การตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาล

นางสาวแก้ว ขจรไชยกูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-03-0016-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MEASUREMENT OF FORMALDEHYDE IN HOSPITAL'S LABORATORIES

Miss Kaew Kajornchaiyakul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Environmental Science

Inter-Department Program in Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-03-0016-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาล
โดย	นางสาวแก้ว ขจรไชยกูล
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วนิดา จีนศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

……..คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

……อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วนิดา จีนศาสตร์)

……กรรมการ
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สว่าง แสงหิรัญวัฒนา)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แก้ว ขจรไชยกูล : การตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาล
(MEASUREMENT OF FORMALDEHYDE IN HOSPITAL'S LABORATORIES)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วนิดา จีนศาสตร์, 122 หน้า. ISBN 974-03-0016-2

การตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารโดยใช้วิธี Active และ Passive ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาล จำนวน 5 ห้อง ได้แก่ ห้องดองศพและห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ ห้องตรวจศพและห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี และพื้นที่เปรียบเทียบ พบว่าวิธีการตรวจวัดโดยวิธี Active และ Passive มีความสัมพันธ์กันทุกพื้นที่ศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้มีค่าเฉลี่ยดังนี้ ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เท่ากับ 363.85±164.94 ppb(Active) และ 411.86±162.07 ppb(Passive) ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เท่ากับ 107.57±36.15 ppb(Active) และ 148.94±36.66 ppb(Passive) ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ เท่ากับ 224.99±138.46 ppb(Active) และ 230.99±50.73 ppb(Passive) ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี เท่ากับ 206.52±55.87 ppb(Active) และ 246.49±54.68 ppb(Passive) ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี เท่ากับ 206.15±39.16 ppb(Active) และ 248.47±39.47 ppb (Passive) และพื้นที่เปรียบเทียบเท่ากับ 13.63±1.29 ppb(Active) และ 17.79±1.43 ppb(Passive) ทุกพื้นที่ศึกษามีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในห้องสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน TWA(Time-Weighted Average)ของ Occupational Safty and Health Administration ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 100 ppb ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานส่วนใหญ่มีอาการเจ็บคอ คอแห้ง ตาแห้ง คัน ระคายเคืองตา และปวดศีรษะ และผลการประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพพบว่า ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีค่าสูงที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2543.....

##4172230023 : Major INTER-DEPARTMENT PROGRAM IN ENVIRONMENT SCIENCE
KEY WORD : Formaldehyde / Active sampling / Passive sampling
KAEW KAJORNCHAIYAKUL : MEASUREMENT OF FORMALDEHYDE IN HOSPITAL'S LABORATORIES : ASSIST.PROF. WANIDA JINSART,Ph.D ,122 pp. ISBN 974-03-0016-2

Indoor formaldehyde levels had been measured comparatively by active and passive sampling method. The 5 study sites were Chulalongkorn Hospital ,Police hospital and Ramathibodi hospital. The results revealed that formaldehyde levels in anatomy laboratory Chulalongkorn hospital was 107.57±36.15 ppb (for active sampling) and 411.86±162.07 ppb(for passive sampling) ,cadaveric storage room Chulalongkorn hospital was 363.85± 164.94 ppb(Active) and 148.94±36.66 ppb(Passive) ,pathology laboratory Police hospital was 224.99±138.46 ppb(Active) and 230.99±50.73 ppb(Passive) ,autopsy room Ramathibodi hospital was 206.52±55.87ppb(Active) and 246.49±54.68 ppb(Passive) ,pathology laboratory Ramathibodi hospital was 206.15±39.16 ppb(Active) and 250.81± 39.33(Passive) while the control area (the FT-IR laboratory of STREC) was 13.63±1.29 ppb (Active) and 17.79±1.43 ppb(Passive). The association between two methods are found statistically significant and the formaldehyde levels were much more than Time-Weighted Average Standard of Occupational Safety and Health Administration(100 ppb). The results from questionnaire shown that the most staffs in hospital's laboratory had these symptoms; sore throat ,eye irritate and headache. Risk assessment indicated that cadaveric storage room Chulalongkorn hospital was the highest risk of environment and health.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Inter-Department Environmental Science..... Student's signature.....
Field of student Environmental Science..... Advisor's signature.....
Academic year 2000.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา จีนศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ Asso.Prof. Martin Hooper จากมหาวิทยาลัยโมนาร์ด ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆในงานวิจัยครั้งนี้

ขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลตำรวจ คณบดีคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล และผู้อำนวยการโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ที่อนุเคราะห์ให้เข้าไปทำการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในห้องปฏิบัติการทั้งสามแห่ง

ขอบพระคุณ ศ.นพ. วรชัย ศิริกุลชยานนท์ หัวหน้าภาควิชาพยาธิวิทยา โรงพยาบาลรามาธิบดี เจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลรามาธิบดี รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลตำรวจและโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอบพระคุณผู้อำนวยการศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่อนุเคราะห์เครื่องมือในการทำวิจัย รวมทั้งพี่ๆบุคลากรของศูนย์เครื่องมือฯทุกท่านที่เป็นกำลังใจให้ โดยเฉพาะคุณสุนันท์ รังสีกาญจน์ส่อง และ คุณอัมพร อึ้งปกรณ์แก้ว ที่กรุณาสอนการใช้เครื่องมือวิเคราะห์

ขอบพระคุณสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมและบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เปิดโอกาสให้ผู้วิจัยศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิตและสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วน

งานวิจัยฉบับนี้คงไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้ถ้าปราศจากคุณกฤติมา ทศชนะ ที่ให้ความช่วยเหลือทุกๆอย่าง คุณศิริเพ็ญ เวชชการัณย์ และคุณวรรณวิมล ทรัพย์ดี ที่กรุณาช่วยเหลือในการทำรูปเล่ม และเป็นกำลังใจให้

ท้ายสุดนี้ผู้ทำการวิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ขอบคุณคุณตระกูล มานะรัตน์ และน้องชายที่ให้ความสนับสนุนช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญรูป.....ฏ
บทที่
1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5
2.1 ความเป็นมาของฟอร์มัลดีไฮด์.....5
2.2 การใช้งานในด้านต่างๆ.....7
2.3 การเข้าสู่สิ่งแวดล้อม.....8
2.4 มาตรฐานปริมาณการได้รับสัมผัส.....9
2.5 ความเป็นพิษ.....9
2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคาร.....13
2.7 การควบคุม ป้องกันอันตราย
และการจัดลำดับความเป็นอันตรายของฟอร์มัลดีไฮด์.....14
2.8 การตรวจวัดและการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ.....16
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....18
2.10 หลักการของการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์
ด้วยวิธี Active และ Passive.....22

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย.....26

3.1 สถานที่ที่ทำการศึกษา.....26

3.2 การดำเนินงานวิจัย.....26

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active.....36

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Passive.....42

3.5 การประเมินความเสี่ยงสิ่งแวดล้อม 48

4 ผลการวิจัยและวิเคราะห์.....51

4.1 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์.....51

4.2 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์.....53

4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องปฏิบัติการพยาธิโรงพยาบาลตำรวจ.....55

4.4 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี.....57

4.5 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี.....59

4.6 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องปฏิบัติการ FT-IR (STREC).....61

4.7 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ ด้วยวิธี Active และ Passive.....63

4.8 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัด ด้วยวิธี Active และ Passive.....65

4.9 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม.....66

4.10 การประเมินความเสี่ยงสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ.....66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....77

5.1 สรุปผลการวิจัย.....77

5.2 การเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ ด้วยวิธี Active และ Passive.....78

5.3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัด ด้วยวิธี Active และ Passive.....79

5.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม.....82

5.5 ปัญหาและอุปสรรค.....84

5.6 ข้อเสนอแนะ.....85

รายการอ้างอิง.....86

ภาคผนวก.....91

ภาคผนวก ก. การบ่งลักษณะของฟอร์มัลดีไฮด์.....92

ภาคผนวก ข. แบบสอบถาม.....100

ภาคผนวก ค. โครมาโตแกรมของเครื่องตัวอย่างที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC.....108

ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์ทางสถิติ.....110

ประวัติผู้วิจัย.....122

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ชื่อการค้าและบริษัทผู้ผลิตฟอร์มัลดีไฮด์.....6
ตารางที่ 2.2 มาตรฐานปริมาณการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ.....9
ตารางที่ 2.3 ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่พบในอุตสาหกรรม.....11
ตารางที่ 2.4 ระดับความเป็นพิษของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.....12
ตารางที่ 2.5 วิธีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ.....17
ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์.....52
ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์.....54
ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ.....56
ตารางที่ 4.4 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี.....58
ตารางที่ 4.5 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี.....58
ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องปฏิบัติการ FT-IR (STREC) 60
ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ ด้วยวิธี Active และ Passive.....62
ตารางที่ 4.8 ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ เมื่อทำการตรวจวัดที่สภาวะต่างกัน.....63
ตารางที่ 4.9 ผลจากแบบสอบถามแสดงสภาวะแวดล้อมในสถานที่ทำงาน ในระยะเวลา 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา.....66
ตารางที่ 4.10 ผลจากแบบสอบถามแสดงสภาวะแวดล้อมในสถานที่ทำงาน ขณะกำลังทำงานในวันที่ทำแบบสอบถาม.....68

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.11 ผลจากแบบสอบถามแสดงโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ.....69
ตารางที่ 4.12 ผลจากแบบสอบถามแสดงอาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้น
ในระยะเวลา 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา.....70
ตารางที่ 4.13 ผลจากแบบสอบถามแสดงอาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นเมื่อออกจาก
สถานที่ทำงาน หรือในวันหยุด.....71
ตารางที่ 4.14 ผลจากแบบสอบถามแสดงอาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นขณะกำลังทำงาน…….....71
ตารางที่ 4.15 ผลจากแบบสอบถามแสดงอาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นขณะกำลังทำงาน
แยกตามเจ้าหน้าที่แต่ละโรงพยาบาล.....72
ตารางที่ 4.16 แสดงค่าความแตกต่างของตัวแปรที่มีผลต่ออากาศภายในห้องปฏิบัติการ
กายวิภาคในโรงพยาบาลและสุขภาพของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน.....73
ตารางที่ 4.17 ลำดับความรุนแรงต่อความเสี่ยงของตัวแปร.....74
ตารางที่ 4.18 ค่าความเสี่ยงของอากาศภายในห้องปฏิบัติการกายวิภาคในโรงพยาบาล
และสุขภาพของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน.....75

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แผนภูมิแสดงปริมาณการนำเข้าฟอร์มัลดีไฮด์ของประเทศ.....2

รูปที่ 2.2 การเกิดและการเข้าสู่สิ่งแวดล้อมของฟอร์มัลดีไฮด์.....8

รูปที่ 3.1 แผนผังโดยสังเขปของห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์.....30

รูปที่ 3.2 แผนผังโดยสังเขปของห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์.....31

รูปที่ 3.3 แผนผังโดยสังเขปของห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ.....32

รูปที่ 3.4 แผนผังโดยสังเขปของห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี.....33

รูปที่ 3.5 แผนผังโดยสังเขปของห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี.....34

รูปที่ 3.6 แผนผังโดยสังเขปของห้องปฏิบัติการFT-IR ศูนย์เครื่องมือฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....35

รูปที่ 3.7 แสดงชุดเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Active 38

รูปที่ 3.8 Spectrophotometer(HITACHI 220A).....38

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการเก็บตัวอย่าง 39

รูปที่ 3.10 การเกิดสีของสารละลายมาตรฐาน.....40

รูปที่ 3.11 การเกิดสีของสารละลายตัวอย่าง.....40

รูปที่ 3.12 แสดงกราฟของสารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Active.....41

รูปที่ 3.13 แสดงกราฟของสารละลายมาตรฐาน Formaldehyde-2,4-DNPH.....45

รูปที่ 3.14 แสดงส่วนประกอบของ Passive Sampler.....46

รูปที่ 3.15 แสดงตัวอย่างสารละลายที่สกัดจากกระดาษกรอง.....45

รูปที่ 3.16 High Performance Liquid Chromatography (HPLC, Shimadzu LC-3A).....46

รูปที่ 3.17 แสดงขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม.....50

รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัด ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์.....53

รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัด ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์.....53

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัด
ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ.....57
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัด
ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี.....59
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัด
ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี.....61
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัด
ด้วยวิธี Active และ Passive ณ ห้องปฏิบัติการ FT-IR
ศูนย์เครื่องมือฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....63
รูปที่ 5.1 แสดงปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Active และ Passive
เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน NIOSH 79
รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัด
ด้วยวิธี Active และ Passive 80
รูปที่ 5.3 แสดงจำนวนและอาการของเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง.....84
รูปที่ 5.4 แสดงค่าความเสี่ยงที่ได้จากห้องปฏิบัติการกายวิภาคในโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง.....85

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

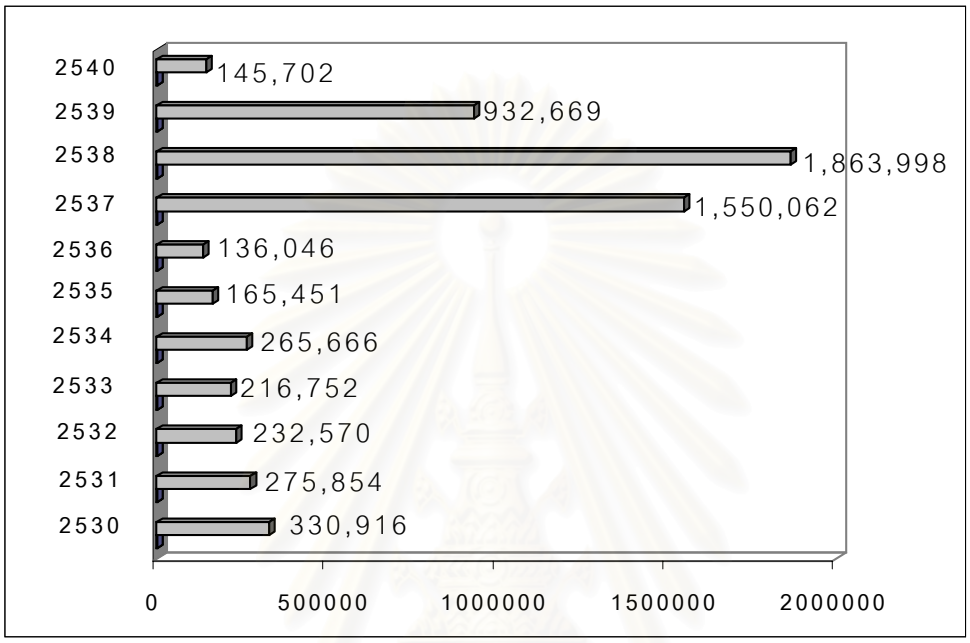
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยในปัจจุบันมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว เพื่อให้สามารถสนองตอบต่อความก้าวหน้าของโลกโลกาภิวัฒน์ และสนองตอบต่อความต้องการของประชากรในประเทศที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การขยายตัวด้านเศรษฐกิจและสังคมก่อให้เกิดการพัฒนาส่งเสริมการผลิต ทั้งภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การศึกษาและเทคโนโลยี ตลอดจนการสาธารณสุข ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงเข้ามามีบทบาท สารเคมีได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางซึ่งมีทั้งประโยชน์และโทษ ผู้ใช้มีโอกาสได้รับอันตรายจากสารเคมีหากใช้อย่างไม่ระมัดระวังและไม่มีการป้องกันที่ดีพอ อันตรายที่เกิดขึ้นจากสารเคมีส่วนใหญ่เกิดจากสาเหตุหลักสองประการคือ การได้รับพิษจากสารเคมีโดยตรงจากการหายใจเอาสารพิษเข้าไปหรือสัมผัสสารพิษ บางครั้งอาจรุนแรงถึงขั้น เสียชีวิตโดยเฉียบพลันหรืออาจเกิดโรคร้ายแรงตามมา เช่น โรคมะเร็ง อันตรายที่เกิดจากสารเคมีได้แก่ การเกิดไฟไหม้หรือระเบิดซึ่งสามารถทำให้เกิดความเสียหายอย่างมหาศาล อีกทั้งสารเคมียังอาจเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดภาวะมลพิษกับสภาพแวดล้อมจากการปล่อยของเสียประเภทสารอันตรายออกสู่ภายนอกโดยปราศจากการบำบัดที่ถูกวิธี ทำให้ระบบนิเวศเสื่อมโทรมและมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ได้

สารเคมีตัวหนึ่งที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่สารอินทรีย์เคมีกลุ่มอัลดีไฮด์ เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นอัลดีไฮด์ชนิดหนึ่งที่เป็นก๊าซมีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว ใช้ประโยชน์ได้ในหลายๆด้าน เช่น ด้านอุตสาหกรรมเคมีพลาสติก สิ่งทอ ด้านเกษตรกรรม รวมทั้งด้านการแพทย์ เช่น ใช้ดองศพ ใช้เป็นยาฆ่าจุลินทรีย์ เป็นต้น การใช้สารเคมีในห้องปฏิบัติการหรือภายในสถานประกอบการ ยังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Pollution) ซึ่งถ้าไม่มีการควบคุมปริมาณการใช้และวิธี ป้องกันอันตรายอย่างเหมาะสมแล้ว จะทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมซึ่ง US EPA (Environmental Protection Agency) สหรัฐอเมริกา พบว่าระดับมลพิษทางอากาศภายในอาคารมีสูงกว่าภายนอกอาคารเป็น 5 เท่า หรือบางครั้งอาจมากกว่านั้น

สำหรับประเทศไทยนั้นเดิมนำเข้าฟอร์มัลดีไฮด์จากต่างประเทศ เช่น ประเทศเยอรมันนี สหราชอาณาจักร ญี่ปุ่น ไต้หวัน และสหรัฐอเมริกา ปริมาณการนำเข้าสารฟอร์มัลดีไฮด์ของประเทศไทยส่วนใหญ่จะมาจากประเทศสิงคโปร์ ไต้หวัน มาเลเซีย แนวโน้มการนำเข้าฟอร์มัลดีไฮด์โดยรวมมี

แนวโน้มที่จะลดลง แต่พบว่าแนวโน้มการนำเข้ามีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในปี พ.ศ.2537 และในปี พ.ศ.2538 มีปริมาณการนำเข้าสูงสุด และลดลงในปี พ.ศ.2540 เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจตกต่ำส่งผลให้หน่วยงานต่างๆถูกตัดลดงบประมาณ ดังแสดงในรูปที่ 1.1



ที่มา : กรมศุลกากร,2540

รูปที่ 1.1 ปริมาณการนำเข้าฟอร์มัลดีไฮด์ของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ.2530-2540

ในปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ขึ้นใช้ได้แล้ว ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมภายในประเทศให้มีคุณภาพดีเหมาะสมในการใช้งาน จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ มาตรฐานอุตสาหกรรมนี้กำหนดโดยอาศัยเอกสารดังต่อไปนี้ เป็นหลัก

JIS K 1502-1969 Formalin

The United States Pharmacopoeia twentieth revision (1980)

British Pharmacopoeia (1980)

Formaldehyde J.Frederic Walker Experimental Station, E.I du Pont De Nemours & Company,Inc.,Wilmington,Delaware

เนื่องจากประเทศไทยมีการนำสารอันตรายจากต่างประเทศเข้ามาเพื่อใช้ประโยชน์ในการอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และสาธารณสุขเป็นปริมาณมาก ดังนั้นทางกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมได้ทำการศึกษาโครงการวิธีการตรวจสอบสารอันตรายจากแหล่งกำเนิดขึ้น โดยได้รวบรวมข้อมูลประเภทและปริมาณสารอันตรายที่มีการนำเข้ามาในประเทศ ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของ 3 หน่วยงานหลักคือ กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงสาธารณสุข และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มาใช้ในการจัดลำดับความสำคัญเชิงปริมาณและความเป็นพิษของสารอันตราย การประเมินพื้นที่ที่มีความเสี่ยงของสารอันตราย การกำหนดค่ามาตรฐาน และการเสนอมาตรการป้องกันและแก้ไขสิ่งแวดล้อมจากสารอันตราย พร้อมทั้งตรวจสอบวิธีการที่ห้องปฏิบัติการใช้ในการตรวจสอบสารอันตราย 100 ชนิด เรียงตามลำดับคะแนนซึ่งเป็นการจัดอันดับโดยใช้ข้อมูลการนำเข้าสารอันตรายปี 2534 เป็นเกณฑ์จะพบว่า ฟอร์มัลดีไฮด์ จัดอยู่ในรายชื่อสารอันตราย 100 อันดับแรก เรียงตามคะแนนที่ได้จากการทำ Annual Ranking Score (ARS) ซึ่งอยู่ในลำดับที่ 27 ด้วยคะแนน 1,045.30 (สุปราณี จงดีไพศาล,2538) นอกจากนี้ตามรายงานของ ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ยังพบว่าสารเคมีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายจำนวน 65 ชนิด มีสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งหรือสงสัยว่าจะก่อให้เกิดมะเร็งจำนวน 5 ชนิดซึ่งหนึ่งในจำนวนนั้นคือฟอร์มัลดีไฮด์นั่นเอง(สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ,2531)

ส่วนในด้านงานวิจัยที่เกี่ยวกับฟอร์มัลดีไฮด์ในประเทศส่วนใหญ่เป็นการศึกษาผลของฟอร์มัลดีไฮด์ต่อสัตว์ทดลอง ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ในเครื่องสำอาง และในอาหาร สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศมีอยู่น้อยมาก ด้วยเหตุนี้งานวิจัยทางด้านนี้จึงเป็นสิ่งที่ควรค่าแก่การศึกษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งงานวิจัยเกี่ยวกับฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศบริเวณแหล่งที่มีการปนเปื้อนของสารนี้ ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนควบคุมมลพิษทางอากาศภายในห้อง อันจะเป็นประโยชน์โดยตรงต่อบุคคลที่ต้องทำงานสัมผัสโดยการสูดดมไอระเหยของวัตถุมีพิษชนิดนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารโดยการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Active และวิธี Passive
2. หาปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาล

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารด้วยวิธี Active และ Passive ในห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาลศูนย์ขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 600 เตียงขึ้นไป จำนวน 3 โรงพยาบาล 5 ห้องปฏิบัติการ (พื้นที่ตัวอย่าง) ได้แก่ ห้องดองศพและห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ ห้องตรวจศพและห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี และห้องปฏิบัติการ FT-IR (พื้นที่เปรียบเทียบ) ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ใช้แบบสอบถามเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโรคและอาการที่เกิดเนื่องจากการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

3. ประเมินความเสี่ยงสิ่งแวดล้อมในห้องปฏิบัติการโดยใช้ข้อมูลจากปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้ทั้งสองวิธีและข้อมูลด้านสุขภาพจากแบบสอบถาม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำวิธีการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารแบบ Active และ Passive ไปประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสม

2. เป็นข้อมูลพื้นฐานของปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลเพื่อทราบถึงแนวโน้มของมลภาวะของอากาศภายในอาคารที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ

3. สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงวิธีการเก็บตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

4. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนควบคุมปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารเพื่อที่จะทำให้ระดับมลพิษลดลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฟอร์มัลดีไฮด์จัดเป็นวัตถุมีพิษและสารอันตรายที่มีคุณสมบัติเป็นสารก่อให้เกิดอันตรายจากไฟ และการระเบิด สารที่มีฤทธิ์กัดกร่อน สารพิษซึ่งมีพิษในระดับค่อนข้างรุนแรง สารก่อมะเร็งและจัดเป็นสารมลพิษที่เป็นอันตรายในอากาศ(สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ,2531) เป็นสารเคมีที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรม ในอากาศภายนอกอาคารอาจพบฟอร์มัลดีไฮด์ได้จากหลายแหล่ง เช่น เตาเผา Photo-chemical smog และไอเสียจากเครื่องยนต์ ระดับฟอร์มัลดีไฮด์ในบรรยากาศที่เคยมีการศึกษาพบว่าอยู่ระหว่าง 0.005-0.06 ppm ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณที่ปลดปล่อยจากอุตสาหกรรมหรือบริเวณที่มี smog หนาแน่น รวมทั้งบุคคลที่สูบบุหรี่ที่อาจได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ได้สูงถึง 40 ppm โดยปริมาตร

2.1 ความเป็นมาของฟอร์มัลดีไฮด์และการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

ศาสตราจารย์ Alexander Mikhailovich Bulerove ชาวรัสเซียเป็นผู้ค้นพบฟอร์มัลดีไฮด์ ในปี ค.ศ.1859 และอีก 9 ปีต่อมา ศาสตราจารย์ Hofmann August Wilhelm ชาวเยอรมัน ได้เตรียมฟอร์มัลดีไฮด์โดยการออกซิไดซ์เมทานอลด้วยอากาศ โดยมี Pt เป็นสารเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นจุดเริ่มแรกในการเตรียมฟอร์มัลดีไฮด์ในเชิงอุตสาหกรรม

การผลิตฟอร์มัลดีไฮด์เป็นอุตสาหกรรมได้เริ่มในปี ค.ศ.1983 ในรูปของฟอร์มาลีน กระบวนการผลิตฟอร์มัลดีไฮด์ในเชิงอุตสาหกรรม จะใช้วิธีการออกซิไดซ์เมทานอลในอากาศที่มีสารเร่งปฏิกิริยาและใช้อุณหภูมิสูง ซึ่งเมทานอลที่จะนำมาสังเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์สามารถเตรียมได้จากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรเจน ดังสมการ

$$CO + H_2 \xrightarrow[300\text{-}400^{O}C,\ 275\text{-}300\ atm]{Zn\ ,\ Cr_2O_3} CH_3OH \xrightarrow{O_2} CH_2O + H_2O \qquad (2.1)$$

$$CH_3OH + Air \xrightarrow[300\text{-}600^{O}C]{Cu - Ag} CH_2O + H_2 \quad (2.2)$$

$$CH_3OH + 1/2\ O_2 \xrightarrow[350\text{-}450^{O}C]{Fe,Mo\ or\ Ni} CH_2O + H_2O \quad (2.3)$$

ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นฉุน ที่อุณหภูมิและความดันปกติ โดยแสดงลักษณะ สมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ ในภาคผนวก ก ทางการค้ามักจะอยู่ในรูปของสารละลาย ประกอบด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ ร้อยละ 30-50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ซึ่งมีชื่อทางการค้าและบริษัทผู้ผลิตฟอร์มัลดีไฮด์ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชื่อการค้าและบริษัทผู้ผลิตฟอร์มัลดีไฮด์

ชื่อการค้า	บริษัทผู้ผลิต	ประเทศ
MAGNUS – MTD	ECONOMIC LABORATORY INC	สหรัฐอเมริกา
JARNIA SANERING SVATSKA	JEN VILLADSENS FABRIKER	เดนมาร์ก
OHLSSONS SANERING SVATSKA	A/S	เดนมาร์ก
RADAR SANERING SVATSKA	KEMANORD AB.	สวีเดน
AGUA – KEM KONCNTRAT	LINDE SG.	เยอรมัน
WEIBULLS KRUSBARSFORMALIN	WEIBULIS SB,W.,	สวีเดน

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2531

2.2 การใช้งานด้านต่าง ๆ

ฟอร์มัลดีไฮด์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรมและทางการแพทย์ ดังแสดงรายการผลิตภัณฑ์ที่มีหรือใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในการผลิตในตารางที่ ก-1 ภาคผนวก ก

ด้านอุตสาหกรรม

1. ฟอร์มัลดีไฮด์ใช้เป็นสารตั้งต้นและสารตัวกลางในการผลิตโพลิเมอร์และพลาสติกหลายชนิด เช่น melamine-formaldehyde urea resins และ phenol-formaldehyde resins ซึ่งใช้ในการผลิต particle board, fiberboard และ plywood acetal resins ใช้เพื่อขึ้นรูปหล่อชิ้นส่วนที่เป็นพลาสติกของเครื่องยนต์ เครื่องมือภายในบ้าน อุปกรณ์ทำสวน และอุปกรณ์กีฬา เป็นต้น
2. การสังเคราะห์ uropine, propagyl alcohol ยา วัตถุระเบิด และสีต่างๆ เช่น สีคราม (indigo) สีแดง(rose mary) สีอะคริลิก(acrylic dyes) รวมถึงการฟอกหนังและสีแต่งอาหาร
3. การย้อมเพื่อปรับปรุงสีย้อมให้ติดแน่นขึ้น
4. การฟอกสีและการพิมพ์
5. การผลิตกระดาษเพื่อให้กระดาษลื่นทนความร้อนและกันน้ำได้
6. อุตสาหกรรมสิ่งทอเพื่อผลิตผงที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงลักษณะ น้ำหนักและความแข็งแรงของไหมสังเคราะห์
7. การผสมโลหะเพื่อระงับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น
8. ภาพถ่าย เพื่อให้เก็บรักษาได้นาน
9. เครื่องสำอาง
10. การรักษาเนื้อไม้

ด้านเกษตรกรรม

1. การป้องกันและกำจัดโรคพืชที่เกิดจากจุลินทรีย์
2. การป้องกันผลผลิตการเกษตรจากความเสียหายในระหว่างการขนส่งและเก็บรักษา
3. เป็นส่วนผสมของสารที่ใช้เคลือบผักและผลไม้ระหว่างการเก็บ ชะลอการเน่าเสีย
4. การผลิตปุ๋ยเคมี
5. การฆ่าเชื้อโรคในดิน

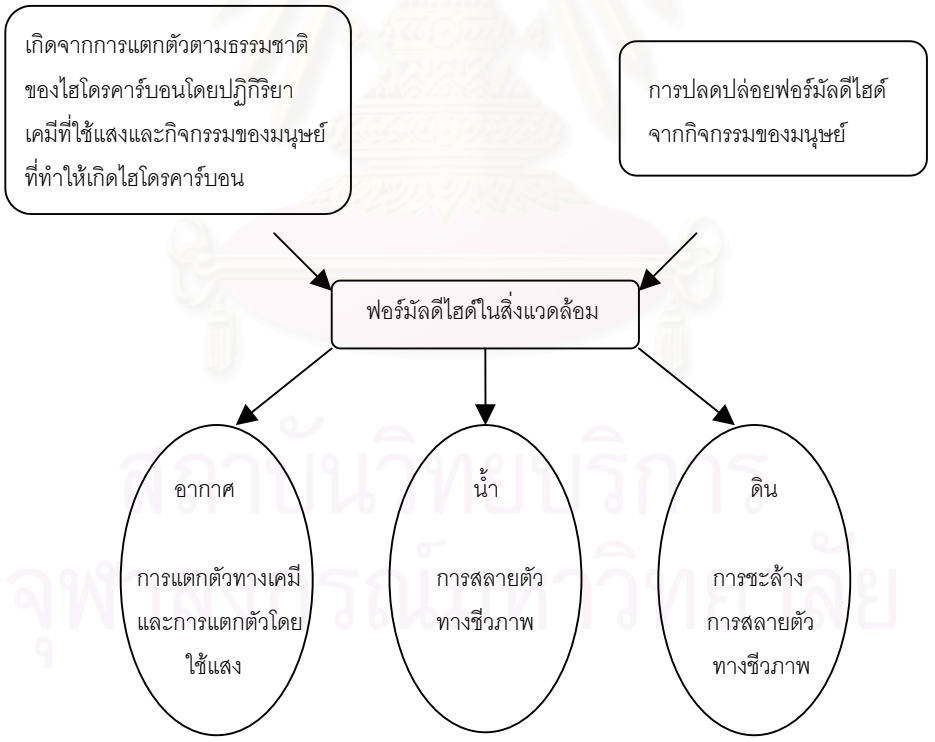
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ด้านการแพทย์

1. การเก็บรักษาตัวอย่างกายวิภาคของสัตว์ (anatomical specimens)
2. การดองศพ
3. ทำความสะอาดห้องผู้ป่วยตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ต่างๆ

2.3 การเข้าสู่สิ่งแวดล้อม

ทั้งที่เกิดขึ้นเองโดยอาศัยปรากฏการณ์ตามธรรมชาติและเกิดขึ้นโดยตรงจากการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์เข้าสู่สิ่งแวดล้อม จากกิจกรรมของมนุษย์ แต่เดิมฟอร์มัลดีไฮด์ที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมนั้นเกิดจากการออกซิไดซ์มีเธนในเขตเมือง และเกิดจากกการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์ เช่น ควันบุหรี่ การประกอบอาหาร แต่อัตราการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์จากกระบวนการเผาไหม้นั้นไม่มีความสำคัญต่อสภาวะแวดล้อมเท่ากับการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในกระบวนการผลิตและการปลดปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การเกิดและการเข้าสู่สิ่งแวดล้อมของฟอร์มัลดีไฮด์

2.4 มาตรฐานปริมาณการได้รับสัมผัส

เนื่องจากการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ส่งผลกระทบต่อสุขภาพค่อนข้างรุนแรง ดังนั้นจึงมีหลายองค์กรที่ทำการศึกษาและกำหนดมาตรฐานปริมาณการได้รับสัมผัสขึ้นมา ซึ่งแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานปริมาณการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

องค์กรที่กำหนดมาตรฐาน	TWA (8-hr) (Time-weighted average)		STEL (15 min) (short-term exposure limit)	
	mg/m^3	ppm	mg/m^3	ppm
OSHA (Occupational Safety and Health Administration)	0.84	0.56	2.4	2
NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)	0.024	0.016	0.15	0.1
ACGIH (American Conference of Government Industrial Hygienists)	1.37	1	-	-
ประกาศกระทรวงมหาดไทย 30 พ.ค. 2520	-	3	-	10

2.5 ความเป็นพิษ

<u>ความเป็นพิษต่อสัตว์ทดลอง</u>

ฟอร์มัลดีไฮด์จัดเป็นสารที่มีความเป็นพิษปานกลาง กล่าวคือมีค่า LD_{50} ต่อหนู (rat) ทางกระเพาะอาหารเท่ากับ 385 $\pm$ 28.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ความเป็นพิษอย่างเฉียบพลันที่เกิดกับสัตว์ทดลองเมื่อมีการฉีดฟอร์มัลดีไฮด์เข้าสู่กระเพาะอาหาร จะเห็นได้จากการแสดงอาการตื่นตระหนก หลังจากนั้นจะเกิดการง่วงซึม อ่อนเพลีย หายใจขัดและตายภายใน 2–3 ชั่วโมงแรกที่ได้รับสารดังกล่าว

ส่วนในกรณีของความเป็นพิษเรื้อรังที่เกิดจากการได้รับสารฟอร์มัลดีไฮด์ทางอาหารในปริมาณ 2-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นเวลา 129 วันพบว่า สัตว์มีน้ำหนักตัวลดลง จำนวนเม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบินในเลือดมีปริมาณลดต่ำลง สัตว์บางส่วนจะตายในระหว่างการทดลอง ซึ่งเมื่อนำซากมาทำการตรวจสอบพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพ(pathology)ของตับ ไต ลำไส้ตอนบน กระเพาะอาหารและส่วนอื่นๆของทางเดินอาหาร

<u>ความเป็นพิษต่อมนุษย์</u>

เมื่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์เข้าสู่ร่างกายในปริมาณความเข้มข้นสูง ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบการทำงานของร่างกายได้ ก่อให้เกิดการระคายเคืองอย่างรุนแรงต่อเนื้อเยื่อเมือกระบบหายใจส่วนบน เช่น ในกรณีของผู้ป่วยที่ดื่มฟอร์มาลีน 5% จำนวน 100 มิลลิลิตรเข้าไปจะเกิดอาการอาเจียร และทำให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินอาหารและกระเพาะอาหารตอนบน จากนั้นผู้ป่วยจะเสียชีวิตภายใน 40 วันด้วยอาการเลือดออกในกระเพาะอาหารและสำไส้

สำหรับผลต่อสุขภาพอนามัยของคนงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในกระบวนการผลิตก็ปรากฏว่า จากการตรวจสอบสุขภาพคนงานจำนวน 278 คนจากโรงงานไม้อัดที่ใช้เรซิน หรือกาวชนิดคาร์บาไมด์-ฟอร์มัลดีไฮด์ (carbamide-formaldehyde) จะมีคนงานจำนวน 129 คน หรือร้อยละ 46 เกิดอาการเกี่ยวกับโรคทางเดินหายใจ อันเนื่องมาจากสูดดมเอาไอของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดความเข้มข้นได้ประมาณ 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (3.33 ppm) เข้าไป นอกจากนี้ในการตรวจสุขภาพคนงานหญิงที่มีอายุระหว่าง 25-40 ปี ก็พบว่าคนงานเหล่านี้มักมีอาการปวดศีรษะ เกิดการระคายเคืองง่าย น้ำตาไหลเป็นประจำ และมีปัญหาในเรื่องของการทรงตัว ซึ่งอาการต่างๆเหล่านี้มีสาเหตุมาจากการได้รับฟอร์มาลีนที่ปนเปื้อนในบรรยากาศการทำงาน โดยตรวจวัดความเข้มข้นได้ประมาณ 5-78 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (3.33-52 ppm) (รัชนี เก่าเจริญและพรพิมล เจริญส่ง,2539)

<u>โรคจากพิษฟอร์มัลดีไฮด์</u>

<u>สาเหตุ</u> เกิดจากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ในงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้ได้มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การผลิตเรซิน แอลกอฮอล์ กรด และใช้ในอุตสาหกรรมยาง ฟอกหนัง กระดาษ ยา สีย้อม เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ในด้านเกษตรกรรมต่างๆอีกด้วย ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท

ตารางที่ 2.3 ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่พบในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท

Industry	Formaldehyde Level (ppm)
Fertilizer	0.2 - 1.9
Dyestuffs	<0.1 – 5.8
Textile Manufacture	<0.1 – 1.4
Resins (Foundry)	<0.1 – 5.5
Bronze Foundry	0.12 – 0.8
Iron Foundry	<0.02 – 18.3
Treated Paper	0.14 – 0.99
Hospital Autopsy Room	2.2 – 7.9
Plywood Industry	1.0 – 2.5

ที่มา : NIOSH, 1980.

จากการสำรวจตั้งแต่ปี ค.ศ. 1972 โดย NIOSH พบว่ามีอุตสาหกรรมมากกว่า 60 ชนิด ที่มีการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ เช่น ผลิตภัณฑ์เคมี สี สิ่งพิมพ์ กระดาษ ชิ้นส่วนเครื่องจักร(ยกเว้นอุปกรณ์ ไฟฟ้า)และเครื่องยนต์ เป็นต้น ซึ่งจะแสดงรายละเอียดอาชีพที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ ในตารางที่ ก-2 ภาคผนวก ก

<u>อาการและอาการแสดง</u> พิษของฟอร์มัลดีไฮด์ที่สำคัญ ได้แก่

1. การระคายเคืองต่อผิวหนัง ตา และเยื่อเมือกในทางเดินหายใจ
2. การสลบ
3. การเกิดอาการอื่นๆ เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ และอ่อนเพลีย

สำหรับอาการสลบพบได้ยาก เนื่องจากจะเกิดอาการระคายเคือง หรืออาการอื่นก่อน จึงทำให้สามารถหลีกเลี่ยงการสัมผัสที่ความเข้มข้นสูงมากเกินไปจนถึงกับทำให้สลบได้

ผู้ที่สัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ที่ผิวหนังจะเกิดอาการต่างๆกัน ได้แก่

1) อาการเฉียบพลัน จะเกิดอาการผิวหนังอักเสบเป็นผื่นแดง อาจเป็นตุ่มพุพอง ตกสะเก็ด และแสบคันทันทีที่สัมผัส จะเกิดขึ้นที่ใบหน้า คอ อัณฑะ ข้อพับของแขน เปลือกตา เป็นต้น

2) อาการเรื้อรัง เกิดขึ้นหลังจากที่สัมผัสในระยะนานเป็นปี โดยจะเริ่มเป็นจากปลายนิ้วมือ หลังมือ ข้อมือ ท้องแขน และส่วนของร่างกายซึ่งเสียดสีกับเสื้อผ้า ระดับความเป็นพิษของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ระดับความเป็นพิษของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

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 คอและหลอดลมแสบร้อน พร้อมกับมีอาการไอได้
50–100	เกิดการเจ็บป่วยอย่างรุนแรงได้ (ในระหว่าง 5 – 10 นาที)

<u>การรักษา</u> โดยทั่วไปรักษาตามอาการ แบ่งได้เป็น

1. ผู้ป่วยที่ได้รับพิษอย่างเฉียบพลันจากการหายใจ
   - นำผู้ป่วยออกรับอากาศบริสุทธิ์และให้สูดไอน้ำจากน้ำที่เติมแอมโมเนีย
   - ให้ออกซิเจน ยาบำรุงหัวใจ ยากระตุ้นการหายใจ และยาระงับประสาทตามความจำเป็น
2. ผู้ป่วยที่มีการระคายเคืองของทางเดินหายใจ ควรให้ mucosa alkaline หรือ oil inhalations
3. ผู้ป่วยที่หลอดคอและหลอดลมปอดอักเสบอย่างเฉียบพลันและรุนแรง ให้ 0il solution ที่ประกอบด้วย menthol หรือ camphor 5%
4. ผู้ป่วยที่ไออย่างรุนแรง ให้ยาประเภท codeine , libexine หรือ dionine
5. ผู้ป่วยที่เกิดการระคายเคืองตา ล้างด้วยน้ำเกลือ หรือน้ำสะอาด
6. ผู้ป่วยที่กินฟอร์มัลดีไฮด์เข้าไป ล้างท้องด้วย ammonium carbonate หรือ sodium carbonate หรือ acetate solution 3% ไข่ดิบ น้ำ น้ำนม หรือ ยาถ่ายชนิด saline
7. ผู้ที่สัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ทางผิวหนัง ให้ล้างออกทันทีด้วยน้ำสะอาด หรือน้ำยาแอมโมเนีย 5%

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อระดับฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคาร

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้องและการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์จากแหล่งกำเนิดขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมกล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิและความชื้นเพิ่มขึ้นจะมีการระเหยมากขึ้น (Winberry และคณะ 1993) จากการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในฤดูร้อนมีค่าสูงกว่าในฤดูหนาว และที่อุณหภูมิสูงวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ได้สูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (Crump และ Gardiner,1989)

Andersen และคณะ (1975) ได้ทำการทดลองกับวัสดุ Chipboard และวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระเหยออกมาจากวัสดุ Chipboard พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์จะเพิ่มขึ้นประมาณ 10%ต่อองศาเซลเซียส และอัตราการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้นจะเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำ(water content) ใน Chipboard กล่าวคือปริมาณน้ำ(water content) ใน Chipboard จะอยู่ในสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่อยู่รอบๆและ Andersen และคณะพบว่าอัตราการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์จะเพิ่มขึ้นประมาณ 10%

Vander (1982) ได้ทำการวัดระดับความเข้มข้นของระดับฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระเหยจากการใช้วัสดุ Chipboard ในโรงเรียนชั่วคราวแห่งหนึ่ง (temporary school) และศึกษาปัจจัยด้านอุณหภูมิโดยทำการวัดระดับฟอร์มัลดีไฮด์ในห้องเรียนที่เหมือนกันในช่วงวันที่เหมือนกันที่ซึ่งอุณหภูมิแปรเปลี่ยนไปผลของการวัดก็คือ ความชื้นสัมพันธ์ 50-56 % อัตราการระบายอากาศ 0.6 h^{-1} ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส วัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ได้ 640 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.53 ppm) ที่อุณหภูมิ 22.5 องศาเซลเซียส วัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ได้ 750 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.63 ppm) และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ได้ 1100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร(0.92 ppm) ดังนั้นจะเห็นว่าการเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เป็น 11 %ต่อองศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับเหตุผลของ Andersen และคณะ (1975)

การระบายอากาศ

เมื่อสภาวะอื่นๆคงที่ ระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในห้อง 1 ห้อง จะเป็นสัดส่วนผกผันกับอัตราการระบายอากาศ ดังผลการทดลองต่อไปนี้คือที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50% พร้อมกับปิดหน้าต่าง อัตราการระบายอากาศเป็น 0.6 h^{-1} วัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ได้ 1100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.92 ppm) หลังจากนั้นเปิดหน้าต่าง อัตราการ

ระบายอากาศเป็น 60 h^{-1} วัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ได้ 125 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.01 ppm) แต่ในบางกรณีการเข้าสู่สมดุลใหม่ทำได้ช้าจึงทำให้การวัดระดับความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์ได้ค่าที่ไม่เปลี่ยนแปลงดังตัวอย่างการวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ โดยทำการวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ขณะปิดหน้าต่างได้ 860 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.72 ppm) อัตราการระบายอากาศขณะนั้นประมาณ 0.2 h^{-1} หลังจากนั้นเปิดหน้าต่างทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง วัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ได้ 860 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.72 ppm) ในขณะที่อัตราการระบายอากาศเป็น 2 h^{-1} (Vander , 1982)

2.7 การควบคุม ป้องกันอันตรายและการจัดลำดับความเป็นอันตรายของฟอร์มัลดีไฮด์

<u>การควบคุมและป้องกันอันตราย</u> ต้องอาศัย

1. การตระหนักและการประเมินถึงอันตรายจากฟอร์มัลดีไฮด์
2. การจัดลำดับความเป็นอันตรายของฟอร์มัลดีไฮด์
3. การเตรียมข้อมูลเพื่อการตัดสินใจสั่งการของผู้บริหาร
4. การดำเนินการควบคุม-ป้องกัน และการเฝ้าระวังอันตรายจากฟอร์มัลดีไฮด์
5. การประเมินผลการควบคุมและการป้องกันอันตรายจากฟอร์มัลดีไฮด์

ฟอร์มัลดีไฮด์จัดเป็นสารเคมีที่อันตรายซึ่งในการจัดลำดับความสำคัญของอันตรายจากสารเคมีต้องพิจารณาถึงปัจจัย 2 ประการคือ

<u>1. ความรุนแรงของอันตรายที่เกิดหรืออาจเกิดขึ้น</u> หมายถึง อันตรายที่เกิดหรืออาจเกิดขึ้นนั้นก่อหรืออาจจะก่อให้เกิดผลที่มีความรุนแรงเพียงใด หรือสารเคมีนั้นๆมีความเป็นพิษรุนแรงมากน้อยเพียงใด ในการพิจารณาความรุนแรงนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งระดับความรุนแรงของอันตรายแบ่งได้ดังนี้

ระดับ	ความรุนแรง
1	เป็นอันตรายที่ก่อให้เกิดความหายนะอย่างใหญ่หลวง เป็นอันตรายที่ใกล้จะเกิดขึ้น อันตรายอันนั้นหากเกิดขึ้นกับคนหลายคนความเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นจะแพร่กระจายไปกว้างขวาง ทำให้เกิดการสูญเสียทรัพย์สินมาก
2	เป็นอันตรายขั้นวิกฤติ อันตรายอันนั้นหากเกิดขึ้นจะก่อให้เกิดการบาดเจ็บที่รุนแรงหรือการเจ็บป่วยอย่างสาหัส ทรัพย์สินและอุปกรณ์เสียหาย
3	เป็นอันตรายขั้นธรรมดา อันตรายนั้นหากเกิดขึ้นสามารถทำให้เกิดการเจ็บป่วย อุปกรณ์เสียหายแต่การบาดเจ็บ การเจ็บป่วยและการเสียหายของอุปกรณ์นั้นไม่รุนแรง
4	เป็นอันตรายขั้นเล็กน้อย อันตรายอันนั้นหากเกิดขึ้น จะไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่รุนแรง ทรัพย์สินไม่เกิดความเสียหาย

2. ความเป็นไปได้หรือโอกาสที่จะเกิดอันตราย หมายถึง จากสถานการณ์ที่เป็นอยู่จะมีความเป็นไปได้หรือมีโอกาสมากน้อยเพียงใดที่จะเกิดอันตราย ในการพิจารณาความเป็นไปได้นี้จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ ซึ่งระดับความเป็นไปได้หรือโอกาสของการเกิดอันตรายแบ่งได้ดังนี้

ระดับ	ความรุนแรง
A	มีความเป็นไปได้มากที่จะเกิดอันตรายขึ้น มีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้นทันทีทันใดและเกิดขึ้นภายในเวลาอันสั้น
B	มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดอันตรายขึ้น และเป็นไปได้ว่าจะเกิดขึ้นในเวลาใดเวลาหนึ่ง
C	มีความเป็นไปได้น้อยที่จะเกิดอันตรายขึ้นโดยอาจจะเกิดขึ้นในเวลาใดเวลาหนึ่ง
D	มีความเป็นไปได้น้อยมากที่จะเกิดอันตรายขึ้น ไม่ค่อยเกิดขึ้น

สำหรับฟอร์มัลดีไฮด์นั้นจัดอยู่ในระดับความรุนแรงของอันตรายเท่ากับ 1 และมีระดับความเป็นไปได้หรือโอกาสของการเกิดอันตรายเท่ากับ A ดังนั้นอันตรายจากฟอร์มัลดีไฮด์มีลำดับความสำคัญของอันตรายเท่ากับ 1 – A (โอภาส ตั้งกิจถาวร, 2533)

ประเทศไทยกำหนดให้มี พ.ร.บ.วัตถุอันตราย พ.ศ.2535 กำหนดวัตถุอันตรายเป็น 4 ประเภท คือ

- วัตถุอันตรายชนิดที่ 1 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนด
- วัตถุอันตรายชนิดที่ 2 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องแจ้งให้พนักงานเจ้าหน้าที่ทราบก่อนและต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนด
- วัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องได้รับใบอนุญาต
- วัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่ห้ามมิให้มีการผลิต การนำเข้า การส่งออกหรือการมีไว้ในครอบครอง

ฟอร์มัลดีไฮด์จัดอยู่ในประเภทที่ 2 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องแจ้งให้พนักงานเจ้าหน้าที่ทราบก่อนและต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนด โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมและกรมประมง (กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย , 2541)

2.8 การตรวจวัดและการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

สำหรับการเก็บตัวอย่างฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคาร วิธีที่ใช้กันในปัจจุบันนี้อยู่บนพื้นฐานปฏิกิริยาเฉพาะของสารประกอบอินทรีย์พวกคาร์บอนิลกับ DNPH–Coated Cartridges ในรูปของกรดเพื่อที่จะเกิดเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เสถียร ดังสมการ

$$R'COR + NH_2NHC_3H_6(NO_2)_2 \xrightarrow{H^+} (NO_2)_2C_3H_6NHN=CRR' + H_2O$$

(aldehydes or ketones) 2,4 –dinitrophenylhydrazine (DNPH) DNPH-derivative water

ซึ่ง R และ R′ เป็นไฮโดรเจน หรือ alkyl chain และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาการเติม (Addition Reaction) โดยเติมที่หมู่คาร์บอนีลก่อนแล้วสูญเสียน้ำออกไป (สุภาพ บุณยะรัตเวช และคณะ, 2535)

ตารางที่ 2.5 วิธีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

วิธีการ	การเก็บตัวอย่าง	การวิเคราะห์	สิ่งรบกวน
Chromotropic acid : NIOSH 3500	midget impinger	spectrophotometry	Phenol, other organic substances
Paraosaniline (original and modified)	midget impinger	spectrophotometry	Sulfur dioxide
Paraosaniline (TGM-555)	continuous	colorimetric	Sulfur dioxide
MBTH	absorber	spectrophotometry	
Acetylacetone spectrophotometric	midget impinger	spectrophotometry	Other aldehydes, amines, SO_2
Acetylacetone fluorimetric	midget impinger	fluorimetry	Other aldehydes, amines, SO_2
2,4-DNPH aqueous ethanol	midget impinger	HPLC	
2,4-DNPH absorbent	Absorbent tube	HPLC	
OSHA acidic hydrazine	midget impinger	polarography	acetaldehyde
NIOSH 2502	Reactive adsorbent	Gas chromatography	
Passive monitor (3M , DuPont)	Reactive adsorbent	Spectrophotometry	
Air Quality Research	Reactive adsorbent	Spectrophotometry	
Envirotech	Moist adsorbent	Spectrophotometry	Other aldehydes

ที่มา : WHO, 1989

2.9 สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

AkbarKhanzadeh (1997) ศึกษาการเก็บตัวอย่างฟอร์มัลดีไฮด์ ด้วยวิธี NIOSH 3500 ทำการเก็บตัวอย่างในสถานที่ทำงาน78 แห่ง แบ่งเป็น 25 กลุ่มตัวอย่าง ตรวจวัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ได้ 0.05-1.72 ppm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.95 $\pm$ 0.31 ppm วิเคราะห์เปรียบเทียบกับ OSHA method 52 ซึ่งทำการเก็บตัวอย่าง 12 กลุ่ม มีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ย 0.78 $\pm$ 0.28 ppm

Bravo และคณะ (1990) ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ภายในอาคาร 2 แห่งในเมือง Mexico city ด้วยวิธี Chromotropic acid method ซึ่งอาคารทั้ง 2 แห่ง มีระบบการระบายอากาศไม่เหมือนกัน แห่งแรกมีการติดตั้งระบบระบายอากาศที่ดี ส่วนแห่งที่ 2 ไม่มีระบบระบายอากาศ พบว่าปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์สูงกว่าอากาศภายนอกอาคารถึง 10 เท่าและปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่สูงในอาคารที่มีระบบระบายอากาศที่ดีเนื่องจากการหมุนเวียนของ pollutants ตลอดเวลา

Coyne และคณะ (1985) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ 4 วิธีด้วยกัน โดยทำการศึกษาทั้งในห้องปฏิบัติการและในสถานที่จริงด้วยวิธี DuPont C-60 formaldehyde badge, SKC impregnated tube, polarographic method และ MDA Lion formaldemeter เพื่อศึกษาตัวแปร คือ ช่วงความเข้มข้น ความชื้นสัมพัทธ์ ความจุของตัวดูดจับ ความเร็วลม การรบกวนจากสารเคมีอื่นๆ พบว่าวิธี polarographic มีความว่องไวในการตรวจวัด 0.06 ppmต่อชั่วโมง SKC Impregnated charcoal tube มีความว่องไว 0.06 ppmต่อชั่วโมง เพียงพอสำหรับวัดทั้ง TWA และ STEL วิธี DuPont badge มีความไว 2.8 ppmต่อชั่วโมง และ MDA Lion formaldemeter มีความว่องไวในการตรวจวัด 0.2 ppmต่อชั่วโมง ซึ่งอาจจะเพียงพอต่อการวัด TWA exposure แต่ไม่เพียงพอสำหรับ STEL exposure

Garrett และคณะ (1999) ศึกษาอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคภูมิแพ้ในเด็กเนื่องมาจากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ภายในบ้าน จากจำนวนเด็กที่ทำการศึกษา 148 คน อายุระหว่าง 7-14 ปี มี 53 คนที่เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ และมีระดับฟอร์มัลดีไฮด์ภายในบ้านมีค่าเฉลี่ย 15.8 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (12.6 ppb) พบว่าระดับฟอร์มัลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้ความไว(sensitization)ของโรคภูมิแพ้เพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้เพิ่มอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคหอบหืด หรือโรคทางเดินหายใจอื่นๆ

Gavin และคณะ (1995) วิเคราะห์หาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในบรรยากาศภายในอาคาร เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเก็บตัวอย่างแบบ active caritage type sampler ด้วยวิธี impinger และ diffusive monitor เก็บตัวอย่างอากาศภายในห้องที่มีความแตกต่างกัน 5 ห้อง โดยที่การเก็บตัวอย่างต้องไม่วางอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดฟอร์มัลดีไฮด์ ตรวจวัดในช่วงฤดูหนาว

และฤดูร้อน พบว่าระยะเวลาการเก็บที่เหมาะสม คือ 8 ชั่วโมง และในช่วงฤดูกาลที่ต่างกันให้ผลการตรวจวัดที่ต่างกัน

Godish (1990) ตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยจาก Urea-formaldehyde resin finish coating จากผลิตภัณฑ์ไม้ที่ใช้ภายในบ้าน เช่น ไม้ที่ทำพื้น ชั้นวางของ และเฟอร์นิเจอร์ ด้วยวิธี Chromotropic acid ซึ่งการศึกษาทำใน Chamber ในห้องปฏิบัติการ พบว่า Urea-formaldehyde resin finish coating จากผลิตภัณฑ์ไม้ที่ใช้ภายในบ้านเป็นแหล่งปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ที่สำคัญ ตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ได้เกินมาตรฐานเกี่ยวกับสุขภาพที่กำหนด(1 ppm) ค่าสูงสุดที่ตรวจวัดได้ที่ความเร็วลมเป็น 0.25 ACH (2.47 ppm) และค่าต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ที่ความเร็วลมเป็น1.0 ACH (0.92 ppm)

Hooper และคณะ (1993) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ภายในบ้าน โดยทำการเก็บตัวอย่าง 2 วิธี คือ 1) Impinger sampling method แล้ววิเคราะห์ด้วยวิธี Chromotropic (CA-Active) ในช่วงเดือน มิถุนายน-กรกฎาคม ค.ศ.1992 จำนวน 40 แห่ง พบว่าความเข้มสูงสุดเท่ากับ 73 ppm 2) เก็บตัวอย่างด้วยวิธี passive sampler(DNPH Passive) ในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ.1993 โดยให้ฟอร์มัลดีไฮด์ทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่เคลือบบน filters แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC พบว่ามีความเข้มสูงสุดเท่ากับ 33 ppb ซึ่งค่าที่ตรวจวัดได้ทั้งสองวิธีต่ำกว่ามาตรฐาน Australian ที่กำหนดไว้เป็น 100 ppb

Kim และคณะ (1998) ศึกษาระดับฟอร์มัลดีไฮด์ที่นักศึกษาแพทย์ของเกาหลีได้รับในชั่วโมงเรียนวิชากายวิภาคศาสตร์ โดยตรวจสอบจากปริมาณ immunoglobulin E (IgE) หรือ immunoglobulin G(IgG) antibodies เปรียบเทียบกับอาการของนักศึกษาที่ได้รับฟอร์มัลดีไฮด์ จากนักศึกษาแพทย์ของเกาหลี 167 คน อายุ 23.8 $\pm$ 2.5 ปี และกลุ่มควบคุมเป็นนักศึกษาเตรียมแพทย์ 67 คน อายุ 20.1 $\pm$ 2.8 ปี พบว่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในห้องปฏิบัติการกายวิภาค มีค่า 0.194-11.245 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 3.736 $\pm$ 3.478 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) จากแบบสอบถามพบว่านักศึกษามีอาการระคายเคืองตา 92.8เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำตาไหล 74.9เปอร์เซ็นต์ ตรวจพบ IgG antibody 8.4เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบ IgE antibody แสดงว่าIgG ไม่มีความสัมพันธ์กับอาการที่เกิดกับตาและระบบทางเดินหายใจ และ IgE ไม่ได้เกิดจากการได้รับฟอร์มัลดีไฮด์

Lemus , Abdelghani , Akers และ Horner (1998) ประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ภายในอาคาร ที่ Southern Louisiana วิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 419 ตัวอย่าง จากบ้านพักอาศัยจำนวน 53 หลัง พบว่าปริมาณที่ตรวจวัดได้สูงสุด

อยู่ในช่วงฤดูหนาว ค่าเกินกว่ามาตรฐานของ American Society of Heating , Refrigeration , and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) 0.123 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 74% ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด และระดับฟอร์มัลดีไฮด์ที่สูงเป็นสาเหตุของการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ

Liu และ Hu (1990) ศึกษาลักษณะของที่อยู่อาศัยที่มีผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในประเทศจีน โดยเก็บตัวอย่างจากบ้านในเขตชนบททางตอนเหนือของจีนในฤดูร้อนและฤดูหนาว ด้วยวิธี Active (MBTH) พบว่า ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยเท่ากับ 0.026-0.043 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นสูงสุดที่วัดได้คือ 0.743 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และลักษณะเฉพาะเช่น เฟอร์นิเจอร์ใหม่ อุปกรณ์แต่งบ้าน การประกอบอาหาร การเผาไหม้เชื้อเพลิง ล้วนเป็นแหล่งกำเนิดฟอร์มัลดีไฮด์ภายในอาคารที่สำคัญ

Maurizio และคณะ (1990) ศึกษาการเกิด volatile organic compounds ในบรรยากาศภายในอาคาร โดยตรวจวัดสถานที่ทำงานจำนวน 83 แห่งในยุโรป พบว่าปริมาณ VOC ทั้งหมด (total VOC) 0.87 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นฟอร์มัลดีไฮด์ ถึง 0.122 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีสารเคมีชนิดอื่น เช่น toluene, xylene, trichloroethane และจากแบบสอบถามพบว่ามีคนเกิดอาการเกี่ยวกับโรคทางเดินหายในประมาณ 10%

Miadows และ Rusch (1983) ศึกษาวิธีการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ โดยศึกษาระดับฟอร์มัลดีไฮด์ใน exposure chamber ด้วยวิธี impinger samplers พบว่าการตรวจจับฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศด้วยการเติม sulfuric acid ในสารละลาย 1เปอร์เซ็นต์ sodium bisulfite จะมีความเสถียรมากกว่าการตรวจจับด้วยสารละลาย 1เปอร์เซ็นต์ sodium bisulfite ในน้ำเพียงอย่างเดียว

Molhave , Dueholm และ Jensen (1995) ศึกษาความเสี่ยงด้านสุขภาพเกี่ยวกับปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกจากเฟอร์นิเจอร์ ทำการศึกษาใน Chamber พบว่า background มีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ 2.8$\pm$1.7ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อนำเฟอร์นิเจอร์ใส่ใน Chamber แล้วตรวจวัดได้เป็น 112 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และหลังจากผ่านไป 8 สัปดาห์ ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์เหลือเพียง 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจากการคำนวณจากแบบจำลองพบว่าปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกจากเฟอร์นิเจอร์ไม่มีผลต่อความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง

Natasa (1990) ศึกษาเปรียบเทียบการเก็บตัวอย่างฟอร์มัลดีไฮด์ โดยใช้ตัวเก็บแบบ Active และ Passive โดยทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Passive เป็นเวลา 1 วัน ถึง 4 วัน และ 7 วัน ส่วนวิธี Active ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลาตั้งแต่ 24-72 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Passive เป็นเวลา 7 วัน ไม่แตกต่างจากค่าที่ได้จาก ผลรวมของปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ ที่เก็บเป็นเวลา 1, 2 และ4 วัน และความแตกต่างระหว่างการเก็บแบบ Passive

กับ Active โดยการเปรียบเทียบเวลาการเก็บตัวอย่างนั้นพบว่า การเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Active ให้ค่าที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นเวลาเก็บตัวอย่าง 1 วัน พบว่าค่าเฉลี่ยของความแตกต่างค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่า Standard error ซึ่งอาจมีสาเหตุจาก boundary layer formation ของความเร็วลมที่ผิวหน้าที่ต่ำกว่า 3 เซนติเมตรต่อวินาที

Noble, Stang และ Michael (1993) ทำการศึกษาเพื่อหาวิธีการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหมาะสมสำหรับบุคคล ที่ค่าเฉลี่ยตลอดระเวลาการทำงาน TWA(Time-weighted average) และ STEL(Short-term exposure limit)ด้วยวิธี Active และ Passive โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 11 วิธี พบว่าวิธี Dräger , GMD , NIOSH และ OSHA เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บตัวอย่างที่ความเข้มข้น 0.3 ppm ภายใต้สภาวะ STEL

Salthammer และคณะ (1995) ศึกษาผลของสภาวะอากาศภายในอาคารที่มีผลต่อระดับฟอร์มัลดีไฮด์ ในสถานที่ทำงาน และบ้านพักอาศัย ตั้งแต่ปี ค.ศ.1986-1993 จำนวน 252 ตัวอย่าง โดยอ้างอิงการร้องเรียนเรื่องอาการระคายเคือง พร้อมทั้งวัดปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ได้เป็น อัตราการระบายอากาศเฉลี่ย 0.36 h^{-1} อุณหภูมิเฉลี่ย 22 °C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 45% ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ย 119 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พิสัย 80-136 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ต่ำกว่ามาตรฐานของเยอรมันที่กำหนดไว้ 128 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

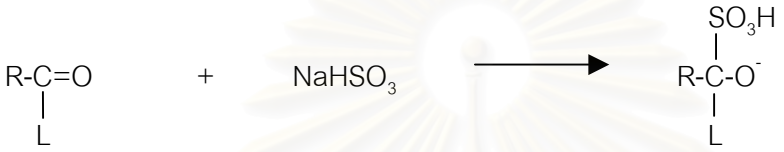
รัชนี เก่าเจริญ และพรพิมล เจริญส่ง (2539) ตรวจสุขภาพคนงานจำนวน 278 คนจากโรงงานไม้อัดที่ใช้เรซิน หรือกาวชนิดคาร์บาไมด์-ฟอร์มัลดีไฮด์ มีคนงานจำนวน 129 คนหรือร้อยละ 46 เกิดอาการเกี่ยวกับโรคทางเดินหายใจอันเนื่องมาจากการสูดดมเอาไอของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดความเข้มข้นได้ประมาณ 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร(3.3 ppm)เข้าไป นอกจากนี้ในการตรวจสุขภาพคนงานหญิงอายุระหว่าง 25-40 ปี ซึ่งทำงานอยู่ในโรงงานย้อมสีที่ใช้ฟอร์มาลีนมาประมาณ 5-20 ปี พบว่าคนงานเหล่านี้มักมีอาการปวดศีรษะ เกิดการระคายเคืองตา น้ำตาไหลเป็นประจำ และมีปัญหาในเรื่องของการทรงตัว

ลิขิต ศรีประเสริฐสุข (2540) ตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารโดยใช้ท่อบรรจุตัวดูดซับชนิดของแข็ง โดยเก็บตัวอย่างอากาศจากห้องดองสัตว์ ภาควิชาชีววิทยา ห้องพิพิธภัณฑสถานธรรมชาติวิทยาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และห้องเก็บสารเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้องทั้งสามมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานความเข้มข้นสูงสุด 30 นาที ตามประกาศกระทรวงมหาดไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในช่วงอุณหภูมิ 29-32 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 79-91เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

2.10 หลักการของการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive

ปฏิกิริยาการเติมของ Bisulfite กับ Aldehydes และ Ketones

เป็นหลักการของวิธีการตรวจวัดแบบ Active ปฏิกิริยาการเติมของ Bisulfite กับ Pi bond ของ carbonyl group ซึ่ง Sodium bisulfite นั้น สามารถทำปฏิกิริยาได้ทั้ง aldehydes และ ketones เกิดเป็นสาร organic sulfite มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ ซึ่งสามารถแยกออกจากสารไม่ละลายน้ำอื่นๆได้ แสดงปฏิกิริยาของ sodium bisulfite กับ aldehydes และ ketones ดังต่อไปนี้



(2.4)

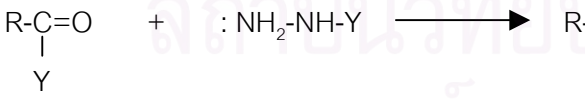
(2.5)

โดยที่ R และ L คือ ไฮโดรเจน หรือ alkyl chain

ปฏิกิริยาระหว่าง aldehyde กับ Hydrazine และอนุพันธ์ของ Hydrazine

เป็นหลักการของการตรวจวัดแบบ Passive ในการทำวิจัยครั้งนี้

Hydrazine มีสูตรเป็น NH_2-NH_2 อนุพันธ์ของ Hydrazine จะเกิดการแทนที่ของ group อื่นๆ ที่ตำแหน่งของไฮโดรเจนอะตอม



ถ้า Y = H (Hydrazine) L = H (Hydrazine)

= OH (Hydroxyl Amine) = OH (Zemi-carbazide)

= phenyl (Phenylhydrazine) = phenyl (Phenylhydrazone)

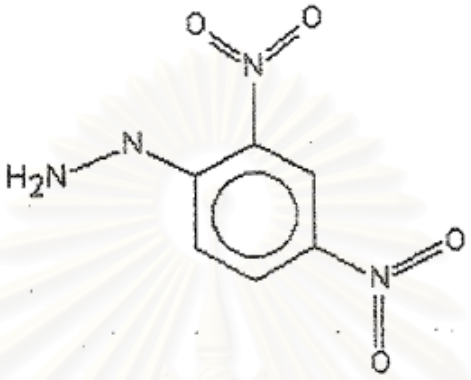
= 2,4-dinitrophenyl = 2,4-dinitrophenyl

(2,4-dinitrophenylhydrazine) (2,4-dinitrophenylhydrazine)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

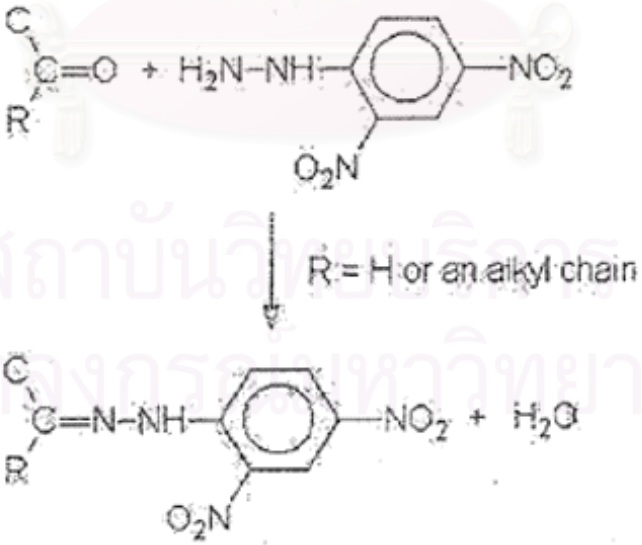
ในกรณีนี้เราสนใจเฉพาะปฏิกิริยาของ 2,4-dinitrophenylhydrazine เนื่องจากสารเคมีตัวนี้สามารถพิสูจน์เอกลักษณ์ของ aldehydes และ ketones ได้

2,4-dinitrophenyl hydrazine มีสูตรเป็น $C_6H_6N_4O_4$ และมีสูตรโครงสร้างดังต่อไปนี้ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก)



เมื่อ 2,4-dinitrophenylhydrazine ทำปฏิกิริยากับ carbonyl group (-C=O) ของ aldehydes หรือ ketones เกิดอนุพันธ์ 2,4-dinitrophenylhydrazone ซึ่งเป็นสารที่มีสีและไม่ละลายในน้ำ อนุพันธ์สามารถกรอง ล้างและทำให้แห้งได้ อนุพันธ์ของ 2,4-dinitrophenyl hydrazone แต่ละตัวจะมีจุดหลอมเหลวแตกต่างกัน สามารถใช้เป็นข้อบ่งชี้เอกลักษณ์ของสารอนุพันธ์แต่ละตัวได้

แสดงปฏิกิริยาของ 2,4-dinitrophenylhydrazine กับ Aldehydes หรือ Ketones ดังต่อไปนี้



2,4-dinitrophenylhydrazone

ปฏิกิริยานี้เกิดภายใต้สภาพที่เป็นกรด ได้อนุพันธ์ที่มีขนาดใหญ่ มีมวลโมเลกุลค่อนข้างสูง จุดหลอมเหลวสูงและเป็นสารมีสี (สีส้มอ่อนหรือแดงอ่อน)

หลักการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Passive

การตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Passive โดยใช้ cassette ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37-mm ซึ่งปรับปรุงวิธีการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างมาจาก Levin(1985) และ Gillett(2000) โดย Sampling rate สามารถคำนวณได้จาก Fick's law จากพื้นที่หน้าตัด (A) (cm^2) และค่า Diffusion parthlengh (L)(cm^2)

Sampling rate (ml/min) = $D(A/L) * 60$

โดยค่า Diffusion coefficient (D) สำหรับฟอร์มัลดีไฮด์ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$D = \frac{0.00837 * T^{3/2} * \frac{\sqrt{M_1 + M_2}}{\sqrt{M_1 * M_2}}}{P * (V_1^{1/3} + V_2^{1/3}) * (1 + C/T) * 1000}$$

โดยที่ D = Diffusion coefficient (m^2/s)

T = Absolute Temperature (K)

M_1 = Molecular weight of air 28.96 (g/mol)

M_2 = Molecular weight of formaldehyde 30.026 (g/mol)

V_1 = Molar volume of air at boiling point 33.082 (cm^3/mol)

V_2 = Molar volume of formaldehyde at boiling point 36.842 (cm^3/mol)

P = Total pressure (atm)

C = Sutherland constant ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$C = \frac{(2\sqrt{V_1^{1/3} * V_2^{1/3}})^3}{(V_1^{1/3} + V_2^{1/3})^3} * \sqrt{C_1 * C_2}$$

ซึ่ง ค่าคงที่ C_1 และ C_2 สามารถหาได้จาก ค่า absolute boiling temperatures : C_1 = $1.47*T_{b1}$ สำหรับอากาศ T_{b1} = 78.67 K, C_2 = $1.47*T_{b2}$ สำหรับฟอร์มัลดีไฮด์ T_{b2} = 253.95 K

วิธีการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive มีข้อดีและข้อเสียดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.6 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active เปรียบเทียบกับวิธี Passive

Active Sampling		Passive Sampling	
ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อดี	ข้อเสีย
-มีความว่องไวและความแม่นยำในการตรวจวัดสูง -อุปกรณ์ต่างๆสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น Glass bubblers -สารเคมีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเตรียมได้ง่าย และมีราคาถูก -การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง Spectrophotometer ทำได้ง่ายและรวดเร็ว	-Personal Sampling Pump มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก และมีราคาสูง -มีเสียงรบกวนจาก Pump -การเคลื่อนย้ายไม่สะดวก เนื่องจากต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ -ไม่สามารถเก็บตัวอย่างจำนวนมากได้ เนื่องจากต้องใช้ pump	-สามารถใช้ได้ในพื้นที่ที่กระแสไฟฟ้ายังไปไม่ถึง -มีขนาดเล็ก และเบา -เงียบ -เหมาะสำหรับตรวจวัดปริมาณการได้รับสัมผัสของบุคคล -เหมาะสำหรับตรวจวัดอากาศภายในอาคาร -สามารถเก็บตัวอย่างได้ครั้งละหลายๆตัวอย่าง	-มีความว่องไวในการตรวจวัดต่ำกว่าวิธี Active -สารเคมีที่ใช้ในการดูดซับฟอร์มัลดีไฮด์มีราคาค่อนข้างสูง -ขั้นตอนการเตรียมสารเคมียุ่งยากและต้องใช้ความระมัดระวังสูงเพื่อป้องกันการปนเปื้อน -การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง HPLC ใช้เวลามากกว่าการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ของวิธี Active

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 สถานที่ทำการศึกษา

การดำเนินการศึกษาในครั้งนี้จะใช้สถานที่ที่ทำการศึกษา 5 แห่ง เป็นสถานที่ติดตามความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในห้องที่ทำการศึกษา และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวัดแบบ Active และ Passive ซึ่งมีรายละเอียดของสถานที่ที่ทำการศึกษาดังนี้

1. ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
2. ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
3. ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ
4. ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี
5. ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี
6. สถานที่เปรียบเทียบใช้ห้องปฏิบัติการ FT-IR ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับสถานที่ที่ใช้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บได้ คือ ห้องปฏิบัติการของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การดำเนินงานวิจัย

1. ทำการสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะงานและปริมาณการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์
2. ทำการศึกษาสภาพห้องที่ทำการศึกษาและห้องควบคุม ซึ่งได้แก่
   - ห้องปฏิบัติการกายวิภาค ตึกกายวิภาคศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
   - ห้องดองศพ ตึกกายวิภาคศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
   - ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ
   - ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี
   - ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี
   - ห้องปฏิบัติการ FT-IR ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (พื้นที่เปรียบเทียบ)

3. เก็บตัวอย่างด้วยวิธี Active โดยวิธีมาตรฐาน NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition, 1994

4. เก็บตัวอย่างด้วยวิธี Passive Sampling

5. ทำการศึกษาปัจจัยที่ทำให้มีระดับความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในห้องและความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่ศึกษาโดยทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ และวัดความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้ไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก-กระเปาะแห้ง

ลักษณะทั่วไป การใช้งานและแผนผังของห้องปฏิบัติการที่ศึกษา

1. ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

ลักษณะทั่วไป เป็นห้องเปิดโล่ง มีผนังกั้น 3 ด้าน ขนาด 12*12 เมตร มีช่องระบายอากาศที่เจาะเปิดถาวร มีบ่อสำหรับดองศพลักษณะบ่อทำด้วยปูนซีเมนต์ ไม่มีฝาปิดมีทั้งหมด 10 บ่อ แต่ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษามีการใช้งานจริงเพียง 7 บ่อ ซึ่งเป็นแหล่งของฟอร์มัลดีไฮด์ ไม่มีเครื่องปรับอากาศหรือพัดลมดูดอากาศ ระบบระบายอากาศมีเพียงพัดลมชนิดตั้งพื้น แสดงแผนผังดังรูปที่ 3.1

ลักษณะการใช้งาน ใช้เป็นห้องสำหรับดองศพเพื่อใช้ในการศึกษาด้านกายวิภาค ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้เป็นฟอร์มัลดีไฮด์เจือจาง 10% ในวันปกติไม่มีการเปิดพัดลม มีลมธรรมชาติพัดเข้ามาทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของไอฟอร์มัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นจากการระเหยปกติ มีการเปิดพัดลมเดือนละ 1-2 ครั้ง เพื่อระบายอากาศเป็นการป้องกันการเกิดเชื้อราที่ศพ ในช่วงที่ผู้วิจัยเข้าไปทำการตรวจวัดมีอยู่ช่วงเวลาหนึ่งที่มีการพลิกศพเพื่อตรวจสอบหมายเลข และนำศพที่ใช้ศึกษาแล้วเตรียมนำไปประกอบพิธีฌาปณกิจ

2. ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

ลักษณะทั่วไป เป็นห้องแบ่งกั้นเป็นสัดส่วน ขนาด 12*12 เมตร มีหน้าต่างโดยรอบ มีเตียงที่ใช้ในการศึกษากายวิภาคกระจายอยู่ทั่วทั้งห้อง ไม่มีเครื่องปรับอากาศหรือพัดลมดูดอากาศ การระบายอากาศในขณะใช้งานห้องทำโดยเปิดหน้าต่าง และเปิดพัดลมชนิดตั้งพื้น ในขณะที่ผู้ทำการวิจัยเข้าไปตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์เป็นช่วงที่การเรียนการสอนจบลงแล้ว ศพที่เหลืออยู่บนเตียงมีลักษณะแห้ง ไม่มีกลิ่น แสดงแผนผังดังรูปที่ 3.2

ลักษณะการใช้งาน ใช้เป็นห้องสำหรับการเรียนการสอนวิชากายวิภาคของนิสิตคณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แหล่งของฟอร์มัลดีไฮด์คือ ศพที่ใช้ในการศึกษา

3. ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ

ลักษณะทั่วไป เป็นห้องขนาดเล็ก ทึบ มีทางเข้าออกทางเดียวและมีหน้าต่างเพียงด้านเดียว จำนวน 4 บาน ขนาดห้อง 4*6 เมตร ไม่มีเครื่องปรับอากาศ มีพัดลมติดเพดาน 1 เครื่องอยู่กึ่งกลางห้อง เปิดในขณะทำงานเป็นบางครั้ง แสดงแผนผังดังรูปที่ 3.3

ลักษณะการใช้งาน ใช้เป็นห้องสำหรับตัดชิ้นเนื้อที่ส่งมาจากแผนกต่างๆของโรงพยาบาลตำรวจ แล้วเตรียมเป็นสไลด์เพื่อตรวจสอบทางพยาธิ ลักษณะตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ส่งมาตัดที่ห้องนี้จะบรรจุมาในถุงพลาสติกหรือขวดแก้วที่มีฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ซึ่งเป็นแหล่งฟอร์มัลดีไฮด์ที่ทำการศึกษา การตัดตัวอย่างชิ้นเนื้อจะทำภายในอ่างน้ำซึ่งอยู่ติดกับหน้าต่าง

4. ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี

ลักษณะทั่วไป เป็นห้องขนาด 5*9 เมตร ลักษณะเป็นห้องปิด มีทางเข้าออก 3 ทาง แบ่งห้องเป็น 2 ส่วน โดยแบ่งกั้นเป็นห้องขนาดเล็กอยู่ข้างใน ขนาด3*3 เมตร มีเตียงสำหรับตรวจศพหรือชิ้นเนื้ออยู่กึ่งกลางห้อง(ส่วนกลาง) จำนวน 2 เตียง และ 1 เตียงภายในห้องเล็กที่แบ่งกั้น มีเครื่องปรับอากาศซึ่งจะเปิดตลอดเวลาที่มีการใช้ห้องทำงาน มีเครื่องดูดกรองควัน (fume filter) จำนวน 1 เครื่องอยู่บนชั้นวางของติดผนังจะเปิดเป็นบางครั้ง ภายในห้องเล็กมีพัดลมดูดอากาศ 1 เครื่อง แสดงแผนผังดังรูปที่ 3.4

ลักษณะการใช้งาน ใช้เป็นห้องสำหรับตรวจศพหรือชิ้นเนื้อที่ส่งมาจากแผนกต่างๆของโรงพยาบาลรามาธิบดี ตัวอย่างที่ส่งมาตรวจในห้องนี้ อาจผ่านการแช่ฟอร์มาลีน หรือไม่แช่แล้วแต่ลักษณะงาน ส่วนใหญ่จะเป็นชิ้นเนื้อขนาดใหญ่ที่ผ่านการแช่ฟอร์มาลีน 10% จะนำมาตัดเพื่อเตรียมเป็นสไลด์

5. ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี

ลักษณะทั่วไป เป็นห้องขนาด 2.5*6 เมตร เชื่อมต่อกับห้องทำงานของเจ้าหน้าที่ และห้องสำหรับเก็บขวดดองชิ้นเนื้อ มีเครื่องปรับอากาศเปิดตลอดเวลาที่ทำงาน มีเครื่องดูดกรองควัน (fume filter) จำนวน 4 เครื่อง เปิดใช้เป็นบางเครื่องหรือบางครั้งที่มีจำนวนตัวอย่างชิ้นเนื้อมาก อาจเปิดเครื่องดูดกรองควันทั้งหมด แสดงแผนผังดังรูปที่ 3.5

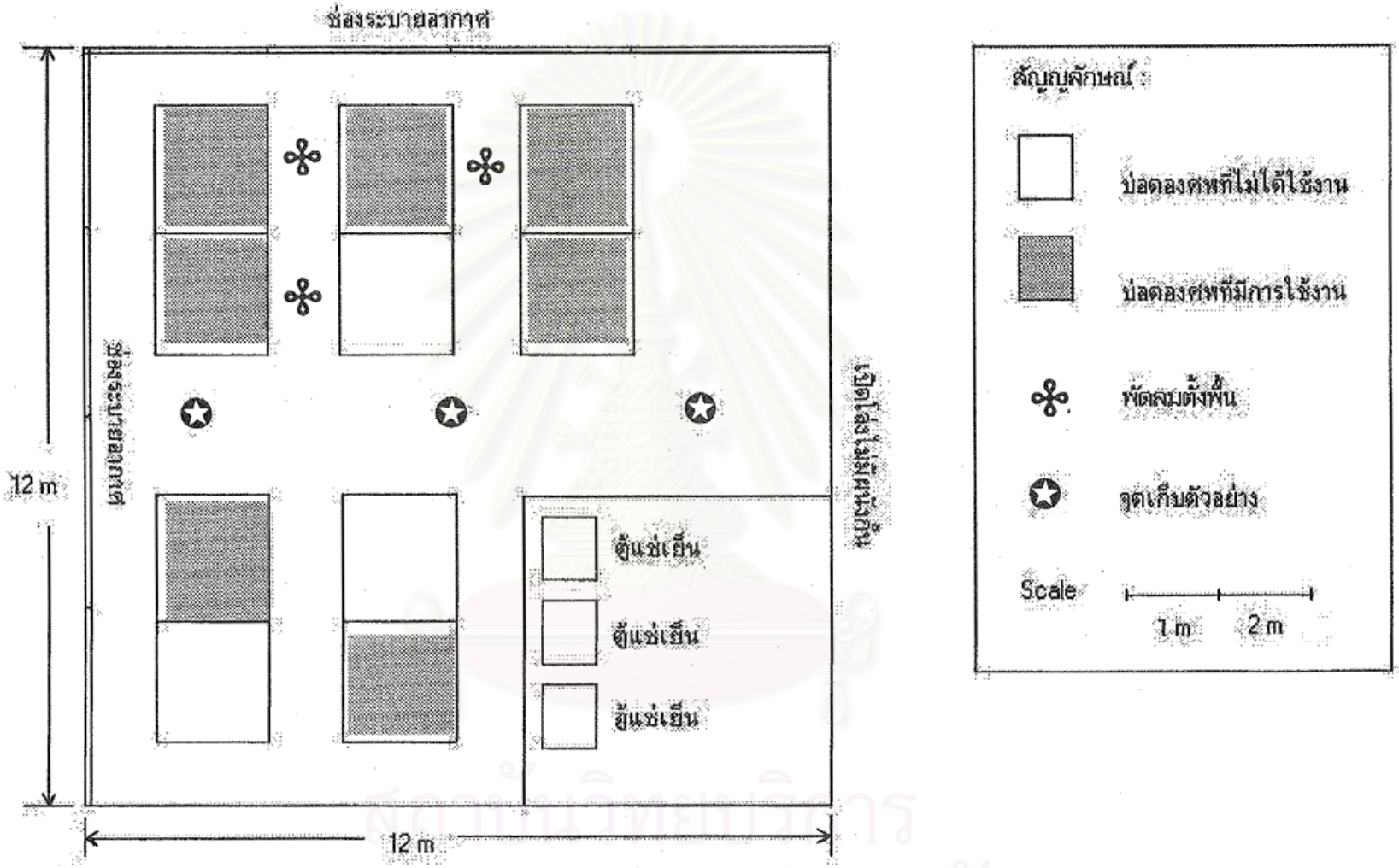
ลักษณะการใช้งาน ใช้เป็นห้องสำหรับตัดชิ้นเนื้อเพื่อเตรียมสไลด์สำหรับตรวจสอบทางพยาธิ การตัดชิ้นเนื้อตัวอย่างทำที่โต๊ะยาวซึ่งวางติดผนัง โดยมีเครื่องดูดกรองควันวางอยู่ด้วยกัน ลักษณะตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ส่งมาตัดที่ห้องนี้จะบรรจุมาในถุงพลาสติกหรือขวดแก้วที่มีฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ซึ่งเป็นแหล่งฟอร์มัลดีไฮด์ที่ทำการศึกษา

6. ห้องปฏิบัติการ FT-IR ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะทั่วไป เป็นห้องขนาด 3*5 เมตร ปิดทึบ ไม่มีหน้าต่าง มีเครื่องปรับอากาศเปิดตลอด 24 ชั่วโมง มีพัดลมระบายอากาศ 1 ตัว แสดงแผนผังดังรูปที่ 3.6

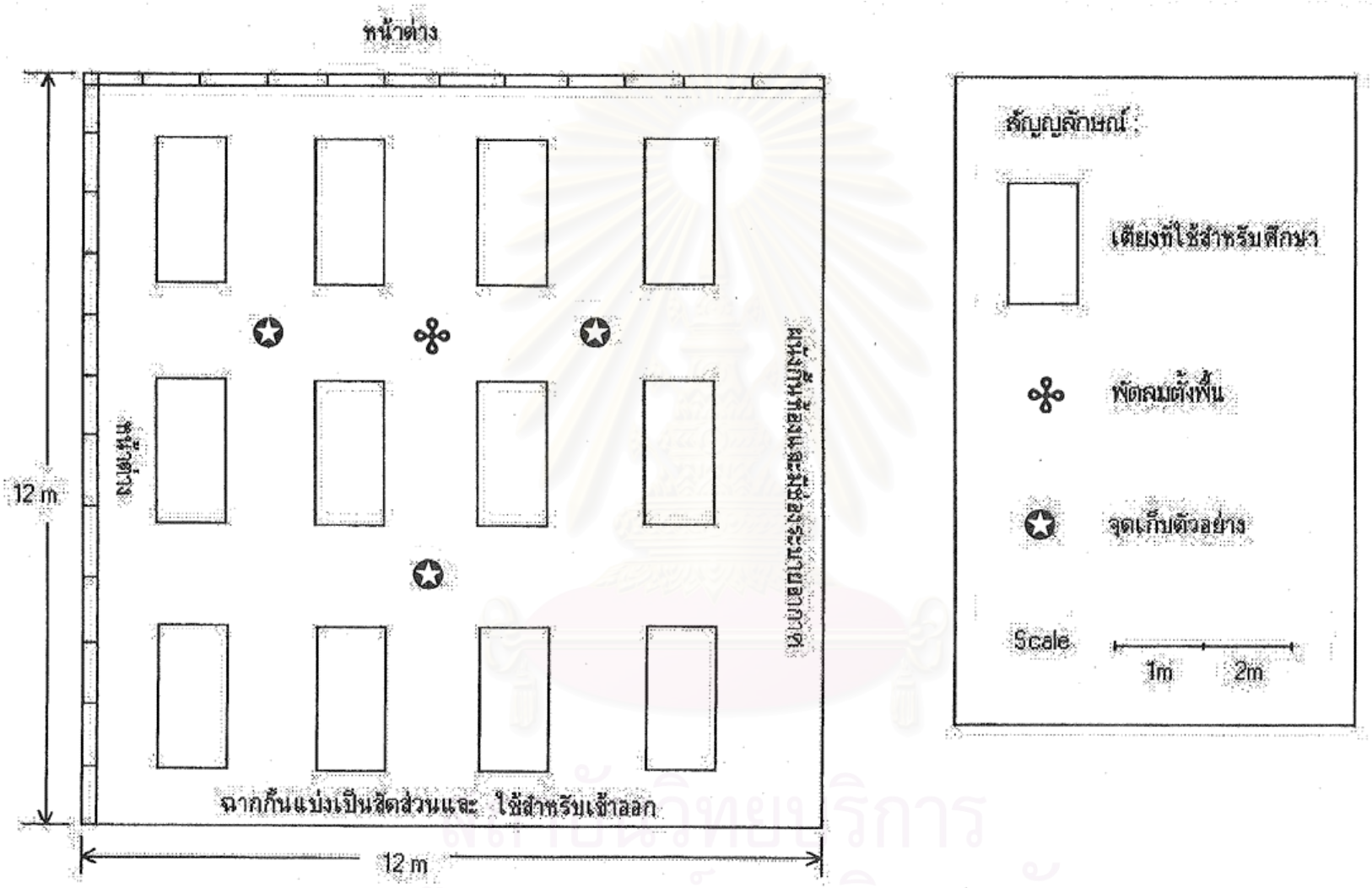
ลักษณะการใช้งาน ใช้เป็นห้องสำหรับวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectrometer) ลักษณะการทำงานต้องควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ สภาวะภายในห้องจึงมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ และมีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างต่ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



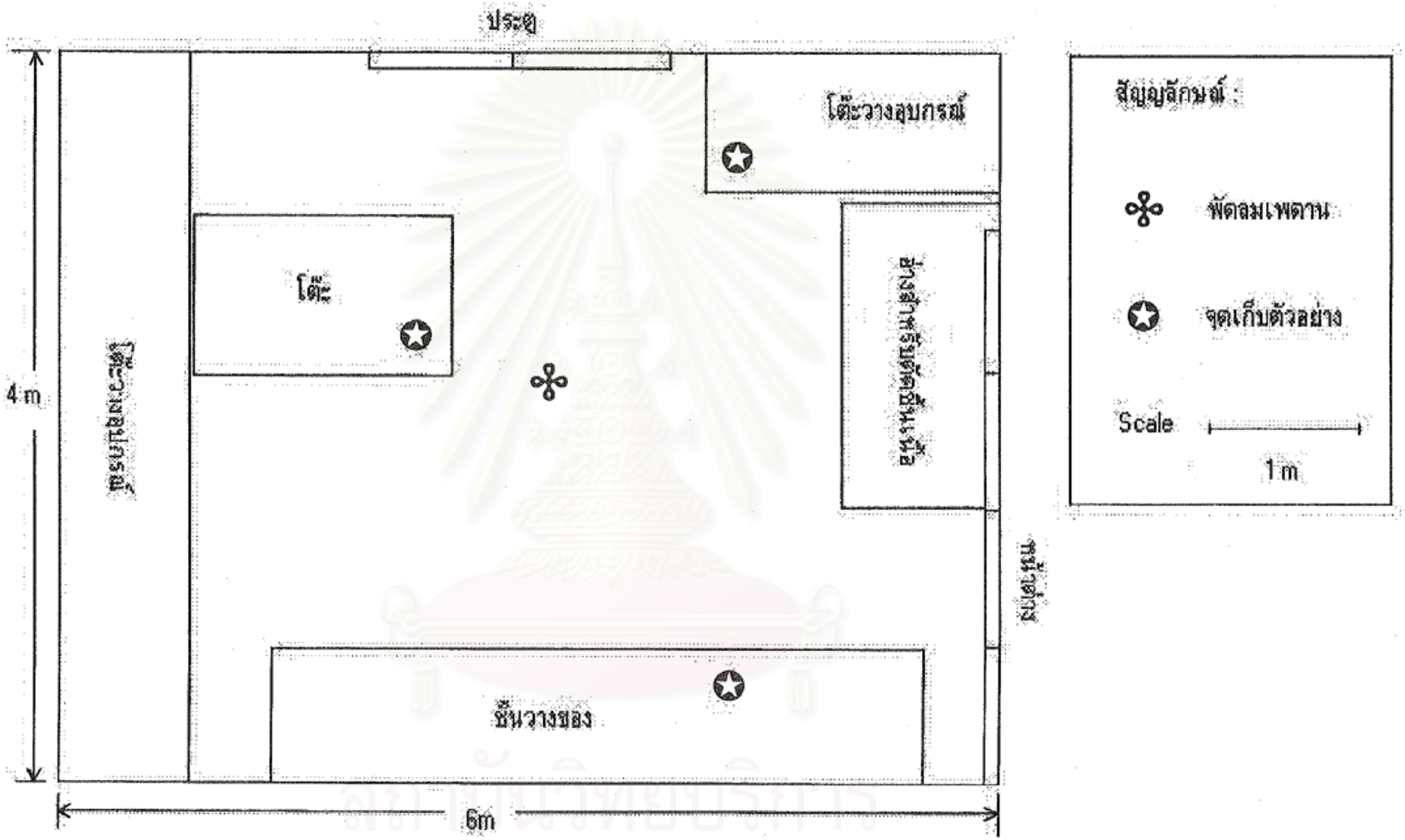
รูปที่ 3.1 แผนผังห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



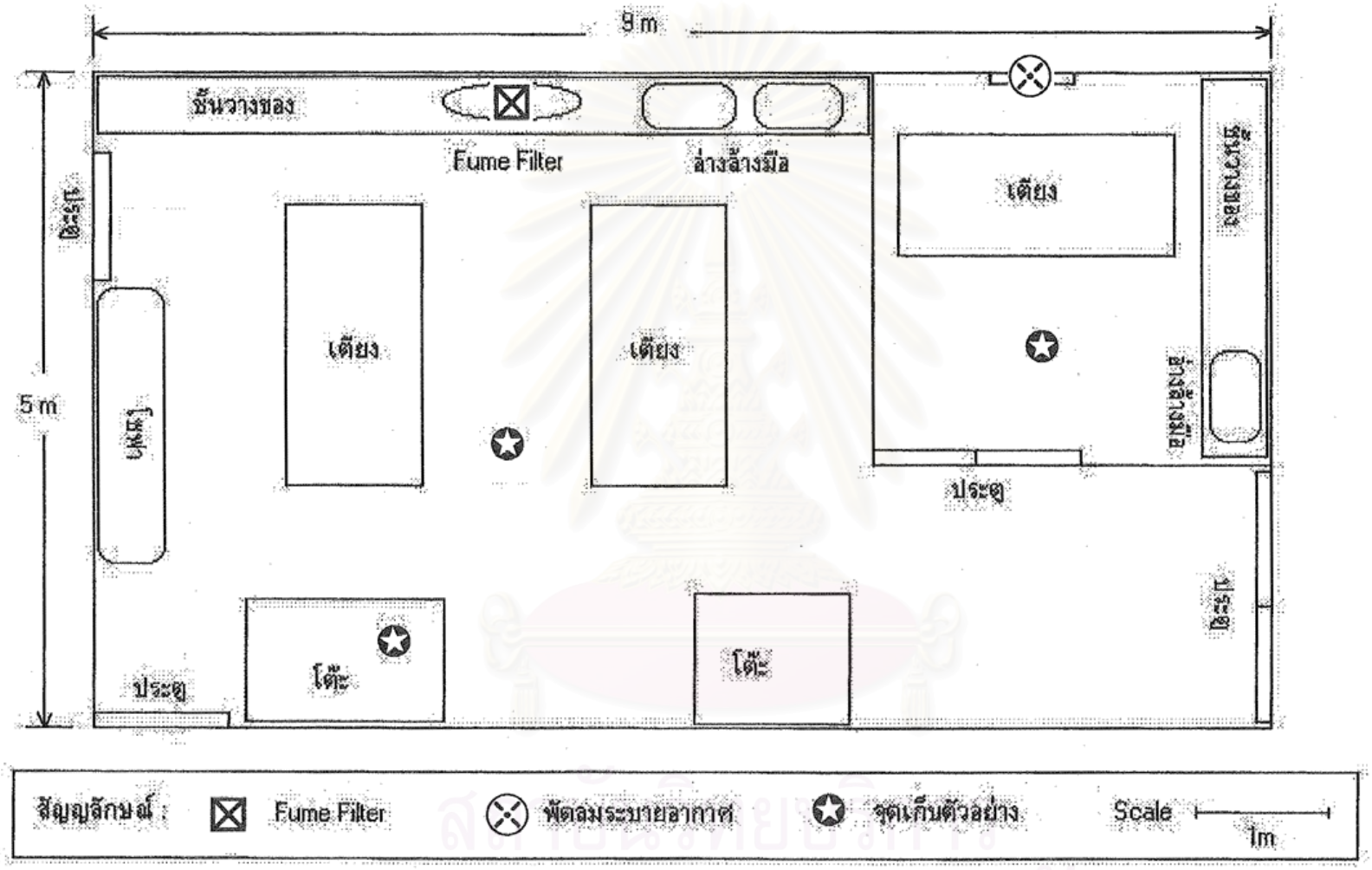
รูปที่ 3.2 แผนผังห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

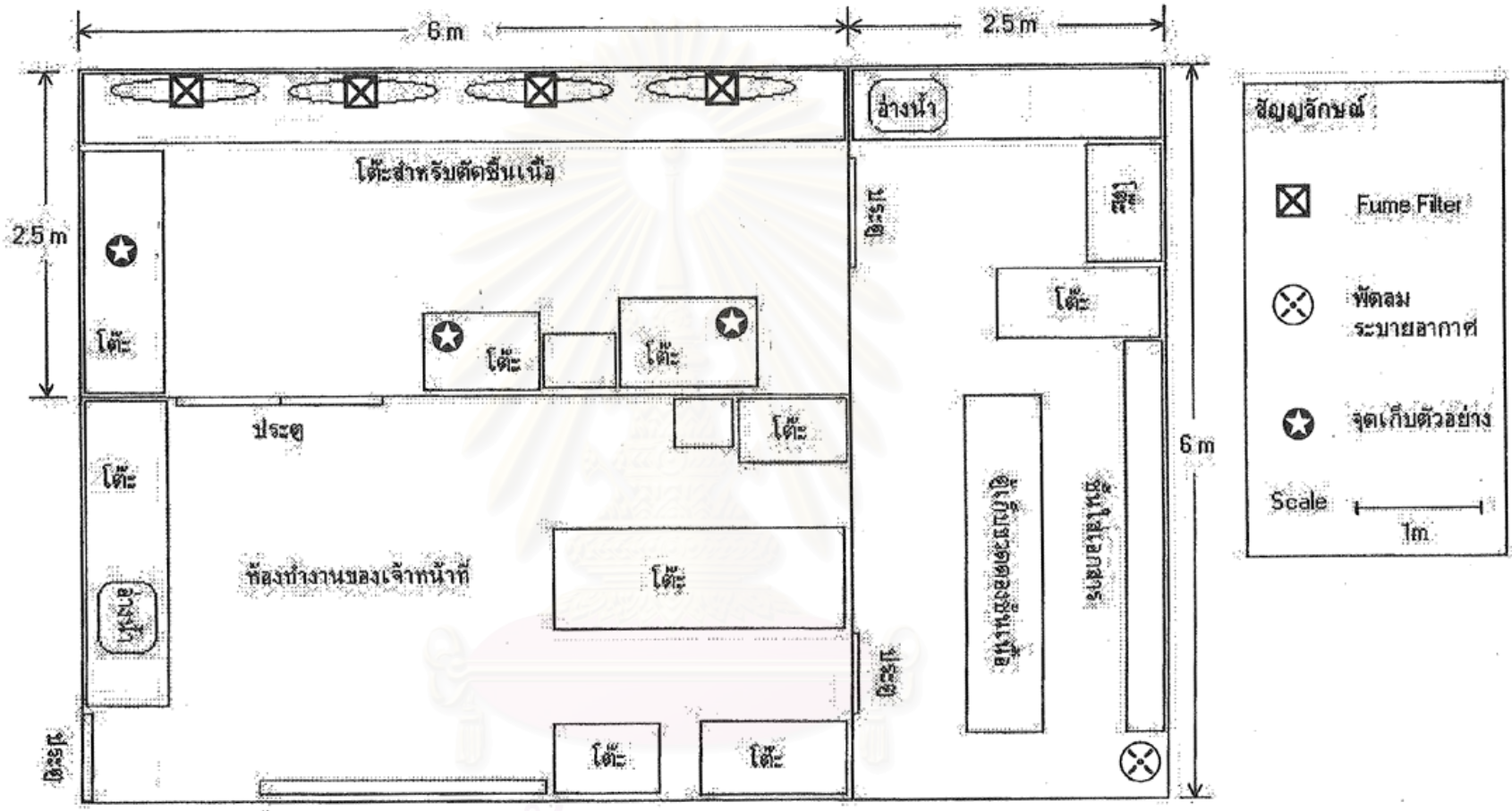


รูปที่ 3.3 แผนผังห้องปฏิบัติการกายพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

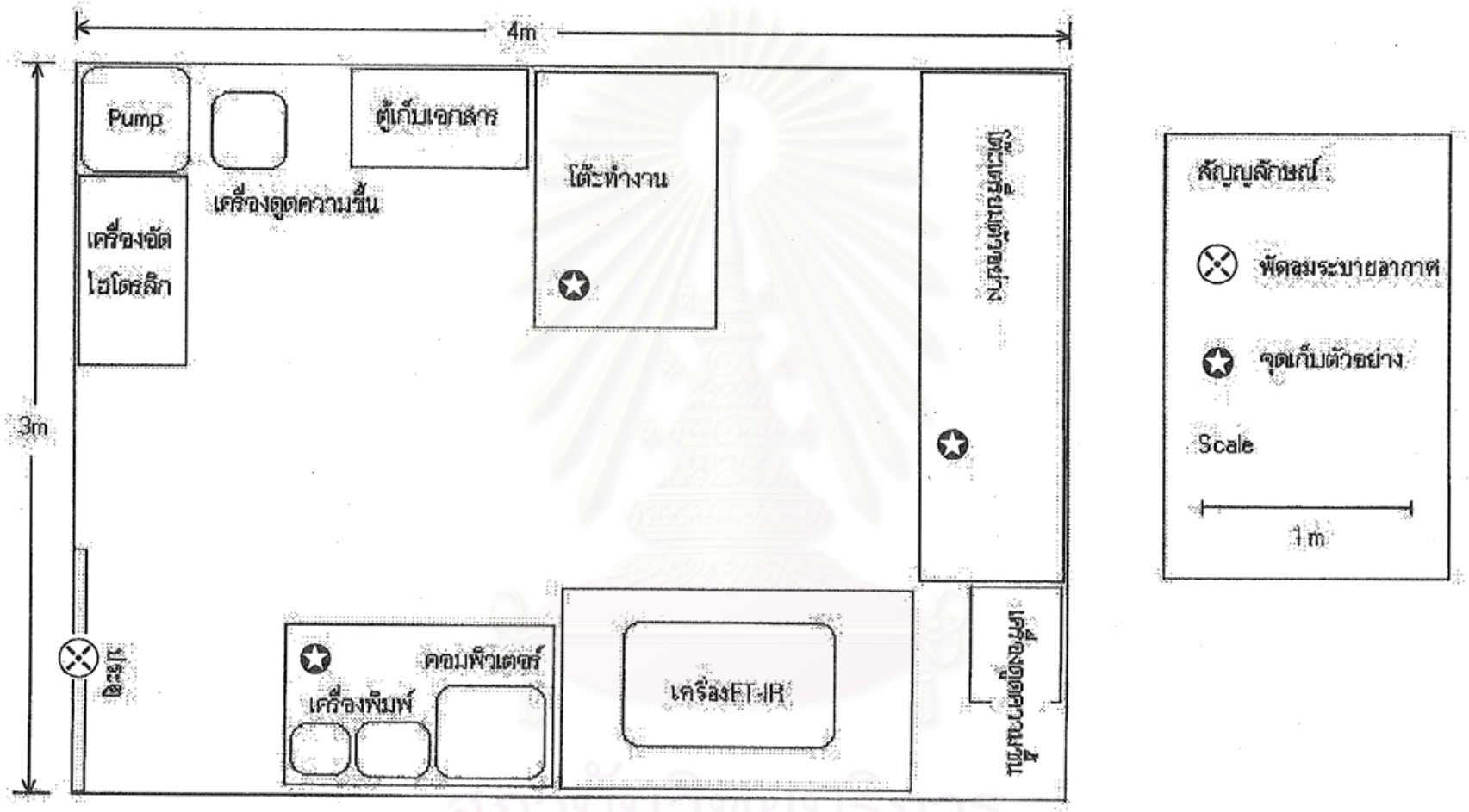


รูปที่ 3.4 แผนผังห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี



รูปที่ 3.5 แผนผังห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.6 แผนผังห้องปฏิบัติการ FT-IR ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active

วิธีการตรวจวัดดำเนินการตาม NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) 3500, fourth Edition (1994) มีขั้นตอนการทดลองโดยสังเขปดังนี้

<u>สารเคมี</u>

1. Sodium bisulfite ($NaHSO_3$) (CARLO ERBA) 1% (เตรียมใหม่ทุกสัปดาห์)
2. Chromotropic acid (Fluka) 1% (เตรียมใหม่ทุกสัปดาห์)
3. Formaldehyde stock solution 1 mg/ml (เตรียมจาก formaldehyde 37% , Merk)
4. Sulfuric acid (H_2SO_4) 96%
5. Sulfuric acid (H_2SO_4) 0.02 N
6. Sodium hydroxide 0.01 N
7. Sodium sulfite 1.13 M (เตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้)
8. Distilled, deionized water

<u>เครื่องมือ</u>

1. Glass bubbler impingers
2. 37-mm filter cassette with 37-mm polytetrafluoroethylene (PTFE) membrane filter (2 μm pore size, Wattman)
3. 37-mm Glass fiber filter (5 μm pore size, Wattman)
4. Personal sampling pump (Gillian) 0.5 L/min with flexible connecting tubing
5. Spectrophotometer(HITACHI 220A), 580 nm, with cuvettes 1-cm
6. Volumetric pipettes, 0.1-, 0.2-, 0.5-, 1-, 2-, 5- และ 10-ml
7. Volumetric flasks, 10- ,100-ml, และ 1-L
8. เครื่องชั่ง ความละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง
9. pH meter
10. Burette 25-ml
11. Graduated Cylinder 25-ml
12. Water bath
13. Magnetic stirrer

<u>สารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์</u>

1. เตรียมสารละลาย Stock formaldehyde solution 1 mg/ml (สามารถเก็บได้นาน 3 เดือน)
2. Standardization of formaldehyde stock solution
   2.1 ใช้ sodium sulfite solution 1.13 M (เตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้)
   2.2 ปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 8.5 – 10 ด้วยกรดหรือเบส แล้วบันทึกค่า pH
   2.3 เติม formaldehyde stock solution (pH จะเปลี่ยนไป)
   2.4 ไตเตรทสารละลายให้กลับมาอยู่ที่ค่า pH เดิม (ในข้อ 2.2) ด้วย Sulfuric acid(H_2SO_4) 0.02 N, บันทึกปริมาณกรดที่ใช้ (หากค่า endpoint pH เกินไป ให้ไตเตรทกลับด้วย sodium hydroxide (NaOH) 0.01 N, บันทึกปริมาณเบสที่ใช้)
   2.5 คำนวณความเข้มข้นของ formaldehyde stock solution, C_S (mg/ml) จากสูตร

$$C_S = \frac{30.0\ (N_a \cdot V_a - N_b \cdot V_b)}{V_S}$$

เมื่อ 30.0 = 30.0 g/equivalent of formaldehyde

N_a = normality of sulfuric acid (0.02 N)

V_a = ปริมาณ sulfuric acid ที่ใช้ไตเตรท (ml)

N_b = normality of sodium hydroxide (0.01 N)

V_b = ปริมาณ sodium hydroxide ที่ใช้ไตเตรทกลับ (ml)

V_S = ปริมาณ formaldehyde stock solution (ml)

<u>การเก็บตัวอย่าง</u>

1. ประกอบชุด impingers 2 ตัวเข้าด้วยกัน โดยแต่ละ impinger เติม sodium bisulfite 1% (25 ml)
2. เชื่อมต่อด้วย flexible, inert tubing
3. ปลายด้านหนึ่งของ impinger เชื่อมต่อด้วย filter/cassette และปลายอีกด้านของ impinger ต่อกับ personal sampling pump (PTFE filter จะช่วยป้องกันฝุ่นจากภายนอกที่จะรบกวน) แสดงรูปชุดเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Active ดังรูปที่ 3.7
4. calibrate personal sampling pump ตั้งอัตราการไหล ประมาณ 0.5 L/min

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. เก็บตัวอย่างอากาศโดยตั้งชุด impinger ในที่ที่เหมาะสม (บนโต๊ะสูงไม่ต่ำกว่า 1 เมตร, ห่างจากผนังอย่างน้อย 30 เซนติเมตร, และอยู่ห่างจาก potential source)
6. ทำการบันทึกข้อมูลในการเก็บตัวอย่าง แสดงตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลดังรูปที่ 3.8
7. เมื่อเก็บตัวอย่างเสร็จเรียบร้อย ถ่ายสารละลายตัวอย่างจาก impinger(Glass bubbler) ใส่ใน low-density polyethylene bottles เพื่อการเคลื่อนย้าย

รูปที่ 3.7 ชุดเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Active

รูปที่ 3.8 Spectrophotometer (HITACHI 220A)

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการเก็บตัวอย่าง

Formaldehyde Sampling Form

Name: Date: / /

Sample #	Sample #
Pump flow rate before use L/min	Pump flow rate after use L/min
Time pump on	Time pump on
Time pump off	Time pump off
Indoor Temperature	Indoor Temperature
Indoor Relative Humidity	Indoor Relative Humidity
Outdoor Temperature	Outdoor Temperature
Outdoor Relative Humidity	Outdoor Relative Humidity
Location: Detailed description of formaldehyde sources:	Location: Detailed description of formaldehyde sources:

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

8. วัดปริมาณสารละลายตัวอย่างในแต่ละ impinger แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายจาก front impinger, V_f (ml) และ backup impinger, V_b (ml)
9. ปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 4 ml เติม 0.1 ml 1% Chromotropic acid
10. เติม 6 ml conc. H_2SO_4
11. ให้ความร้อนที่ 95^{O}C นาน 15 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
12. นำมาวัดค่า Absorbance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ 580 nm

แสดงรูปสารละลายตัวอย่างที่เกิดสีแล้ว ดังรูปที่ 3.11

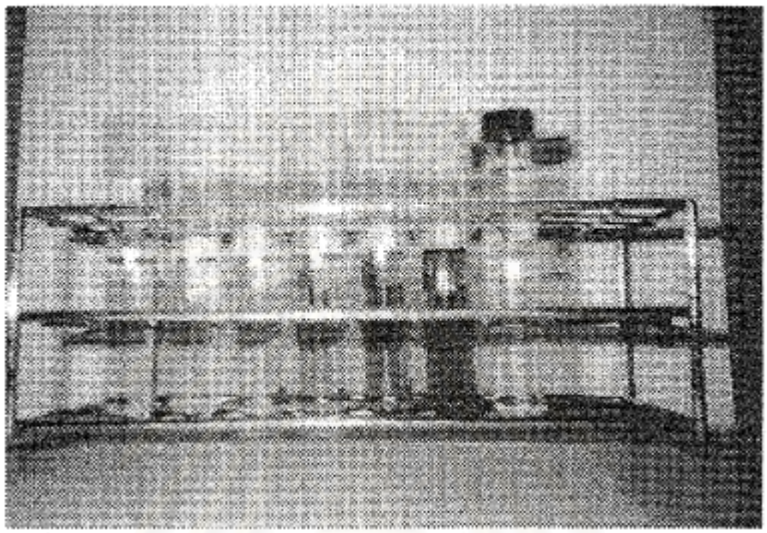
<u>การสอบเทียบและควบคุมคุณภาพ</u>

13. เตรียม Calibration stock solution โดยเตรียมความเข้มข้นเป็น 0.1, 0.2, 0.3, 0.7, 1.0 และ 2.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

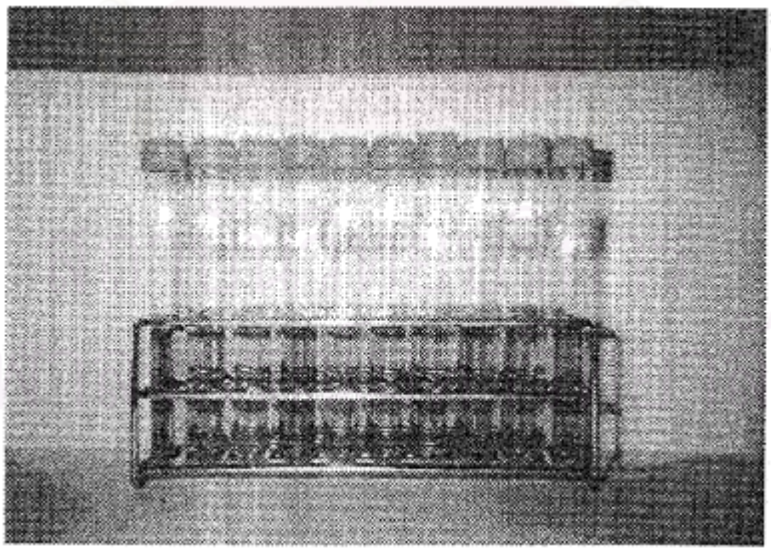
14. เติม 1% sodium bisulfite ปรับปริมาตรให้แต่ละจุดมีปริมาตรเป็น 4 มิลลิลิตร

15. ทำการวิเคราะห์ตามขั้นตอนที่ 9 – 12

16. ทำ Calibration graph จาก ค่า Absorbance และ μg ของ formaldehyde ต่อมิลลิลิตร



รูปที่ 3.10 การเกิดสีของสารละลายมาตรฐาน



รูปที่ 3.11 การเกิดสีของสารละลายตัวอย่าง

การคำนวณ

17. คำนวณ mass, μg ของ formaldehyde ของแต่ละ impinger, M_f (front impinger) และ M_b (Back impinger)
18. คำนวณความเข้มข้นของ formaldehyde ในอากาศ, C ด้วยสูตร

$$C = \frac{M_f + M_b - 2M_B}{V}, \quad mg/m^3$$

โดยที่ C = ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ (mg/m^3)

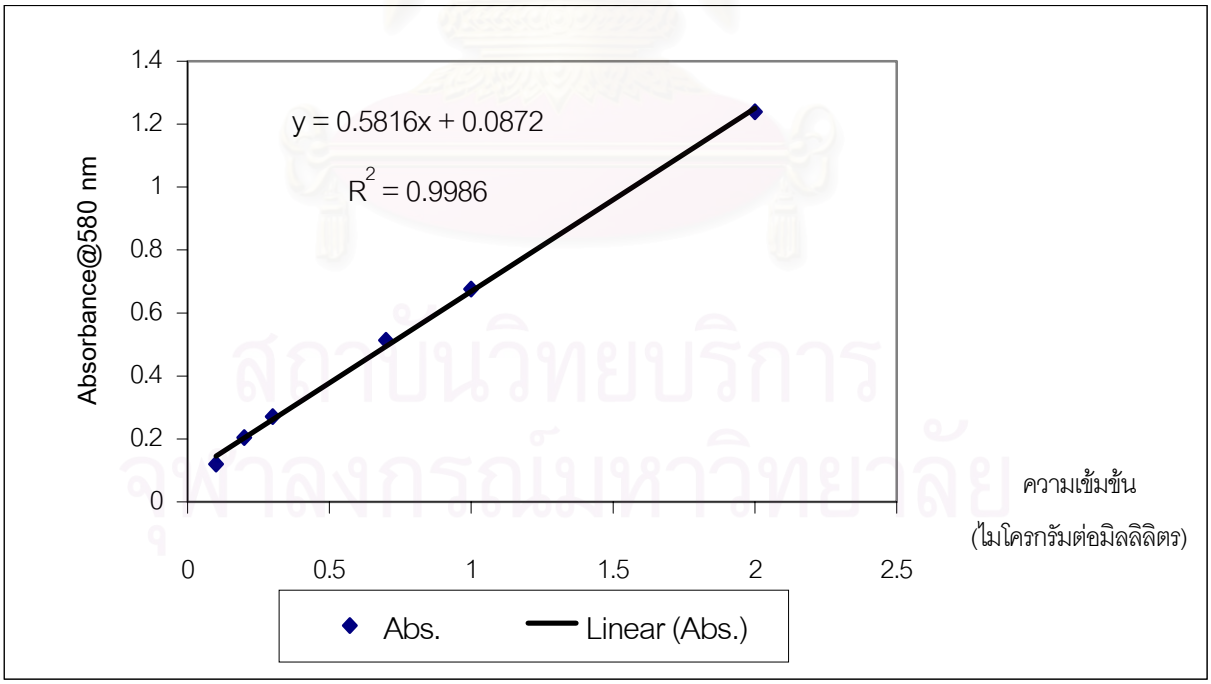
M_f = mass of formaldehyde in front impinger (μg)

M_b = mass of formaldehyde in back impinger (μg)

M_B = mass of formaldehyde in blank (μg)

V = ปริมาตรอากาศที่ทำการตรวจวัด (L)

ซึ่งผลการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานแสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 กราฟของสารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Active

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Passive

<u>สารเคมี</u>

1. 2,4-dinitrophenylhydrazine (Fluka) (recrystallized ด้วย 4M HCl 2 ครั้ง)
2. 2,4-DNPH Coating solution เตรียมจาก
   - 2,4-DNPH-HCl 900 mg เติม 1.7 ml conc. Phosphoric acid
   - เจือจางให้เป็น 100 ml ด้วย acetonitrile
3. Methanol (HPLC grade, Merk) 55% in water
4. Acetone (Merk)
5. Acetronitrile (HPLC grade, Merk)
6. Distilled, deionized water
7. Nitrogen gas

<u>เครื่องมือ</u>

1. 37-mm filter Cassette with 37-mm polytetrafluoroethylene (PTFE) membrane filter (2 μm pore size, Wattman)
2. 37-mm Glass fiber filter (5 μm pore size, Wattman)
3. High Performance Liquid Chromatography (HPLC, Shimadzu LC-3A) พร้อม Detector (LDC 4100) และ Integrator (Shimadzu CR-1A)
4. Column LiChroCART® 125-4, LiChrosphere® 100 RP-18 (5 μm)
5. Volumetric flask ; 1-, 10-, 100 ml และ 1L
6. Volumetric pipette ; 0.2-, 2- และ 5 ml
7. Test tube 16 ml
8. Water bath หรือ Ultrasonic bath
9. ปากคีบปลายแหลม, ถุงซิบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์โดยเครื่อง HPLC

สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์

คอลัมน์ : LiChroCART® 125-4, LiChrosphere® 100 RP-18 (5 μm)

เฟสเคลื่อนที่ : Methanol 55% ต่อ น้ำ 45%, isocratic

เครื่องตรวจวัด : อัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร

อัตราการไหล : 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที

เวลาที่ใช้ในการหน่วงเหนี่ยว : 6 นาที

ปริมาตรการฉีดตัวอย่าง : 10 ไมโครลิตร

การคำนวณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์

$$HCHO = \frac{Z * V * HCHO_{\varepsilon} * R * T * 10^{9}}{S * D * P}$$

โดยที่ HCHO = ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในบรรยากาศ (ppbv)

Z = air resistance (m^{-1})

V = ปริมาตรของ Acetronitrile ที่ใช้สกัดกระดาษกรอง (m^3)

$HCHO_{\varepsilon}$ = ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในตัวอย่าง (mol/m^{-3})

R = ค่าคงที่ของก๊าซ (m^3 atm mol^{-1} K^{-1})

T = อุณหภูมิ (K)

S = ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (s)

D = ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ (m^2s^{-1})

P = ความดันบรรยากาศ (atm)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่า air resistance (Z) สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{air resistance } (m^{-1}) = \frac{LR}{AR}$$

โดยที่ AR = พื้นที่หน้าตัดของ cassette (m^2)

LR = ความยาวของ cassette (m)

<u>การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Formaldehyde-2,4-DNPH</u> โดยใช้สารละลายมาตรฐาน Formaldehyde-2,4 DNPH 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรใน acetronitrile ของบริษัท SUPELCO INC. เพื่อนำไปเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. เตรียมจากสารละลายมาตรฐาน formaldehyde- 2,4-DNPH 100 μg/ml ใน acetronitrile
2. เตรียมให้มีความเข้มข้นเป็น 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 5.0, 10.0 และ 20.0 μg/ml
3. นำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

<u>การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC</u> (สำหรับสารละลายมาตรฐาน Formaldehyde-2,4-DNPH)

สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์

คอลัมน์ : LiChroCART® 125-4, LiChrosphere® 100 RP-18 (5 μm)

เฟสเคลื่อนที่ : Methanol 55% ต่อ น้ำ 45%, isocratic

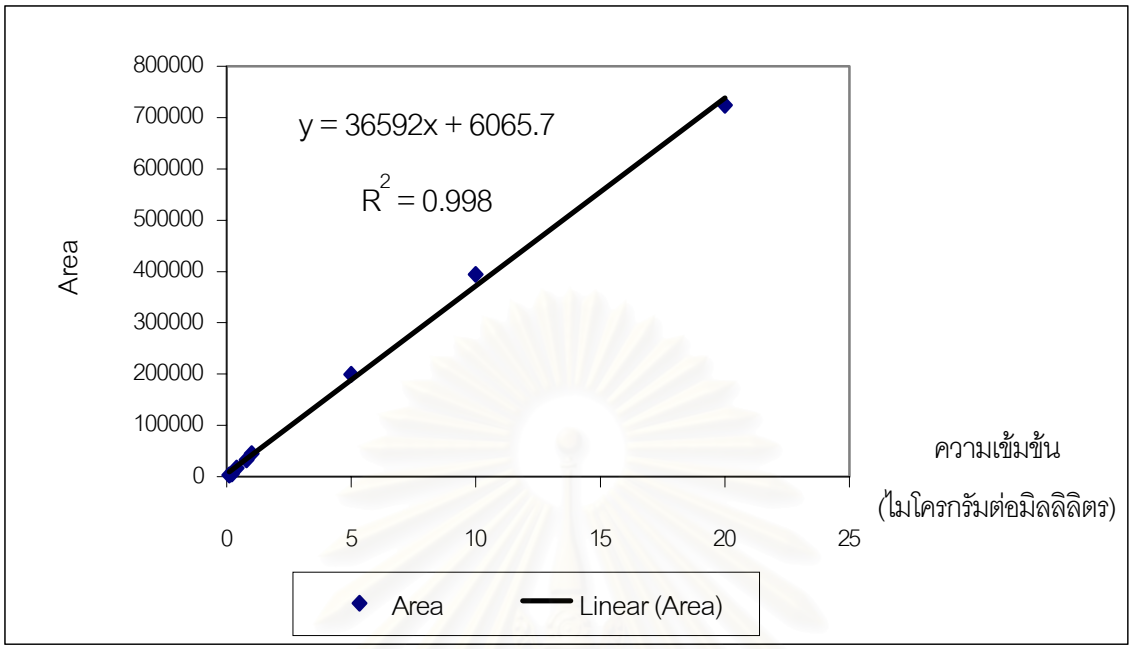
เครื่องตรวจวัด : UV-detector ที่ 365 nm

อัตราการไหล : 1 มิลลิลิตรต่อนาที

เวลาที่ใช้ในการหน่วงเหนี่ยว : 2.6 นาที

ปริมาตรการฉีดตัวอย่าง : 10 ไมโครลิตร

เมื่อวิเคราะห์ผลของสารมาตรฐาน Formaldehyde-2,4-DNPH แล้วได้กราฟมาตรฐานตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 กราฟของสารละลายมาตรฐาน Formaldehyde-2,4-DNPH

โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน Formaldehyde-2,4-DNPH แสดงไว้ในภาคผนวก ค

<u>การเตรียม passive sampler เพื่อตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์</u>

1. ทำความสะอาด cassette ทุกครั้งก่อนใช้งาน
   - เช็ดด้วย Acetone และ Methanol ผสมกันอัตราส่วน 1 : 1
   - เป่าให้แห้งด้วย Nitrogen gas แสดงส่วนประกอบของ Passive Sampler ดังรูปที่ 3.14
2. Coated กระดาษกรองด้วย 2,4-DNPH Solution ปริมาตร 200 μl
3. เป่ากระดาษกรองที่ Coated ด้วย 2,4-DNPH Solution แล้วให้แห้งด้วย Nitrogen gas
4. บรรจุใส่ Cassette ที่ทำความสะอาดแล้ว
5. ปิดผนึกรอยต่อของ Cassette ทุกรอยต่อด้วย parafilm
6. บรรจุ Cassette ที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้วในถุงซิบ ปิดผนึกให้เรียบร้อย เก็บไว้ใน dessicator ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ และไม่โดนแสง

รูปที่ 3.14 ส่วนประกอบของ Passive Sampler ที่ใช้ในการวิจัย

การนำ passive sampler เก็บตัวอย่างฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาลต่างๆ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำ passive sampler ที่เตรียมเรียบร้อยแล้วออกมาจากถุงซิบ เปิดฝาส่วนบนออก
2. ทำการติดตั้ง passive sampler ควบคู่กับ Active sampler โดยวางอยู่ห่างกันประมาณ 30 เซนติเมตร (เพื่อป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกัน) และวางติดตั้งตามหลักการเดียวกันกับ Active sampling
3. ทำการเก็บตัวอย่างพร้อมบันทึกข้อมูล รายละเอียดในการเก็บตัวอย่างดังนี้
   3.1 หมายเลขตัวอย่าง วันที่ทำการเก็บตัวอย่าง สถานที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง
   3.2 เวลาเริ่มและสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง
   3.3 Indoor Temperature
   3.4 Indoor Relative Humidity
   3.5 Outdoor Temperature
   3.6 Outdoor Relative Humidity
   3.7 รายละเอียดเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้อง และสภาพแวดล้อมภายในห้อง เช่น เดียวกับ Active sampling

<u>การสกัดตัวอย่างออกจากกระดาษกรองเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC</u>

การสกัดตัวอย่างออกจากกระดาษกรองมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำกระดาษกรองที่ได้จากการเก็บตัวอย่างใส่ลงในหลอดทดลอง
2. เติม Acetronitrile (HPLC grade) 3 ml ลงไป
3. นำไปใส่ใน Ultrasonic bath เพื่อให้การสกัดเกิดอย่างสมบูรณ์เป็นเวลา 30 นาที
4. นำสารละลายที่ได้ (สารละลายมีสีเหลืองใส) ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ด้วยสภาวะที่กล่าวไปแล้วข้างต้น

แสดงรูปสารละลายที่สกัดออกจากกระดาษกรอง เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 ตัวอย่างสารละลายที่สกัดจากกระดาษกรอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.16 High Performance Liquid Chromatography (HPLC, Shimadzu LC-3A) พร้อม Detector (LDC 4100) และ Integrator (Shimadzu CR-1A)

<u>การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ</u>

1. เปรียบเทียบปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ได้จากการตรวจวัดทั้งสองวิธี หาความสัมพันธ์ด้วย Linear regression
2. เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการระบายอากาศภายในสถานปฏิบัติการ ด้วยสถิติ F และ T-test

3.5 การประเมินความเสี่ยงสิ่งแวดล้อมของห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาล

การประเมินความเสี่ยงของสิ่งแวดล้อมเป็นการประเมินความเสี่ยงของตัวแปรหรือกิจกรรมต่างๆที่จะมีผลทำให้สิ่งแวดล้อมเกิดการเสื่อมโทรมหรือเกิดการสูญเสีย ซึ่งรวมทั้งด้านสุขภาพของบุคคลที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้นด้วย ในการวิจัยครั้งนี้ตัวแปรที่สนใจคือ ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้องในห้องปฏิบัติการ และอาการเจ็บป่วยที่เกิดจากการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

แบบสอบถามที่ใช้เป็นแบบสอบถามทั่วไปเกี่ยวกับการทำงาน และโรคที่เกิดจากการทำงาน อ้างอิงจาก NIOSH (Indoor Air Quality and Work Environment Symptoms Survey) ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ข มีข้อมูลโดยสังเขปดังต่อไปนี้

1.ข้อมูลทั่วไป

- อายุ ,เพศ
- สถานที่เกิด
- สถานที่อยู่ปัจจุบัน
- ระดับการศึกษา
- สัตว์เลี้ยงภายในบ้าน

2. ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ทำงาน

- ระยะเวลาในการทำงาน (จำนวนปีที่ทำงาน , จำนวนชั่วโมงทำงานเฉลี่ยต่อสัปดาห์ , จำนวนวันทำงานต่อสัปดาห์)
- ลักษณะสถานที่ทำงาน (ลักษณะห้องทำงาน , จำนวนคนที่ใช้ห้องทำงานร่วมกัน , ความสะอาดของสถานที่ทำงาน , หน้าต่างภายในห้องทำงาน , การเปลี่ยนแปลงของสถานที่ทำงาน เช่น การปูพรม ทาสี หรือเปลี่ยนเฟอร์นิเจอร์ใหม่ เป็นต้น)
- สภาวะแวดล้อมในสถานที่ทำงาน ภายในระยะเวลา 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา
- สภาวะแวดล้อมในสถานที่ทำงานขณะที่กำลังทำงาน

3. ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ

- โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ
- โรคประจำตัว
- อุปกรณ์ในการป้องกันสารเคมี

4. ประวัติการสูบบุหรี่

5. ประวัติการทำงาน

- เคยประกอบอาชีพอื่นหรือไม่
- เคยได้รับสัมผัสไอสารเคมีมาก่อนหรือไม่

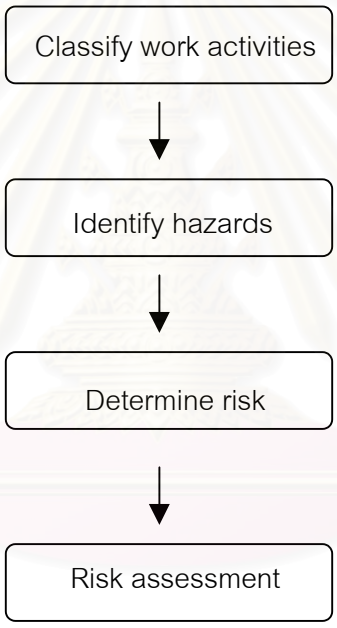
6. อาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นขณะทำงาน

- อาการที่เกิดขึ้นในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา
- อาการที่เกิดขึ้นขณะกำลังทำงานวันนี้
- อาการดังกล่าวเมื่อออกจากสถานที่ทำงานหรือในวันหยุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักการการประเมินความเสี่ยงสิ่งแวดล้อม มีขั้นตอนดังนี้

1. Classify work activities : เป็นการสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในสถานที่นั้น แล้วแบ่งเป็นประเภท และลักษณะของกิจกรรม
2. Identify hazards : ระบุแหล่งที่มาและประเภทของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในสถานที่นั้น รวมทั้งต้องทราบถึงปริมาณของอันตรายเหล่านั้นด้วย
3. Determine risk : ระบุปัจจัยเสี่ยงต่างๆที่เกิดขึ้น
4. Risk assessment : ทำการประเมินความเสี่ยง



รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยฉบับนี้เน้นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive ในห้องปฏิบัติการกายวิภาคในโรงพยาบาล รวมถึงหาแนวโน้มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจที่อาจสืบเนื่องมาจากการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์จากการทำงานในสถานที่ดังกล่าว ดังนั้นผลการศึกษาที่ได้จะแบ่งเป็น 1.) ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์จากห้องปฏิบัติการทั้ง 5 ห้อง ได้แก่ ห้องดองศพและห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ , ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ ห้องตรวจศพและห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี 2.) ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดด้วยวิธี Active และ Passive 3.) ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Active กับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้ เช่น การเปิดหรือไม่เปิดพัดลม และการเปิดหรือไม่เปิดเครื่องดูดกรองควัน (Fume filter) 4.) ประเมินความเสี่ยงระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์และโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจที่อาจสืบเนื่องมาจากการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในสถานที่ดังกล่าว

ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Active และ Passive แสดงในตารางแยกตามสถานที่ที่ทำการศึกษา ได้ผลดังนี้

4.1 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Activeและ Passive ณ ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Active มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 179.55 ppbสูงสุดเท่ากับ 680.85 ppb คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 363.86$\pm$ 164.95 ppb ส่วนปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Passive มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 236.55 ppb สูงสุดเท่ากับ 724.57 ppb คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 411.86$\pm$162.07 ppb

ตารางที่ 4.1 ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ ณ ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

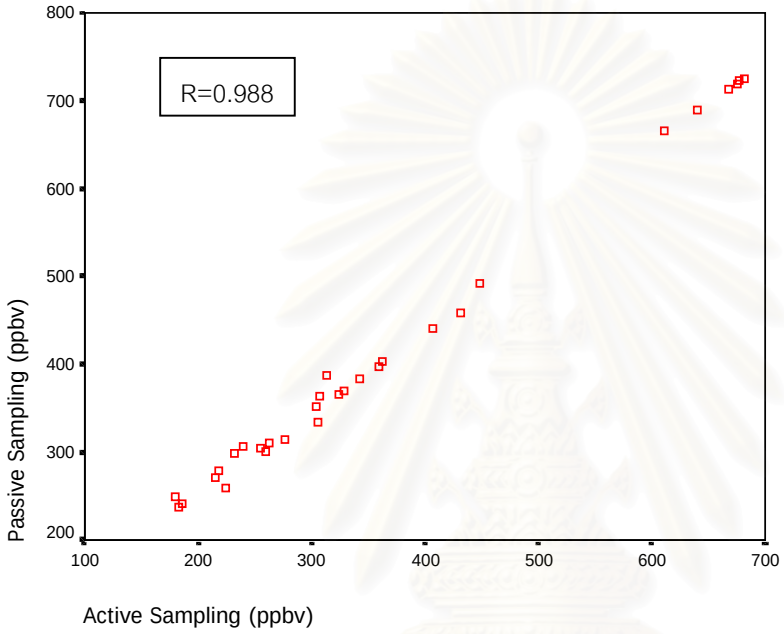
Number	Sampling Date	ปริมาณ HCHO(ppb)Active	ปริมาณ HCHO(ppb) Passive	สภาวะ[1]
1	10.01.44	255.47	304.13	1
2	10.01.44	240.16	305.69	1
3	10.01.44	231.58	298.56	1
4	12.01.44	218.46	278.46	1
5	12.01.44	214.57	270.58	1
6	12.01.44	262.64	311.23	1
7	17.01.44	304.13	351.79	2
8	17.01.44	313.12	387.16	2
9	17.01.44	307.17	364.27	2
10	29.01.44	179.55	249.89	1
11	29.01.44	185.25	242.13	1
12	29.01.44	183.10	236.55	1
13	06.02.44	259.32	301.25	1
14	06.02.44	277.11	314.22	1
15	06.02.44	224.27	260.12	1
16	14.02.44	640.22	689.86	3
17	14.02.44	677.00	722.65	3
18	14.02.44	610.23	665.46	3
19	19.02.44	675.66	719.13	3
20	19.02.44	680.85	724.57	3
21	19.02.44	667.23	712.24	3
22	22.02.44	432.15	458.70	3
23	22.02.44	406.27	441.14	3
24	22.02.44	447.59	492.26	3
25	23.02.44	362.24	403.01	2
26	23.02.44	324.15	365.09	2
27	23.02.44	328.33	368.97	2
28	27.02.44	358.65	397.87	2
29	27.02.44	306.15	335.05	2
30	27.02.44	343.12	383.66	2

สภาวะ[1] คือ สภาวะของห้องขณะทำการเก็บตัวอย่าง

1 หมายถึง สภาวะปกติ ไม่มีการเปิดพัดลม หรือกิจกรรมพิเศษอื่น

2 หมายถึง สภาวะปกติ แต่มีการเปิดพัดลม

3 หมายถึง สภาวะไม่ปกติ มีการเปิดพัดลม และกิจกรรมพิเศษอื่น(ในที่นี้ได้แก่การพลิกศพเพื่อตรวจหมายเลข และการเคลื่อนย้ายศพไปประกอบพิธีฌาปณกิจ)



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive ของห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

4.2 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Activeและ Passive ณ ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

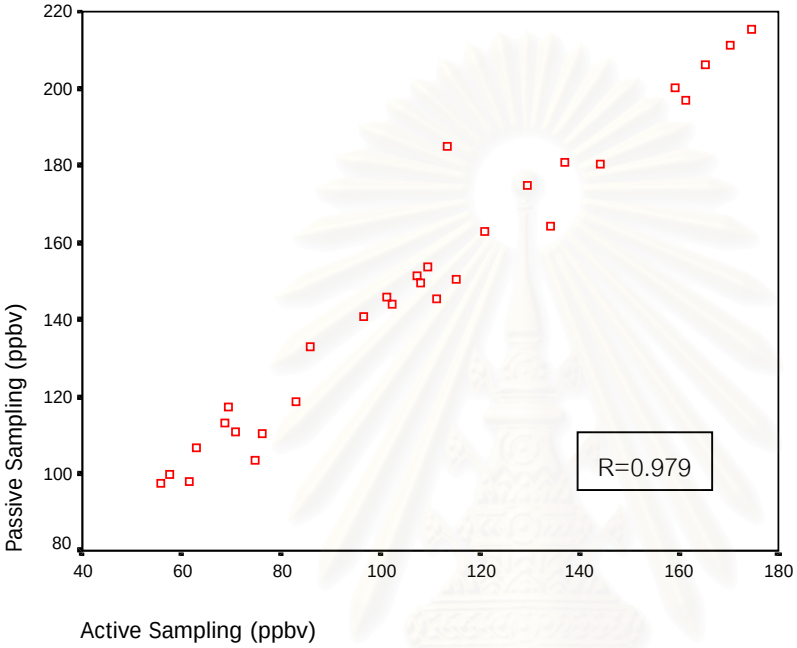
ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Active มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 55.87 ppbสูงสุดเท่ากับ 174.65 ppb คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 107.57±36.15 ppb ส่วนปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Passiveมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 97.61 ppb สูงสุดเท่ากับ 215.33 ppb คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 148.94±36.66 ppb

ตารางที่ 4.2 ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ ณ ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

Number	Sampling Date	ปริมาณ HCHO(ppb)Active	ปริมาณ HCHO(ppb) Passive	สภาวะ[2]
1	10.01.44	174.65	215.33	1
2	10.01.44	165.25	206.12	1
3	10.01.44	170.26	211.47	1
4	12.01.44	137.16	180.67	1
5	12.01.44	159.05	200.40	1
6	12.01.44	161.26	196.75	1
7	17.01.44	134.06	164.26	1
8	17.01.44	144.02	180.46	1
9	17.01.44	113.32	185.14	1
10	29.01.44	69.25	117.24	2
11	29.01.44	83.03	118.48	2
12	29.01.44	70.90	111.05	2
13	06.02.44	101.27	145.65	1
14	06.02.44	108.08	149.54	1
15	06.02.44	115.14	150.63	1
16	14.02.44	111.25	145.55	1
17	14.02.44	107.22	151.23	1
18	14.02.44	102.34	144.18	1
19	19.02.44	129.34	174.97	1
20	19.02.44	121.09	162.98	1
21	19.02.44	109.46	153.48	1
22	22.02.44	96.59	140.63	2
23	22.02.44	85.96	133.07	2
24	22.02.44	76.10	110.45	2
25	23.02.44	68.48	112.99	2
26	23.02.44	63.08	106.50	2
27	23.02.44	57.65	99.85	2
28	27.02.44	74.61	103.50	2
29	27.02.44	61.50	98.02	2
30	27.02.44	55.87	97.61	2

สภาวะ[2] คือ สภาวะของห้องขณะทำการเก็บตัวอย่าง

1	หมายถึง	สภาวะปกติปิดหน้าต่าง ไม่มีการเปิดพัดลม หรือกิจกรรมพิเศษอื่น
2	หมายถึง	สภาวะปกติเปิดหน้าต่างและมีการเปิดพัดลม



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive ของห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Activeและ Passive ณ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ

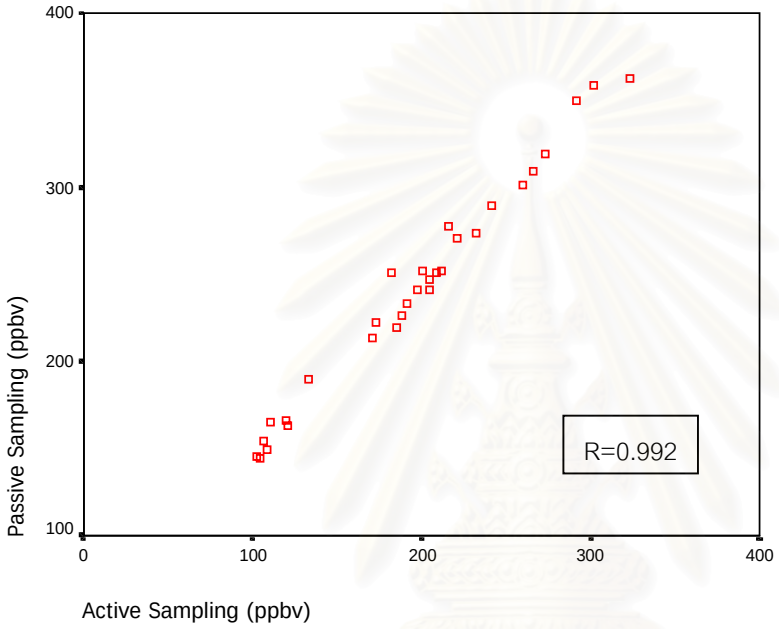
ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Active มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 102.26 ppbสูงสุดเท่ากับ 623.27 ppb คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 224.99±62.59 ppb ส่วนปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Passiveมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 144.65 ppb สูงสุดเท่ากับ 362.30 ppb คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 241.33±63.57 ppb

ตารางที่ 4.3 ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ ณ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ

Number	Sampling Date	ปริมาณ HCHO(ppb)Active	ปริมาณ HCHO(ppb) Passive	สภาวะ[3]
1	09.01.44	205.02	246.67	1
2	09.01.44	170.64	213.85	1
3	09.01.44	181.85	251.43	1
4	11.01.44	172.85	222.68	1
5	11.01.44	121.08	162.67	1
6	11.01.44	132.88	189.48	1
7	15.01.44	110.55	164.81	2
8	15.01.44	106.23	154.56	2
9	15.01.44	103.84	144.65	2
10	19.01.44	102.26	145.39	2
11	19.01.44	120.05	165.95	2
12	19.01.44	108.62	149.60	2
13	23.01.44	200.54	252.09	1
14	23.01.44	191.07	232.89	1
15	23.01.44	185.04	219.43	1
16	26.01.44	272.85	319.56	1
17	26.01.44	221.10	270.44	1
18	26.01.44	232.15	274.10	1
19	30.01.44	302.26	358.13	3
20	30.01.44	323.27	362.30	3
21	30.01.44	291.72	349.95	3
22	09.02.44	188.51	226.56	1
23	09.02.44	204.94	240.82	1
24	09.02.44	197.35	241.05	1
25	12.02.44	241.00	289.90	3
26	12.02.44	265.74	309.13	3
27	12.02.44	259.62	301.18	3
28	16.02.44	215.92	277.48	1
29	16.02.44	208.93	250.96	1
30	16.02.44	212.04	252.20	1

สภาวะ[3] คือ สภาวะของห้องขณะทำการเก็บตัวอย่าง

1	หมายถึง	สภาวะปกติ ไม่มีการเปิดพัดลม หรือกิจกรรมพิเศษอื่น
2	หมายถึง	สภาวะที่กำลังทำความสะอาดหลังเสร็จสิ้นการทำงานภายในห้องแล้ว
3	หมายถึง	สภาวะปกติที่มีการเปิดพัดลม



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive ของห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ

4.4 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Activeและ Passive ณ ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี

ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Active มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 121.17 ppb สูงสุดเท่ากับ 329.47 ppb คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 206.52±55.88 ppb ส่วนปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Passive มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 165.32 ppb สูงสุดเท่ากับ 366.08 ppb คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 246.89±54.68 ppb

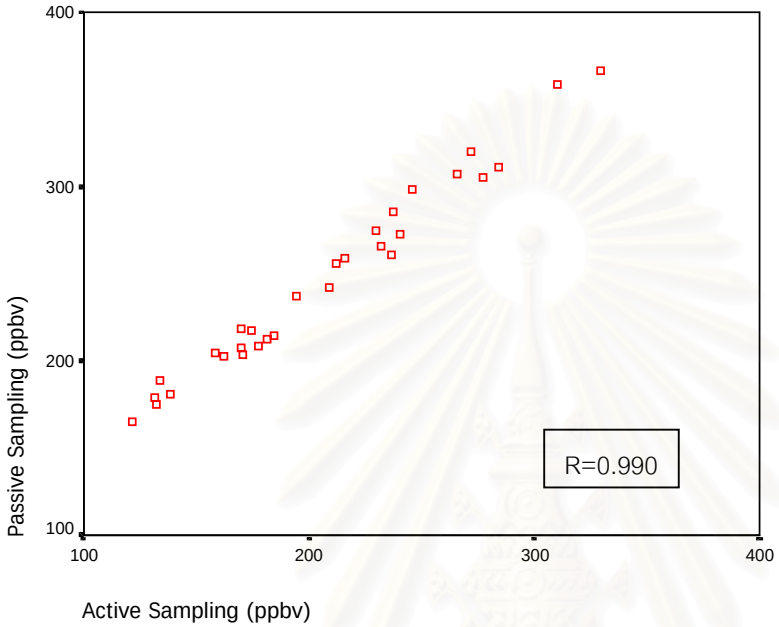
ตารางที่ 4.4 ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ ณ ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี

Number	Sampling Date	ปริมาณ HCHO(ppb)Active	ปริมาณ HCHO(ppb) Passive	สภาวะ[4]
1	16.01.44	131.27	178.64	2
2	16.01.44	121.17	165.32	2
3	16.01.44	132.50	174.60	2
4	18.01.44	138.02	181.05	2
5	18.01.44	174.66	217.15	2
6	18.01.44	161.78	202.36	2
7	22.01.44	240.57	272.23	1
8	22.01.44	231.77	265.78	1
9	22.01.44	272.06	320.12	1
10	31.01.44	157.99	204.27	2
11	31.01.44	170.05	218.11	2
12	31.01.44	133.66	188.65	2
13	02.02.44	194.27	237.25	1
14	02.04.44	181.55	212.12	1
15	02.02.44	177.60	208.27	1
16	07.02.44	169.58	207.12	1
17	07.02.44	170.24	203.20	1
18	07.02.44	184.27	214.09	1
19	15.02.44	329.47	366.08	1
20	15.02.44	277.46	305.25	1
21	15.02.44	310.53	358.45	1
22	20.02.44	284.23	311.20	1
23	20.02.44	212.00	256.13	1
24	20.02.44	245.62	298.45	1
25	26.02.44	208.58	242.07	1
26	26.02.44	215.49	258.42	1
27	26.02.44	236.57	261.20	1
28	28.02.44	229.62	274.31	1
29	28.02.44	265.47	307.55	1
30	28.02.44	237.66	285.22	1

สภาวะ[4] คือ สภาวะของห้องขณะทำการเก็บตัวอย่าง

1 หมายถึง สภาวะปกติ ไม่มีการเปิดพัดลม หรือเครื่องดูดกรองควัน(fume filter)

2 หมายถึง สภาวะที่มีการเปิดพัดลม หรือเครื่องดูดกรองควัน(fume filter)



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive ของห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี

4.5 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Activeและ Passive ณ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี

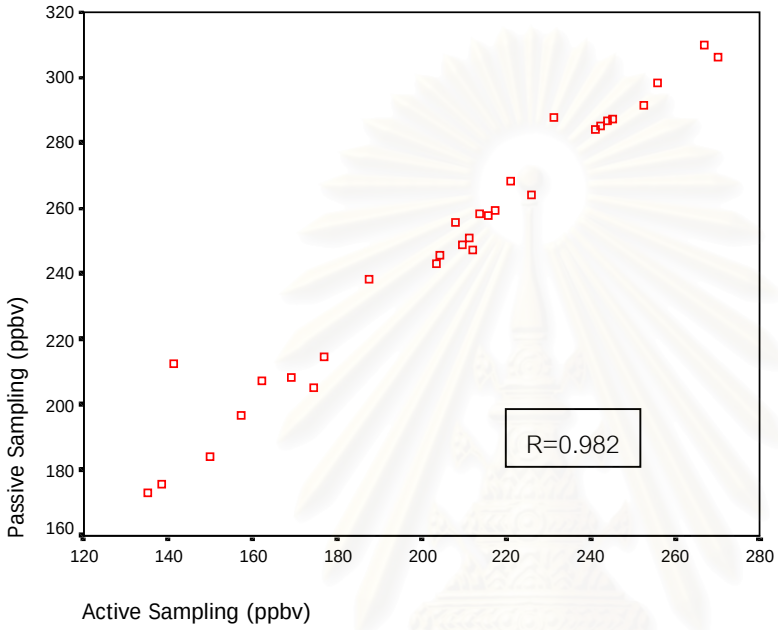
ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Active มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 135.10 ppb สูงสุดเท่ากับ 270.15 ppb คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 206.15±39.17 ppb ส่วนปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Passive มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 173.19 ppb สูงสุดเท่ากับ 309.75 ppb คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 248.47±39.47 ppb

ตารางที่ 4.5 ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ ณ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี

Number	Sampling Date	ปริมาณ HCHO(ppb)Active	ปริมาณ HCHO(ppb) Passive	สภาวะ[5]
1	16.01.44	252.50	291.47	1
2	16.01.44	168.92	208.45	1
3	16.01.44	208.06	255.65	1
4	18.01.44	215.92	258.13	1
5	18.01.44	212.04	247.15	1
6	18.01.44	244.05	286.66	1
7	22.01.44	174.30	205.30	2
8	22.01.44	161.98	207.15	2
9	22.01.44	187.65	238.63	2
10	31.01.44	240.94	284.22	1
11	31.01.44	231.36	288.15	1
12	31.01.44	255.85	298.24	1
13	02.02.44	266.72	309.75	1
14	02.04.44	245.42	287.14	1
15	02.02.44	270.15	306.23	1
16	07.02.44	135.10	173.19	2
17	07.02.44	149.85	184.02	2
18	07.02.44	138.44	175.57	2
19	15.02.44	211.43	251.21	1
20	15.02.44	226.13	264.27	1
21	15.02.44	209.80	249.11	1
22	20.02.44	204.27	245.91	1
23	20.02.44	217.50	259.65	1
24	20.02.44	213.65	258.23	1
25	26.02.44	141.21	212.41	2
26	26.02.44	177.02	214.71	2
27	26.02.44	157.23	196.60	2
28	28.02.44	221.17	268.48	1
29	28.02.44	203.42	243.23	1
30	28.02.44	242.55	285.31	1

สภาวะ[5] คือ สภาวะของห้องขณะทำการเก็บตัวอย่าง

1	หมายถึง	สภาวะปกติ เปิดเครื่องดูดกรองควัน(fume filter) เป็นบางเครื่อง
2	หมายถึง	สภาวะที่มีการเปิดเครื่องดูดกรองควัน(fume filter) ครบทุกเครื่อง



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive ของห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลรามาธิบดี

4.6 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Activeและ Passive ณ ห้องปฏิบัติการ FT-IR ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

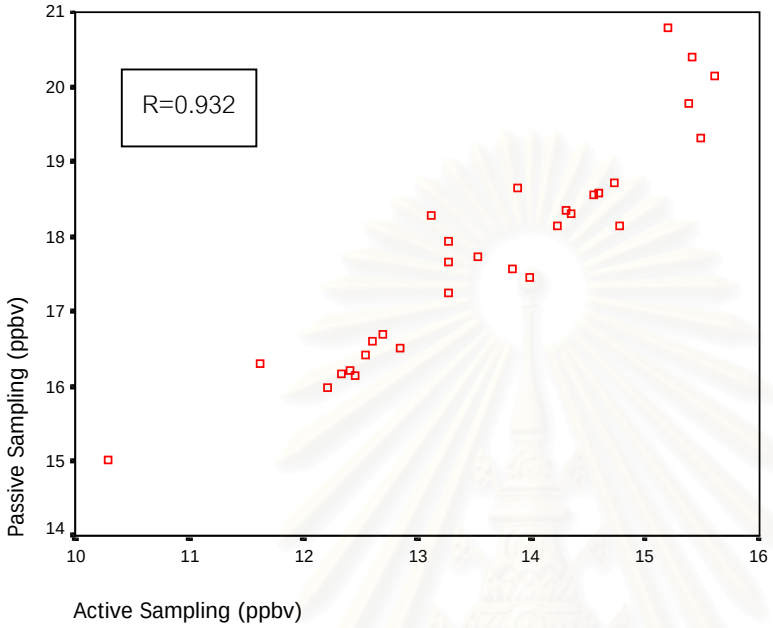
ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Active มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 10.29 ppb สูงสุดเท่ากับ 15.61 ppb คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 13.63±1.29 ppb ส่วนปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Passiveมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 15.02 ppb สูงสุดเท่ากับ 20.79 ppb คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 17.79±1.43 ppb

ตารางที่ 4.6 ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ ณ ห้องปฏิบัติการ FT-IR ศูนย์เครื่องมือฯจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Number	Sampling Date	ปริมาณ HCHO(ppb)Active	ปริมาณ HCHO(ppb) Passive	สภาวะ[6]
1	08.01.44	12.55	16.42	1
2	08.01.44	15.38	19.77	1
3	08.01.44	13.99	17.46	1
4	10.01.44	13.12	18.28	1
5	10.01.44	12.34	16.16	1
6	10.01.44	14.55	18.55	1
7	24.01.44	13.27	17.67	1
8	24.01.44	10.29	15.02	1
9	24.01.44	11.62	16.30	1
10	25.01.44	12.85	16.51	1
11	25.01.44	13.27	17.24	1
12	25.01.44	14.30	18.36	1
13	01.02.44	12.61	16.60	1
14	01.02.44	15.41	20.41	1
15	01.02.44	12.69	16.69	1
16	05.02.44	12.21	15.99	1
17	05.02.44	14.78	18.15	1
18	05.02.44	12.41	16.20	1
19	07.02.44	15.48	19.33	1
20	07.02.44	13.53	17.74	1
21	07.02.44	14.36	18.31	1
22	13.02.44	15.61	20.14	1
23	13.02.44	15.19	20.79	1
24	13.02.44	14.73	18.73	1
25	15.02.44	13.88	18.65	1
26	15.02.44	12.46	16.15	1
27	15.02.44	13.27	17.94	1
28	20.02.44	14.23	18.15	1
29	20.02.44	14.59	18.59	1
30	20.02.44	13.84	17.58	1

สภาวะ[6] คือ สภาวะของห้องขณะทำการเก็บตัวอย่าง

1 หมายถึง สภาวะปกติ เปิดเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศตลอด 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive ของห้องปฏิบัติการFT-IR ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วย วิธี Active และ Passive

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วย วิธี Active และ Passive ด้วยสถิติ Linear regression เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วย วิธี Active และ Passive ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วย วิธี Active และ Passive

Location	ค่าเฉลี่ย HCHO (ppb) Active sampling	ค่าเฉลี่ย HCHO (ppb) Passive sampling	ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย (R)
ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	363.86±164.95	411.86±162.07	0.988
ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	107.57±36.15	148.94±36.66	0.979
ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ	194.99±62.59	241.33±63.57	0.992
ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี	206.52±55.88	246.89±54.68	0.990
ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี	206.15±39.17	248.47±39.47	0.982
ห้องปฏิบัติการ FT-IR ศูนย์เครื่องมือฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	13.63±1.29	17.79±1.43	0.932

วิเคราะห์ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วย วิธี Active และ Passive พบว่าห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นสูง มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย เท่ากับ 0.988 (P<0.05), ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นสูง มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย เท่ากับ 0.979 (P<0.05), ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นสูง มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย เท่ากับ 0.992 (P<0.05), ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นสูง มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย เท่ากับ 0.990 (P<0.05), ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นค่อนข้างสูง มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย เท่ากับ 0.982 (P<0.05) และห้องปฏิบัติการFT-IR ศูนย์เครื่องมือฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นสูง มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย เท่ากับ 0.932 (P<0.05)

4.8 การวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Active และ Passive

ปัจจัยที่เกิดขึ้นและอาจส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. การเปิดหรือไม่เปิดพัดลม (อาจเป็นพัดลมธรรมดา หรือ พัดลมระบายอากาศ)
2. การเปิดหรือไม่เปิด Fume filter(เครื่องกรองและดูดควัน)

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ เมื่อทำการตรวจวัดที่สภาวะต่างกัน

Location	ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์	ค่าเฉลี่ย HCHO (ppb) Active sampling	ค่าเฉลี่ย HCHO (ppb) Passive sampling	สภาวะ
ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	พัดลมตั้งพื้น	227.62±33.00 (N=12)	281.07±182.516 (N=12)	1
		327.45±22.51 (N=9)	372.99±22.02 (N=9)	2
ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	พัดลมตั้งพื้น	131.35±25.27 (N=18)	173.27±24.69 (N=18)	1
		71.92±12.14 (N=12)	112.45±13.44 (N=12)	2
ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ	พัดลมเพดาน	195.26±34.31 (N=18)	241.35±34.77 (N=18)	1
		280.60±30.47 (N=6)	328.43±31.91 (N=6)	2
ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี	Fume filter	232.12±45.63 (N=21)	269.74±47.93 (N=21)	1
		146.79±19.43 (N=9)	192.24±19.03 (N=9)	2
ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี	Fume filter	226.75±24.49 (N=21)	268.89±24.99 (N=21)	1
		158.09±18.64 (N=9)	208.62±34.45 (N=9)	2
ห้องปฏิบัติการ FT-IR ศูนย์เครื่องมือฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	-	-	-	-

จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Univariate analysis พบว่า

1. การเปิดพัดลมตั้งพื้น ไม่มีผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้ ที่ ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เนื่องมาจากลักษณะพื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นห้องเปิดโล่งอยู่แล้ว ซึ่งมีอากาศถ่ายเทพอสมควร ดังนั้นการเพิ่มกระแสลมด้วยพัดลมจึงไม่มีอิธิพลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์มากนัก ($p > 0.05$)

2. การเปิด Fume filter ส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้ทั้งที่ห้องตรวจศพและห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี ที่ระดับนัยสำคัญ $P< 0.05$ กล่าวคือ เมื่อเปิด Fume Filter ทำให้ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้มีค่าลดลง

การเปรียบเทียบความแตกต่างของการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ ด้วยวิธี Active และ Passive

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ ด้วยวิธี Active และ Passive ด้วยสถิติ F และ T test พบว่ามีความแตกต่างในการตรวจวัดทั้งสองวิธีในทุกๆห้องปฏิบัติการที่ทำการศึกษาที่ระดับนัยสำคัญ $P< 0.05$

4.9 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม

จากการวิเคราะห์แบบสอบถามของ NIOSH (Indoor Air Quality and Work Environment Symtoms Survey) เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานอยู่ในห้องปฏิบัติการทั้ง 3 โรงพยาบาล จำนวน 25 คน ทั้งในส่วนของข้อมูลทั่วไป ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ทำงาน ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ ประวัติการสูบบุหรี่ ประวัติการทำงาน อาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้น สรุปได้ดังนี้

ข้อมูลทั่วไป

1. อายุ จากแบบสอบถามพบว่า เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานอยู่ในห้องปฏิบัติการทั้ง 3 โรงพยาบาล มีอายุเฉลี่ย 34.6$\pm$8.7 ปี อายุต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ 21-52 ปี
2. เพศ เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานอยู่ในห้องปฏิบัติการทั้ง 3 โรงพยาบาล มีเพศชาย 17 คน คิดเป็น 68% เพศหญิง 8 คน คิดเป็น 32%

3. สถานที่เกิด เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานอยู่ในห้องปฏิบัติการทั้ง 3 โรงพยาบาล มีคนที่มีภูมิลำเนาเดิมอยู่กรุงเทพมหานคร จำนวน 17 คน คิดเป็น 68% คนที่มีภูมิลำเนาเดิมอยู่ต่างจังหวัด จำนวน 8 คน คิดเป็น 32%
4. สถานที่พักอาศัยปัจจุบัน เป็นแฟลต 5 คน (20%) บ้านส่วนตัว 16 คน (64%) อื่นๆ เช่น หอพัก หรือคอนโดมิเนียม 4 คน (16%)
5. ระดับการศึกษา จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาหรือต่ำกว่า จำนวน 2 (8%) ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 10 คน (40%) ระดับอนุปริญญา จำนวน 8 คน (32%) ระดับปริญญาตรี 4 คน (16%)
6. สัตว์เลี้ยงภายในบ้าน เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานอยู่ในห้องปฏิบัติการทั้ง 3 โรงพยาบาล มีสัตว์เลี้ยงภายในบ้าน 8 คน คิดเป็น 32% ไม่มีสัตว์เลี้ยงภายในบ้าน 17 คน คิดเป็น 68%

ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ทำงาน

1. ระยะเวลาในการทำงาน
   - จำนวนปีที่เข้าทำงาน ณ ห้องปฏิบัติการนี้ อายุงานน้อยที่สุดเท่ากับ 2 เดือน สูงที่สุดเท่ากับ 32 ปี คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.2(8.7 ปี
   - จำนวนชั่วโมงทำงานเฉลี่ยต่อสัปดาห์ มีเจ้าหน้าที่ทีมีชั่วโมงทำงาน 30-40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 16 คน (64%) ชั่วโมงทำงาน 41-50 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 5 คน (20%) ชั่วโมงทำงาน 51-60 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 2 คน (8%) ชั่วโมงทำงาน 60ชั่วโมงต่อสัปดาห์ขึ้นไป จำนวน 2 คน (8%)
   - จำนวนวันทำงานต่อสัปดาห์ 3วัน ต่อสัปดาห์ จำนวน 1 คน(4%) 4วัน ต่อสัปดาห์ จำนวน 1 คน(4%) 5วัน ต่อสัปดาห์ จำนวน 14 คน(56%) 6 วัน ต่อสัปดาห์ จำนวน 3 คน(12%) และ 7วัน ต่อสัปดาห์ จำนวน 6 คน(24%)
2. ลักษณะสถานที่ทำงาน
   - จำนวนคนที่ใช้ห้องทำงานร่วมกัน คนที่ใช้ห้องทำงานร่วมกันตั้งแต่ 2-3 คน เป็นจำนวน 5 คน (20%) คนที่ใช้ห้องทำงานร่วมกันตั้งแต่ 4-7 คน เป็นจำนวน 6 คน (24%) คนที่ใช้ห้องทำงานร่วมกันตั้งแต่ 8 คนขึ้นไป เป็นจำนวน 14 คน (56%)
   - การเปลี่ยนแปลงของสถานที่ทำงาน ประกอบด้วย การเปลี่ยนพรมใหม่ การทาสีผนังห้องใหม่ เฟอร์นิเจอร์ใหม่ และผนังกั้นห้องใหม่ ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด

3. สภาวะแวดล้อมในสถานที่ทำงานภายในระยะเวลา 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา

ตารางที่ 4.9 ผลจากแบบสอบถามแสดงสภาวะแวดล้อมในสถานที่ทำงานภายในระยะเวลา 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา

ลักษณะ	ไม่ใช่ในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา		1-3 วันในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา		1-3 วัน/สัปดาห์ในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา		ทุกวันหรือเกือบทุกวันขณะกำลังทำงาน	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)
อากาศผ่านเข้าออกสะดวก	7	28	-	-	2	8	4	16
อากาศผ่านเข้าออกน้อย	7	28	3	12	1	4	14	56
อุณหภูมิสูงเกินไป	6	24	2	8	2	8	2	8
อุณหภูมิต่ำเกินไป	9	36	-	-	3	12	1	4
ความชื้นสูง	8	32	2	8	1	4	2	8
อากาศแห้งมาก	9	36	2	8	2	8	2	8
มีกลิ่นบุหรี่	7	28	2	8	1	4	5	20
มีกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่น เช่น กลิ่นอาหาร ฯลฯ	5	20	2	8	2	8	5	20

4. สภาวะแวดล้อมในสถานที่ทำงานขณะกำลังทำงานวันนี้

ตารางที่ 4.10 ผลจากแบบสอบถามแสดงสภาวะแวดล้อมในสถานที่ทำงานขณะกำลังทำงานในวันที่ทำแบบสอบถาม

ลักษณะ	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)
อากาศผ่านเข้าออกสะดวก	13	52
อากาศผ่านเข้าออกน้อย	10	40
อุณหภูมิสูงเกินไป	6	24
อุณหภูมิต่ำเกินไป	1	4
ความชื้นสูง	4	16
อากาศแห้งมาก	3	12
มีกลิ่นบุหรี่	11	44
มีกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่น เช่น กลิ่นอาหาร ฯลฯ	14	56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ

1. โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ

ตารางที่ 4.11 ผลจากแบบสอบถามแสดงโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ

โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
โรคหลอดลมอักเสบ	1	4
วัณโรคปอด	-	-
โรคหอบหืด	-	-
ไซนัส	-	-
โรคภูมิแพ้	7	28
โรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ	-	-

2. อุปกรณ์ป้องกันไอสารเคมี เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง มีอุปกรณ์ป้องกันไอสารเคมี 19 คน คิดเป็น 76% และไม่มีอุปกรณ์ป้องกันไอสารเคมี 6 คน คิดเป็น 24%
3. การใช้อุปกรณ์ป้องกันไอสารเคมี เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง ใช้อุปกรณ์ป้องกันไอสารเคมีตลอดเวลาที่ทำงานจำนวน 9 คน คิดเป็น 36% ใช้อุปกรณ์ป้องกันไอสารเคมีเป็นบางครั้งที่ทำงานจำนวน 10 คน คิดเป็น 40% และใช้อุปกรณ์ป้องกันไอสารเคมีมาตั้งแต่เริ่มการทำงานจำนวน 9 คน คิดเป็น 36%
3. การตรวจสุขภาพประจำปี เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง ได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี จำนวน 17 คน คิดเป็น 68% โดยตรวจสุขภาพปีละ 1 ครั้ง จำนวน 15 คน (60%) ตรวจสุขภาพปีละ 2 ครั้ง จำนวน 5 คน (20%) และไม่เคยรับการตรวจสุขภาพประจำปี จำนวน 8 คน คิดเป็น 32%

ประวัติการสูบบุหรี่

มีเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง สูบบุหรี่ 9 คน คิดเป็น 36%ไม่สูบบุหรี่ จำนวน 14คน คิดเป็น 56%

ประวัติการทำงาน

1. เคยประกอบอาชีพอื่น เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง เคยประกอบอาชีพอื่นมาก่อน 16 คน คิดเป็น 64%
2. เคยทำงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี หรือได้รับสัมผัสไอสารเคมีมาก่อน จำนวน 9 คน คิดเป็น 36%

อาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นจากการทำงาน

1. อาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นภายในระยะเวลา 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา

ตารางที่ 4.12 ผลจากแบบสอบถามแสดงอาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นภายในระยะเวลา 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา

อาการ	ไม่ใช่ในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา		1-3 วันในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา		1-3 วัน/สัปดาห์ในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา		ทุกวันหรือเกือบทุกวัน ขณะกำลังทำงาน	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)
ตาแห้ง คัน หรือระคายเคืองตา	9	36	7	28	1	4	4	16
หายใจมีเสียงดัง	12	48	3	12	2	8	2	8
ปวดศีรษะ	6	24	4	16	6	24	4	16
เจ็บคอ คอแห้ง	10	40	4	16	5	20	2	8
เหนื่อยง่าย อ่อนเพลีย หรือง่วงซึมเป็นประจำ	7	28	4	16	5	20	4	16
แน่นหน้าอก	12	48	1	4	2	8	3	12
คัดจมูก มีน้ำมูก	9	36	4	16	4	16	3	12
ไอ	12	48	3	12	2	8	1	4
จาม	14	56	2	8	1	4	1	4
หายใจถี่	13	52	2	8	1	4	2	8

2. อาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นเมื่อออกจากสถานที่ทำงาน หรือในวันหยุด

ตารางที่ 4.13 ผลจากแบบสอบถามแสดงอาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นเมื่อออกจากสถานที่ทำงาน หรือในวันหยุด

อาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้น	แย่ลง		เหมือนเดิม		ดีขึ้น	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
ตาแห้ง คัน หรือระคายเคืองตา	2	8	4	16	13	52
หายใจมีเสียงดัง	1	4	7	28	11	44
ปวดศีรษะ	1	4	4	16	14	56
เจ็บคอ คอแห้ง	1	4	4	16	14	56
เหนื่อยง่าย อ่อนเพลียหรืองว่งซึมเป็นประจำ	1	4	5	20	13	52
แน่นหน้าอก	1	4	3	12	15	60
คัดจมูก มีน้ำมูก	1	4	7	28	11	44
ไอ	1	4	4	16	13	52
จาม	1	4	3	12	13	52
หายใจถี่	1	4	3	12	14	56

3. อาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นขณะกำลังทำงานวันนี้

ตารางที่ 4.14 ผลจากแบบสอบถามแสดงอาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นขณะกำลังทำงานในวันที่ทำแบบสอบถาม

อาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้น	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
ตาแห้ง คัน หรือระคายเคืองตา	9	36
หายใจมีเสียงดัง	2	8
ปวดศีรษะ	9	36
เจ็บคอ คอแห้ง	11	44
เหนื่อยง่าย อ่อนเพลียหรืองว่งซึมเป็นประจำ	6	24
แน่นหน้าอก	3	12
คัดจมูก มีน้ำมูก	8	32
ไอ	3	12
จาม	3	12
หายใจถี่	2	8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. อาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นขณะกำลังทำงานวันนี้ แยกตามเจ้าหน้าที่แต่ละโรงพยาบาล

ตารางที่ 4.15 ผลจากแบบสอบถามแสดงอาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นขณะกำลังทำงานวันนี้ แยกตามเจ้าหน้าที่แต่ละโรงพยาบาล

อาการ	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (N=6)		โรงพยาบาลตำรวจ (N=3)		โรงพยาบาลรามาธิบดี			
					ห้องตรวจศพ (N=8)		ห้องปฏิบัติการพยาธิ (N=8)	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)	จำนวน(คน)	ร้อยละ (%)
ตาแห้ง คัน หรือระคายเคืองตา	5	83	-	-	2	25	2	25
หายใจมีเสียงดัง	2	33	-	-	4	50	7	-
ปวดศีรษะ	4	66.7	-	-	1	12.5	4	50
เจ็บคอ คอแห้ง	4	66.7	1	33.3	1	12.5	5	62.5
เหนื่อยง่าย อ่อนเพลีย หรือง่วงซึมเป็นประจำ	4	66.7	-	-	1	12.5	1	12.5
แน่นหน้าอก	3	50	-	-	4	50	7	-
คัดจมูก มีน้ำมูก	3	50	1	33.3	1	12.5	3	37.5
ไอ	2	33.3	-	-	4	50	1	12.5
จาม	3	50	-	-	4	50	7	-
หายใจถี่	2	33.3	-	-	4	50	7	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. การประเมินความเสี่ยงสิ่งแวดล้อมของห้องปฏิบัติการกายวิภาคในโรงพยาบาล

ตารางที่ 4.16 ค่าความแตกต่างของตัวแปรที่มีผลต่ออากาศภายในห้องปฏิบัติการกายวิภาคในโรงพยาบาลและสุขภาพของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน

ตัวแปร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์		โรงพยาบาลตำรวจ	โรงพยาบาลรามาธิบดี		ศูนย์เครื่องมือฯ
	1	2	3	4	5	6
ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ Active Sampling (ppb)	100	0	100	100	100	25
เปิดพัดลมระบายอากาศ	100	0	100	100	100	0
ไม่เปิดพัดลมระบายอากาศ	100	0	100	100	100	0
ไม่เปิดเครื่องดูดกรองควัน	100	0	100	100	100	0
เปิดเครื่องดูดกรองควัน	100	0	100	100	100	0
อาการเจ็บคอ คอแห้ง	66.7	0	33.3	12.5	62.5	0
ตาแห้ง คัน หรือระคายเคืองตา	83	0	0	25	25	0
ปวดศีรษะ	66.7	0	0	12.5	50	0
คัดจมูก มีน้ำมูก	50	0	33.3	12.5	37.5	0
เหนื่อยง่าย อ่อนเพลีย ง่วงซึมเป็นประจำ	66.7	0	0	12.5	12.5	0
แน่นหน้าอก	50	0	0	50	0	0
ไอ	33.3	0	0	50	12.5	0
จาม	50	0	0	50	0	0
หายใจถี่	50	0	0	50	0	0
หายใจมีเสียงดัง	33.3	0	0	50	0	0

1 หมายถึง ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

2 หมายถึง ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

3 หมายถึง ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ

4 หมายถึง ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี

5 หมายถึง ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี

6 หมายถึง ห้องปฏิบัติการ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 ลำดับและความรุนแรงต่อความเสี่ยงของตัวแปร

Ranking	Rank Weight	Normalized Rank Reciprocal Weight
No.1 ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ Active Sampling (ppb)	1	1/3.314=0.302
No.2 เปิดพัดลมระบายอากาศ	½=0.5	0.5/3.314=0.150
No.3 ไม่เปิดพัดลมระบายอากาศ	1/3=0.333	0.333/3.314=0.100
No.4 ไม่เปิดเครื่องดูดกรองควัน	¼=0.25	0.25/3.314=0.075
No.5 เปิดเครื่องดูดกรองควัน	1/5=0.20	0.20/3.314=0.059
No.6 อาการเจ็บคอ คอแห้ง	1/6=0.166	0.166/3.314=0.050
No.7 ตาแห้ง คัน หรือระคายเคืองตา	1/7=0.142	0.142/3.314=0.042
No.8 ปวดศีรษะ	1/8=0.125	0.125/3.314=0.037
No.9 คัดจมูก มีน้ำมูก	1/9=0.111	0.111/3.314=0.033
No.10 เหนื่อยง่าย อ่อนเพลีย ง่วงซึมเป็นประจำ	1/10=0.10	0.10/3.314=0.030
No.11 แน่นหน้าอก	1/11=0.09	0.09/3.314=0.027
No.12 ไอ	1/12=0.083	0.083/3.314=0.025
No.13 จาม	1/13=0.077	0.077/3.314=0.023
No.14 หายใจถี่	1/14=0.071	0.071/3.314=0.021
No.15 หายใจมีเสียงดัง	1/15=0.066	0.066/3.314=0.020
รวม	3.314	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 ค่าความเสี่ยงของอากาศภายในห้องปฏิบัติการกายวิภาคในโรงพยาบาลและสุขภาพของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน

ตัวแปร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์		โรงพยาบาลตำรวจ	โรงพยาบาลรามาธิบดี		ศูนย์เครื่องมือฯ
	1	2*	3	4	5	6
ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ Active Sampling (ppb)	100*0.302 =30.2	0	100*0.302 =30.2	100*0.302 =30.2	100*0.302 =30.2	25*0.302 =7.55
เปิดพัดลมระบายอากาศ	100*0.15 =15.0	0	100*0.15 =15.0	100*0.15 =15.0	100*0.15 =15.0	0
ไม่เปิดพัดลมระบายอากาศ	100*0.10 =10.0	0	100*0.10 =10.0	100*0.10 =10.0	100*0.10 =10.0	0
ไม่เปิดเครื่องดูดกรองควัน	100*0.075 =7.5	0	100*0.075 =7.5	100*0.075 =7.5	100*0.075 =7.5	0
เปิดเครื่องดูดกรองควัน	100*0.059 =5.9	0	100*0.059 =5.9	100*0.059 =5.9	100*0.059 =5.9	0
อาการเจ็บคอ คอแห้ง	66.7*0.050 =3.335	0	33.3*0.050 =1.665	12.5*0.050 =0.625	62.5*0.050 =3.125	0
ตาแห้ง คัน หรือระคายเคืองตา	83*0.042 =3.486	0	0	25*0.042 =1.05	25*0.042 =1.05	0
ปวดศีรษะ	66.7*0.037 =2.468	0	0	12.5*0.037 =0.463	50*0.037 =1.85	0
คัดจมูก มีน้ำมูก	50*0.033 =1.65	0	33.3*0.033 =1.232	12.5*0.033 =0.4125	37.5*0.033 =1.238	0
เหนื่อยง่าย อ่อนเพลีย ง่วงซึมเป็นประจำ	66.7*0.030 =2.001	0	0	12.5*0.030 =0.375	12.5*0.030 =0.375	0
แน่นหน้าอก	50*0.027 =1.35	0	0	50*0.027 =1.35	0	0
ไอ	33.3*0.025 =0.8325	0	0	50*0.025 =1.25	12.5*0.025 =0.3125	0
จาม	50*0.022 =1.1	0	0	50*0.022 =1.1	0	0
หายใจถี่	50*0.021 =1.05	0	0	50*0.021 =1.05	0	0
หายใจมีเสียงดัง	33.3*0.020 =0.666	0	0	50*0.020 =1.0	0	0
รวม	87.850	0	71.497	78.275	76.548	7.550

* เนื่องจากห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ไม่มีเจ้าหน้าที่อยู่ประจำจึงไม่นำมาคิดความเสี่ยง

1 หมายถึง ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

2 หมายถึง ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

3 หมายถึง ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ

4 หมายถึง ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี

5 หมายถึง ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี

6 หมายถึง ห้องปฏิบัติการ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การให้คะแนนค่าความแตกต่างของตัวแปรที่มีผลต่ออากาศภายในห้องปฏิบัติการกายวิภาคในโรงพยาบาลและสุขภาพของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน พิจารณาจากตัวแปรเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ยกตัวอย่าง เช่น

ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้จากวิธี Active

ถ้ามีค่ามากกว่ามาตรฐานเกิน 50 %	ให้	100	คะแนน
ถ้ามีค่ามากกว่ามาตรฐานเกิน 25 %	ให้	75	คะแนน
ถ้ามีค่าเท่ากับมาตรฐานเกิน	ให้	50	คะแนน
ถ้ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเกิน 25 %	ให้	25	คะแนน
ถ้ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเกิน 50 %	ให้	0	คะแนน

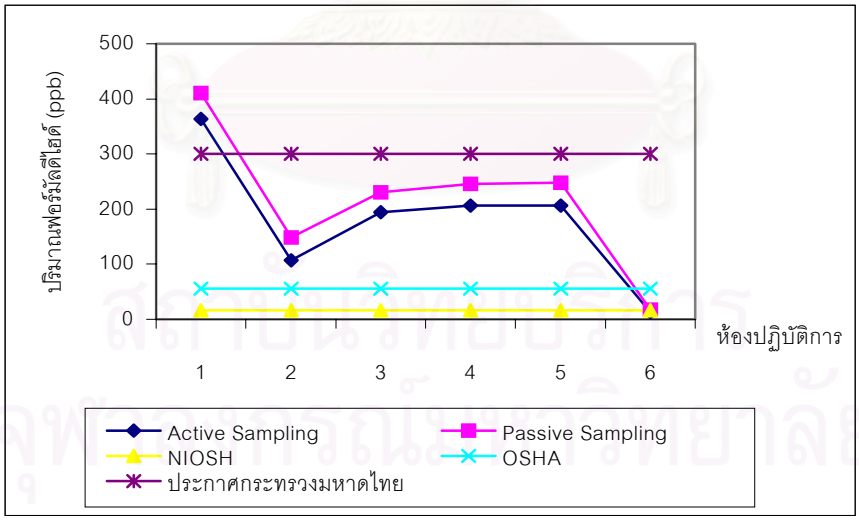
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศในห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาลพบว่าปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ได้จากพื้นที่ศึกษาทุกแห่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน TWA (Time-weighted average) ของ NIOSH (National Institute for Occupational Safty and Health) ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.016 ppm ค่ามาตรฐาน TWA ของ OSHA(Occupational Safety and Health Administration) กำหนดไว้ไม่เกิน 0.56 ppm และACGIH(American Conference of Government Industrial Hygienists)ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1 ppm แต่พื้นที่ศึกษาทุกแห่งยกเว้นห้องดองศพโรงพยาบาล จุฬาลงกรณ์มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานประกาศกระทรวงมหาดไทย 30 พ.ค.2520 ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 3 ppm

แสดงปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Active และ Passive เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน NIOSH , OSHA , ACGIH และประกาศกระทรวงมหาดไทย 30 พ.ค. 2520 ที่ค่าเฉลี่ยตลอดการทำงาน TWA ดังรูปที่ 5.1



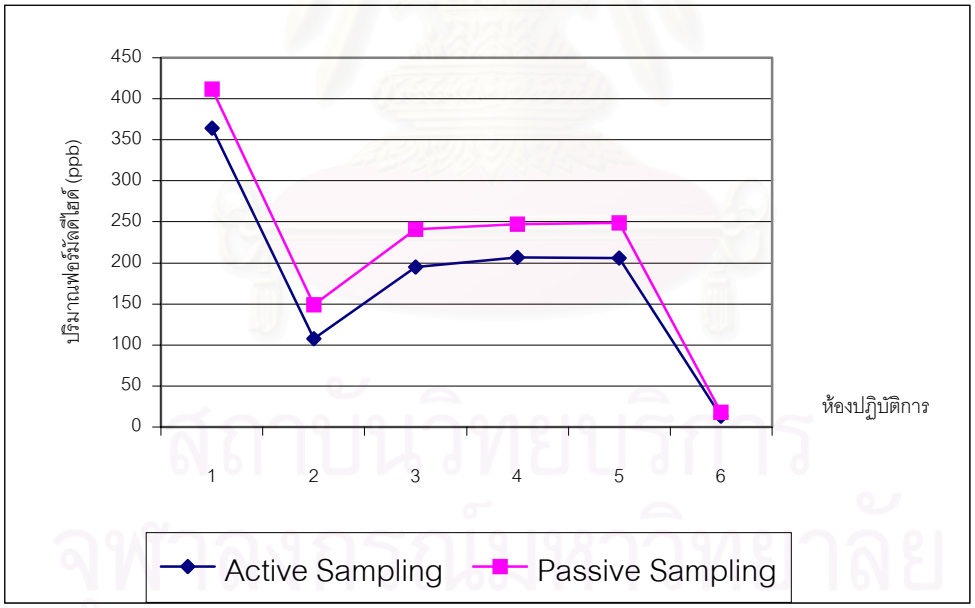
รูปที่ 5.1 ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ จากการตรวจวัดด้วยวิธี Active และ Passive เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน NIOSH, OSHA and ACGIH และ ประกาศกระทรวงมหาดไทย ที่ค่าเฉลี่ยตลอดการทำงาน TWA (Time-weighted average)

โดยที่ 1 หมายถึง ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
2 หมายถึง ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
3 หมายถึง ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ
4 หมายถึง ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี
5 หมายถึง ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี
6 หมายถึง ห้องปฏิบัติการ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 การเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Activeและ Passive

จากผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Activeและ Passive ในบริเวณพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ควบคุม พบว่าการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยวิธี Activeและ Passive มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นสูงมากโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย(R)เท่ากับ0.9 ที่ระดับนัยสำคัญ P< 0.05 ในทุกพื้นที่ศึกษาและพื้นที่เปรียบเทียบ

แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Active และ Passive ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Activeและ Passive (วิเคราะห์ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ความเชื่อมั่น95%)

โดยที่ 1 หมายถึง ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
2 หมายถึง ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
3 หมายถึง ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ
4 หมายถึง ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี
5 หมายถึง ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี
6 หมายถึง ห้องปฏิบัติการ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิจัยพบว่าปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้จากวิธี Active มีค่าแตกต่างวิธี Passive อาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก

1. ในขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง สารละลายที่ใช้ดูดจับฟอร์มัลดีไฮด์ของวิธี Active คือ Sodium Bisulfite 1% นั้นมีความเสถียรค่อนข้างต่ำ เนื่องจากหลังจากการเก็บตัวอย่างมาจากพื้นที่ศึกษาแล้ว ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในทันที อาจทำให้สารอนุพันธ์ของฟอร์มัลดีไฮด์ในสารละลายตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงไป เมื่อนำมาวิเคราะห์จึงให้ค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริงได้
2. เนื่องจาก Sodium Bisulfite เป็นสารที่ต้องอาศัยการเก็บรักษาที่อุณภูมิต่ำ ประมาณ 4 อาศาเซลเซียส ในขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและการขนย้าย ในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง อาจทำให้สารละลายตัวอย่างเกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์
3. อัตราการไหลของ Personal Sampling Pump ที่ใช้อาจสูงเกินไป ทำให้ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาของ Sodium Bisulfite กับฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศเป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์
4. ในขั้นตอนการเตรียมสารละลายที่ใช้ดูดจับฟอร์มัลดีไฮด์ของวิธี Passive คือ 2,4-DNPH นั้นมีความไวในการทำปฏิกิริยา ในขณะเตรียมไม่ได้ทำในสภาพแวดล้อมที่ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์ จึงอาจมีการปนเปื้อนได้

5.2 การวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Active และ Passive

ปัจจัยที่เกิดขึ้นและอาจส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Active และ Passive ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

3. การเปิดหรือไม่เปิดพัดลม (อาจเป็นพัดลมธรรมดา หรือ พัดลมระบายอากาศ)
4. การเปิดหรือไม่เปิด Fume filter(เครื่องกรองและดูดควัน)

5.3.1 ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีปัจจัยที่เกิดขึ้นและอาจส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ คือ พัดลมตั้งพื้น สามารถวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะที่ไม่มีการเปิดพัดลมได้เป็น 227.62±33.00 ppb (Avtive Sampling) และวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะที่มีการเปิดพัดลมได้เป็น 327.45±22.51 ppb (Active Sampling)

สาเหตุที่การเปิดพัดลมส่งผลให้ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นเนื่องจาก ลักษณะแหล่งกำเนิดฟอร์ลัมดีไฮด์(บ่อดองศพ) มีขนาดใหญ่และเปิดโล่งตลอดเวลาทำให้ฟอร์มัลดีไฮด์สามารถระเหยได้ง่าย ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์จึงมีค่อนข้างสูง และเมื่อเปิดพัดลมยิ่งทำให้ฟอร์มัลดีไฮด์สามารถระเหยได้มากกว่าปกติ

5.3.2 ห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีปัจจัยที่เกิดขึ้นและอาจส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ คือ พัดลมตั้งพื้น สามารถวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะที่ไม่มีการเปิดพัดลม ได้เป็น 131.35±25.27 ppb (Avtive Sampling) และวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะที่มีการเปิดพัดลม ได้เป็น 71.92±12.14 ppb (Active Sampling)

จากการวิจัยของ Vander (1982) พบว่า การระบายอากาศภายในอาคารที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารลดลง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้จากห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

5.3.3 ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ มีปัจจัยที่เกิดขึ้นและอาจส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ คือ พัดลมติดเพดาน สามารถวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะที่ไม่มีการเปิดพัดลม ได้เป็น 395.792±230.484 ppb และวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะที่มีการเปิดพัดลม ได้เป็น 182.298±55.783 ppb ที่ $P< 0.05$ นั่นหมายความว่า การเปิดหรือปิดพัดลมติดเพดานในห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ ไม่มีผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้

สาเหตุที่การเปิดพัดลมส่งผลให้ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นมีลักษณะคล้ายกับห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ลักษณะแหล่งกำเนิดฟอร์ลัมดีไฮด์(อ่างที่ใช้ตัดชิ้นเนื่อ) เปิดโล่งทำให้ฟอร์มัลดีไฮด์สามารถระเหยได้ง่าย และเมื่อเปิดพัดลมยิ่งทำให้ฟอร์มัลดีไฮด์สามารถระเหยได้มากกว่าปกติ

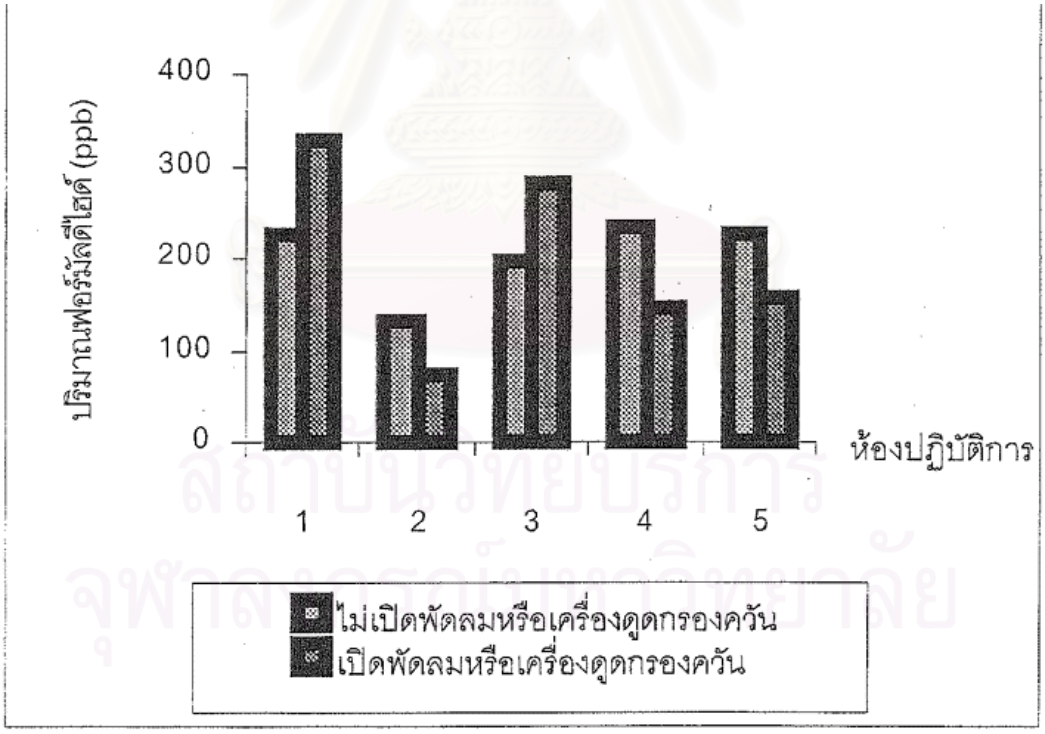
5.3.4 ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี มีปัจจัยที่เกิดขึ้นและอาจส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ คือ Fume Filter สามารถวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะที่ไม่มีการเปิด fume filter ได้เป็น 276.976±38.143 ppb และวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะที่มีการเปิด fume filter ได้

เป็น 188.909±44.739 ppb ที่ P< 0.05 นั่นหมายความว่า การเปิดหรือปิด fume filterในห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี มีผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้

5.3.5 ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี มีปัจจัยที่เกิดขึ้นและอาจส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ คือ Fume Filter สามารถวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะที่ไม่มีการเปิด fume filter ได้เป็น 235.294±39.366 ppb และวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะที่มีการเปิด fume filter ได้เป็น 198.869±36.335 ppb ที่ P< 0.05 นั่นหมายความว่า การเปิดหรือปิด fume filterในห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี มีผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้

เนื่องจากห้องตรวจศพ และห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี มีลักษณะปิดมีอากาศถ่ายเทจากภายนอกค่อนข้างน้อย และมีเครื่องดูดกรองควัน(Fume filter)ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้ในขณะที่ไม่มีการเปิด fume filter กับขณะที่มีการเปิด fume filter จึงแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด และพบว่าการเปิดเครื่องดูดกรองควัน (Fume filter) มีผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้มีค่าลดลง

แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบปัจจัยที่เกิดขึ้นและส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Active และ Passive ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 ปัจจัยที่เกิดขึ้นและส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Active และ Passive

5.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม มุ่งความสนใจไปที่อาการและโรคที่เกิดจากการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์จากการทำงาน โดยแบบสอบถามที่ได้เป็นของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง จำนวนเจ้าหน้าที่รวมทั้งหมด 25 คน ได้แก่

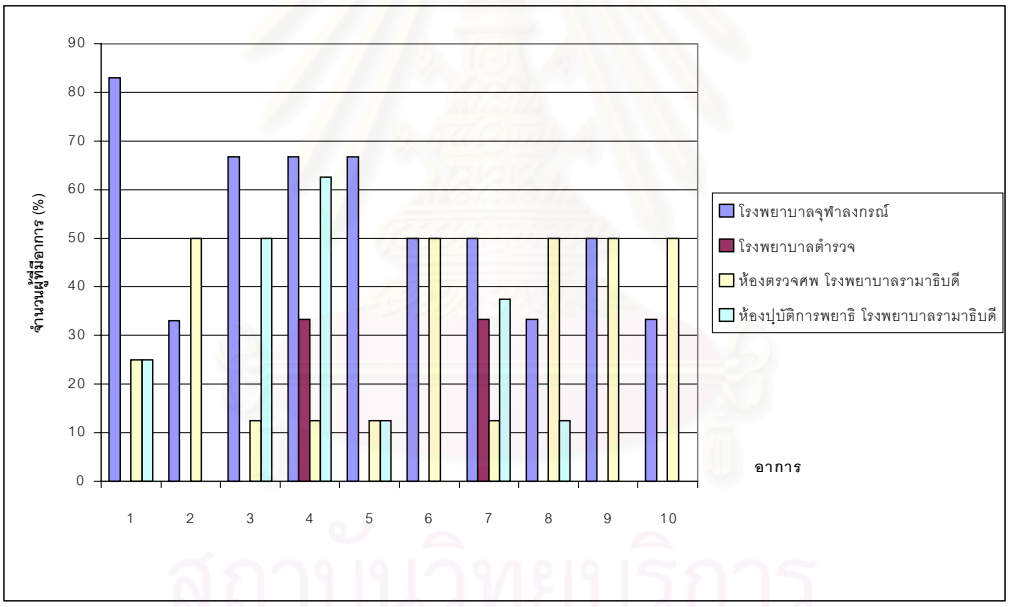
1 ห้องดองศพและห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

2 ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ

3 ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี

4 ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี

จำนวนเจ้าหน้าที่ที่มีอาการที่เกิดจากการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์จากการทำงานของโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง 4 ห้องปฏิบัติการ แสดงดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แสดงจำนวนและอาการของเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง 4 ห้องปฏิบัติการที่เกิดจากการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์

โดยที่ 1 หมายถึง อาการตาแห้ง คัน หรือระคายเคืองตา

2 หมายถึง หายใจมีเสียงดัง

3 หมายถึง ปวดศีรษะ

4 หมายถึง เจ็บคอ คอแห้ง

5 หมายถึง เหนื่อยง่าย อ่อนเพลีย หรืองว่งซึมเป็นประจำ

6 หมายถึง แน่นหน้าอก

7 หมายถึง คัดจมูก มีน้ำมูก

8 หมายถึง ไอ

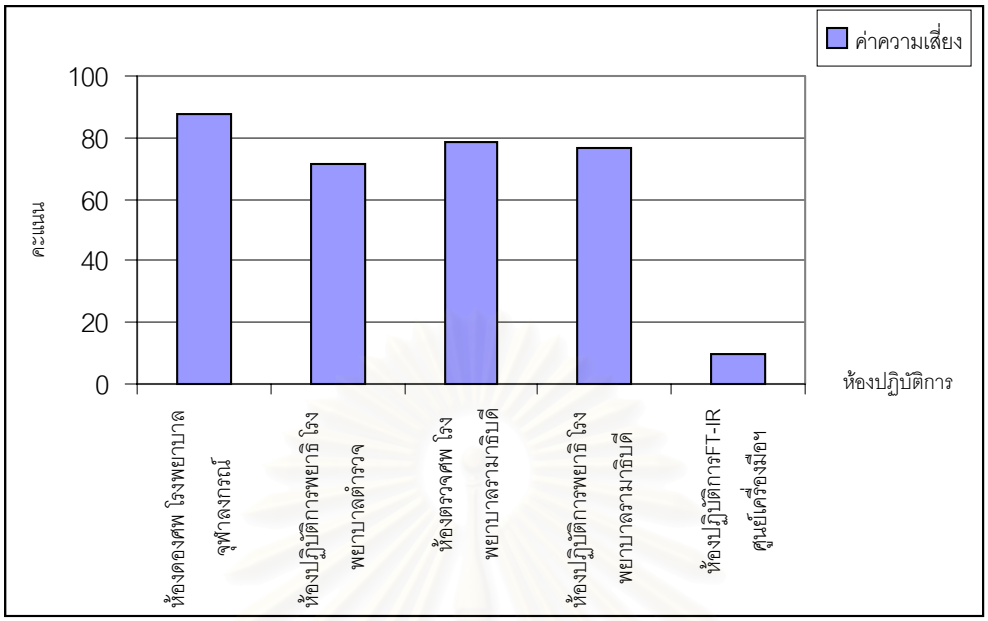
9 หมายถึง จาม

10 หมายถึง หายใจถี่

5.5 ผลการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

จากผลการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง 5 ห้องปฏิบัติการ รวมทั้งพื้นที่เปรียบเทียบ คือ ห้องปฏิบัติการ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่า ห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีค่าความเสี่ยงสูงที่สุด ถึง 87.850 อันดับที่สอง ได้แก่ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี มีค่าความเสี่ยง 78.275 อันดับที่ 3 ได้แก่ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี มีค่าความเสี่ยง 76.548 อันดับที่สี่ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจมีค่าความเสี่ยง 71.497 ส่วนห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ขณะที่ทำการตรวจวัด ไม่มีเจ้าหน้าที่อยู่ประจำห้อง จึงไม่ได้ทำการประเมินความเสี่ยง และห้องปฏิบัติการ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (พื้นที่เปรียบเทียบ) มีค่าความเสี่ยง 9.550 แสดงดังรูปที่ 5.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



<u>รูปที่ 5.4 แสดงค่าความเสี่ยงที่ได้จากห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง</u>

5.6 ปัญหาและอุปสรรค

1. จากการวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี Active และ Passive พบว่า ปัจจัยต่างๆ เช่น การเปิดหรือปิดพัดลม การเปิดหรือปิด Fume filter ล้วนมีอิทธิพลต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้ แต่เนื่องจาก จำนวนการเก็บตัวอย่างในแต่ละปัจจัยยังมีจำนวนน้อย (น้อยกว่า 30 ตัวอย่าง) ทำให้ไม่สามารถหาปริมาณที่ลดลงเนื่องจากปัจจัยดังกล่าวได้ ดังนั้นหากต้องการหาปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ลดลง (อิทธิพลของปัจจัย) จะต้องทำการเก็บตัวอย่างเพิ่มเติม

2. **เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างรวมถึงสารเคมีที่ใช้มีราคาค่อนข้องสูง จึงเป็นข้อจำกัดที่ทำให้จำนวนตัวอย่างในการจวิจัยครั้งนี้ค่อนข้างน้อย**

3. แบบสอบถามที่ทำการวิเคราะห์ เป็นแบบสอบถามของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานอยู่ในห้องปฏิบัติการ (พื้นที่ศึกษา) ของทั้ง 3 โรงพยาบาล ซึ่งมีจำนวนน้อย จึงไม่อาจเป็นตัวแทนที่สมบูรณ์ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ แต่สามารถแสดงให้เห็นแนวโน้มได้

4. ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์อย่างชัดเจน จึงไม่สามารถอธิบายได้ว่า ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้นั้นมีความสัมพันธ์ต่อปัจจัยดังกล่าวหรือไม่ ตลอดจนขาดเครื่องมืออื่นๆ เช่น เครื่องวัดความเร็วลม ทำให้การอธิบายผลการวิเคราะห์เป็นไปได้อย่างยากลำบาก

5.7 ข้อเสนอแนะ

1. การเปรียบเทียบผลของปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ได้จากการตรวจวัดด้วยวิธี Active และ Passive ควรมีการสร้างแบบจำลองจากสมการความสัมพันธ์ที่ได้ เพื่อจะได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างสมบูรณ์

2. ผลการวิจัยที่ได้ ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้มีความแตกต่างกัน ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้จากวิธี Active ต่ำกว่าวิธี Passive อาจเนื่องมาจากสาเหตุที่กล่าวไปข้างต้น ดังนั้นในการปรับปรุงวิธีการตรวจวัดจำเป็นต้องระมัดระวังปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดความผิดพลาดดังกล่าว

3. ควรมีการปรับปรุงวิธีการตรวจวัดทั้งสองวิธีให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เป็นแนวทาง

4. ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ สามารถใช้เป็นแนวทางในการเฝ้าติดตามตรวจสอบ และคิดหามาตรการในการควบคุมและแก้ไขสภาวะแวดล้อมที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2541. ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde).

กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2531. รายงานผลการสำรวจ เรื่องการจัดการด้านความปลอดภัยจากสารเคมีในห้องปฏิบัติการ.

กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2531. รายงานผลการศึกษา เรื่องฟอร์มัลดีไฮด์.

รัชนี เก่าเจริญ และ พรพิมล เจริญส่ง. 2539. ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde). ข่าวสารอันตราย 7:21-25.

ลิขิต ศรีประเสริฐสุข. 2540. การตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารโดยใช้ท่อบรรจุตัวดูดซับชนิดของแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุปราณี จงดีไพศาล. 2538. โครงการวิธีการตรวจสอบสารอันตรายจากแหล่งกำเนิด. ข่าวสารอันตราย. 6:28-35.

สุปราณี จงดีไพศาล. 2538. กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาสารอันตราย. ข่าวสารอันตราย. 7:26-30.

สุภาพ บุณยะรัตเวช และคณะ. 2535. เคมีทั่วไป เล่ม 2 :288-290.

โอภาส ตั้งกิจถาวร. 2533. เอกสารการสอนชุดวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมพื้นฐาน หน่วยที่ 9-15. กรุงเทพมหานคร : 532-614.

ภาษาอังกฤษ

AkbarKhanzadeh F. and Park C.K. 1997. Field precision of formaldehyde sampling and analysis using NIOSH Method 3500. Am.Ind.Hyg.Asso.J. 58(9) :657-660.

Bender J.R., et al. 1983. Eye Irritation Response of Humans to Formaldehyde. Am.Ind.Hyg.Asso.J. 44(6) :463-465.

Bernstein R., et al. 1984. Inhalation Exposure to Formaldehyde : An Overview of Its Toxicology Epidemiology , Monitoring, and Control. Am.Ind.Hyg.Asso.J. 45(11) :778-785.

Bertram D. and Dinman M.D. 1973. Medical Aspects of the Occupational Environment. The Industrial Environment-its Evaluation & Control 17 :197-205.

Bortoli M.D., et al. 1990. Investigation on the contribution of volatile organic compounds io air quality complaints in office building of European parliament. Indoor Air'90 Proceeding of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate,Toronto,29 July-3August 1990 2 :695-700.

Bravo. A.H. 1990. Indoor formaldehyde concentration in two office buildings in Mexico city. Indoor Air'90 Proceeding of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate,Toronto,29 July-3August 1990 3 :689-694.

Briggs D.,Corvalan C. and Nurminen M. 1996. Linkage methods for environment and health analysis.General guidelines.

Brown S.K. 1987. Measurement of formaldehyde concentrations using Chromotropic acid. Journal of Occupational Health and Safety-Australia and New Zealand 3(2) :147-157.

Coyne L.B.,et al. 1985. Formaldehyde : A Comparative Evaluation of Four Monitoring Methods. Am.Ind.Hyg.Asso.J. 46(10) :609-619.

Dinman B.D. 1973. Medical aspects of the occupational environment. Inds.Environ. 17 :197-205.

Ferm M. 1991. A Sensitive Diffusion Sampler. Swedish Environment Research Institute,IVL Publication B-1020.

Garrett M.H.,Hooper B.M. and Hooper M.A. 1999. Low level of Indoor Nitrogen dioxide and Formaldehyde influence Health in Children. 13th International Clean Air & Environment Conference :643-648

Garrett M.H., et al. 1999. Increased risk of allergy in children due to formaldehyde exposure in homes. Allergy. 54(4) :330-337.

Gavin M., Crump D.R. and Brown V.N. 1995. Appropriate sampling strategies for the measurement of formaldehyde in indoor air. Environ.Tech. 16(6) :579-586.

Gillett R.W., Kreibich H. and Ayers G.P., 2000. Measurement of Indoor Formaldehyde Concentrations with a Passive Sampler. Environ.Sci.Technol. 34 :2051-2056.

Godish T.1990.Formaldehyde Emission from U-F Rasin Finish Coatings. Indoor Air'90 Proceeding of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate,Toronto,29 July-3August 1990 3 :680-694.

Hoogenboom B.E.,et al.1987.Validation of a Colorimetric Method for Determination of Atmospheric Formaldehyde.Am.Ind.Hyg.Asso.J.48(5):420-424.

Hooper B.M.,et al.1993.A Comparative study of measuring formaldehyde in homes in the Latrobe valley. Clean Air'94 Proceeding of 12th International Conference ,Perth,Western Australia 23-28 Oct. 1994 :575-581.

Http://www.aiha.org/abs00/0pos2/html. 2000. A high efficiency diffusive sampler for the determination of aldehydes and ketones in ambient and indoor.

Http://www.assaytech.com/formald.htm. 2000. Assay Technology.Formaldehyde Analytical Method.

Http://www.cdc.gov/niosh/81111_34.html. 2000. DHHS(NIOSH)Publication No. 81-111. Current 34 Formaldehyde : Evidence of Carcinogenicity.

Http://www.Chemtrack.trf.or.th. 2000. ฐานข้อมูลสารเคมีอันตรายเพื่อการอ้างอิง.

Http://www.dar.csiro.au/publication/samplers.html. 2000. CSIRO.Passive Gas Samplers.

Http://www.epa.gov/iaq/homes/html. United State Environmental Protection Agency. 1999. Sources of Information on Indoor Air Quality.

Http://www.epa.gov/iaq/homes/html. United State Environmental Protection Agency. 1999. Indoor Air Quality in Large Buildings.

Http://www.osha-slc.gov-dts/sltc/methods/inorganic/id205/id205bkr.html. 2000. 3M formaldehyde monitor (Model 3721).

Http://www.osha-slc.gov-dts/sltc/methods/organic/org052/org052.html. 2000. Acrolein and/or Formaldehyde.

Kim H., Kim Y. and Cho S. 1998. Formaldehyde exposure levels and serum antibodies to formaldehyde-human serum albubin of Korean medical students. Archives of Environmental Health. 54(2) :115-118.

Koeck M., Pichler-Semmelrock F.P. and Schlacher R. 1997. Formaldehyde-study of indoor air pollution in Austria.Cent.Eur.J.Public.Health. 5(3) :127-130.

Kring E.,et al. 1982. A new colorimetric air monitoring badge for sampling formaldehyde in air. Am.Ind.Hyg.Asso.J. 43 :786-794.

Levin J.O.,et al. 1985. Determination of sub-parts-per-million levels of formaldehyde in air using active and passive sampling on 2,4-dinitrophenylhydrazine-coated glass fiber filters and high-performance liquid chromatography. Anal.Chem. 57 :1032-1035.

Liu J.Z., et al. 1990. Characteristics of rural indoor formaldehyde pollution in china. Indoor Air'90 Proceeding of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate,Toronto,29 July-3August 1990. 2 :725-729.

Meadows G.W. and Rusch G.M. 1983. The Measuring and Monitoring of Formaldehyde in Inhalation Test Atmospheres. Am.Ind.Hyg.Asso.J. 44(2) :71-77.

Michael M.D., et al. 1996. Residential Indoor Air Formaldehyde Testing Program : Pilot Study. EPA Contract No.68-D3-0013.

Molhave L., Dueholm S. and Jensen L.K. 1995. Assessment of Exposure and Health Risks Related to Formaldehyde Emissions from Furniture : a Case Study. Indoor Air 1995. 5:104-119.

Mulik J.D., Lewis R.G. and McClenny W.A. 1989. Modification of high efficiency passive sampler to determine nitrogen dioxide or formaldehyde in air. Anal Chem. 15 :187-189.

Namiesnik J., Gorecki T., Kozlowski E. 1984. Passive dosimeter for the monitoring of industrial pollutions. Am.Ind.Hyg.Asso.J. 38 :225.

Natasa K. 1990. Comparative sampling of formaldehyde using passive and active samplers. Indoor Air'90 Proceeding of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate,Toronto,29 July-3August 1990. 3 :731-734.

Noble J.S., Stang C.R. and Michael P.R. 1993. A Comparative of Active and Passive Sampling Devices for Full-Shift and Short-Term Monitoring of Formaldehyde. Am.Ind.Hyg.Asso.J. 54(12) :723-732.

Pagnotto L.D.and Keenan R.G. 1973. Sampling and analysis of gases and vapors. The Industrial Environment-its Evaluation & Control. 15:167-179.

Salthammer T., et al. 1995. Effects of Climate Parameters on Formaldehyde Concentrations in Indoor Air. Indoor Air 1995. 5:120-128.

Sinhaseni P., et al. 2000. Pesticide Risk Reduction Through Appropriate Intervention.

Soule R.D. 1973. An Industrial Hygiene Survey Checklist. The Industrial Environment-its Evaluation & Control . 50:711-712.

Vander Wal, J.F. 1982. Formaldehyde Measurements in Dutch Houses, Schools and Office in year 1977-1980. Atmosphereic Environment. 16 :2471-2478.

World Health Organization. 1989. Environmental Health Criteria for formaldehyde 89.

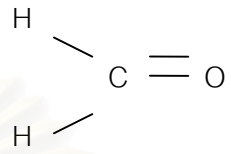
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

1. การบ่งลักษณะฟอร์มัลดีไฮด์

สูตรโมเลกุล	:	CH_2O [HCHO]
สูตรโครงสร้าง	:	
CAS registry number	:	50-00-0
NIOSH RTECS registry number	:	LP 8925000
UN Class	:	3,8 ( )
UN number	:	1198,2209,2213
EC number	:	605-001-01 (solution 5% to < 25%) 605-001-02 (solution 1% to < 5%) 605-001-005 (solution ≥ 25%)
DOT Designation	:	Combustible liquid
IUPAC name	:	Methanal
Common synonyms	:	Formaldehyde, Methanal,Methylene oxide,Paraform, Oxymethylene , Formalin, Formol,BFV, Fyde,Methyladehyde,Oxomethane, Formic aldehyde, Formol, Ivalon, Karsan, Fannoform, Formalith, Lysoform, Super lysoform
Incompatibilities	:	Strong oxidizers, Strong alkalies, Acids, Phenols, Urea

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. **คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมี**

น้ำหนักโมเลกุล	30.03
ความหนาแน่น	1.04
จุดหลอมเหลว (^{O}C)	-118
จุดเดือด (^{O}C)	-19.5
การระเบิด (explosive range) %(v/v) in air	7-73
(g/m^3)	87-910
n-octanol / water partion coeffcient (log P_{ow})	-1
specific reaction rate (k) with OH radical (k OH)	$15 \cdot 10^{-18}$ m^3/mol•s
vapor density (air = 1)	1.067
Distribution water / air : Henry constant (H)	0.02 Pa•m^3/mol
ความดันไอ	101.3 kPa ที่ –19^{O}C
	52.6 kPa ที่ –33^{O}C
จุดวาบไฟ	
สูตร 37%(methanol free)	85^{O}C
สูตร 15%(methanol free)	50^{O}C
อุณหภูมิที่ติดไฟเอง (auto-ignition temp.)	430^{O}C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 รายการผลิตภัณฑ์ที่ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในการผลิต

Adhesives	Insulation, Foam & Some Others
Cosmetics	Intermediate Chemicals
Deodorants	Laminates
Detergents	Leathers, Fur & Hair
Dyes	Lubricants, Synthetic
Embalming Fluids	Paints
Explosives	Paper
Fertilizers	Pharmaceuticals
Fiberboard, Plywood (indoor-outdoor), Particle board	Plastics/molding (Automobile Appliances, and Sporting Equipment)
Filters	Rubber
Food	Surface Coatings
Friction Materials	Textiles
Fuels	Urethane Resins
Fungicides	Water softening Chemicals
Hardware, Garden	

ที่มา : NIOSH , 1999

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-2 อาชีพที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์

Accountants	Embalmers	Painters, Manufactured Articles
Adult Education Teachers	Engineering and Science Technicians, N.E.C.	Pattern and Model Makers Except Paper
Advertising Agents and Salesmen	Engineers, N.E.C.	Payroll and Timekeeping Clerks
Aeronautical and Astronautical Engineers	Engravers, Exc. Photoengravers	Personal Service, N.E.C. - Attendants
Agriculture and Biological Technicans	Estimators and Investigators, N.E.C.	Personnel and Labor Reiations workers
Air Condition, Heating and Refrigeration	Expediters and Production Controllers	Pharmacists
Aircraft	File Clerk	Photoengravers and Lithographers
Animal Caretakers, Except Farm	Filers, Polishers, Sanders and Buffers	Photographers
Archivists and Curators	Food Counter and Fountain Workers	Photographic Process Workers
Asbestos and insulation Workers	Food Service Workers, N.E.C., Except Private	Physicians, Medical and Osteopathic
Assemblers	Foremen, N.E.C.	Plumbers and Pipe Filters
Automobile Body Repairmen	Fork Lift and Tow Motor Operatives	Podiatrists
Automobile Mechanics	Freight and Material Handlers	Practical Nurses
Bakers	Funeral Directors	Precision Machine Operatives N.E.C.
Bank Tellers	Furnacemen, Smeltermen and Pourers	Pressmen and Plate Printers, Printing

Bartenders	Furniture and Wood Finishers	Pressman Apprentices
Bartenders	Garage Workers and Gas Station Attendants	Punch and Stamping Press Operatives
Billing Clerk	Gardeners and Groundskeepers, Exc. Farm	Purchasing Agents and Buyers, N.E.C.
Biological Scientists	Geologists	Radio and Television
Bookbinders	Glaziers	Radiologic Technologists and Technicians
Bookkeepers	Graders and Sorters, Manufacturing	Receptionists
Bookkeeping and Billing Machine Operators	Grinding Machine Operatives	Recreation and Amusement - Attendants
Bootblacks	Guards and Watchmen	Recreation Workers
Bottling and Canning Operatives	Hairdressers and Cosmetologists	Registered Nurses
Brickmasons and Stonemasons	Health Administrators	Research Workers, not specified
Bus Drivers	Health Aides, Except Nursing	Restaurant, Cafeteria and Bar Managers
Busboys	Health Record Technologists and Technicians	Riveters and Fasteners
Cabinetmakers	Health Technologists and Technicians, N.E.C.	Sailors and Deckhands
Carpenter Apprentices	Heat Trealers, Annealers and Temperers	Sales Managers and Department Heads, Retail Trade
Carpenters	Heavy Equipment Mechanics, Including	Sales Managers, Except Retail Trade
Carpenter' Helpers	Household Appliance and Accessory Installer	Salesmen and Sales Clerks, N.E.C.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Carpet Installers	Housekeepers, Except Private Household	Sawyers
Cashiers	Industrial Engineering Technicians	Secretaries, N.E.C.
Cement and Finishers	Industrial Engineers	Sheetmetal Workers and Tinsmiths
Chambermaids and Maids, Except Private Household	Inspectors, N.E.C.	Shipping and Receiving Clerks
Checkers, Examiners and Inspectors; Manufacturers	Insurance Adjusters, Examiners and Investigators	Shoe Repairmen
Chemical Technicians	Insurance Agents, Brokers and Underwriters	Shoemaking Machine Operatives
Chemists	Janitors and Sextons	Sign Painters and Letters
Child Care Workers, Except Private Household	Jewelers and Watchmakers	Social Workers
Cleaners and Charwomen	Job and Die Setters, Metal	Solders
Clerical Supervisions, N.E.C.	Key Punch Operators	Specified Craft Apprentices. N.E.C.
Clerical Workers-Miscellaneous	Laborers - Miscellaneous	Spinners, Twisters and Winders
Clerical Workers-Not Specified	Laborers - Not Specified	Stationary Engineers
Clinical Laboratory Technologists and Technicians	Lathe and Milling Machine Operatives	Stationary Firemen
Clothing Ironers and Pressers	Laundry and Dry Cleaning Operatives, N.E.C.	Statistical Clerks
Compositors and Typesetters	Librarians	Statisticians
Computer and Peripheral Equipment Operators	Loom Fixers	Stenographers
Computer Programmers	Machine Operatives – Miscellaneous Specified	Stock Clerks and Storekeepers

Computer Specialists, N.E.C.	Machine Operatives – Not Specified	Stock Handlers
Construction Laborers Except Carpenters Helper	Machinists	Tailors
Cooks, Except Private Household	Mail Handlers, Except Post Office	Teachers, Except College and University, N.E.C.
Counter Clerks, Except food	Managers and Administrators, N.E.C.	Technicians, N.E.C.
Craftsmen and Kindred Workers, N.E.C.	Meat Cutters and Butchers, Except Manufacturing	Telephone Installers and Repairmen
Cranemen, Derrickmen and Hoistmen	Meat Cutters and Butchers, Manufacturing	Telephone Linemen and Splicers
Credit men	Mechanic, Exe, Auto, Apprentices	Telephone Operators
Cutting Operatives, N.E.C.	Mechanical Engineers	Textile Operatives, N.E.C.
Decorators and Window Dressers	Mechanics and Repairmen - Miscellaneous	Therapists
Dental Assistants	Mechanics and Repairmen – Not Specified	Therapy Assistants
Dental Hygienists	Metal Platers	Ticket, Station and Express Agents
Dental Laboratory Technicians	Millwrights	Tile Setters
Dentists	Mine Operatives, N.E.C.	Tool and Die Maker Apprentices
Designers	Mixing Operatives	Tool and Die Makers
Dishwashers	Molders, Metal	Truck Drivers
Draftsmen	Motion Picture Projectionists	Typists
Dressmakers and Seamstresses, Except Factory	Nursing Aides, Orderlies and Attendants	Upholsters
Drill Press Operatives	Office Machine Operators,	Vehicle Washers and

	N.E.C.	Equipment Cleaners
Dry Wall Installers and lathers	Office Managers, N.E.C.	Veterinarians
Duplicating Machine Operators	Officers, Pilots and Pursers; Ship	Waiters
Dyers	Oilers and Greasers, Exc. Auto	Warehousemen, N.L.C.
Editors and Reporters	Operations and Systems Researchers and Analysers	Weighers
Electric Power Linemen and Cablemen	Operatives - Miscellaneous	Welders and Flame-cutters
Electrical and Electronic Engineering Technicians	Operatives – Not Specified	Winding Operatives, N.E.C.
Electrical and Electronic Engineers	Opticians and Lens Grinders and Polishers	Writers, Artists and Entertainers, N.E.C.
Electrician Apprentices	Packers and Wrappers, Except Meat and Produce	
Electricians	Painters and Sculptors	
Elevator Operators	Painters, Construction and Maintenance	

ที่มา : NIOSH , 1999

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามสำหรับคุณภาพอากาศภายในอาคารและสภาพแวดล้อมของสถานที่ทำงาน

แบบสอบถามฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารสำนักงานของท่าน ทำให้ทราบถึงสภาพแวดล้อมของสถานที่ทำงาน ลักษณะงานและสุขภาพของท่าน ดังนั้นจึงขอความกรุณาท่านผู้รับผิดชอบในการตอบแบบสอบถามโปรดให้ข้อมูลที่ครบถ้วนและตรงกับความเป็นจริงมากที่สุดเพื่อความสมบูรณ์ของผลการวิจัย

ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ จะไม่มีการนำเสนอเป็นรายบุคคล ข้อมูลที่ได้จากท่านจักเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์วิจัย และสามารถใช้ข้อมูลจากการวิจัยนี้เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อวางแผนในการป้องกันภาวะเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดโรคจากการประกอบอาชีพนี้

ขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ID Number …….. Location …… (กรุณาเว้นว่างไว้)

วันที่ทำแบบสอบถาม ……../……../……

ชื่อ – สกุล ……

ที่อยู่ ……ถนน ……..

จังหวัด…… รหัสไปรษณีย์ ……โทรศัพท์ ……

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

<u>โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ( ) และเติมคำลงในช่องว่างให้ครบถ้วนตามความเป็นจริง</u>

1. วันเกิด (วัน/เดือน/ปี) : ……. ……. …….
2. อายุ……..…… ปี
3. เพศ……..……..
4. สถานที่เกิด
   - ( ) กรุงเทพมหานคร
   - ( ) ต่างจังหวัด จังหวัด…….
   - ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) ……
5. สถานที่อยู่ปัจจุบัน
   - ( ) แฟลต
   - ( ) บ้านพักส่วนตัว
   - ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) ……
6. สถานภาพสมรส
   - ( ) โสด ( ) คู่
   - ( ) แยกกันอยู่/หย่า ( ) หม้าย
7. เชื้อชาติ ……
8. ระดับการศึกษาสูงสุด
   - ( ) ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า ( ) ปริญญาตรี
   - ( ) มัธยมศึกษาตอนต้น ( ) สูงกว่าปริญญาตรี
   - ( ) มัธยมศึกษาตอนปลาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

( ) อนุปริญญา

9. ปัจจุบันท่านมีสัตว์เลี้ยงเหล่านี้อยู่ในบ้านหรือไม่

	มี	ไม่มี
สุนัข	( )	( )
แมว	( )	( )
นก	( )	( )

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ทำงาน

1. ท่านทำงานในอาคารสำนักงานแห่งนี้เป็นเวลานานเท่าไร ..... ปี
   ถ้าท่านทำงานในอาคารนี้ต่ำกว่า 1 ปี โปรดระบุเป็นจำนวนเดือน ..... เดือน
2. ท่านทำงานในอาคารแห่งนี้เฉลี่ยกี่ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ..... ชั่วโมงต่อสัปดาห์
3. ท่านทำงานในอาคารแห่งนี้กี่วันต่อสัปดาห์ ..... วันต่อสัปดาห์
4. ลักษณะสถานที่ทำงานของท่านเป็นแบบใด
   ( ) เป็นห้องส่วนตัว
   ( ) เป็นห้องส่วนตัวที่ใช้หลายคน
   ( ) เป็นพื้นที่โล่งที่มีการแบ่งกั้นพื้นที่เป็นสัดส่วน
   ( ) เป็นพื้นที่โล่งที่ไม่มีการแบ่งกั้นพื้นที่เป็นสัดส่วน
   ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

   4a. ภายในห้องทำงานของท่านใช้ร่วมกันกี่คน
   ( ) 1 ( ) 2-3 ( ) 4-7 ( ) มากกว่า 8
5. สถานที่ทำงานของท่านปูพรมทั้งหมด หรือเกือบทั้งหมดหรือไม่
   ( ) ใช่ ( ) ไม่ใช่
6. โดยปกติสถานที่ทำงานของท่านสะอาดเพียงใด
   ( ) สะอาดมาก
   ( ) สะอาดพอสมควร
   ( ) มีฝุ่นหรือสกปรกเป็นบางครั้ง
   ( ) มีฝุ่นหรือสกปรกมาก
7. หน้าต่างในสถานที่ทำงานของท่านมีลักษณะอย่างไร
   ( ) ไม่มีหน้าต่างทั้งในบริเวณที่ท่านทำงานและบริเวณทั่วไปในสำนักงาน
   ( ) ไม่มีหน้าต่างในบริเวณที่ท่านทำงาน แต่มีหน้าต่าง 1 บานหรือมากกว่าในบริเวณทั่วไปในสำนักงาน
   ( ) มีหน้าต่าง 1 บานหรือมากกว่าในบริเวณที่ท่านทำงาน
8. ในช่วงเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา บริเวณที่ท่านทำงานมีสิ่งเหล่านี้เพิ่มขึ้นภายในรัศมี 15 ฟุต

	ใช่	ไม่ใช่
พรมใหม่	( )	( )
ทาสีผนังห้องใหม่	( )	( )

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เฟอร์นิเจอร์ใหม่	( )	( )
ผนังกั้นห้องใหม่	( )	( )

9. ในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมาที่ทำงานของท่านมีลักษณะต่อไปนี้หรือไม่ (ถ้าท่านตอบว่าไม่ใช่ในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา กรุณาข้ามไปทำในข้อลักษณะถัดไป)

ลักษณะทำงาน	ไม่ใช่ในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา	1-3 วัน ภายใน 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา	1-3 วัน/สัปดาห์ ภายใน4 สัปดาห์ที่ผ่านมา	ทุกวันหรือเกือบทุกวันขณะกำลัง
มีอาการผ่านเข้าออกสะดวก	( )	( )	( )	( )
มีอาการผ่านเข้าออกน้อย	( )	( )	( )	( )
มีอุณหภูมิสูงเกินไป(ร้อนเกินไป)	( )	( )	( )	( )
มีอุณหภูมิต่ำเกินไป(เย็นเกินไป)	( )	( )	( )	( )
อากาศมีความชื้นสูง	( )	( )	( )	( )
อากาศแห้งมาก	( )	( )	( )	( )
มีกลิ่นบุหรี่	( )	( )	( )	( )
มีกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่นๆ (เช่น กลิ่นอาหาร กลิ่นน้ำหอม ฯลฯ)	( )	( )	( )	( )

10. วันนี้ขณะที่ท่านกำลังทำงาน สถานที่ทำงานของท่านมีลักษณะต่อไปนี้หรือไม่

ลักษณะ	มี	ไม่มี
มีอาการผ่านเข้าออกสะดวก	( )	( )
มีอาการผ่านเข้าออกน้อย	( )	( )
มีอุณหภูมิสูงเกินไป(ร้อนเกินไป)	( )	( )
มีอุณหภูมิต่ำเกินไป(เย็นเกินไป)	( )	( )
อากาศมีความชื้นสูง	( )	( )
อากาศแห้งมาก	( )	( )
มีกลิ่นบุหรี่	( )	( )
มีกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่นๆ (เช่น กลิ่นอาหาร กลิ่นน้ำหอม ฯลฯ)	( )	( )

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ต้องการ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) และเติมคำในช่องว่าง

1. ท่านเคยเป็นโรคต่างๆเหล่านี้หรือไม่ (ถ้าเคยโปรดทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ต้องการ)

( ) ท่านเคยได้รับการผ่าตัดเกี่ยวกับทรวงอก (ซึ่งมิได้เกิดจากอุบัติเหตุ)

( ) โรคหัวใจ ( ) ไซนัส

( ) โรคหลอดลมอักเสบ ( ) ไมเกรน

( ) ปอดบวม ( ) ผิวหนังอักเสบ

( ) เยื่อหุ้มปอดอักเสบ ( ) ไข้หวัดจากเกสรดอกไม้

( ) วัณโรคปอด ( ) โรคภูมิแพ้ …….. ฝุ่น……. เชื้อรา……ขนแมว

( ) โรคหอบหืด

( ) โรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ (โปรดระบุ) ……..…….

2. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

( ) ไม่มี

( ) มี (โปรดระบุชื่อโรค)

- ได้รับคำยืนยันจากแพทย์หรือไม่ ใช่……..ไม่ใช่……...

3. ท่านเคยตรวจโรคประจำปีหรือไม่

( ) ไม่เคย

( ) เคย จำนวน…….ครั้งต่อปี

4. ท่านเคยได้รับการรักษาในอาการต่างๆข้างล่างนี้จากแพทย์หรือไม่

ไอ	( )	เคย	( )	ไม่เคย
เสมหะ	( )	เคย	( )	ไม่เคย
หายใจขัด	( )	เคย	( )	ไม่เคย
หอบหืด	( )	เคย	( )	ไม่เคย

5. ท่านคิดว่าท่านเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจที่มีสาเหตุจากไอสารเคมีปีละกี่ครั้ง

( ) ไม่เคย

( ) น้อยกว่า 5 ครั้ง

( ) 5 ถึง 12 ครั้ง

( ) มากกว่า 12 ครั้ง

6. ในแต่ละครั้งที่ท่านเจ็บป่วยเนื่องจากไอสารเคมี ท่านต้องเสียค่าใช้จ่ายครั้งละประมาณเท่าใด (บาท)

…….บาทต่อครั้ง

7. ขณะที่ท่านทำงานมีอุปกรณ์ในการป้องกันไอของสารเคมีหรือไม่

( ) ไม่มี

( ) มี ได้แก่……

- ใช้อุปกรณ์ป้องกันไอของสารเคมีตลอดเวลาหรือไม่ ใช่……..ไม่ใช่……...
- ใช้บ้างเป็นบางเวลา ใช่……..ไม่ใช่……...
- ใช้อุปกรณ์ป้องกันไอของสารเคมีตั้งแต่ท่านเริ่มประกอบอาชีพนี้หรือไม่ ใช่……..ไม่ใช่……...
- ใช้อุปกรณ์ป้องกันไอของสารเคมีมาเป็นเวลานาน……..ปี……เดือน

ส่วนที่ 4 ประวัติการสูบบุหรี่

8. การสูบบุหรี่

( ) สูบทุกวัน จำนวน……มวนต่อวัน

( ) สูบเป็นบางเวลา

( ) เลิกสูบบุหรี่ นาน……..ปี……เดือน

( ) ไม่สูบบุหรี่

9. ระยะเวลาที่ท่านสูบบุหรี่จนถึงปัจจุบันนานเท่าไร

ระยะเวลา……..ปี……เดือน

10. ถ้าปัจจุบันท่านไม่ได้สูบบุหรี่ แต่ก่อนท่านเคยสูบบุหรี่หรือไม่

( ) เคย เคยสูบวันละ…….มวน

สูบเป็นเวลานาน……..……..ปี……เดือน

เลิกสูบมาประมาณ……..ปี……เดือน

( ) ไม่เคย

11. ท่านคิดว่าท่านมีปฏิกิริยาไวต่อการได้รับสัมผัสควันบุหรี่หรือไม่

( ) ใช่ ( ) ไม่ใช่

ส่วนที่ 5 ประวัติการทำงาน

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่ต้องการ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) และเติมคำในช่องว่าง

12. ท่านทำงานวันละ……..…ชั่วโมง ส่วนใหญ่ตั้งแต่เวลา……..……น. ถึงเวลา…….……น.

13. ระยะเวลาที่ทำงาน……..……ปี……..……เดือน

14. อดีตเคยประกอบอาชีพอื่นหรือไม่

( ) เคย ( ) ไม่เคย

15. งานประจำอาชีพใดที่ท่านทำนานที่สุด

งาน / อาชีพ ……

จำนวนปีที่ทำงาน ……...

ตำแหน่ง ……

ธุรกิจ / อุสาหกรรม ……

16. ท่านมีประสบการณ์ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับแก๊สหรือไอของสารเคมีหรือไม่

( ) เคย ( ) ไม่เคย

ระบุประเภทงาน / อุตสาหกรรม ……..… ทำมานาน ……..ปี

ท่านได้รับแก๊สหรือไอสารเคมี ( ) น้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

17. ท่านคิดว่าท่านมีปฏิกิริยาไวต่อการได้รับสัมผัสไอสารเคมีในอากาศภายในสถานที่ทำงานของท่านหรือไม่

( ) ใช่ ( ) ไม่ใช่

18. ท่านสวมแว่นตาขณะทำงานหรือไม่

( ) ไม่ใส่

( ) แว่นตาชนิดมองได้ทั้งใกล้และไกล

( ) คอนแทคเลนส์

แบบสอบถามส่วนนี้เป็นคำถามที่เกี่ยวกับอาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นขณะทำงาน

ตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ที่ผ่านมาที่ท่านอยู่ในที่ทำงาน ท่านเกิดอาการต่างๆเหล่านี้ขณะทำงานบ่อยแค่ไหน (ถ้าท่านตอบว่าไม่เคยมีอาการในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา กรุณาข้ามไปทำในลักษณะอาการถัดไป)

อาการ	ไม่เคยมีอาการในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา	1-3 วัน ภายใน 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา	1-3 วัน/สัปดาห์ ภายใน4 สัปดาห์ที่ผ่านมา	ทุกวันหรือเกือบทุกวันขณะกำลังทำงาน
ตาแห้ง คัน หรือระคายเคืองตา	( )	( )	( )	( )
หายใจมีเสียงดัง	( )	( )	( )	( )
ปวดศีรษะ	( )	( )	( )	( )
เจ็บคอ คอแห้ง	( )	( )	( )	( )
เหนื่อยง่าย อ่อนเพลีย หรือง่วงซึมเป็นประจำ	( )	( )	( )	( )
แน่นหน้าอก	( )	( )	( )	( )
คัดจมูก มีน้ำมูก	( )	( )	( )	( )
ไซนัส	( )	( )	( )	( )
ไอ	( )	( )	( )	( )
เมื่อย ปวดตา	( )	( )	( )	( )
เครียด	( )	( )	( )	( )
ปวดเมื่อยหลัง คอหรือไหล่	( )	( )	( )	( )
จาม	( )	( )	( )	( )
ความจำไม่ดี	( )	( )	( )	( )
วิงเวียน ตาลาย	( )	( )	( )	( )
รู้สึกห่อเหี่ยว	( )	( )	( )	( )
หายใจถี่	( )	( )	( )	( )
คลื่นไส้	( )	( )	( )	( )
ผิวหนังแห้ง	( )	( )	( )	( )

ในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา เมื่อท่านกลับออกจากที่ทำงานแล้ว(ในวันหยุด) อาการต่างๆเหล่านี้เป็นอย่างไร

อาการ	แย่ลง	เหมือนเดิม	ดีขึ้น
ตาแห้ง คัน หรือระคายเคืองตา	( )	( )	( )
หายใจมีเสียงดัง	( )	( )	( )
ปวดศีรษะ	( )	( )	( )
เจ็บคอ คอแห้ง	( )	( )	( )

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เหนื่อยง่าย อ่อนเพลีย หรือง่วงซึมเป็นประจำ	( )	( )	( )
แน่นหน้าอก	( )	( )	( )
คัดจมูก มีน้ำมูก	( )	( )	( )
ไซนัส	( )	( )	( )
ไอ	( )	( )	( )
เมื่อย ปวดตา	( )	( )	( )
เครียด	( )	( )	( )
ปวดเมื่อยหลัง คอหรือไหล่	( )	( )	( )
จาม	( )	( )	( )
ความจำไม่ดี	( )	( )	( )
วิงเวียน ตาลาย	( )	( )	( )
รู้สึกห่อเหี่ยว	( )	( )	( )
หายใจถี่	( )	( )	( )
คลื่นไส้	( )	( )	( )
ผิวหนังแห้ง	( )	( )	( )

ขณะที่ท่านกำลังทำงานวันนี้ท่านเกิดอาการเหล่านี้หรือไม่

อาการ	ใช่	ไม่ใช่
ตาแห้ง คัน หรือระคายเคืองตา	( )	( )
หายใจมีเสียงดัง	( )	( )
ปวดศีรษะ	( )	( )
เจ็บคอ คอแห้ง	( )	( )
เหนื่อยง่าย อ่อนเพลีย หรือง่วงซึมเป็นประจำ	( )	( )
แน่นหน้าอก	( )	( )
คัดจมูก มีน้ำมูก	( )	( )
ไซนัส	( )	( )
ไอ	( )	( )
เมื่อย ปวดตา	( )	( )
เครียด	( )	( )
ปวดเมื่อยหลัง คอหรือไหล่	( )	( )
	ใช่	ไม่ใช่
จาม	( )	( )
ความจำไม่ดี	( )	( )
วิงเวียน ตาลาย	( )	( )

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รู้สึกห่อเหี่ยว	( )	( )
หายใจถี่	( )	( )
คลื่นไส้	( )	( )
ผิวหนังแห้ง	( )	( )

ความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของสถานที่ทำงานของท่านหรือสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในอาคารสำนักงานของท่าน :

.....

.....

.....

.....

.....

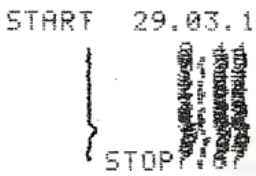
****

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

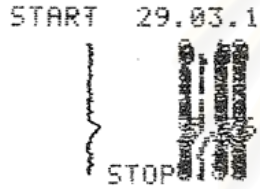
ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างวิธี Passive ด้วยเครื่อง HPLC

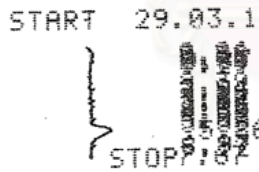
โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน Fomaldehyde-2,4-DNPH แสดงดังรูปต่อไปนี้



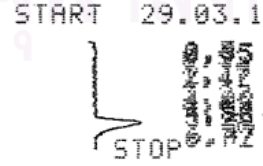
รูปที่ ข-1 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน Fomaldehyde-2,4-DNPH ที่ความเข้มข้น 0.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร



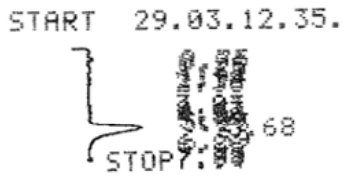
รูปที่ ข-2 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน Fomaldehyde-2,4-DNPH ที่ความเข้มข้น 0.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร



รูปที่ ข-3 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน Fomaldehyde-2,4-DNPH ที่ความเข้มข้น 0.4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

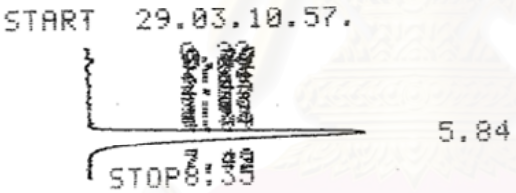


รูปที่ ข-4 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน Fomaldehyde-2,4-DNPH ที่ความเข้มข้น 0.6 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

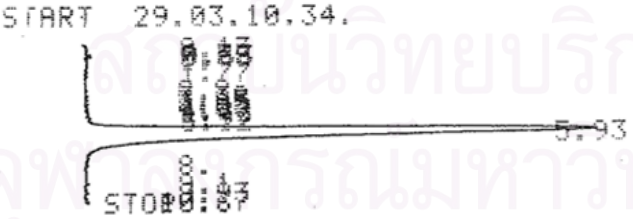


รูปที่ ข-5 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน Fomaldehyde-2,4-DNPH ที่ความเข้มข้น 0.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

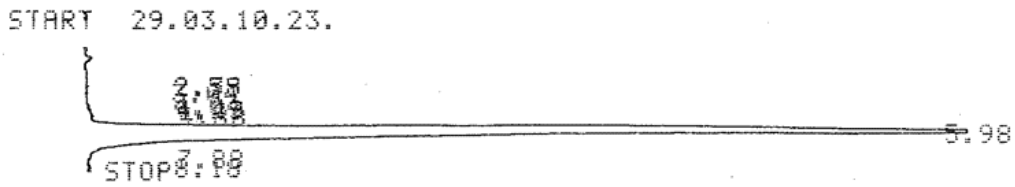
รูปที่ ข-6 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน Fomaldehyde-2,4-DNPH ที่ความเข้มข้น 1.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร



รูปที่ ข-7 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน Fomaldehyde-2,4-DNPH ที่ความเข้มข้น 5.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร



รูปที่ ข-8 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน Fomaldehyde-2,4-DNPH ที่ความเข้มข้น 10.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร



รูปที่ ข-9 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน Fomaldehyde-2,4-DNPH ที่ความเข้มข้น 20.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

รูปที่ ข-10 โครมาโตแกรมของ 2,4-DNPH (Blank)

รูปที่ ข-11 โครมาโตแกรมของตัวอย่าง Fomaldehyde-2,4-DNPH

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของห้องดองศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive

Descriptives

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Active Sampling (ppbv)	30	179.55	680.85	363.8574	164.9495
Passive Sampling (ppbv)	30	236.55	724.57	411.8562	162.0749
Valid N (listwise)	30				

ผลการเปรียบเทียบปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive

Regression

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Passive (ppbv)[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Active(ppbv)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.988[a]	.977	.976	11.8464

a. Predictors: (Constant), Passive (ppbv)

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	130825.5	1	130825.5	932.215	.000[a]
	Residual	3087.441	22	140.338		
	Total	133912.9	23			

a. Predictors: (Constant), Passive (ppbv)

b. Dependent Variable: Active(ppbv)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-76.087	12.238		-6.217	.000
	Passive (ppbv)	1.082	.035	.988	30.532	.000

a. Dependent Variable: Active(ppbv)

เปรียบเทียบผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ได้จากวิธี Active และ Passive

T-Test

Group Statistics

	Type of measurement	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Active and Passive (ppbv)	Active Sampling	30	363.8574	164.9495	30.1155
	Passive Sampling	30	411.8562	162.0749	29.5907

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Active and Passive (ppbv)	Equal variances assumed	.013	.909	-1.137	58	.260	-47.9987	42.2203	-132.5118	36.5144
	Equal variances not assumed			-1.137	57.982	.260	-47.9987	42.2203	-132.5124	36.5149

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของห้องตรวจศพ โรงพยาบาลรามาธิบดี

ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive

Descriptives

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Active Sampling (ppbv)	30	121.17	329.47	206.5230	55.8751
Passive Sampling (ppbv)	30	165.32	366.08	246.4886	54.6752
Valid N (listwise)	30				

ผลการเปรียบเทียบปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive

Regression

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Passive Sampling (ppbv)[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Active Sampling (ppbv)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.990[a]	.979	.979	8.1709

a. Predictors: (Constant), Passive Sampling (ppbv)

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	88669.371	1	88669.371	1328.125	.000[a]
	Residual	1869.359	28	66.763		
	Total	90538.730	29			

a. Predictors: (Constant), Passive Sampling (ppbv)

b. Dependent Variable: Active Sampling (ppbv)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-42.761	7.001		-6.108	.000
	Passive Sampling (ppbv)	1.011	.028	.990	36.443	.000

a. Dependent Variable: Active Sampling (ppbv)

เปรียบเทียบผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ได้จากวิธี Active และ Passive

T-Test

Group Statistics

	Type of Measurement	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Active and Passive (ppbv)	Active Sampling	30	206.5230	55.8751	10.2013
	Passive Sampling	30	246.4886	54.6752	9.9823

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Active and Passive (ppbv)	Equal variances assumed	.007	.931	-2.800	58	.007	-39.9656	14.2728	-68.5357	-11.3954
	Equal variances not assumed			-2.800	57.973	.007	-39.9656	14.2728	-68.5360	-11.3952

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ

ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive

Descriptives

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Active Sampling (ppbv)	30	102.26	323.27	194.9975	62.5944
Passive Sampling (ppbv)	30	144.65	362.30	241.3303	63.5713
Valid N (listwise)	30				

ผลการเปรียบเทียบปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive

Regression

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Passive Sampling (ppbv)[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Active Sampling (ppbv)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.992[a]	.984	.984	8.0210

a. Predictors: (Constant), Passive Sampling (ppbv)

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	111822.4	1	111822.4	1738.109	.000[a]
	Residual	1801.399	28	64.336		
	Total	113623.8	29			

a. Predictors: (Constant), Passive Sampling (ppbv)

b. Dependent Variable: Active Sampling (ppbv)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-40.733	5.841		-6.974	.000
	Passive Sampling (ppbv)	.977	.023	.992	41.691	.000

a. Dependent Variable: Active Sampling (ppbv)

เปรียบเทียบผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ได้จากวิธี Active และ Passive

Regression

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Passive Sampling (ppbv)[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Active Sampling (ppbv)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.992[a]	.984	.984	8.0210

a. Predictors: (Constant), Passive Sampling (ppbv)

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	111822.4	1	111822.4	1738.109	.000[a]
	Residual	1801.399	28	64.336		
	Total	113623.8	29			

a. Predictors: (Constant), Passive Sampling (ppbv)

b. Dependent Variable: Active Sampling (ppbv)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-40.733	5.841		-6.974	.000
	Passive Sampling (ppbv)	.977	.023	.992	41.691	.000

a. Dependent Variable: Active Sampling (ppbv)

T-Test

Group Statistics

	Type of measurement	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Active and Passive (ppbv)	Active Sampling	30	184.9975	50.5734	9.2334
	Passive Sampling	30	230.9970	50.7341	9.2627

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Active and Passive (ppbv)	Equal variances assumed	.005	.943	-3.517	58	.001	-45.9995	13.0788	-72.1794	-19.8195
	Equal variances not assumed			-3.517	57.999	.001	-45.9995	13.0788	-72.1794	-19.8195

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามาธิบดี

ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive

Descriptives

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Active Sampling (ppbv)	30	135.10	270.15	206.1544	39.1654
Passive Sampling (ppbv)	30	173.19	309.75	250.8073	39.3319
Valid N (listwise)	30				

ผลการเปรียบเทียบปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive

Regression

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Passive Sampling (ppbv)[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Active Sampling (ppbv)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.982[a]	.965	.963	7.5025

a. Predictors: (Constant), Passive Sampling (ppbv)

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	42907.946	1	42907.946	762.302	.000[a]
	Residual	1576.046	28	56.287		
	Total	44483.991	29			

a. Predictors: (Constant), Passive Sampling (ppbv)

b. Dependent Variable: Active Sampling (ppbv)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-36.004	8.877		-4.056	.000
	Passive Sampling (ppbv)	.975	.035	.982	27.610	.000

a. Dependent Variable: Active Sampling (ppbv)

เปรียบเทียบผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ได้จากวิธี Active และ Passive

T-Test

Group Statistics

	Type of measurement	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Active and Passive (ppbv)	Active Sampling	30	206.1544	39.1654	7.1506
	Passive Sampling	30	251.5760	38.2335	6.9805

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Active and Passive (ppbv)	Equal variances assumed	.033	.856	-4.545	58	.000	-45.4216	9.9929	-65.4245	-25.4186
	Equal variances not assumed			-4.545	57.966	.000	-45.4216	9.9929	-65.4248	-25.4184

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของห้องปฏิบัติการ FT-IR ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive

Descriptives

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Active Sampling (ppbv)	30	10.29	15.61	13.6269	1.2861
Passive Sampling (ppbv)	30	15.02	20.79	17.7959	1.4295
Valid N (listwise)	30				

ผลการเปรียบเทียบปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดได้จากวิธี Active และ Passive

Regression

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Passive (ppbv)[a]	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Active (ppbv)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.932[a]	.868	.864	.4747

a. Predictors: (Constant), Passive (ppbv)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.295	1.101		-1.176	.249
	Passive (ppbv)	.838	.062	.932	13.597	.000

a. Dependent Variable: Active (ppbv)

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	41.662	1	41.662	184.888	.000[a]
	Residual	6.309	28	.225		
	Total	47.971	29			

a. Predictors: (Constant), Passive (ppbv)

b. Dependent Variable: Active (ppbv)

เปรียบเทียบผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ได้จากวิธี Active และ Passive

T-Test

Group Statistics

	Type of measurement	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Active and Passive (ppbv)	Active Sampling	30	13.6269	1.2861	.2348
	Passive Sampling	30	17.7959	1.4295	.2610

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Active and Passive (ppbv)	Equal variances assumed	.192	.663	-11.875	58	.000	-4.1691	.3511	-4.8718	-3.4663
	Equal variances not assumed			-11.875	57.364	.000	-4.1691	.3511	-4.8720	-3.4662

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวแก้ว ขจรไชยกูล เกิดเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2519 ที่กรุงเทพมหานคร เข้าศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2536 หลังสำเร็จการศึกษาเข้ารับราชการในตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และได้ลาศึกษาในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย