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยช่วงเช้าไม่มีความแตกต่างกับช่วงสายอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีความแตกต่างกับจุดอ้างอิงอย่างมีนัยสำคัญ (ภาคผนวก จ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บตัวอย่างอากาศภายในรถโดยสารปรับอากาศ สาย 517 เส้นทางเดินรถ ลาดกระบัง-หมอชิตใหม่ ที่ระยะเวลาต่างๆ ในช่วงวันหยุด ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่วันและเวลาต่างๆ ดังรูปที่ 4.7



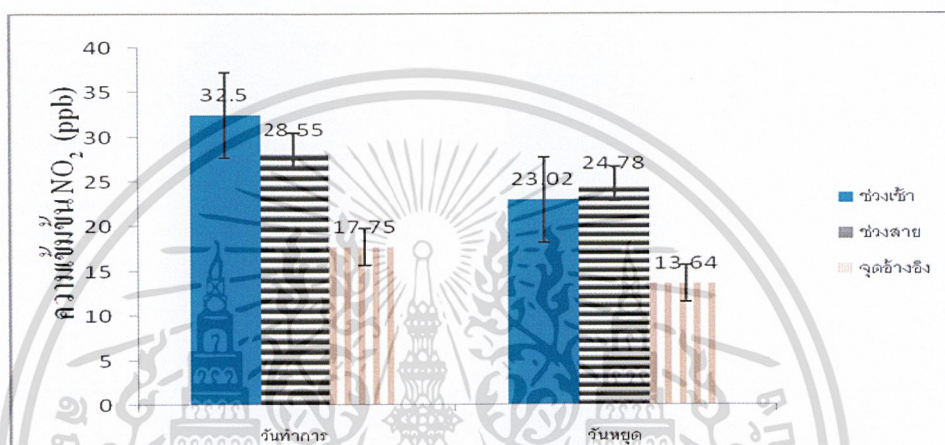
รูปที่ 4.7 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารปรับอากาศ กับเที่ยวการเดินทาง ช่วงเช้าและช่วงสายในช่วงวันหยุด

จากรูป 4.7 การตรวจวัดปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารปรับอากาศ ต่อเที่ยวการเดินทาง ไป-กลับ ในช่วงวันหยุด พบว่าการเดินทางช่วงเช้า มีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยเท่ากับ 23.02 ± 3.19 ppb ช่วงสาย เท่ากับ 24.78 ± 4.84 ppb ซึ่งพบว่าช่วงเช้ามีค่าน้อยกว่าช่วงสายเล็กน้อยเนื่องจากเป็นช่วงวันหยุดมีการใช้รถยนต์ในการเดินทางน้อยในช่วงเช้าทำให้ปริมาณยานพาหนะในช่วงเช้าไม่ติดขัด ผู้โดยสารมีจำนวนน้อยทำให้มีการเปิด-ปิดประตูน้อยกว่าวันทำการ ความเข้มข้นของสารมลพิษจึงน้อยกว่าในช่วงวันทำการและสาเหตุที่ทำให้ช่วงสาย พบปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์มากกว่าช่วงเช้าเนื่องจากเป็นช่วงวันหยุดผู้คนทั่วไปนิยมเดินทางในช่วงสาย และพบว่าการจราจรมีความหนาแน่นบริเวณจุดจอร์เนื่องจากตลาดนัดสวนจตุจักรเปิดให้บริการในวันหยุด ผู้คนนิยมออกเดินทางมาซื้อของในช่วงวันหยุด และจากข้อมูลที่ทำการศึกษาพบว่าในวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2554 มีค่าความเข้มข้นของสารมลพิษในช่วงสายสูงที่สุดเนื่องจากมีปัญหาการปิดการจราจรบริเวณแยกลาดพร้าว ทำให้เกิดการจราจรติดขัดอย่างหนัก รถโดยสารเคลื่อนตัวได้น้อย ทำให้ปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์มีปริมาณสูงขึ้นและไนโตรเจนไดออกไซด์มีโอกาสรั่วไหลจากการเปิด-ปิดประตูเข้า-ออก ในระหว่างการเดินทาง จึงทำให้มีความเข้มข้นในช่วงเช้าและช่วงสายมีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้พบว่าค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์มีระดับต่ำในวันที่ 6 และวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2554 ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงมีฝนตกทำให้ไนโตรเจนไดออกไซด์ในสถานะก๊าซถูกชะล้างจากบรรยากาศด้วยละอองไอน้ำในบรรยากาศ จึงทำให้ปริมาณความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

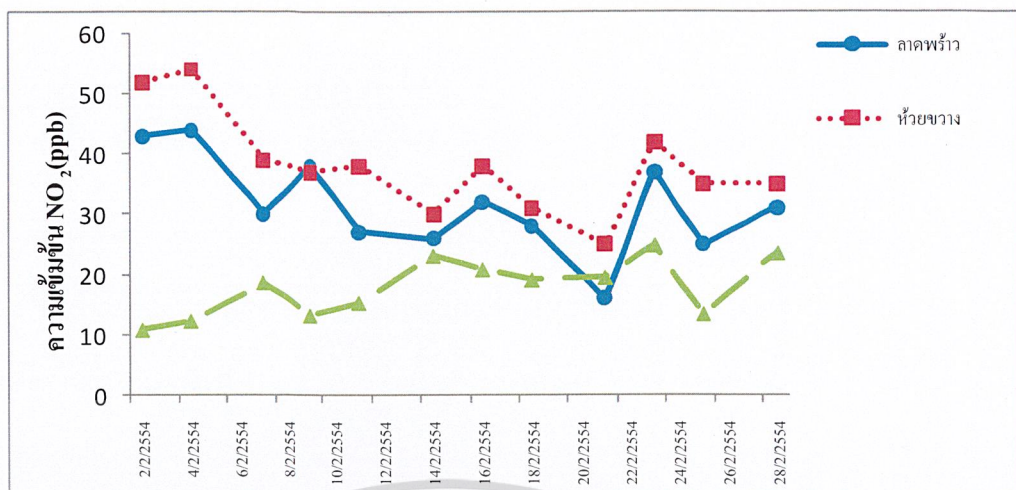
ไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดมีค่าน้อยกว่าวันหยุดวันอื่นๆ วันที่ 20 กุมภาพันธ์มีความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในปริมาณน้อยเพราะใช้ระยะเวลาในการเดินทางน้อยที่สุดที่เวลาเฉลี่ย 79 นาที วันที่ 26 กุมภาพันธ์ ที่ค่าระดับความชื้นใกล้เคียงกันพบว่าความเข้มข้นช่วงเช้าสูงกว่าช่วงสายเนื่องจากใช้เวลาเดินทางมากกว่าช่วงสายซึ่งผลที่ได้แตกต่างจากวันหยุดวันอื่นๆ (ภาคผนวก ง) และจากการทดสอบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยช่วงเช้าไม่มีความแตกต่างกับช่วงสายอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีความแตกต่างกับจุดอ้างอิงอย่างมีนัยสำคัญ (ภาคผนวก ฉ)



รูปที่ 4.8 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เปรียบเทียบกับช่วงวันทำการและวันหยุด

จากรูปที่ 4.8 ในช่วงวันทำการมีความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยช่วงเช้าเท่ากับ 32.50 ± 4.47 ppb ช่วงสายมีค่าเท่ากับ 28.55 ± 4.65 ppb วันหยุดมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยช่วงเช้าเท่ากับ 23.02 ± 3.19 ppb ช่วงเช้ามืดมีค่าเท่ากับ 24.78 ± 4.84 ppb และจากการตรวจวัดที่จุดอ้างอิงพบว่าในวันทำการค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 17.75 ± 5.01 วันหยุดเท่ากับ 13.64 ± 3.74 ppb ซึ่งพบว่าวันทำการช่วงเช้ามืดมีความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์มากกว่าวันหยุดเนื่องจากในวันทำการเป็นวันที่มีปริมาณจราจรหนาแน่นมากกว่า (ภาคผนวก ง)

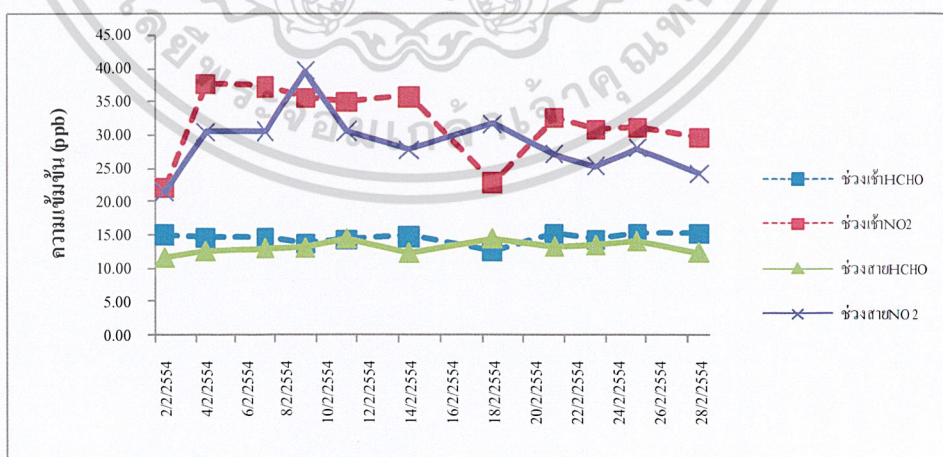
จากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกเกี่ยวกับการเดินทางโดยรถโดยสาร โดยเก็บตัวอย่างบริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง 2 ชั่วโมง ได้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์และบรรยากาศทั่วไป

จากรูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นใน ไตรเจนไดออกไซด์บริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์ ที่เวลา 2 ชั่วโมงโดยเปรียบเทียบกับการตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษ ที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณสถานีตรวจวัดอากาศลาดพร้าวและห้วยขวาง พบว่าความเข้มข้นใน ไตรเจนไดออกไซด์บริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์มีความเข้มข้นน้อยที่สุด อาจมีสาเหตุมาจากเป็นเขตชานเมือง ปริมาณรถหรือแหล่งกำเนิดของไนโตรเจนไดออกไซด์มีปริมาณน้อยกว่าเขตตรวจวัดคุณภาพอากาศ ในบริเวณเขตเมืองทั้งสองสถานี ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น

4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในรถโดยสารปรับอากาศ



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในวันทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกออกไซด์ของไนโตรเจนและฟอร์มาลดีไฮด์เป็นตัวแปรที่ศึกษา แต่จากรูป 4.10 พบว่า ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ไม่มีความสัมพันธ์กันในช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ได้โดยตรง อธิบายสาเหตุได้ว่าแหล่งกำเนิดฟอร์มาลดีไฮด์จากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรงจัดว่าเป็นสารมลพิษปฐมภูมิ แต่ถ้าแหล่งกำเนิดฟอร์มาลดีไฮด์มาจากการเกิด Photochemical smog จัดเป็นสารมลพิษทุติยภูมิ ซึ่งมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องในการเกิดปฏิกิริยา เช่น แสงแดด สารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย ฯลฯ ไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นสารมลพิษปฐมภูมิปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดโดยตรงซึ่งแตกต่างจากฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีแหล่งกำเนิดหลากหลายแบบ จึงไม่สัมพันธ์กัน

4.4 การประเมินความเสี่ยงจากฟอร์มาลดีไฮด์จากพื้นที่ศึกษา

ค่าความเสี่ยงของฟอร์มาลดีไฮด์สูงสุดที่ยอมรับได้ กำหนดให้มิต่ำน้อยกว่า 1 ส่วนในล้านส่วน และในการศึกษาครั้งนี้ ผลการประเมินความเสี่ยงจากการทำงานและการเดินทางในพื้นที่ศึกษาโดยมีการตั้งเงื่อนไขในการคำนวณดังนี้ ตัวอย่าง บุคลากรทำงานในสำนักหอสมุดกลางเป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวันตลอดอายุการทำงาน 30 ปีจนถึงเกษียณ (ภาคผนวก จ)

จากผลการประเมินความเสี่ยงอันตรายฟอร์มาลดีไฮด์ต่อบุคลากร สำนักหอสมุดกลางในระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงโดยไม่นับช่วงนอกเวลาทำงานพบว่า บุคลากรชายมีค่าความเสี่ยงเท่ากับ 15.09 ส่วนในล้านส่วน และบุคลากรหญิงมีค่าความเสี่ยงเท่ากับ 16.26 ส่วนในล้านส่วน จากการประเมินบุคลากรที่ปฏิบัติงานอยู่ในสำนักหอสมุดกลางจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งในระยะยาวหากทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวันตลอดอายุการทำงาน

จากผลการประเมินความเสี่ยงอันตรายฟอร์มาลดีไฮด์ต่อนักศึกษา ที่เดินทางโดย รถประจำทางสาย 517 พบว่านักศึกษาชายมีค่าความเสี่ยงเท่ากับ 0.86 ส่วนในล้านส่วน และนักศึกษาหญิงมีค่าความเสี่ยงเท่ากับ 0.93 ส่วนในล้านส่วน จากการประเมินความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นจากการเดินทางพบว่า ไม่เสี่ยงภัยจากการรับสารฟอร์มาลดีไฮด์จากการเดินทาง ซึ่งคิดจากการเดินทางโดยมาเรียนตลอดระยะเวลา 4 ปี และพบว่าเพศชายมีความเสี่ยงน้อยกว่าเพศหญิง

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในการประเมินการรับสัมผัสสารมลพิษฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ได้แบ่งการทดลองเป็น 3 ส่วน คือ

1. การหาความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่ต่างๆทั้งภายในบริเวณหอสมุดกลางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและจุดอ้างอิงคือบริเวณด้านหน้าสำนักหอสมุดกลาง

2. การหาความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารปรับอากาศ สาย 517 ลาดกระบัง – หมอชิตใหม่โดยจุดอ้างอิงคือบริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. การประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ของบุคลากรที่ปฏิบัติงานภายในสำนักหอสมุดกลางและนักศึกษาที่โดยสารรถประจำทางสาย 517

5.1 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่ต่างๆภายในบริเวณสำนักหอสมุดกลาง

จากการหาความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในพื้นที่ต่างๆภายในบริเวณสำนักหอสมุดกลาง พบว่า บริเวณชั้น 1 มีความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มาลดีไฮด์เท่ากับ 9.93 ± 1.16 ppb บริเวณชั้น 3 มีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 8.21 ± 0.39 ppb และห้องวิทยานิพนธ์มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 6.41 ± 0.63 ppb และจากการทดสอบทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยทดสอบสมมุติฐานว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในแต่ละจุดไม่แตกต่างกัน (H_0) เมื่อทดสอบสมมุติฐานพบว่า ชั้น 1 มีความแตกต่างกับห้องวิทยานิพนธ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และจากการตรวจวัดความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์โดยวิธีพาสสีฟในพื้นที่เดียวกับฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่า บริเวณชั้น 1 มีความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์เท่ากับ 6.50 ± 0.53 ppb บริเวณชั้น 3 มีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ± 0.50 ppb และห้องวิทยานิพนธ์มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 4.04 ± 0.37 ppb และจากการทดสอบทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของชั้น 3 และห้องวิทยานิพนธ์ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์จากชั้น 1 ไม่แตกต่างกับชั้น 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งพบว่าพื้นที่ชั้น 1 มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์สูงที่สุดและห้องวิทยานิพนธ์พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเปรียบเทียบค่ามาตรฐานความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงาน ของสถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 16 ppb ผลการตรวจวัด ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงานภายในสำนักหอสมุดกลางพบว่ามีค่าไม่ เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้และจากการเปรียบเทียบค่ามาตรฐานของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ในบรรยากาศทั่วไปที่กำหนดให้ค่าเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ในเวลา 1 ชั่วโมง ต้องไม่ เกิน 0.17 ppm หรือ ไม่เกิน 170 ppb จากผลการตรวจวัดที่จุดอ้างอิงพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ ไนโตรเจนไดออกไซด์เท่ากับ 26.32 ± 1.30 ppb ซึ่งพบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่ระบุไว้ และใน การศึกษานี้พบว่าจุดอ้างอิงมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าบริเวณจุดที่ทำการตรวจวัดจากบรรยากาศภายใน อาคาร

5.2 ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารปรับอากาศ สาย 517

จากการตรวจวัดความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ภายในรถโดยสารปรับอากาศสาย 517 หมอ ชิต – ลาดกระบัง พบว่าในวันทำการ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในช่วงเช้าเท่ากับ 14.61 ± 0.47 ppb ช่วง สายเท่ากับ 12.93 ± 0.80 ppb และจากการทดสอบทางสถิติ พบว่าช่วงเช้าและช่วงสายในช่วงวันทำ การมีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และจากการตรวจวัด ในช่วงวันหยุด พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในช่วงเช้าเท่ากับ 12.16 ± 1.52 ppb ช่วงสายเท่ากับ 12.37 ± 2.03 ppb และจากการทดสอบทางสถิติ พบว่าช่วงเช้าและช่วงสายในช่วงวันหยุดมีความเข้มข้น ของฟอร์มาลดีไฮด์ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และจากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอก บริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์พบว่าในวันทำการมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เท่ากับ 16.87 ± 2.52 ppb ส่วนในวันหยุดมีค่าเท่ากับ 14.51 ± 2.28 ppb ทั้งนี้พบว่าค่าเฉลี่ยในวันทำการมีค่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์และฟอร์มาลดีไฮด์สูงที่สุด

จากการหาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์จุดเดียวกับฟอร์มาลดีไฮด์พบว่า ในวันทำ การ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในช่วงเช้าเท่ากับ 32.50 ± 4.47 ppb ช่วงสายเท่ากับ 28.55 ± 4.55 ppb และจากการทดสอบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยช่วงเช้าไม่มีความ แตกต่างกับช่วงสายอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีความแตกต่างกับจุดอ้างอิงอย่างมีนัยสำคัญ จากการ ตรวจวัดในช่วงวันหยุด พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในช่วงเช้าเท่ากับ 23.02 ± 3.19 ppb ช่วงสาย เท่ากับ 24.78 ± 4.84 ppb และจากการเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกบริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์ พบว่าในวันทำการมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เท่ากับ 17.75 ± 5.01 ppb ส่วน ในวันหยุดมีค่าเท่ากับ 13.64 ± 3.74 ppb จากการทดสอบทางสถิติพบว่า ช่วงเช้าไม่มีความแตกต่าง กับช่วงสาย แต่จะมีความแตกต่างกับจุดอ้างอิงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.3 การประเมินความเสี่ยงจากฟอร์มาลดีไฮด์ภายในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

จากการประเมินความเสี่ยงของบุคลากรที่ทำงานภายในหอสมุดกลางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังพบว่า บุคลากรชายโดยคิดจากชั่วโมงการทำงาน 8 ชั่วโมง ที่ปฏิบัติงานอยู่ภายในพื้นที่ชั้น 1 ในบริเวณชั้น 3 และในห้องวิทยานิพนธ์มีค่าความเสี่ยงเฉลี่ยเท่ากับ 15.09 ส่วนในล้านส่วน บุคลากรหญิง มีค่าความเสี่ยงเท่ากับ 16.26 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งพบว่า บุคลากรหญิงมีความเสี่ยงมากกว่าบุคลากรชาย

จากการประเมินความเสี่ยงของนักศึกษาที่เดินทางด้วยรถโดยสารปรับอากาศ สาย 517 โดยทำการหาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นและเวลาในการเดินทางซึ่งคิดจากการเดินทางของนักศึกษาตลอดระยะเวลา 4 ปี พบว่านักศึกษามีค่าความเสี่ยงจากการประเมินเท่ากับ 0.86 ส่วนในล้านส่วน นักศึกษาหญิงมีค่าความเสี่ยงเท่ากับ 0.93 ส่วนในล้านส่วน จากการประเมินความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นจากการเดินทางพบว่าไม่เสี่ยงภัยจากการรับสารฟอร์มาลดีไฮด์จากการเดินทาง เนื่องจากค่าความเสี่ยงที่ประเมินได้มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่ระบุไว้ที่ 1 ส่วนในล้านส่วน

5.4 ปัญหา อุปสรรคและแนวทางแก้ไข

1. ในการเก็บตัวอย่างรถโดยสารปรับอากาศ พบว่าเกิดการสั่นสะเทือนเนื่องจากแรงกระแทกในขณะที่เดินทาง ทำให้ค่าอัตราการไหลมีค่าไม่สม่ำเสมอ เป็นผลทำให้การเก็บตัวอย่างมีความเข้มข้นคลาดเคลื่อนได้ จึงควรถืออุปกรณ์เก็บตัวอย่างอย่างระมัดระวัง
2. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างฟอร์มาลดีไฮด์มีจำกัด ทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างอากาศในพื้นที่อ้างอิงควบคู่ไปกับการเก็บตัวอย่างภายในพื้นที่ที่ต้องการศึกษาได้พร้อมกัน

5.5 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการประเมินกิจกรรมที่มีโอกาสได้รับความเสี่ยงของนักศึกษาจากการใช้บริการที่สำนักหอสมุดกลาง โดยทำแบบสอบถามเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความเป็นจริงและน่าเชื่อถือ
2. ควรทำการเปรียบเทียบเส้นทางที่มีการจราจรหนาแน่น เพื่อประเมินความเสี่ยงพนักงานขับรถและพนักงานเก็บค่าโดยสารในกรณีที่ต้องเดินทางระยะยาว
3. ในการประเมินความเสี่ยงควรระบุกิจกรรมที่มีโอกาสเสี่ยงจากการได้รับสารมลพิษให้ชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ.2551.รายงานสรุปสำหรับผู้บริหารโครงการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจาก
รถยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอล์

แก้ว ขจรไชยกุล.2543. การตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์ในโรงพยาบาล. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะ
แวดล้อม.คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ขนิษฐา สิริจามร, มธุรินทร์ สุทธิเชษฐ และสุรีย์ ชื่นจิต. 2548. การผลิตอุปกรณ์พาสีฟสำหรับการ
เก็บตัวอย่างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์. ภาควิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คมกฤช ชันก้อน, ธนากร สาไทยและปาริย์ พุทธขาว. 2551. การตรวจวัดปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์
ในอากาศภายในอาคาร. ภาควิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง

จารุวรรณ เพียรเจริญผล, ปรีดารัตน์ พลละเอียดและภัทรา กลมอ่อน. 2552. การตรวจวัดปริมาณ
ฟอร์มาลดีไฮด์ อะเซทัลดีไฮด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์จากการจราจร. ภาควิชาเคมี. คณะ
วิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เจตินภางค์ บุญใบชัยพฤกษ์, ชนัญชญา สาวสุโข และณัฐนิชา สุภาสวัสดิ์. 2546. การตรวจวัด
ไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยอุปกรณ์พาสีฟ. ภาควิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์.
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เดชี่ หมอกน้อย. 2551. สารกลุ่มคาร์บอนิลในบรรยากาศของกรุงเทพมหานครที่เกิดจากการใช้
น้ำมันแก๊สโซฮอล์. สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

นันทนา ชูฉัตร. 2542. การเก็บอากาศและการตรวจวิเคราะห์. วารสารสิ่งแวดล้อม 4(19):15-27

ปรางทิพย์ แก้วเพ็งกรอ และวัลลวี ภูสตาพร. 2550. การศึกษาความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ใน
อากาศ. ภาควิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

วิกรม แสงสิริ และสสิธร เทพตระการพร. 2548. วารสารส่งเสริมคุณภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม.
ฉบับที่ 1

ศรัณย์ แสงเสรีสุวรรณกุล. 2551. การเตรียมชุดทดสอบสำหรับตรวจวัดปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ใน
น้ำตัวอย่าง.สาขาเคมีเครื่องมือวิเคราะห์ .คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศิวพันธ์ ชูอินทร์.2550. การพัฒนาวิธีการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ.คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

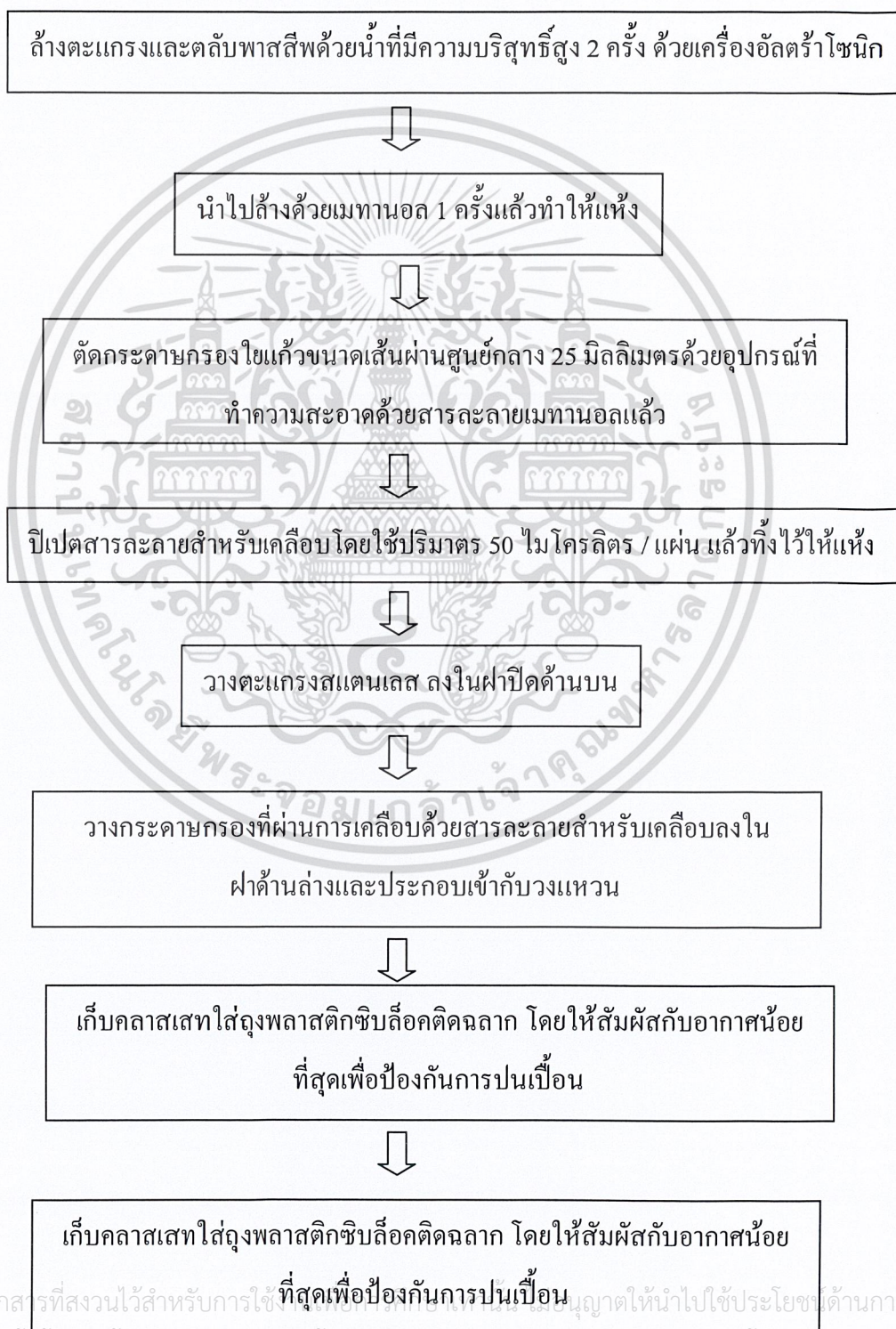
- ศิริวรรณ เอี่ยมสะอาด, สาวิตรี การ์เวทย์ และพจนีย์ ชุมมงคล. 2548. อิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพอากาศที่มีต่อความเข้มข้นของสารประกอบฟอร์มัลดีไฮด์และอะซีทัลดีไฮด์ในเขตชุมชนเมือง. สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- สุเทพ เรืองวิเศษ. 2551. **Risk Assessment** เพื่อการจัดการสารเคมีของประเทศ. คณะสัตวแพทยศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Ann, F., Matija, S., Irena, K., Alenka, L., Lorraine, T., Gerrit, D., Konstantinos, N., Jana, K. and May, C. 2010. **Volatile Aldehydes in Libraries and Archives**. Atmospheric Environment 44 2067-2073.
- Ayer, G. et al. 2001. **Methods for Analysis of Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Ozone in Air Using Passive Samplers**. Atmospheric Research 1 – 7
- Chertok, M., Voukelatos, A., Sheppard, V. and Risse, C. 2002. **Comparison of Air Pollution Exposure for Five Commuting Modes in Sydney – Car, Train, Bus, Bicycle and Walking**.
- Banoune, B., Hanoune, T. and LeBris, B. 2006. **Formaldehyde Measurements in Libraries : Comparison between Infrared Diode Laser Spectroscopy and a DNPH Derivatization Method**. Atmospheric Environment 40 5768-5775
- U.S.EPA. 1995. **The use of the Benchmark Dose Approach in Health Risk Assessment**. Risk Assessment Forum. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, D.C.
- Xiaojiang, T., Yang, B., Anh, D., Martyn, T., Laiyu, L. and Luoping, Z. 2009. **Formaldehyde in China: Product, Consumption, Exposure Levels, and Health Effects**. Environment International 35 1210-1224
- [Online]. Available : www.pcd.go.th
- [Online] . Available : <http://hpe4.anamai.moph.go.th/hia/nox2health.php>

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์และหาความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์และไนโตรเจนไดออกไซด์

1. วิธีการทดลองสำหรับวิเคราะห์ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์

ตอนที่ 1 การเตรียมอุปกรณ์





ในการทำแบลนด์เตรียมอุปกรณ์พาสตีฟใส่ในถุงที่ปราศจากอากาศและนำไปวางในสภาวะเดียวกับการเก็บตัวอย่าง

ตอนที่ 2 การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยอุปกรณ์พาสตีฟ

ติดตั้งอุปกรณ์พาสตีฟสูงจากพื้นดินประมาณ 1.2 -1.5 เมตร ในกรณีที่ตรวจวัดในอาคารต้องวางเลี่ยงการกีดขวางและกรณีเก็บตัวอย่างจากการเดินทางด้วยรถโดยสารปรับอากาศ นำอุปกรณ์พาสตีฟที่เตรียมไว้ติดตัวผู้ทำการเก็บตัวอย่างตลอดระยะเวลาของการเดินทาง



จดบันทึกเวลา อุณหภูมิ และความชื้นที่ใช้ในการเก็บ



เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำอุปกรณ์พาสตีฟเก็บใส่ถุงปิดสนิทเพื่อนำไปวิเคราะห์

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ผลความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยอุปกรณ์พาสตีฟ

นำกระดาษออกจากถลับพาสตีฟแล้วใส่ลงในขวดขนาดเล็ก



ใส่น้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงลงไป 3 มิลลิลิตร ทำการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคเป็นเวลา 10 นาที



บีบน้ำออกจากขวดที่ทำกรสกัดในไทรด์ มาจำนวน 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

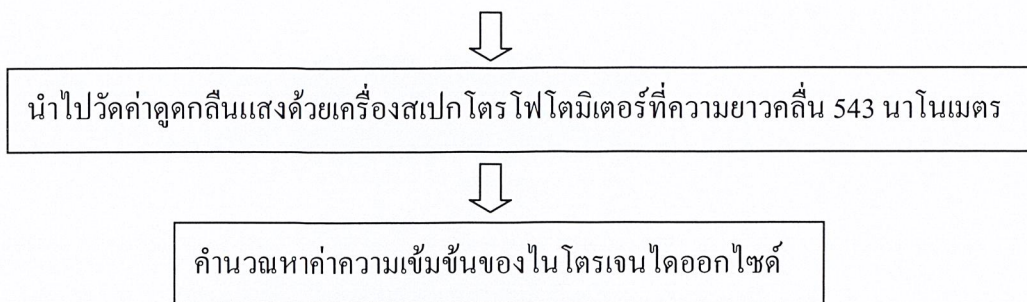


เติมสารทำให้เกิดสีจำนวน 4 มิลลิลิตร



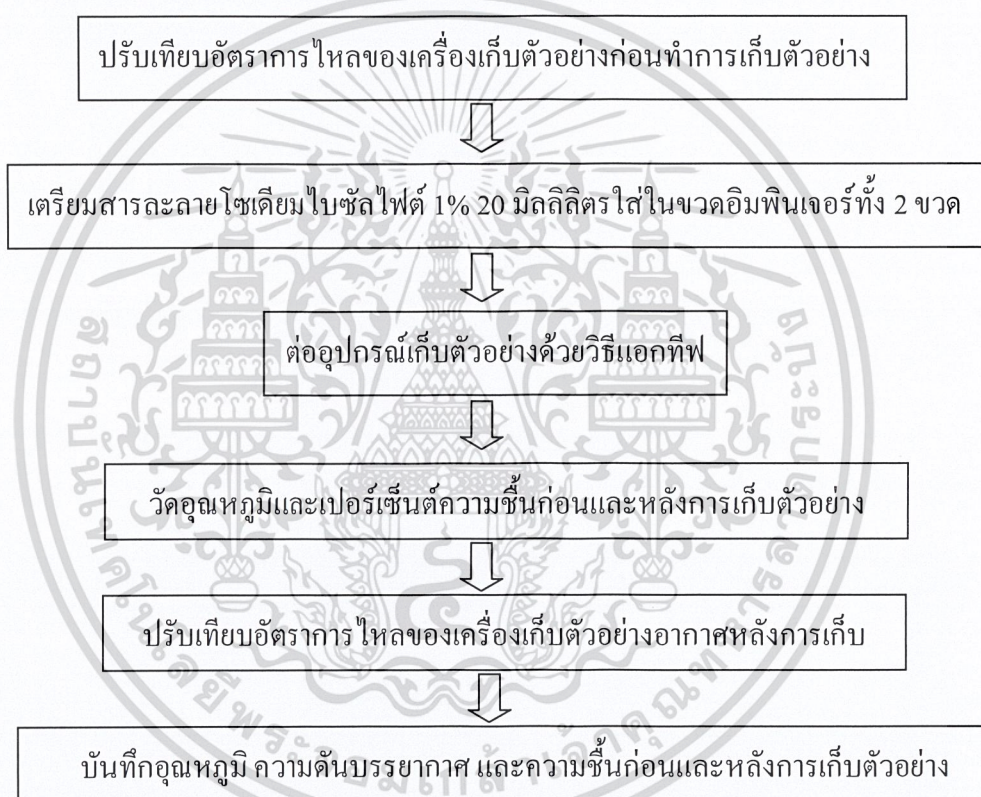
เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เพื่อให้เกิดสีอย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



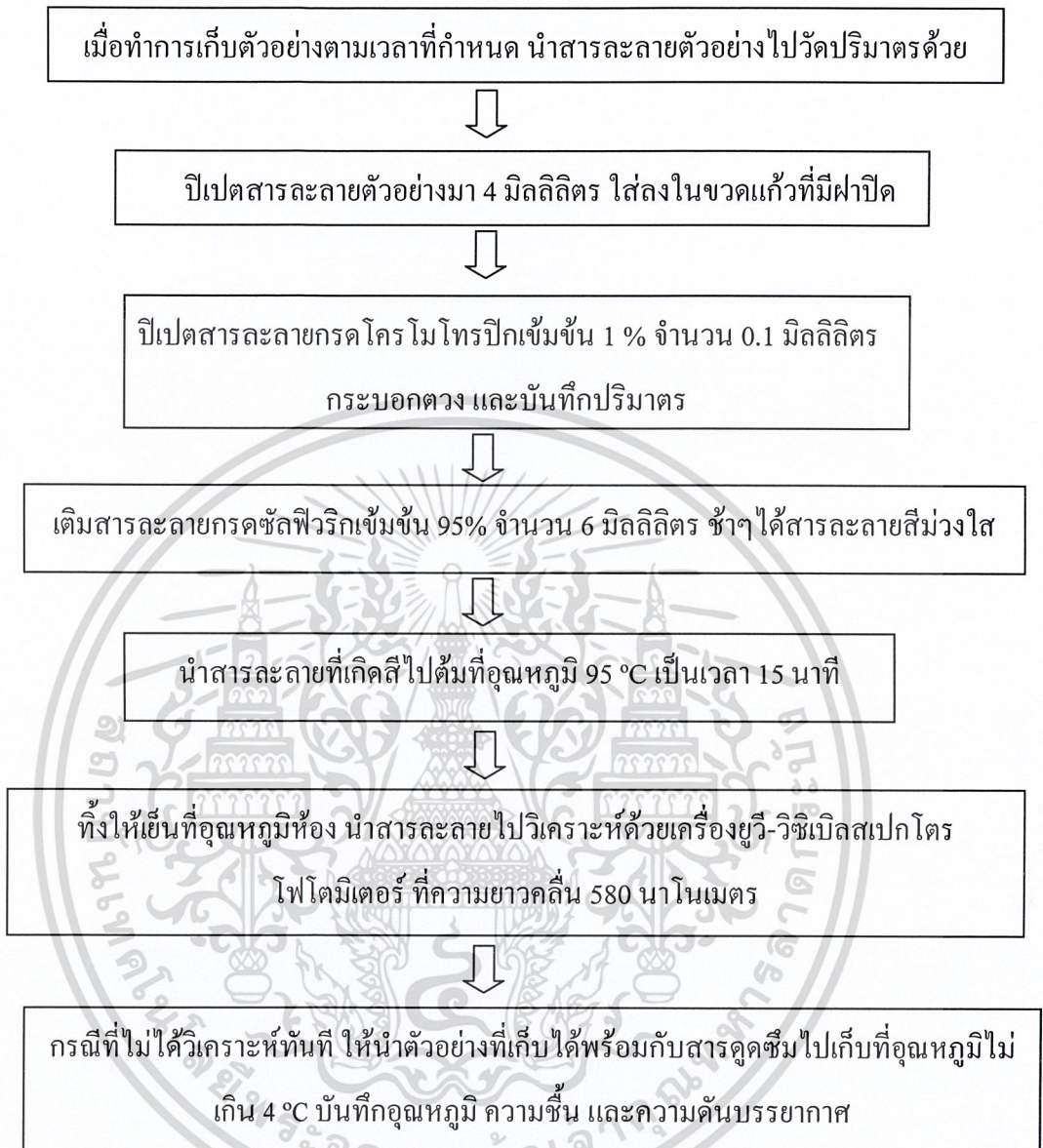
2. วิธีการทดลองสำหรับวิเคราะห์ความเข้มฟอรัมาลดีไฮด์

ตอนที่ 1 การเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟจากพื้นที่ศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์ตามมาตรฐาน NIOSH 3500



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคำนวณความเข้มข้นที่แน่นอนของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. การเตรียมสารเคมี

1.1 การเตรียมสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
 - เจือจางสต็อกฟอร์มาลดีไฮด์ 37% โดยปิเปตสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ 2.7 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร (สารละลายนี้เก็บได้ 3 เดือน) และต้องทำการหาความเข้มข้นที่แน่นอนก่อนใช้งาน (Standardization)
2. การเตรียมสารมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
 - เจือจาง 1 มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น (ทำใหม่ทุกครั้งที่ทดลอง)
3. การเตรียมสารละลายกรดโครโมโทรปิก
 - ละลาย 4,5 - dihydroxy - 2,7 - naphthalene disulfonic acid disodium salt 0.10 กรัม ในน้ำแล้วเจือจางเป็น 10 มิลลิลิตร กรองถ้าจำเป็น และควรเก็บใส่ขวดแก้วสีชา (ต้องเตรียมใหม่ทุกอาทิตย์เพื่อใช้งาน)
4. การเตรียมสารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ 1%
 - ละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ 1 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร (ต้องเตรียมใหม่ทุกอาทิตย์)

1.2 การทำกราฟมาตรฐานความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ เพื่อใช้วิเคราะห์ด้วยวิธีตามมาตรฐาน NIOSH 3500

1. นำฟอร์มาลดีไฮด์ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (หาความเข้มข้นที่แน่นอนแล้ว) 1 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยโซเดียมไบซัลไฟต์ ให้เป็น 100 มิลลิลิตร
2. ปิเปตสารที่เตรียมจากข้อ 1 มา 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 2.0 มิลลิลิตร ปรับด้วยโซเดียมไบซัลไฟต์ ให้เป็น 25 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร
3. ปิเปตสารที่เตรียมจากข้อ 2 มา 4 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วที่มีฝาปิด เติมสารละลายกรดโครมาโทปิก 1% จำนวน 0.1 มิลลิลิตร และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 6 มิลลิลิตร
4. ปิเปตสารละลายกรดโครโมโทรปิกเข้มข้น 1 % จำนวน 0.1 มิลลิลิตร
5. เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 95% จำนวน 6 มิลลิลิตร ซ้ำๆ ได้สารละลายสีม่วงใส
4. นำมาต้มที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งสารละลายให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำสารละลายมาตรฐานที่เตรียมได้จากข้อ 4 ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ค่าความยาวคลื่นที่ 580 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายโซเดียมซัลไฟด์เป็นรีเอเจนต์เบลงค์

6. นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาพล็อตกับค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ จะได้กราฟมาตรฐานเป็นกราฟเส้นตรง แล้วนำสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นมาใช้คำนวณความเข้มข้นของสารตัวอย่างต่อไป

1.3 การเตรียมสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจนไดออกไซด์

1. การเตรียมสารละลายสำหรับเคลือบ

- ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.44 กรัม ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงเล็กน้อย ประมาณ 1 มิลลิลิตร

- เติมโซเดียมไอโอไดด์ 3.95 กรัม เติมน้ำกลั่นลงขวดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับด้วยเมทานอลให้ถึงขีดวัด

- เคลือบกระดาษกรอง (Whatman no.41) ด้วยสารละลายสำหรับเคลือบที่เตรียมไว้ด้วยไมโครปิเปต

2. สารละลายโซเดียมไอโอไดด์ (NaI) สำหรับเจือจาง

- ละลายโซเดียมไอโอไดด์ 0.79 กรัม ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง 1 ลิตร

3. สารละลายมาตรฐานสต็อกไนไตรต์ (NaNO₂) เข้มข้น 0.1000 โมลาร์

- ชั่งโซเดียมไนไตรต์ (NaNO₂) 0.6900 กรัม ละลายในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง 100 มิลลิลิตร

4. สารทำให้เกิดสี (ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้งาน)

- ละลายกรดซัลฟานิลิก 0.8 กรัม ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง 10 มิลลิลิตร

- เติมกรดฟอสฟอริก 0.8 มิลลิลิตร

- ละลาย N-1-Naphthylethylene Diaminedihydrochloride 0.02 กรัม

- ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงให้เป็น 100 มิลลิลิตร

5. สารมาตรฐานปฏิบัติงาน (Working standard) เตรียมใหม่ทุกครั้ง

- ปิเปต 1 มิลลิลิตร ของสารมาตรฐานสต็อกไนไตรต์ด้วยไมโครปิเปตแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายโซเดียมไอโอไดด์ จะได้สารละลายเข้มข้น 0.0010 M

6. การสร้างกราฟมาตรฐานไนโตรเจนไดออกไซด์

ตาราง ข-1 ปริมาณสารต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐานไนโตรเจนออกไซด์

ความเข้มข้นสุดท้าย ของไนไตรต์ (μM)	ปริมาตรสาร มาตรฐานปฏิบัติงาน (mL)	ปริมาตร NaI (mL)	ปริมาตรรวม (mL)
750	1.5	0.5	2.0
500	1.0	1.0	2.0
200	0.4	1.6	2.0
100	0.2	1.8	2.0
50	0.1	1.9	2.0
0	0.0	2.0	2.0

- เติมน้ำทำให้เกิดสี 4 มิลลิลิตร ลงในหลอดมาตรฐาน
- เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เพื่อให้เกิดสีอย่างสมบูรณ์
- วัดโดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร
- นำค่าที่ได้จากการวัดมาพล็อตกราฟมาตรฐาน

2. การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2.1 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์โพทาเลต (Potassium hydrogen phthalate, $\text{KHC}_2\text{H}_3\text{O}_4$) ($M_w = 204.23$ กรัมต่อ โมล) เข้มข้น 0.01 นอร์มัล

- นำโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ชนิดรีเอเจนต์เกรด ไปอบที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งมา 0.2042 กรัม นำมาละลายน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

2. การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide , NaOH) ($M_w = 40$ กรัมต่อ โมล) เข้มข้น 0.01 นอร์มัล

- เตรียมสารละลายสต็อกโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 10 % โดยทำการชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นของแข็ง 10 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ต้มจนเดือดแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใส่ลงในบีกเกอร์จำนวน 100 มิลลิลิตร ในขณะที่ละลายจะเกิดความร้อนเกิดขึ้น ให้แช่บีกเกอร์ลงในน้ำเพื่อถ่ายเทความร้อน จากนั้นบรรจุสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงในขวดพลาสติกพอลิเอทิลีน

- ทำการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.01 นอร์มัล ที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์โดยทำการต้มน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร (ใส่ให้เกิน 1000 มิลลิลิตรเล็กน้อย) ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร ให้เดือดประมาณ 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ใช้กระดาษฟิคาปิดปากบีกเกอร์ นำสารละลายสต็อกโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 % มา 4 มิลลิลิตร เติมนลงในบีกเกอร์ แล้วใช้แท่งแก้วค่อยๆคนไม่ให้เกิดฟอง ถ่ายสารละลายลงในขวดพอลิเอทิลีนที่มีจุกเกลียวปิด

** สารละลายนี้ต้องทำการหาความเข้มข้นที่แน่นอนก่อนใช้งาน (Standardization) ทุกครั้งที่จะใช้ทดลอง

3. การเตรียมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein)

- ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 0.10 กรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ 96 % ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

4. หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.01 นอร์มัล

- ปิเปตสารละลายปฐมภูมิโพแทสเซียมไฮโครเจนพทาเลตมา 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 150 มิลลิลิตร แล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อนเป็นเวลา 20 วินาที บันทึกปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ (ปริมาตรที่ใช้ต่างกันไม่เกิน 0.10 มิลลิลิตร) คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วติดฉลากความเข้มข้นที่แน่นอน

2.2 หาความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริก

1. การเตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.02 นอร์มัล

- ปิเปตสารละลายกรดซัลฟิวริก 98 % มา 0.5435 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายกรดซัลฟิวริก 0.02 นอร์มัล

2. การไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดซัลฟิวริก 0.02 นอร์มัล

- ปิเปตสารละลายกรดซัลฟิวริกที่เตรียมไว้มา 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 150 มิลลิลิตร แล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อนเป็นเวลา 20 วินาที บันทึกปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ ปริมาตรที่ใช้แตกต่างกันไม่เกิน 0.10 มิลลิลิตร คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดซัลฟิวริก แล้วติดฉลากความเข้มข้นที่แน่นอนไว้

2.3 หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

1. การเตรียมสารละลายสต็อกฟอร์มัลดีไฮด์ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

- เจือจางสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ 37 % W/W โดยปิเปตมา 2.7 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร (สารละลายนี้อยู่ได้นาน 3 เดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เตรียมสารละลาย Sodium sulfite 1.13 โมลาร์ (เตรียมสารละลายใหม่ทุกครั้งที่ทำกรทดลอง)

- ชั่ง Na_2SO_3 มา 3.5606 กรัม ละลายในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3.ไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

- ปิเปตสารละลาย Na_2SO_3 1.13 โมลาร์ มา 5.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร และกวนด้วยแท่งแม่เหล็ก ปรับ pH ของสารละลายเป็น 8.5 – 10 ด้วยสารละลายกรดหรือเบส บันทึกค่า pH จากนั้นเติมสารละลายสต็อกฟอร์มาลดีไฮด์ 10 มิลลิลิตร จะได้ pH ประมาณ 11 จากนั้นไทเทรตด้วยกรดซัลฟิวริกที่หาความเข้มข้นที่แน่นอนประมาณ 0.02 N แล้วให้ pH กลับมาเท่าเดิมเหมือนตอนแรกบันทึกปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรต (1 มิลลิลิตร acid = 0.600 มก. HCHO ; ต้องการกรดประมาณ 17 มิลลิลิตร)

** ถ้าหาก pH เกินจุดยุติ ให้ทำ back titration กลับไปจุดยุติด้วย NaOH 0.01 นอร์มัล

การคำนวณ

- การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮโครเจนพทาเลต

ชั่งสารมาตรฐานปฐมภูมิ (KHP) 0.2042 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มล. ได้ความเข้มข้น 0.0100 นอร์มัล

ปริมาตรสารปฐมภูมิที่ใช้แต่ละครั้ง 10.00 มล.

ตาราง ข-2 ข้อมูลการไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ครั้งที่	ปริมาตรเริ่มต้น	ปริมาตรสิ้นสุด	ปริมาตรที่ใช้(มล.)
1	50.00	37.70	12.30
2	37.70	25.50	12.20
3	25.50	13.30	12.20
เฉลี่ย			12.23

คำนวณ [NaOH]

$$\begin{aligned}
 \text{จาก} \quad N_1 V_1 &= N_2 V_2 \\
 0.0100\text{N} \times 10.00 \text{ มล.} &= N_2 \times 12.30 \\
 N_2 &= 0.0082 \text{ N} \\
 \text{ดังนั้น} \quad [\text{NaOH}] &= 0.0082 \text{ N}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารกรดซัลฟิวริก

สารละลายมาตรฐานทูดิยุมิ [NaOH] 0.0082 N

ปริมาตรกรดซัลฟิวริกที่ใช้แต่ละครั้ง 10.00 มล.

ตาราง ข – 3 ข้อมูลการไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดซัลฟิวริก

ครั้งที่	ปริมาตรเริ่มต้น	ปริมาตรสิ้นสุด	ปริมาตรที่ใช้(มล.)
1	50.00	24.00	26.00
2	50.00	24.10	25.90
3	50.00	24.00	26.00
เฉลี่ย			25.97

คำนวณหา $[H_2SO_4]$

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } N_1 V_1 &= N_2 V_2 \\
 0.0082N \times 25.97 \text{ มล.} &= N_2 \times 10.00 \text{ มล.} \\
 N_2 &= 0.0213 N \\
 \text{ดังนั้น } [H_2SO_4] &= 0.0213 N
 \end{aligned}$$

3. การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์

ซังโซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) 3.5606 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 25 มล. ได้ความเข้มข้น 1.1300 M

ปริมาตรสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ที่ใช้แต่ละครั้ง 5.00 มล.

ตาราง ข – 4 ข้อมูลการไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์

ครั้งที่	ปริมาตร $[H_2SO_4]$ เริ่มต้น	ปริมาตร $[NaOH]$ เริ่มต้น	pH เริ่มต้น	pH สิ้นสุด	ปริมาตร $[H_2SO_4]$ สิ้นสุด	ปริมาตร $[NaOH]$ สิ้นสุด	ปริมาตร $[H_2SO_4]$ ที่ใช้(มล.)	ปริมาตร $[NaOH]$ ที่ใช้(มล.)
1	50.00	50.00	9.29	9.29	33.00	49.00	17.00	1.00
2	33.00	49.00	9.37	9.37	15.90	47.90	17.10	1.10
3	30.00	47.90	9.27	9.27	13.50	-	16.90	-
เฉลี่ย							17.00	1.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหา [HCHO]

$$\text{จาก } C_s = \frac{30.00(Na \times Va - Nb \times Vb)}{V_s}$$

เมื่อ น้ำหนักสมมูลของฟอร์มัลดีไฮด์ = 30.0 กรัม/น้ำหนักสมมูลของฟอร์มัลดีไฮด์

$$Na = [H_2SO_4] 0.02 \text{ N}$$

$$Nb = [NaOH] 0.01 \text{ N}$$

$$Va = V_{H_2SO_4} \text{ ที่ใช้ไทเทรต (มล.)}$$

$$Vb = V_{NaOH} \text{ ที่ใช้ back titration (มล.)}$$

$$Vs = V_{\text{stock}} \text{ Formaldehyde (10 มล.)}$$

$$C_s = \frac{30.0 (0.021 \times 17.00) - (0.0082 \times 1.05)}{10}$$

$$C_s = 1.0602 \text{ mg/mL}$$

ดังนั้น [HCHO] = 1.0602 mg/mL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1. การประกันคุณภาพสำหรับการเก็บตัวอย่างในบรรยากาศทั่วไป

1. การประกันคุณภาพของอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง
 - ปรับอัตราการไหลของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคลก่อนและหลังเก็บตัวอย่างจำนวน 10 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย
2. การประกันคุณภาพเครื่องมือวิเคราะห์
 - ใช้สารละลายดูดซึมเป็นแหล่งกักเก็บในการเทียบสีของตัวอย่างด้วยเครื่องยูวี-วิซี เบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
3. การปนเปื้อนของสารประกอบคาร์บอนอื่น
 - ใช้สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ใส่หลอดทดลองจำนวน 20 มิลลิลิตร เป็นทริปเบลนด์ตลอดการเก็บตัวอย่างโดยปิดภาชนะให้สนิทไม่ให้สัมผัสอากาศและนำไปวิเคราะห์เพื่อดูปริมาณของสารประกอบคาร์บอน
4. การป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับสารรบกวน
 - สารออกซิเจนในอากาศ จะใช้กระดาษกรองชุบด้วยโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1% แล้วใส่อิมฟินเจอร์และต่อกับทางอากาศเข้า
 - แสงแดด ทำการหุ้มขวดอิมฟินเจอร์ด้วยฟอยล์เพื่อป้องกันแสงแดดที่ส่องเข้ามาจะทำให้ก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์สลายตัวระหว่างเก็บตัวอย่างอากาศ

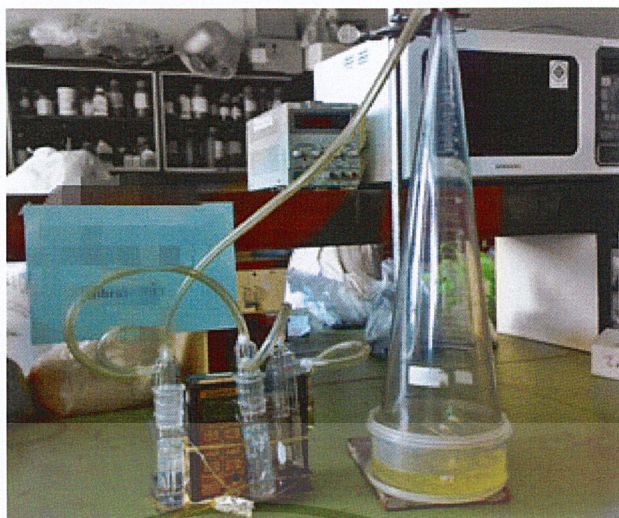
2. การปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศ

1. วิธีเก็บตัวอย่างอากาศแบบแอคทีฟด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างส่วนบุคคล

1.1 การปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศ

1. เปิดเครื่องปั๊มอากาศทำงานประมาณ 5 นาที เพื่อให้อัตราการไหลคงที่อ่านค่าโดยประมาณจากโรตاميเตอร์ (ลิตร/ชั่วโมง)
2. ติดตั้งกรวยอิมฮอฟฟ์
3. ต่อกรวยอิมฮอฟฟ์กับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล สำหรับสารละลายในอิมฟินเจอร์ให้ใช้น้ำกลั่นแทน เปิดปั๊มให้มีอัตราการไหลของอากาศ 800 มล./นาที
4. ทำการจุ่มกรวยอิมฮอฟฟ์กับน้ำฟองสบู่ ทำการจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา ถ้าอัตราการไหลตรงตามความต้องการให้ลือค้ออัตราการไหลของปั๊ม แต่ถ้าไม่ได้ให้ปรับจนได้ตามความต้องการ ที่ช่วงอย่างน้อย 3 นาที ก่อนตรวจสอบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 - การปรับอัตราการไหลของอากาศ

1.2 การใช้งานเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคล

1. การ set up เครื่อง

- ตรวจสอบแบตเตอรี่ก่อนใช้งาน (ต้องชาร์จแบตเตอรี่ก่อนใช้งานอย่างน้อย 1 ชม.)



รูปที่ 2 - การปรับตั้งค่าอัตราการไหล

2. การตั้งอัตราการไหล (800 มล./min)

- ทดสอบแบตเตอรี่โดยเปิด ON/OFF ปุ่มทำงาน
- กดปุ่ม START/HOLD ปุ่มหยุดทำงานหน้าจอแสดง Hold
- กดปุ่ม FLOW AND BATTERY CHECK หน้าจอแสดง BATT OK
- ทำการเปรียบเทียบอัตราการไหล Ultraflow Electronic Calibrator ตามที่ต้องการ
- ใช้ไขควงปรับตรง Flow Adj. ให้อัตราการไหลตรงโดยดูจากโรตาริเตอร์ (สเกลหยาบ)
- กดปุ่ม FLOW AND BATTERY CHECK อีกครั้งหน้าจอแสดงว่า Hold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การตั้งโปรแกรมเก็บตัวอย่าง

- กดปุ่ม Set up หน้าจอจะแสดง Delayed Start
- กดปุ่ม Digit Select เพื่อเลือกตำแหน่งว่าจะให้เริ่มเก็บตัวอย่างในหลัก หน่วย , สิบล , ร้อย หรือพัน
- กดปุ่ม Digit Set เช่น 5 นาที กดให้ขึ้น 0005 ตัวเลข 5 จะขึ้นแบบกระพริบ
- กดปุ่ม MODE หน้าจอจะแสดง Pump period เช่นต้องการ 60 นาที ให้กดปุ่ม Digit Select ให้เลข 6 ขึ้นหน้าจอ 0060
- กดปุ่ม MODE หน้าจอจะแสดง Pump period ถ้าต้องการเก็บตัวอย่างตลอดเวลา เช่นต้องการให้มีการชักตัวอย่างด้วยปั๊ม 60 นาที ในช่วงเวลาตลอด 8 ชั่วโมงเครื่องจะประมวลผลและควบคุมให้เป็นวงจรเองโดยอัตโนมัติ
- ตรวจสอบว่าติดตั้งปั๊ม , สาย , การเก็บตัวอย่าง (แบบ Filter , Impinger หรือ Sorbent tube) เรียบร้อย
- กดปุ่ม MODE เครื่องพร้อมจะทำงานตามลำดับขั้นตอน

4. การเก็บตัวอย่าง

- ขณะหน้าจอจะแสดง HOLD อยู่
- กดปุ่ม START/HOLD หน้าจอจะแสดง Delayed Start (กระพริบ) ตามเวลาที่ตั้งไว้ เมื่อครบเวลาจะแสดง Sample running โดยอัตโนมัติ

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์และตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้น

ตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์

วันที่ทดลอง วันพุธ ที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

สถานที่ทดลอง รถประจำทางสาย 517 ทะเบียน 2-4015 ช่วงเช้า

ข้อมูลทั่วไป

1. ตารางบันทึกอัตราการไหล

ก่อน วินาที	หลัง วินาที
60	56
60	56
60	56
60	56
60	56
60	56
60	56
60	56
60	56
60	56
60	56

เฉลี่ย

ระยะเวลาเฉลี่ย	58	วินาที
อัตราการไหลเฉลี่ย	0.8276	ลิตร/นาที
2. เวลาที่เก็บตัวอย่าง	96	นาที
เวลาที่ป้อนทำงาน	96	นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สภาวะที่เก็บตัวอย่าง

สภาวะที่เก็บตัวอย่าง	ก่อน	หลัง	เฉลี่ย	หน่วย	หน่วย K
ความดัน	1	1	1	atm	
อุณหภูมิ	25	24	24.5	°C	297.65
ความชื้น	45	37	41	%	

4. ปริมาตรอากาศที่สภาวะทดลอง

$$Q = V/T$$

$$V = 0.8276 \text{ L/min} \times 96 \text{ min}$$

$$= 79.448 \text{ L}$$

5. ปริมาตรอากาศที่สภาวะมาตรฐาน

$$(P_1 V_1)/T_1 = (P_2 V_2)/T_2$$

$$V_{std} = \frac{1 \text{ atm} \times 79.448 \text{ L} \times 298.15 \text{ K}}{1 \text{ atm} \times 297.65 \text{ K}}$$

$$V_{std} = 79.582 \text{ L}$$

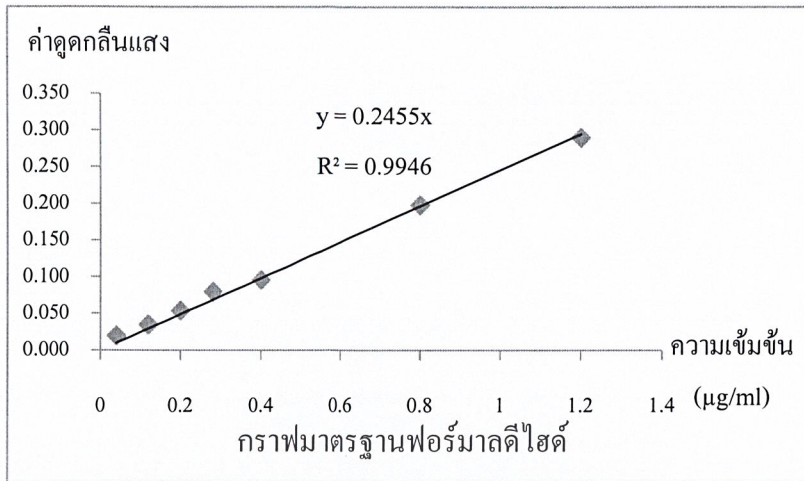
6. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง

น้ำหนักของ NaSO_3 10 g

กราฟมาตรฐานของฟอร์มัลดีไฮด์

ความเข้มข้น ($\mu\text{g/ml}$)	ค่าดูดกลืนแสง
0.04	0.020
0.12	0.035
0.2	0.054
0.28	0.080
0.4	0.096
0.8	0.198
1.2	0.290

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ปริมาตร ตัวอย่าง มล.	ค่าดูด กลืนแสง ,y	ความเข้มข้น µg/ml
ตัวอย่าง(front)	2	0.012	0.049
ตัวอย่าง(back)	20	0.006	0.024
trip blank	20	0.000	0.000

การคำนวณ

การคำนวณหาปริมาณของฟอร์มาลดีไฮด์

จากกราฟมาตรฐานได้สมการเส้นตรง

$$y = 0.2455x$$

เส้นแนวโน้มมีค่าเท่ากับ

$$R^2 = 0.9946$$

$$\text{หาค่า } x \text{ จาก } \bar{X} = \frac{Y}{0.2455}$$

$$\text{จาก } \text{HCHO} = \frac{\text{Mf} + \text{Mb} - 2\text{MB}}{\text{Vstd}}$$

เมื่อ Mf = ปริมาณก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (front) (µg)

Mb = ปริมาณก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (back) (µg)

MB = ปริมาณก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้เป็น trip blank (µg)

Vstd = ปริมาตรอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (L)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{HCHO} = \frac{(0.49 \mu\text{g}/\text{mL} \times 20\text{mL}) + (0.024 \mu\text{g}/\text{mL} \times 20\text{mL}) - (2 \times (0.00 \mu\text{g}/\text{mL} \times 20\text{mL}))}{79.582\text{L}}$$

$$= 0.018 \text{ mg/m}^3$$

วิธีคำนวณกลับเป็น ppb

ก๊าซ 1 mol

ที่อุณหภูมิ (T1)	=	273.15	K
ที่ความดัน (P1)	=	1	atm
จะมีปริมาตร (V1)	=	22.414	L

จากสูตร

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

ดังนั้น ก๊าซ 1 mol

ที่อุณหภูมิ 25 C (T2)	=	297.65	K
ที่ความดัน	=	1	atm
จะมีปริมาตร (Molar volume)	=	$\frac{1\text{atm} \times 24.42 \text{ L} \times 297.65}{273.15 \text{ K} \times 1\text{atm}}$	

$$= 24.42 \text{ L/mol}$$

HCHO 30.03 g มีเนื้อสาร 1 mol

HCHO 0.018 mg มีเนื้อสาร 6.136×10^{-7} mol

ก๊าซ 6.99×10^{-7} mol มีปริมาตร $24.42 \text{ L/mol} \times 6.136 \times 10^{-7}$ mol

$$= 1.498 \times 10^{-5} \text{ L}$$

แปลงหน่วยเป็น m^3 = $498 \times 10^{-5} \text{ L} \times 10^{-3}$

$$= 1.498 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

แปลงให้เป็นหนึ่งในพันล้านส่วน = $1.498 \times 10^{-5} \times 10^9$

$$= 14.99 \text{ ppb}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 - ผลการทดลองหาความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์ บริเวณหน้าสำนักงานหอสมุดกลาง

วันที่	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลา (นาที)		ค่าดูดกลืนแสง			[HCHO]
	°C	%	ที่ปัมทำงาน	ที่เก็บตัวอย่าง	หน้า	หลัง	trip blank	ppb
3/2/2554	25 ± 0.0	48 ± 0.0	120	480	0.020	0.008	0.000	19.36
5/2/2554	29 ± 2.1	46 ± .07	120	480	0.023	0.006	0.000	20.66
8/2/2554	30 ± 1.4	46 ± 0.7	120	480	0.019	0.009	0.000	19.94
10/2/2554	30 ± 1.4	56 ± 1.4	120	480	0.021	0.007	0.000	19.94
15/2/2554	29 ± 2.8	48 ± 2.1	120	480	0.021	0.007	0.000	19.72
17/2/2554	29 ± 1.4	50 ± 1.4	120	480	0.021	0.015	0.000	20.42
20/2/2554	28 ± 2.8	48 ± 0.7	120	480	0.020	0.007	0.000	18.89
22/2/2554	30 ± 1.4	46 ± 0.7	120	480	0.021	0.007	0.000	19.85
24/2/2554	29 ± 2.1	48 ± 1.4	120	480	0.018	0.009	0.000	19.08
ความเข้มข้นเฉลี่ย								19.76 ± 0.6

ตารางที่ 2 - ผลการทดลองหาความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์ บริเวณภายในสำนักหอสมุดกลาง

วันที่	ชั้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลา(นาที)		ค่าดูดกลืนแสง			[HCHO]
		°C	%	ที่ปัมทำงาน	ที่เก็บตัวอย่าง	หน้า	หลัง	trip blank	ppb
14/12/2553	1	24 ± 0.3	48 ± 0.0	120	480	0.010	0.004	0.000	9.30
15/12/2553	1	25 ± 0.0	48 ± 0.0	120	480	0.010	0.004	0.000	11.27
16/12/2553	1	24 ± 1.4	43 ± 0.7	120	480	0.010	0.004	0.000	9.22
ความเข้มข้นเฉลี่ย									9.83 ± 1.16
22/12/2553	3	25 ± 0.0	48 ± 0.0	120	480	0.008	0.004	0.000	7.98
25/1/2554	3	25 ± 0.0	48 ± 0.0	120	480	0.008	0.004	0.000	7.99
26/1/2554	3	25 ± 0.0	48 ± 0.0	120	480	0.009	0.004	0.000	8.66
ความเข้มข้นเฉลี่ย									8.21 ± 0.39
27/1/2554	3 ห้องวิทยานิพนธ์	27 ± 0.0	47 ± 0.0	120	480	0.006	0.003	0.000	6.07
28/1/2554	3 ห้องวิทยานิพนธ์	26 ± 0.0	49 ± 1.4	120	480	0.007	0.003	0.000	7.13
31/1/2554	3 ห้องวิทยานิพนธ์	26 ± 1.4	42 ± 7.1	120	480	0.007	0.002	0.000	6.03
ความเข้มข้นเฉลี่ย									6.41 ± 0.63

ตารางที่ ง - 3 ผลการทดลองหาความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์บริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์ ในวันทำการ

วันที่	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลาที่เก็บตัวอย่าง/ปริมัทงาน		ค่าดูดกลืนแสง		[HCHO]
	°C	%	นาที	หน้า	หลัง	trip blank	ppb
3/2/2554	26 ± 1.4	49 ± 0.0	120	0.012	0.005	0.000	11.83
8/2/2554	26 ± 2.8	52 ± 3.5	120	0.018	0.006	0.000	16.64
10/2/2554	28 ± 1.4	59 ± 0.7	120	0.016	0.007	0.000	16.30
15/2/2554	25 ± 2.8	67 ± 4.2	120	0.016	0.006	0.000	15.84
17/2/2554	28 ± 1.4	46 ± 1.4	120	0.019	0.009	0.000	20.40
22/2/2554	27 ± 1.4	27 ± 2.1	120	0.019	0.007	0.000	18.82
24/2/2554	26 ± 0.7	52 ± 3.5	120	0.017	0.008	0.000	18.03
28/2/2554	24 ± 0.7	70 ± 0.7	120	0.017	0.007	0.000	17.08
เวลาเฉลี่ย			120	ความเข้มข้นเฉลี่ย			16.87 ± 2.52

ตารางที่ 4 - ผลการทดลองหาความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์บริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์ ในช่วงวันหยุด

วันที่	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลาที่เก็บตัวอย่าง/ปัมทำงาน	ค่าดูดกลืนแสง			[HCHO]
	°C	%		นาที	หน้า	หลัง	trip blank
5/2/2554	25 ± 2.1	46 ± 0.7	120	0.014	0.006	0.000	13.87
6/2/2554	27 ± 2.1	46 ± 0.7	120	0.013	0.005	0.000	12.61
12/2/2554	28 ± 1.4	46 ± 2.1	120	0.013	0.007	0.000	14.17
13/2/2554	26 ± 1.4	47 ± 0.7	120	0.015	0.009	0.000	16.78
19/2/2554	27 ± 2.8	45 ± 0.7	120	0.010	0.005	0.000	10.85
20/2/2554	27 ± 1.4	47 ± 2.1	120	0.014	0.005	0.000	13.75
26/2/2554	27 ± 0.7	46 ± 1.4	120	0.017	0.007	0.000	17.43
27/2/2554	27 ± 1.4	48 ± 1.4	120	0.016	0.007	0.000	16.64
เวลาเฉลี่ย			120	ความเข้มข้นเฉลี่ย			14.51 ± 2.28

ตารางที่ 5 - ผลการทดลองหาความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์บนรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ในช่วงวันทำการ

วันที่	อุณหภูมิ		ความชื้น		เวลา		ค่าดูดกลืนแสง						ความเข้มข้น	
	°C		%		นาที		หน้า		หลัง		trip blank		ppb	
	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย
2/2/2554	24 ± 0.7	24 ± 0.4	41 ± 5.7	38 ± 2.1	96	91	0.012	0.010	0.006	0.003	0.000	0.000	14.99	11.54
4/2/2554	22 ± 0.0	22 ± 0.0	41 ± 3.5	42 ± 3.5	117	96	0.014	0.011	0.007	0.004	0.000	0.000	14.47	12.49
7/2/2554	24 ± 0.7	23 ± 0.7	47 ± 2.1	46 ± 1.4	120	95	0.015	0.011	0.006	0.004	0.000	0.000	14.49	12.94
9/2/2554	26 ± 0.4	26 ± 0.4	46 ± 8.4	36 ± 1.4	120	120	0.016	0.015	0.005	0.004	0.000	0.000	13.68	12.98
11/2/2554	22 ± 1.4	22 ± 0.0	46 ± 1.4	44 ± 1.4	110	106	0.013	0.012	0.005	0.004	0.000	0.000	13.41	14.35
14/2/2554	24 ± 0.7	28 ± 0.0	44 ± 0.7	45 ± 5.7	120	95	0.017	0.011	0.005	0.003	0.000	0.000	14.73	12.22

ตารางที่ 5 - ผลการทดลองหาความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์บนรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ในช่วงวันทำการ (ต่อ)

วันที่	อุณหภูมิ		ความชื้น		เวลา		ค่าดูดกลืนแสง						ความเข้มข้น	
	°C		%		นาที		หน้า		หลัง		trip blank		ppb	
	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย
18/2/2554	23 ± 0.0	23 ± 0.7	54 ± 7.8	49 ± 0.0	80	104	0.009	0.013	0.003	0.005	0.000	0.000	12.47	14.39
19/2/2554	22 ± 1.4	25 ± 0.7	52 ± 3.5	48 ± 2.1	120	81	0.017	0.009	0.005	0.004	0.000	0.000	15.14	13.16
20/2/2554	24 ± 2.8	25 ± 0.7	47 ± 5.7	44 ± 1.4	117	102	0.014	0.013	0.006	0.003	0.000	0.000	14.21	13.37
21/2/2554	24 ± 2.8	25 ± 0.7	47 ± 5.7	44 ± 1.4	120	96	0.015	0.012	0.007	0.004	0.000	0.000	15.08	13.97
22/2/2554	24 ± 0.4	24 ± 0.4	58 ± 4.2	56 ± 1.4	106	92	0.015	0.010	0.005	0.004	0.000	0.000	15.11	12.29
เวลาเฉลี่ย					114 ± 7.7	97 ± 9.8	ความเข้มข้นเฉลี่ย						14.61 ± 0.47	12.93 ± 0.80

หมายเหตุ วันที่ 18 ก.พ 54 ไม่นำมาคิดค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรวม เนื่องจากเป็นวันหยุดราชการ

ตารางที่ 6 - ผลการทดลองหาความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์บนรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ในช่วงวันหยุด

วันที่	อุณหภูมิ		ความชื้น		เวลา		ค่าดูดกลิ่นแสง						ความเข้มข้น	
	°C		%		นาที		หน้า		หลัง		trip blank		ppb	
	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย
5/2/2554	23 ± 1.1	25 ± 0.7	38 ± 2.1	47 ± 0.7	96	112	0.012	0.014	0.005	0.006	0.000	0.000	14.33	14.62
6/2/2554	19 ± 0.7	19 ± 0.7	53 ± 2.1	53 ± 2.1	77	87	0.006	0.008	0.003	0.004	0.000	0.000	9.19	10.66
12/2/2554	23 ± 1.1	24 ± 1.8	49 ± 0.7	45 ± 3.5	92	96	0.011	0.012	0.004	0.004	0.000	0.000	13.28	13.81
13/2/2554	22 ± 0.4	25 ± 0.0	58 ± 0.7	47 ± 0.7	84	116	0.007	0.015	0.003	0.005	0.000	0.000	9.56	14.23
19/2/2554	23 ± 0.4	25 ± 0.7	51 ± 9.9	42 ± 2.8	85	77	0.009	0.008	0.003	0.004	0.000	0.000	11.66	13.18
20/2/2554	22 ± 1.4	23 ± 2.1	45 ± 2.8	48 ± 7.1	83	74	0.009	0.008	0.004	0.003	0.000	0.000	12.93	12.29

ตารางที่ 6 - 6 ผลการทดลองหาความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์บนรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ในช่วงวันหยุด(ต่อ)

วันที่	อุณหภูมิ		ความชื้น		เวลา		ค่าดูดกลืนแสง						ความเข้มข้น	
	°C		%		นาที		หน้า		หลัง		trip blank		ppb	
	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย	เช้า	สาย
26/2/2554	22 ± 1.4	24 ± 0.7	47 ± 3.5	47 ± 2.8	92	90	0.011	0.010	0.003	0.003	0.000	0.000	12.07	11.55
27/2/2554	20 ± 0.7	22 ± 0.0	47 ± 2.8	50 ± 0.7	79	92	0.009	0.008	0.003	0.002	0.000	0.000	12.35	8.64
เวลาเฉลี่ย					86 ± 6.7	93 ± 14.9	ความเข้มข้นเฉลี่ย						11.92 ± 1.77	12.37 ± 2.03

ตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์

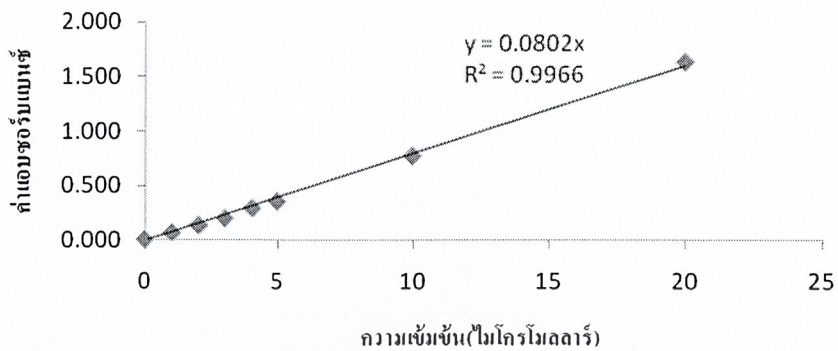
ตารางที่ ง-7 การหาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ภายนอกหอสมุดในหน่วยส่วนในพันล้าน ส่วน (ppb) ที่เวลา 8 ชั่วโมง

สถานะ ที่เก็บตัวอย่าง	ก่อน	หลัง	เฉลี่ย	หน่วย	หน่วย K
ความดัน	1	1	1	atm	
อุณหภูมิ	29	31	30	°C	303.15
ความชื้น	46	47	46.5	%	

ตารางที่ ง-8 ค่าแอมซอร์บแบบซ์สารละลายมาตรฐานและตัวอย่างอากาศพลัสที่เวลาเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของไนไตรต์ (ไมโครโมลลาร์)	ค่าดูดกลืนแสง
0	0.000
1	0.068
2	0.135
3	0.200
4	0.290
5	0.360
10	0.778
20	1.630

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟมาตรฐานไนโตรเจนไดออกไซด์ครั้งที่ 1 บริเวณภายนอกสำนักหอสมุด

จากกราฟได้สมการ $y = 0.0802x$; $R^2 = 0.9966$

เมื่อ y = ค่าแอมซอร์บิแนนซ์ของตัวอย่างวิธีพาสซีฟ

X = ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ของตัวอย่างวิธีพาสซีฟหน่วยไมโครโมลลาร์

$$y = 0.333 \quad \text{จะได้ค่า} \quad x = \frac{0.333}{0.0802}$$

$$x = 4.1625 \text{ ไมโครโมลลาร์}$$

ดังนั้นค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ของตัวอย่างของตัวอย่างวิธีพาสซีฟจะได้ ไมโครโมลลาร์

$$\text{จากสูตร} \quad [NO_2] = \frac{LV(NO_2)}{TD}$$

$[NO_2]$ = ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ (nmol/m³)

L = ค่าคงที่ของการเก็บตัวอย่าง 41.2 m⁻¹

V = ปริมาตรของสารสกัด (mL)

T = เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (s)

D = ประสิทธิภาพการกระจาย 1.54×10^{-5} m²/s

$$NO_2 = \frac{41.2 \times 3 \times 4.1625}{480 \times 60 \times 1.54 \times 10^{-5}}$$

$$[NO_2] = 1.160 \times 10^{-6} \text{ mol/m}^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนหน่วยเป็น ppb

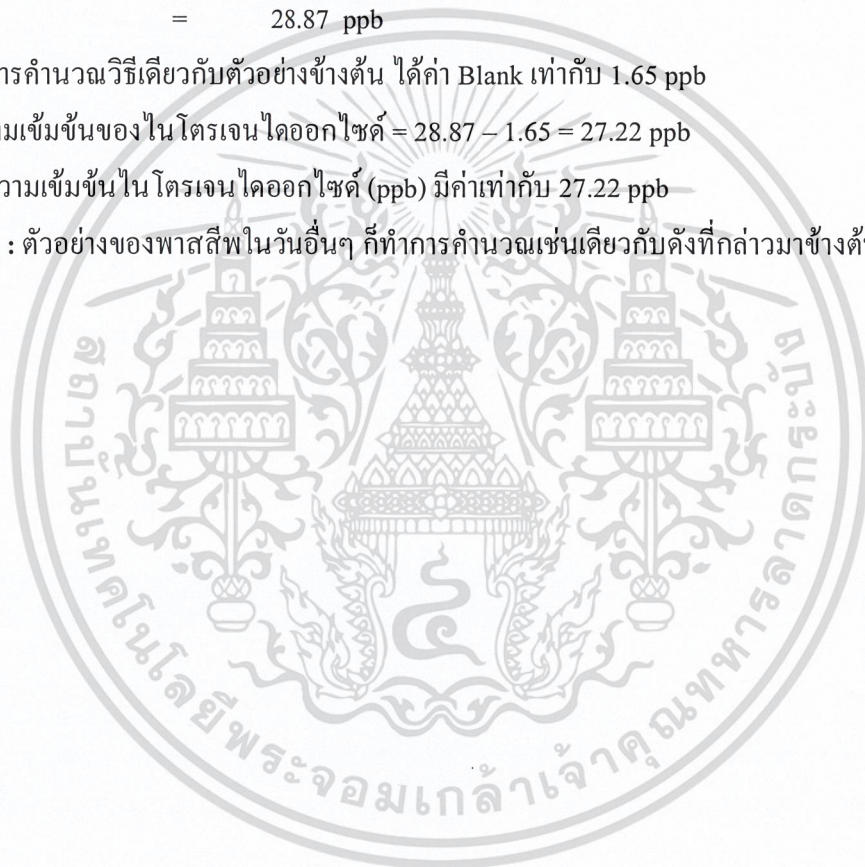
$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร [ppbv]} &= [\text{air}]RT \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{L} \\
 \text{เมื่อ } [\text{air}] &= \text{ความเข้มข้นในบรรยากาศ} (\text{mol}/\text{m}^3) \\
 R &= \text{ค่าคงที่ของแก๊ส } 0.0821 \text{ (L.atm/mol.K)} \\
 T &= \text{อุณหภูมิขณะเก็บ (K)} \\
 \text{จากสูตร [ppbv]} &= [\text{air}]RT \times 10^{-3} \\
 &= 1.160 \times 10^{-6} \times 0.2821 \times 303.15 \times 0.001 \\
 &= 28.87 \text{ ppb}
 \end{aligned}$$

และจากการคำนวณวิธีเดียวกับตัวอย่างข้างต้น ได้ค่า Blank เท่ากับ 1.65 ppb

ดังนั้นความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ = $28.87 - 1.65 = 27.22$ ppb

จะได้ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ (ppb) มีค่าเท่ากับ 27.22 ppb

หมายเหตุ : ตัวอย่างของพาสตีฟในวันอื่นๆ ก็ทำการคำนวณเช่นเดียวกับดังที่กล่าวมาข้างต้น



ตาราง ง-9 ความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างภายในสำนัก
หอสมุดกลางบริเวณชั้น 1

ชั้น	อุณหภูมิ °C	ความชื้น %	ตัวอย่าง	ค่า ดูดกลืนแสง	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] ppb $\bar{X} \pm SD$
ครั้งที่ 1	24 ± 0.7	46 ± 0.7	1	0.114	1.425	6.72	7.06 ± 0.69
			2	0.123	1.538	7.49	
			3	0.115	1.438	6.81	
			4	0.135	1.688	8.51	
			5	0.127	1.588	7.83	
			6	0.110	1.375	6.38	
			7	0.112	1.400	6.55	
			8	0.116	1.450	6.90	
			9	0.110	1.375	6.38	
			10	0.117	1.463	6.98	
			Blank1	0.036	0.450	2.98	
			Blank2	0.034	0.425		
ครั้งที่ 2	26 ± 0.0	48 ± 2.8	1	0.099	1.238	5.65	6.42 ± 0.59
			2	0.101	1.263	5.82	
			3	0.101	1.263	5.82	
			4	0.101	1.263	5.82	
			5	0.112	1.400	6.76	
			6	0.112	1.400	6.76	
			7	0.116	1.450	7.10	
			8	0.118	1.475	7.27	
			9	0.111	1.388	6.67	
			10	0.109	1.363	6.50	
			Blank1	0.032	0.400	2.82	
			Blank2	0.034	0.425		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง-9 ความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างภายในสำนัก
หอสมุดกลางบริเวณชั้น 1 (ต่อ)

ชั้น	อุณหภูมิ °C	ความชื้น %	ตัวอย่าง	ค่า ดูดกลืนแสง	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] ppb $\bar{X} \pm SD$
ครั้งที่ 3	26 ± 0.0	48 ± 2.8	1	0.095	1.188	6.50	6.01 ± 0.39
			2	0.092	1.150	6.25	
			3	0.093	1.163	6.33	
			4	0.089	1.113	5.99	
			5	0.081	1.013	5.30	
			6	0.085	1.063	5.65	
			7	0.089	1.113	5.99	
			8	0.084	1.050	5.56	
			9	0.091	1.138	6.16	
			10	0.093	1.163	6.33	
			Blank1	0.019	0.238	1.63	
			Blank2	0.019	0.238		
ความเข้มข้นเฉลี่ยบริเวณชั้น 1							6.50 ± 0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง-10 ความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างภายในสำนัก
หอสมุดกลางบริเวณ ชั้น 3

ชั้น	อุณหภูมิ °C	ความชื้น %	ตัวอย่าง	ค่า ดูดกลืนแสง	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] ppb $\bar{X} \pm SD$
ครั้งที่ 1	26 ± 0.0	48 ± 2.8	1	0.09	1.125	4.96	5.18 ± 0.15
			2	0.094	1.175	5.30	
			3	0.093	1.163	5.22	
			4	0.091	1.138	5.05	
			5	0.096	1.200	5.48	
			6	0.094	1.175	5.30	
			7	0.091	1.138	5.05	
			8	0.092	1.150	5.13	
			9	0.092	1.150	5.13	
			10	0.093	1.163	5.22	
			Blank1	0.031	0.388	2.74	
			Blank2	0.033	0.413		
ครั้งที่ 2	26 ± 0.0	48 ± 2.8	1	0.09	1.125	5.09	4.66 ± 0.32
			2	0.088	1.100	4.92	
			3	0.083	1.038	4.49	
			4	0.087	1.088	4.83	
			5	0.085	1.063	4.66	
			6	0.081	1.013	4.32	
			7	0.085	1.063	4.66	
			8	0.078	0.975	4.06	
			9	0.089	1.113	5.00	
			10	0.084	1.050	4.58	
			Blank1	0.031	0.388	2.61	
			Blank2	0.03	0.375		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง-10 ความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างภายในสำนัก
หอสมุดกลางบริเวณ ชั้น 3 (ต่อ)

ชั้น	อุณหภูมิ °C	ความชื้น %	ตัวอย่าง	ค่า ดูดกลืนแสง	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] ppb $\bar{X} \pm SD$
ครั้งที่ 3	26 ± 0.2	47 ± 1.4	1	0.063	0.788	4.23	4.18 ± 0.19
			2	0.065	0.813	4.41	
			3	0.066	0.825	4.49	
			4	0.062	0.775	4.15	
			5	0.061	0.763	4.06	
			6	0.06	0.750	3.98	
			7	0.059	0.738	3.89	
			8	0.061	0.763	4.06	
			9	0.064	0.800	4.32	
			10	0.063	0.788	4.23	
			Blank1	0.014	0.175	1.15	
			Blank2	0.013	0.163		
ความเข้มข้นเฉลี่ยบริเวณชั้น 3							4.67 ± 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง- 11 ความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างภายใน
สำนักหอสมุดกลางบริเวณห้องวิทยานิพนธ์

ชั้น	อุณหภูมิ °C	ความชื้น %	ตัวอย่าง	ค่า ดูดกลืนแสง	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] ppb $\bar{X} \pm SD$
ครั้งที่ 1	26 ± 0.0	48 ± 2.8	1	0.094	1.175	4.58	4.44 ± 0.10
			2	0.091	1.138	4.32	
			3	0.092	1.150	4.41	
			4	0.092	1.150	4.41	
			5	0.093	1.163	4.49	
			Blank1	0.04	0.500	3.46	
			Blank2	0.041	0.513		
ครั้งที่ 2	26 ± 0.0	48 ± 2.8	1	0.083	1.0375	3.98	3.96 ± 0.26
			2	0.087	1.0875	4.32	
			3	0.084	1.05	4.06	
			4	0.081	1.0125	3.81	
			5	0.079	0.9875	3.64	
			Blank1	0.036	0.45	3.12	
			Blank2	0.037	0.4625		
ครั้งที่ 3	26 ± 0.0	48 ± 2.8	1	0.059	0.7375	3.85	3.71 ± 0.16
			2	0.058	0.725	3.76	
			3	0.055	0.6875	3.51	
			4	0.059	0.7375	3.85	
			5	0.056	0.7	3.59	
			Blank1	0.014	0.175	1.20	
			Blank2	0.014	0.175		
ความเข้มข้นเฉลี่ยบริเวณห้องวิทยานิพนธ์							4.04 ± 0.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง-12 ความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างบริเวณจุด
อ้างอิงหน้าคณะวิทยาศาสตร์ในวันทำการ

วันที่	อุณหภูมิ °C	ความชื้น %	ตัวอย่าง	ค่า ดูดกลืนแสง	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] ppb $\bar{X} \pm SD$
2/2/2554	24 ± 0.7	53 ± 0.7	1	0.043	0.536	10.19	10.76 ± 0.52
			2	0.046	0.574	11.21	
			3	0.045	0.561	10.87	
			Blank	0.013	0.162	4.42	
4/2/2554	24 ± 0.7	50 ± 0.0	1	0.049	0.611	12.23	12.23 ± 0.34
			2	0.048	0.599	11.89	
			3	0.050	0.623	12.57	
			Blank	0.013	0.162	4.42	
7/2/2554	26 ± 1.4	47 ± 1.4	1	0.072	0.898	19.12	18.66 ± 0.39
			2	0.070	0.873	18.43	
			3	0.070	0.873	18.43	
			Blank	0.016	0.200	5.46	
9/2/2554	26 ± 2.8	59 ± 3.5	1	0.052	0.650	13.00	13.12 ± 0.86
			2	0.050	0.625	12.32	
			3	0.055	0.688	14.03	
			Blank	0.014	0.175	4.79	
11/2/2554	28 ± 1.4	52 ± 0.7	1	0.068	0.850	15.85	15.27 ± 0.53
			2	0.065	0.813	14.81	
			3	0.066	0.825	15.16	
			Blank	0.022	0.275	7.58	
14/2/2554	28 ± 1.4	46 ± 1.4	1	0.093	1.163	23.77	23.08 ± 0.60
			2	0.090	1.125	22.74	
			3	0.090	1.125	22.74	
			Blank	0.024	0.300	8.27	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง-12 ความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างบริเวณจุด
อ้างอิงหน้าคณะวิทยาศาสตร์ในวันทำการ (ต่อ)

วันที่	อุณหภูมิ °C	ความชื้น %	ตัวอย่าง	ค่า ดูดกลืนแสง	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] ppb $\bar{X} \pm SD$
16/2/2554	28 ± 1.4	46 ± 1.4	1	0.075	0.938	19.98	20.79 ± 0.72
			2	0.079	0.988	21.36	
			3	0.078	0.975	21.02	
			Blank	0.017	0.213	5.86	
18/2/2554	28 ± 1.4	46 ± 1.4	1	0.068	0.850	19.64	19.06 ± 0.53
			2	0.065	0.813	18.60	
			3	0.066	0.825	18.95	
			Blank	0.011	0.138	3.79	
21/2/2554	27 ± 1.4	47 ± 2.1	1	0.076	0.950	19.57	19.46 ± 0.20
			2	0.075	0.938	19.23	
			3	0.076	0.950	19.57	
			Blank	0.019	0.238	6.52	
23/2/2554	27 ± 1.4	46 ± 5.7	1	0.093	1.163	25.41	24.84 ± 0.52
			2	0.090	1.125	24.38	
			3	0.091	1.138	24.72	
			Blank	0.019	0.238	6.52	
25/2/2554	26 ± 0.7	55 ± 3.5	1	0.053	0.663	13.37	13.37 ± 0.69
			2	0.051	0.638	12.68	
			3	0.055	0.688	14.05	
			Blank	0.014	0.175	4.80	
28/2/2554	24 ± 0.7	49 ± 0.7	1	0.095	1.188	23.84	23.49 ± 1.23
			2	0.097	1.213	24.52	
			3	0.090	1.125	22.13	
			Blank	0.025	0.313	8.51	
ความเข้มข้นเฉลี่ยบริเวณจุดอ้างอิงในวันทำการ							17.75 ± 5.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง-13 ความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างบริเวณจุด
อ้างอิงหน้าคณะวิทยาศาสตร์ในวันหยุดราชการ

วันที่	อุณหภูมิ °C	ความชื้น %	ตัวอย่าง	ค่า ดูดกลืนแสง	[NO ₂]	[NO ₂]	[NO ₂]ppb
					(μM)	(ppb)	$\bar{X} \pm SD$
5/2/2554	25 ± 2.1	46 ± 0.7	1	0.025	0.648	9.20	9.66 ± 0.39
			2	0.054	0.673	9.88	
			3	0.054	0.673	9.88	
			blank	0.025	0.312	8.52	
6/2/2554	25 ± 2.1	46 ± 0.7	1	0.034	0.424	7.838	7.84 ± 0.34
			2	0.033	0.411	7.498	
			3	0.035	0.436	8.179	
			Blank	0.011	0.137	3.749	
12/2/2554	28 ± 1.4	46 ± 2.1	1	0.059	0.738	16.192	15.96 ± 0.40
			2	0.059	0.738	16.192	
			3	0.057	0.713	15.503	
			Blank	0.012	0.150	4.134	
13/2/2554	26 ± 1.4	47 ± 0.7	1	0.074	0.925	20.191	19.73 ± 0.40
			2	0.072	0.900	19.507	
			3	0.072	0.900	19.507	
			Blank	0.015	0.188	5.133	
19/2/2554	27 ± 2.8	50 ± 0.7	1	0.060	0.750	16.138	15.57 ± 0.52
			2	0.057	0.713	15.108	
			3	0.058	0.725	15.451	
			Blank	0.013	0.163	4.464	
20/2/2554	27 ± 1.4	55 ± 2.1	1	0.046	0.575	12.018	12.25 ± 0.40
			2	0.046	0.575	12.018	
			3	0.048	0.600	12.705	
			Blank	0.011	0.138	3.777	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง-13 ความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างบริเวณจุด
อ้างอิงหน้าคณะวิทยาศาสตร์ ในวันหยุดราชการ (ต่อ)

วันที่	อุณหภูมิ °C	ความชื้น %	ตัวอย่าง	ค่า ดูดกลืนแสง	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂]ppb $\bar{X} \pm SD$
26/2/2554	27 ± 0.7	46 ± 1.4	1	0.064	0.800	14.789	13.99 ± 0.72
			2	0.060	0.750	13.414	
			3	0.061	0.763	13.758	
			Blank	0.021	0.263	7.223	
27/2/2554	27 ± 1.4	62 ± 9.9	1	0.055	0.688	14.765	14.08 ± 0.69
			2	0.053	0.663	14.078	
			3	0.051	0.638	13.391	
			Blank	0.012	0.150	4.120	
ความเข้มข้นเฉลี่ยบริเวณจุดอ้างอิงในวันทำหยุด							13.64 ± 3.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-14 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในรถโดยสารปรับอากาศ สาย 517
ในช่วงวันทำการ

วันที่	เที่ยว	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลา	ตัวอย่าง	ค่า	[NO ₂]	[NO ₂]	[NO ₂]ppb
		°C	%	นาที		ดูดกลืนแสง	(µM)	(ppb)	$\bar{X} \pm SD$
2/2/2554	เช้า	24 ± 0.7	41 ± 5.7	96	1	0.071	0.889	22.59	22.02±0.49
					2	0.069	0.864	21.73	
					3	0.069	0.864	21.73	
					Blank	0.018	0.225	7.67	
	สาย	24 ± 0.4	38 ± 2.1	91	1	0.074	0.926	21.60	21.45±0.69
					2	0.072	0.901	20.70	
					3	0.075	0.939	22.05	
					Blank	0.026	0.325	11.70	
4/2/2554	เช้า	22 ± 0.0	41 ± 3.5	117	1	0.134	1.677	38.49	37.56±1.06
					2	0.132	1.652	37.79	
					3	0.128	1.602	36.41	
					Blank	0.023	0.288	7.97	
	สาย	22 ± 0.0	42 ± 3.5	90	1	0.094	1.176	30.65	30.35±0.94
					2	0.091	1.139	29.30	
					3	0.095	1.189	31.10	
					Blank	0.026	0.325	11.72	
7/2/2554	เช้า	24 ± 0.7	47 ± 2.1	120	1	0.135	1.690	37.84	37.16±0.59
					2	0.132	1.652	36.82	
					3	0.132	1.652	36.82	
					Blank	0.024	0.300	8.18	
	สาย	23 ± 0.7	46 ± 1.4	95	1	0.092	1.151	32.62	30.47±1.87
					2	0.085	1.064	29.62	
					3	0.084	1.051	29.19	
					Blank	0.016	0.200	6.87	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-14 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในรถโดยสารปรับอากาศ สาย 517
ในช่วงวันทำการ (ต่อ)

วันที่	เที่ยว	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลา นาที	ตัวอย่าง	ค่า	[NO ₂]	[NO ₂]	[NO ₂]ppb
		°C	%			ดูดกลืนแสง	(μM)	(ppb)	$\bar{X} \pm SD$
9/2/2554	เช้า	20 ± 0.7	46 ± 8.5	120	1	0.121	1.513	34.94	35.61 ± 0.67
					2	0.125	1.563	36.28	
					3	0.123	1.538	35.61	
					Blank	0.017	0.213	5.71	
	สาย	26 ± 0.4	36 ± 1.4	120	1	0.128	1.600	39.05	39.50 ± 0.52
					2	0.129	1.613	39.39	
					3	0.131	1.638	40.07	
					Blank	0.014	0.175	4.80	
11/2/2554	เช้า	22 ± 1.4	53 ± 9.2	110	1	0.102	1.275	32.78	34.99 ± 1.95
					2	0.110	1.375	35.73	
					3	0.112	1.400	36.47	
					Blank	0.013	0.163	4.79	
	สาย	22 ± 0	44 ± 1.4	106	1	0.093	1.163	28.48	30.53 ± 1.82
					2	0.102	1.275	31.94	
					3	0.100	1.250	31.17	
					Blank	0.019	0.238	7.31	
14/2/2554	เช้า	24 ± 0.7	44 ± 0.7	120	1	0.119	1.488	35.07	35.64 ± 0.71
					2	0.12	1.500	35.41	
					3	0.123	1.538	36.43	
					Blank	0.016	0.200	5.45	
	สาย	28 ± 0	45 ± 5.7	95	1	0.087	1.088	27.42	27.71 ± 0.50
					2	0.089	1.113	28.29	
					3	0.087	1.088	27.42	
					Blank	0.024	0.300	10.44	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-14 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในรถโดยสารปรับอากาศ สาย 517
ในช่วงวันทำการ (ต่อ)

วันที่	เที่ยว	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลา	ตัวอย่าง	ค่า	[NO ₂]	[NO ₂]	[NO ₂]ppb
		°C	%	นาที		ดูดกลืนแสง	(μM)	(ppb)	$\bar{X} \pm SD$
16/2/2554	เช้า	28 ± 0	45 ± 5.7	114	1	0.093	1.163	29.88	29.01 ± 0.63
					2	0.093	1.163	31.62	
					3	0.090	1.125	30.58	
					Blank	0.012	0.150	4.35	
	สาย	28 ± 0.0	40 ± 1.4	100	1	0.094	1.175	25.63	26.73 ± 0.95
					2	0.098	1.225	27.29	
					3	0.098	1.225	27.29	
					Blank	0.032	0.400	13.23	
18/2/2554	เช้า	23 ± 0	54 ± 7.8	80	1	0.064	0.800	31.72	22.70 ± 0.78
					2	0.067	0.838	32.89	
					3	0.066	0.825	30.15	
					Blank	0.021	0.263	10.67	
	สาย	23 ± 0.7	49 ± 0.0	104	1	0.107	1.338	31.72	31.59 ± 1.38
					2	0.110	1.375	32.89	
					3	0.103	1.288	30.15	
					Blank	0.026	0.325	10.18	
21/2/2554	เช้า	22 ± 1.4	52 ± 3.5	120	1	0.119	1.488	33.43	32.53 ± 1.28
					2	0.112	1.400	31.06	
					3	0.118	1.475	33.09	
					Blank	0.020	0.250	6.75	
	สาย	23 ± 0.7	50 ± 0.0	81	1	0.061	0.763	20.61	26.98 ± 6.83
					2	0.072	0.900	26.14	
					3	0.088	1.100	34.19	
					Blank	0.020	0.250	10.06	

หมายเหตุ วันที่ 18 ก.พ 54 ไม่นำมาคิดค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรวม เนื่องจากเป็นวันหยุดราชการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-14 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในรถโดยสารปรับอากาศ สาย 517
ในช่วงวันทำการ (ต่อ)

วันที่	เที่ยว	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลา	ตัวอย่าง	ค่า	[NO ₂]	[NO ₂]	[NO ₂]ppb
		°C	%	นาที		ดูดกลืนแสง	(μM)	(ppb)	$\bar{X} \pm SD$
23/2/2554	เช้า	23 ± 0.0	51 ± 1.4	120	1	0.110	1.375	29.88	30.69 ± 0.87
					2	0.115	1.438	31.62	
					3	0.112	1.400	30.58	
					Blank	0.024	0.300	8.34	
	สาย	25 ± 0.7	48 ± 2.1	102	1	0.076	0.950	24.92	25.19 ± 0.84
					2	0.075	0.938	24.52	
					3	0.079	0.988	26.13	
					Blank	0.014	0.175	5.63	
25/2/2554	เช้า	24 ± 2.8	47 ± 5.7	120	1	0.106	1.325	31.61	31.05 ± 0.71
					2	0.102	1.275	30.25	
					3	0.105	1.313	31.27	
					Blank	0.013	0.163	4.42	
	สาย	25 ± 0.7	44 ± 1.4	96	1	0.083	1.038	28.61	27.90 ± 0.65
					2	0.080	1.000	27.33	
					3	0.081	1.013	27.76	
					Blank	0.016	0.200	6.83	
28/2/2554	เช้า	24 ± 0.4	58 ± 4.2	106	1	0.093	1.163	28.94	29.58 ± 0.80
					2	0.094	1.175	29.32	
					3	0.097	1.213	30.48	
					Blank	0.018	0.225	6.94	
	สาย	24 ± 0.4	56 ± 1.4	92	1	0.077	0.963	25.34	24.15 ± 1.03
					2	0.073	0.913	23.56	
					3	0.073	0.913	23.56	
					Blank	0.020	0.250	8.89	
ความเข้มข้นเฉลี่ยช่วงเช้าในช่วงวันทำการ									32.50 ± 4.47
ความเข้มข้นเฉลี่ยช่วงสายในช่วงวันทำการ									28.55 ± 4.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-15 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในรถโดยสารปรับอากาศ สาย 517
ในช่วงวันหยุด

วันที่	เที่ยว	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลา	ตัวอย่าง	ค่า	[NO ₂]	[NO ₂]	[NO ₂]ppb
		°C	%			นาฬิกา	ดูดกลืนแสง	(μM)	(ppb)
5/2/2554	เช้า	23 ± 1.1	38. ± 2.1	96	1	0.083	1.039	22.10	23.10 ± 1.37
					2	0.089	1.114	24.66	
					3	0.084	1.051	22.53	
					Blank	0.031	0.388	13.18	
	สาย	25 ± 0.7	47 ± 0.7	112	1	0.094	1.176	28.22	28.71 ± 0.56
					2	0.095	1.189	28.59	
					3	0.097	1.214	29.32	
					Blank	0.017	0.213	6.23	
6/2/2554	เช้า	19 ± 0.7	53 ± 2.1	77	1	0.073	0.914	20.37	19.50 ± 0.80
					2	0.071	0.889	19.33	
					3	0.070	0.876	18.81	
					Blank	0.034	0.426	17.76	
	สาย	19 ± 0.7	53 ± 2.1	87	1	0.076	0.951	21.73	21.42 ± 0.27
					2	0.075	0.939	21.27	
					3	0.075	0.939	21.27	
					Blank	0.029	0.363	13.4	
12/2/2554	เช้า	23.3 ± 1.1	59.0 ± 5.7	92	1	0.069	0.863	22.11	23.59 ± 1.28
					2	0.074	0.925	24.32	
					3	0.074	0.925	24.32	
					Blank	0.019	0.238	8.40	
	สาย	24 ± 1.8	45 ± 3.5	96	1	0.084	1.050	24.71	24.99 ± 0.49
					2	0.086	1.075	25.56	
					3	0.084	1.050	24.71	
					Blank	0.026	0.325	11.1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-15 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในรถโดยสารปรับอากาศ สาย 517
ในช่วงวันหยุด (ต่อ)

วันที่	เที่ยว	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลา	ตัวอย่าง	ค่า	[NO ₂]	[NO ₂]	[NO ₂]ppb
		°C	%	นาที		ดูดกลืนแสง	(μM)	(ppb)	$\bar{X} \pm SD$
13/2/2554	เช้า	22 ± 0.4	58 ± 0.7	84	1	0.075	0.938	28.00	28.80 ± 1.00
					2	0.079	0.988	29.93	
					3	0.076	0.950	28.48	
					Blank	0.017	0.213	8.21	
	สาย	25 ± 0.0	47 ± 0.7	116	1	0.115	1.438	35.34	34.64 ± 0.61
					2	0.112	1.400	34.28	
					3	0.112	1.400	34.28	
					Blank	0.015	0.188	5.30	
19/2/2554	เช้า	23 ± 0.4	51 ± 9.9	85	1	0.063	0.788	21.54	22.82 ± 1.46
					2	0.069	0.863	24.41	
					3	0.065	0.813	22.50	
					Blank	0.018	0.225	8.62	
	สาย	25 ± 0.7	42 ± 2.8	77	1	0.064	0.800	22.36	23.43 ± 1.41
					2	0.069	0.863	25.02	
					3	0.065	0.813	22.89	
					Blank	0.022	0.275	11.71	
20/2/2554	เช้า	22 ± 1.4	45 ± 2.8	83	1	0.055	0.688	20.01	20.18 ± 0.75
					2	0.057	0.713	20.99	
					3	0.054	0.675	19.53	
					Blank	0.014	0.175	6.83	
	สาย	23 ± 2.1	48 ± 7.1	74	1	0.053	0.663	19.26	19.99 ± 0.84
					2	0.056	0.700	20.91	
					3	0.054	0.675	19.81	
					Blank	0.018	0.225	9.91	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-15 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในรถโดยสารปรับอากาศ สาย 517
ในช่วงวันหยุด (ต่อ)

วันที่	เที่ยว	อุณหภูมิ °C	ความชื้น %	เวลา นาที	ตัวอย่าง	ค่า	[NO ₂]	[NO ₂]	[NO ₂]ppb
						ดูดกลืนแสง	(μM)	(ppb)	$\bar{X} \pm SD$
26/2/2554	เช้า	22 ± 1.4	47 ± 3.5	92	1	0.077	0.963	28.19	25.98 ± 3.08
					2	0.075	0.938	27.31	
					3	0.064	0.800	22.46	
					Blank	0.013	0.163	5.73	
	สาย	24 ± 0.7	47 ± 2.8	90	1	0.058	0.725	21.79	20.88 ± 0.79
					2	0.055	0.688	20.43	
					3	0.055	0.688	20.43	
					Blank	0.010	0.125	4.54	
27/2/2554	เช้า	20 ± 0.7	47 ± 2.8	79	1	0.049	0.613	19.5	20.17 ± 1.15
					2	0.048	0.600	19	
					3	0.054	0.675	22.1	
					Blank	0.011	0.138	5.64	
	สาย	22 ± 0.0	50 ± 0.7	92	1	0.077	0.963	25.34	24.15 ± 1.03
					2	0.073	0.913	23.56	
					3	0.073	0.913	23.56	
					Blank	0.020	0.250	8.89	
ความเข้มข้นเฉลี่ยช่วงเช้าในช่วงวันหยุด									23.02 ± 3.19
ความเข้มข้นเฉลี่ยช่วงสายในช่วงวันหยุด									24.78 ± 4.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การประเมินความเสี่ยง

ตัวอย่างการคำนวณจากการได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ในรถโดยสารปรับอากาศสาย 517

ข้อกำหนดที่ใช้ในการศึกษา

ค่ามาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณความเสี่ยงจากการได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ (US.EPA , 1995)			
น้ำหนักตัวของผู้ใหญ่ชาย	70	kg	BW
น้ำหนักตัวของผู้ใหญ่หญิง	65	kg	
อัตราการกักสารพิษไว้จากการหายใจเข้า	1		RR
อัตราการดูดซึมสารพิษไว้จากอากาศที่หายใจเข้า	1		ABS
อายุขัยเฉลี่ย	70	ปี	AT
ค่า potency factor ของฟอร์มาลดีไฮด์	0.045	(mg/kg/day) ⁻¹	PF

1. การหาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่นักศึกษาได้รับในแต่ละวัน (chronic daily intake; CDI)

จากการเดินทางในวันทำการ

กำหนดให้

นักศึกษาชาย

นักศึกษาเดินทางวันจันทร์-ศุกร์ คิดเป็น 100% ในระยะเวลาการศึกษาทั้งหมด 4 ปี

คิดจาก 1 ปี มีการเรียน = 33 สัปดาห์ (8 เดือน ใน 1 ปีการศึกษา)

= 33 x 5 x 1.00 วัน

ความถี่ในการได้รับสารมลพิษ = 165 วัน/ปี EF

คิดในระยะเวลา = 4 ปี ED

คิดจาก 4 ปี มีการเรียน = 165 x 4 วัน

1.1) เวลาเฉลี่ยการเดินทางไปในช่วงเช้า = 115 นาที/เที่ยว จำนวน 1 เที่ยว/วัน

= 1.9 hr

ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มาลดีไฮด์ในวันทำการ(ตั้งภาคผนวก ค)

= 14.61 ppb หรือ 0.018 mg/m³

- คำนวณปริมาณอากาศที่ผู้โดยสารหายใจเข้าไปใน 1 วัน คิดที่อัตราการหายใจระดับปกติ

= เวลาที่ใช้ในการเดินทาง x อัตราการหายใจ

โดย อัตราการหายใจเมื่อทำงานปานกลาง 1.0 m³/hr

= (1.0 m³/hr x 1.9 hr)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณอากาศที่ผู้ใช้รถหายใจเข้าไปใน 1 วัน คิดที่อัตราการหายใจ

$$= 1.9 \text{ m}^3/\text{day}$$

- จำนวนปริมาณทั้งหมดที่ได้รับ

$$= CA \times \text{ปริมาณอากาศที่ผู้ใช้ห้องหายใจเข้าไปใน 1 วัน} \times ED \times EF \times RR \times ABS$$

$$= (0.018 \text{ mg/m}^3)(1.9 \text{ m}^3/\text{day})(165 \text{ day/year} \times 4 \text{ year})(1.0)(1.0)$$

$$= 22.572 \text{ mg}$$

- จำนวน CDI = ปริมาณทั้งหมดที่ได้รับ / (BW x AT)

$$AT = 365 \times 70 = 25550 \text{ วัน}$$

$$CDI = (22.572 \text{ mg}) / (70 \text{ kg} \times 365 \text{ day} \times 70)$$

$$= 1.262 \times 10^{-5} \text{ mg/kg/day}$$

1.2) เวลาเฉลี่ยการเดินทางกลับในช่วงสาย = 98 นาที/เที่ยว จำนวน 1 เที่ยว/วัน

$$= 1.6 \text{ hr}$$

ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มัลดีไฮด์การเดินทางกลับในช่วงสาย (ตั้งภาคผนวก ก)

$$= 12.93 \text{ ppb หรือ } 0.011 \text{ mg/m}^3$$

- จำนวนปริมาณอากาศที่ผู้ใช้รถหายใจเข้าไปใน 1 วัน คิดที่อัตราการหายใจระดับปกติ โดย อัตราการหายใจเมื่อทำงานปานกลาง $1.0 \text{ m}^3/\text{hr}$

$$= (1.0 \text{ m}^3/\text{hr} \times 1.6 \text{ hr})$$

ปริมาณอากาศที่ผู้ใช้รถหายใจเข้าไปใน 1 วัน คิดที่อัตราการหายใจ

$$= 1.6 \text{ m}^3/\text{day}$$

- จำนวนปริมาณทั้งหมดที่ได้รับ

$$= CA \times \text{ปริมาณอากาศที่ผู้ใช้ห้องหายใจเข้าไปใน 1 วัน} \times ED \times EF \times RR \times ABS$$

$$= (0.011 \text{ mg/m}^3)(1.6 \text{ m}^3/\text{day})(165 \text{ day/year} \times 4 \text{ year})(1.0)(1.0)$$

$$= 11.616 \text{ mg}$$

- จำนวน CDI = ปริมาณทั้งหมดที่ได้รับ / (BW x AT)

$$AT = 365 \times 70$$

$$= 25,550 \text{ วัน}$$

$$CDI = (11.616 \text{ mg}) / (70 \text{ kg} \times 365 \text{ day} \times 70 \text{ year})$$

$$= 6.495 \times 10^{-6} \text{ mg/kg/day}$$

จากการคำนวณ ได้ค่า CDI ของวันทำการในการเดินทางในช่วงเช้า = $1.262 \times 10^{-5} \text{ mg/kg/day}$

ได้ค่า CDI ของวันทำการในการเดินทางในช่วงสาย = $6.495 \times 10^{-6} \text{ mg/kg/day}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การประเมินความเสี่ยงจากการเดินทางโดยรถโดยสารประจำทางปรับอากาศในระยะเวลา 4 ปี

$$\begin{aligned}
 &= (\text{CDI}_{\text{(ช่วงเช้าวันทำการ)}} + \text{CDI}_{\text{(ช่วงสายวันทำการ)}}) \times \text{PF} \\
 &= (1.262 \times 10^{-5} + 6.495 \times 10^{-6} \text{ mg/kg/day}) \times 0.045 (\text{mg/kg/day})^{-1} \\
 &= 8.602 \times 10^{-7} \text{ หรือ } 0.86 \text{ ส่วนในล้านส่วน}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าความเสี่ยงจากการประเมินนักศึกษาชายจากการโดยสารรถประจำทางปรับอากาศตลอด 4 ปี เท่ากับ 0.86 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งไม่เกินค่าความเสี่ยงที่ระบุไว้ (1 ส่วนในล้านส่วน)

ตัวอย่างการคำนวณจากการได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ในสำนักหอสมุดกลาง

ข้อกำหนดที่ใช้ในการศึกษา

ค่ามาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณความเสี่ยงจากการได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ (US.EPA , 1995)

น้ำหนักตัวของผู้ใหญ่ชาย	70	kg	BW
น้ำหนักตัวของผู้ใหญ่หญิง	65	kg	
อัตราการกักสารพิษไว้จากการหายใจเข้า	1		RR
อัตราการดูดซึมสารพิษไว้จากอากาศที่หายใจเข้า	1		ABS
อายุเฉลี่ย	70	ปี	AT
ค่า potency factor ของฟอร์มาลดีไฮด์	0.045	(mg/kg/day) ⁻¹	PF

1. การหาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่นักศึกษาได้รับในแต่ละวัน (chronic daily intake; CDI)

จากการเดินทางในวันทำการ

บุคคลกรชาย คิดที่ อายุ 30 ปี

บุคคลกรชาย ทำงาน วันจันทร์-ศุกร์ คิดเป็น 100% ในระยะเวลาการทำงานทั้งหมด 30 ปี

$$\begin{aligned}
 \text{คิดจาก 1 ปี มีการทำงาน} &= 50 \text{ สัปดาห์} \\
 &= 50 \times 5 \times 1.00 \text{ วัน}
 \end{aligned}$$

$$\text{ความถี่ในการได้รับสารมลพิษ} = 250 \text{ วัน/ปี} \quad \text{EF}$$

$$\text{คิดในระยะเวลาทำงาน} = 30 \text{ ปี} \quad \text{ED}$$

$$\text{คิดจากทำงาน 30 ปี จนถึงเกษียณ} = 250 \times 30 \text{ วัน}$$

$$= 7,500 \text{ วัน}$$

$$\text{ระยะเวลาที่ได้รับสารพิษทั้งหมดตลอด 30 ปี} = 7,500 \text{ วัน}$$

$$1.1) \text{ ระยะเวลาการทำงาน 1 วัน} = 8 \text{ hr}$$

ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มาลดีไฮด์ในสำนักหอสมุดกลาง

$$= 8.18 \text{ ppb หรือ } 0.010 \text{ mg/m}^3$$

- จำนวนปริมาณอากาศที่บุคคลกรหายใจเข้าไปใน 1 วัน คิดที่อัตราการหายใจระดับปกติ

$$= \text{เวลาที่ใช้ในการทำงาน} \times \text{อัตราการหายใจ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{โดย อัตราการหายใจเมื่อทำงานปานกลาง} &= 1.0 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= (1.0 \text{ m}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณอากาศที่ผู้ใช้รถหายใจเข้าไปใน 1 วัน คิดที่อัตราการหายใจ} & \\ &= 8 \text{ m}^3/\text{day} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ คำนวณปริมาณทั้งหมดที่ได้รับ} & \\ &= CA \times \text{ปริมาณอากาศที่บุคคลากรหายใจเข้าไปใน 1 วัน} \times ED \times EF \times RR \times ABS \\ &= (0.010 \text{ mg/m}^3)(8.0 \text{ m}^3/\text{day})(250 \text{ day/year} \times 30 \text{ year})(1.0)(1.0) \\ &= 600.00 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ คำนวณ CDI} &= \text{ปริมาณทั้งหมดที่ได้รับ} / (\text{BW} \times \text{AT}) \\ \text{AT} &= 365 \times 70 = 25550 \text{ วัน} \\ \text{CDI} &= (600.00 \text{ mg}) / (70 \text{ kg} \times 365 \text{ day} \times 70) \\ &= 3.355 \times 10^{-4} \text{ mg/kg/day} \end{aligned}$$

2. การประเมินความเสี่ยงจากการปฏิบัติงานของบุคคลากรภายในสำนักหอสมุดกลาง

$$\begin{aligned} \text{จากความเสี่ยง (Risk)} &= \text{CDI} \times \text{PF} \\ &= 3.355 \times 10^{-4} \text{ mg/kg/day} \times 0.045 (\text{mg/kg/day})^{-1} \\ &= 1.509 \times 10^{-5} \text{ หรือ } 15.09 \text{ ส่วนในล้านส่วน} \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าความเสี่ยงจากการประเมินบุคคลากรชายจากการปฏิบัติงานภายในสำนักหอสมุดกลาง เท่ากับ 15.09 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งเกินค่าความเสี่ยงที่ระบุไว้ (1 ส่วนในล้านส่วน)

ภาคผนวก ฉ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

1. ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณพื้นที่ภายในและภายนอกสำนักหอสมุดกลาง

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1026.222	3	342.074	579.926	.000
Within Groups	4.719	8	.590		
Total	1030.941	11			

Tukey HSD

SET	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4	3	4.0367		
3	3	4.6733	4.6733	
2	3		6.4967	
1	3			26.3233
Sig.		.746	.076	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

หมายเหตุ หมายเลข 1 คือ จุดอ้างอิง

หมายเลข 2 คือ ชั้น 1

หมายเลข 3 คือ ชั้น 3

หมายเลข 4 คือ ห้องวิทยานิพนธ์

H_0 : ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในสำนักหอสมุดกลางบริเวณชั้น 1 ชั้น 3 และ ห้องวิทยานิพนธ์และจุดอ้างอิงไม่แตกต่างกัน

H_1 : ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในสำนักหอสมุดกลางบริเวณชั้น 1 ชั้น 3 และ ห้องวิทยานิพนธ์และจุดอ้างอิงแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS พบว่าที่จุดอ้างอิงมีความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับทุกจุดที่ตรวจวัดจากภายในสำนักหอสมุดกลาง แต่ความเข้มข้นของชั้น 3 และห้องวิทยานิพนธ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ชั้น 1 กับห้องวิทยานิพนธ์แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 และบริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์เป็นจุดอ้างอิงในช่วงวันทำการ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1244.934	2	622.467	26.527	.000
Within Groups	774.349	33	23.465		
Total	2019.283	35			

Tukey HSD

SET	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3	12	17.8442	
2	12		28.5458
1	12		31.5450
Sig.		1.000	.296

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

หมายเหตุ หมายเลข 1 คือ ช่วงเช้า หมายเลข 2 คือ ช่วงสาย

หมายเลข 3 คือ จุดอ้างอิง

H_0 : ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ช่วงเช้า และช่วงสายและจุดอ้างอิงไม่แตกต่างกัน

H_1 : ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ช่วงเช้า ช่วงสายและจุดอ้างอิงแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS พบว่าความเข้มข้นของ ไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ช่วงเช้าไม่แตกต่างกับช่วงสาย แต่จะแตกต่างกับจุดอ้างอิงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 และบริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์เป็นจุดอ้างอิงในช่วงวันหยุด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	574.005	2	287.003	18.077	.000
Within Groups	333.415	21	15.877		
Total	907.420	23			

Tukey HSD

SET	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3	8	13.6350	
1	8		23.0175
2	8		24.7763
Sig.		1.000	.657

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000

หมายเหตุ หมายเลข 1 คือ ช่วงเช้า หมายเลข 2 คือ ช่วงสาย
หมายเลข 3 คือ จุดอ้างอิง

H_0 : ความเข้มข้นของ ไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ช่วงเช้า ช่วงสายและจุดอ้างอิงไม่แตกต่างกัน

H_1 : ความเข้มข้นของ ไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ช่วงเช้า ช่วงสายและจุดอ้างอิงแตกต่างกัน

จากการทดสอบทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในรถโดยสารปรับอากาศทางอากาศสาย 517 ช่วงเช้า ไม่แตกต่างกับช่วงสาย แต่จะแตกต่างกับจุดอ้างอิง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4. ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์ เทียบกับจุดตรวจวัดมลพิษต่างๆในเส้นทางเดินทาง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2535.243	2	1267.621	24.163	.000
Within Groups	1731.247	33	52.462		
Total	4266.490	35			

Tukey HSD

SET	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3	12	17.8442	
1	12		31.4167
2	12		38.0000
Sig.		1.000	.081

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

หมายเหตุ หมายเลข 1 คือ จุดตรวจลาดพร้าว หมายเลข 2 คือ จุดตรวจห้วยขวาง
หมายเลข 3 คือ หน้าคณะวิทยาศาสตร์

H_0 : ความเข้มข้นของ ไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์ จุดตรวจ
ลาดพร้าวและจุดตรวจห้วยขวางไม่แตกต่างกัน

H_1 : ความเข้มข้นของ ไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณหน้าคณะวิทยาศาสตร์ จุดตรวจ
ลาดพร้าวและจุดตรวจห้วยขวางแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่จุดตรวจห้วยขวางไม่แตกต่างกับจุดตรวจลาดพร้าวแต่จะแตกต่างกับจุดตรวจหน้าคณะวิทยาศาสตร์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5. ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ที่บริเวณต่างๆภายในสำนักหอสมุดกลาง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18.589	2	9.294	14.758	.005
Within Groups	3.779	6	0.630		
Total	22.368	8			

Tukey HSD

SET	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3	3	6.4100	
2	3	8.2100	8.2100
1	3		9.9300
Sig.		.072	0.084

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

หมายเหตุ หมายเลข 1 คือ ชั้น 1 หมายเลข 2 คือ ชั้น 3

หมายเลข 3 คือ วิทยานิพนธ์

H_0 : ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ภายในสำนักหอสมุดกลางบริเวณชั้น 1 ชั้น 3 และห้องวิทยานิพนธ์ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ภายในสำนักหอสมุดกลางบริเวณชั้น 1 ชั้น 3 และห้องวิทยานิพนธ์แตกต่างกัน

จากการทดสอบทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์บริเวณชั้น 1 แตกต่างกับห้องวิทยานิพนธ์ แต่ไม่แตกต่างกับชั้น 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 วันทำการ

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig.	Mean Difference	Std. Error Differ ence	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
CONC	Equal variances assumed	0.811	0.378	3.830	22	.001	1.2942	.33793	.59333	1.99500
	Equal variances not assumed			3.830	21.442	.001	1.2942	.33793	.59227	1.99606

หมายเหตุ หมายเลข 1 คือ ช่วงเช้าและหมายเลข 2 คือ ช่วงสาย

H_0 : ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ช่วงเช้าและช่วงสายไม่แตกต่างกัน

H_1 : ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ช่วงเช้าและช่วงสายแตกต่างกัน

จากการทดสอบทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS พบว่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ช่วงเช้าและช่วงสายไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

7. เข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 วันทำการ

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig.	Mean Differ ence	Std. Error Differ ence	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper	
CONC	Equal variances assumed	.710	.414	-.334	14	.743	-.2675	.80085	-1.98515	1.45015
	Equal variances not assumed			-.334	13.833	.743	-.2675	.80085	-1.98710	1.45210

หมายเหตุ หมายเลข 1 คือ ช่วงเช้า หมายเลข 2 คือ ช่วงสาย

H_0 : ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ช่วงเช้าและช่วงสายไม่แตกต่างกัน

H_1 : ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ช่วงเช้าและช่วงสายแตกต่างกัน

จากการทดสอบทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS พบว่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ภายในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศสาย 517 ช่วงเช้าและช่วงสายไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05