การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดในอากาศภายในอาคาร กรณีศึกษาร้านทำผม

โดย

ณภัทร เฟื่องฟู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2567

Ref. code: 25676109031549VFP

HEALTH RISK ASSESSMENT OF TOTAL VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS CONCENTRATION IN INDOOR AIR: A CASE STUDY OF HAIR SALON

BY

NAPUT FUANGFU

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
(SUSTAINABLE DEVELOPMENT TECHNOLOGY)
DEPARTMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT TECHNOLOGY
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2024

Ref. code: 25676109031549VFP

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

ณภัทร เฟื่องฟู

เรื่อง

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดในอากาศภายในอาคาร กรณีศึกษาร้านทำผม

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน)

เมื่อ วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2568

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล ศิลปรัศมี)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวทัศน์ บุญกล้า)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเพชร จิรขจรกุล)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดในอากาศภายในอาคาร กรณีศึกษาร้านทำผม
ชื่อผู้เขียน	ณภัทร เฟื่องฟู
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน)
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เยาวทัศน์ บุญกล้า
ปีการศึกษา	2567

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะและความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds: TVOCs) ภายในร้านทำผมจำนวน 5 แห่งที่ตั้งอยู่ในเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ประเมินความแตกต่างของค่าความเข้มข้นระหว่างวันทำงานและวันหยุดสุดสัปดาห์ และคำนวณความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสาร TVOCs ตลอดระยะเวลา 7 วันของการเก็บข้อมูล กระบวนการวิจัยประกอบด้วยการสำรวจลักษณะทางกายภาพของร้าน การติดตั้งเครื่องวัด TVOCs ที่ระดับความสูง 140–160 เซนติเมตรจากพื้นภายในร้าน และเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความเข้มข้นอย่างน้อยวันละ 8 ชั่วโมง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Mann-Whitney เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเข้มข้นระหว่างวันธรรมดา และวันหยุดสุดสัปดาห์ และเปรียบเทียบเพิ่มเติมกับค่าเฝ้าระวังตามมาตรฐานของกรมอนามัย ประเทศไทย ที่กำหนดค่าไม่เกิน 1 ppm และคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงทางสุขภาพ ได้แก่ Hazard Quotient (HQ) และ Hazard Index (HI)

ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ TVOCs บางวันในบางร้านมีค่าสูงเกินกว่าเกณฑ์ที่กรมอนามัยกำหนด โดยเฉพาะในวันหยุดสุดสัปดาห์ที่มีกิจกรรมใช้ผลิตภัณฑ์เข้มข้นสูง อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างวันธรรมดากับวันหยุดสุดสัปดาห์ ($p > 0.05$) ขณะที่ค่าดัชนี HQ และ HI ที่คำนวณได้มีค่าต่ำกว่า 1.0 เกือบทุกร้าน ซึ่งบ่งชี้ว่าไม่พบความเสี่ยงเฉียบพลันต่อสุขภาพจากการสัมผัสสาร TVOCs ในช่วงระยะเวลาสั้นของการศึกษา แต่มี

Ref. code: 25676109031549VFP

เพียงหนึ่งร้านที่มีค่า HI เกินค่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ซึ่งบ่งชี้ว่าอาจมีอันตรายต่อการสัมผัสสาร เป็นค่าที่ยอมรับไม่ได้ ควรมีมาตรการหรือลดการสัมผัส แต่ทุกร้านยังควรระวังการสัมผัสสะสมในระยะยาว

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการจัดการคุณภาพอากาศภายในร้านทำผม เช่น การติดตั้งระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพ การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย และการให้ความรู้แก่ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการสัมผัสสารเคมี เช่น การใช้หน้ากันสารเคมี และใส่ถุงมือ เพื่อป้องกันความเสี่ยงต่อสุขภาพในระยะยาว

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ, วันธรรมดา, วันหยุดสุดสัปดาห์, ร้านทำผม, สารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด ,คุณภาพอากาศภายในอาคาร

Ref. code: 25676109031549VFP

Thesis Title	Health Risk Assessment of Total Volatile Organic Compounds Concentration in Indoor Air: A Case Study of Hair Salon.
Author	Naput Fuangfu
Degree	Master of Science (Sustainable Development Technology)
Major Field/Faculty/University	Department of Sustainable Development Technology Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant Professor Yaowatat Boongla, Ph.D.
Academic Year	2024

ABSTRACT

This study aimed to investigate the characteristics and concentrations of Total Volatile Organic Compounds (TVOCs) in five hair salons located in Nong Chok District, Bangkok. The objectives included assessing differences in TVOCs concentrations between weekdays and weekends, as well as calculating health risks from TVOCs exposure over a 7-day data collection period. The research process involved surveying the physical characteristics of each salon, installing TVOCs monitoring devices at a height of 140–160 centimeters above the floor, and collecting concentration data for at least 8 hours per day. The data were analyzed using the Mann-Whitney statistical test to compare concentration differences between weekdays and weekends. Additionally, the measured concentrations were compared with the Department of Health (Thailand) guideline of 1 ppm, and health risk indices, including Hazard Quotient (HQ) and Hazard Index (HI), were calculated.

The results showed that TVOCs concentrations on certain days in some salons exceeded the Department of Health's guideline, particularly during weekends when high-intensity chemical products were used. However, statistical analysis found

Ref. code: 25676109031549VFP

no significant difference between weekdays and weekends ($p > 0.05$). Most calculated HQ and HI values were below 1.0, indicating no acute health risk from short-term TVOCs exposure during the study period. Nevertheless, one salon had an HI value exceeding the acceptable limit, indicating an unacceptable potential health risk that requires additional control measures or exposure reduction. Furthermore, all salons should remain cautious of potential long-term cumulative exposure.

These findings highlight the need for indoor air quality management in hair salons, such as installing effective ventilation systems, selecting safer products, and educating workers on chemical exposure prevention, including the use of protective masks and gloves, to mitigate long-term health risks.

Keywords: Health Risk Assessment, Weekday, Weekend, Hair Salon, TVOCs, Indoor Air Quality

Ref. code: 25676109031549VFP

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนายั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือวิจัยซึ่งจัดซื้อจากบริษัท Hollywell อันมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการเก็บข้อมูลด้านคุณภาพอากาศในครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล ศิลปรัศมี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนางานวิจัยฉบับนี้ให้มีคุณภาพและความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวทัศน์ บุญกล้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาของการดำเนินงานวิจัย ด้วยความใส่ใจและสนับสนุนอย่างเต็มที่ ส่งผลให้ข้าพเจ้าสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จตามเป้าหมาย

ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณอย่างจริงใจต่อ เจ้าของร้านและพนักงานร้านทำผมทั้ง 5 แห่ง ในเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ที่ให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมการศึกษาและเอื้อเฟื้อสถานที่ ตลอดจนให้ข้อมูลอันมีค่าในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ครอบครัวและเพื่อน ทุกคนที่เป็นกำลังใจและอยู่เคียงข้างตลอดระยะเวลาของการศึกษาจนงานวิจัยฉบับนี้แล้วเสร็จ ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุกท่านจากใจจริงมา ณ โอกาสนี้

ณภัทร เฟื่องฟู

Ref. code: 25676109031549VFP

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 กรอบแนวคิดงานวิจัย	3
1.4 ขอบเขตดำเนินการวิจัย	4
1.5 นิยามคำศัพท์	4
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	5
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1.1 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)	7
2.1.2 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs)	8
2.1.3 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกอาคาร	10
2.1.4 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ที่พบในร้านทำผม	11

Ref. code: 25676109031549VFP

2.1.5 โครงสร้างทางเคมีของ (VOCs) ที่พบในร้านทำผม 12
2.1.6 การสัมผัสกับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) 16
2.1.7 ผลกระทบของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ต่อระบบต่างๆ 19
2.1.8 มาตรฐานการตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ภายในอาคาร 19
2.1.9 วิธีการตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) 20
2.1.10 ค่ามาตรฐานสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ภายในอาคาร 21
2.1.11 มาตรฐานค่าเฝ้าระวังสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ตามประกาศกรมอนามัย 23
2.1.12 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ 24
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 36

3.1 การสำรวจสถานที่ทำการวิจัย 36
3.2 ระยะเวลาในการตรวจวัด 37
3.3 การเลือกจุดเก็บตัวอย่าง 38
3.3.1 การเก็บตัวอย่างบริเวณภายในร้านผม 38
3.3.2 ติดตั้งเครื่องตรวจวัด 38
3.4 การติดตามตรวจวัดหาปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) 41
3.4.1 เครื่อง MiniRae 3000+ 41
3.4.2 การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ 42
3.4.3 การบันทึกข้อมูล 43
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัด 43
3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 43
3.5.2 การประเมินการได้รับสัมผัสมลพิษอากาศ 45

Ref. code: 25676109031549VFP

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 47

4.1 ค่าความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ภายในร้านทำผม 47
4.2 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของ TVOCs ระหว่างวันธรรมดา และวันหยุดสุดสัปดาห์ 49
4.2.1 ข้อมูลทั่วไปของตัวแปร 49
4.2.2 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของ TVOCs ระหว่างกลุ่ม 50
4.3 ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ในร้านทำผม 52
4.3.1 การวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นสัมผัส 52
4.3.2 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของอันตราย 55
4.3.3 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงรวม 56
4.4 อภิปรายผลการศึกษา 58
4.4.1 การอภิปรายผลเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ 59
4.4.2 การเปรียบเทียบผลการศึกษากับงานวิจัยอื่น 60

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 63

5.1 สรุปผลการวิจัย 63
5.1.1 ค่าความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ภายในร้านทำผม 63
5.1.2 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสาร TVOCs ระหว่างวันธรรมดาและวันหยุดสุดสัปดาห์ 64
5.1.3 ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ในร้านทำผม 64
5.1.3.1 ค่าความเข้มข้นของการสัมผัส 64
5.1.3.2 ค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย (HQ) และค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (HI) 64
5.2 ข้อเสนอแนะ 65

Ref. code: 25676109031549VFP

5.2.1 ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการและเชิงนโยบาย 65
5.2.2 ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติสำหรับสถานประกอบการ 66
5.2.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต 66

รายการอ้างอิง 67

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางการเก็บข้อมูลความเข้มข้น Site A ถึง Site E 78
ภาคผนวก ข ตารางค่าความเข้มข้นสัมผัส (Exposure Concentration: EC) 83
ภาคผนวก ค ตารางค่าสัมประสิทธิ์เสี่ยงอันตราย (Hazard Quotient: HQ) และ ค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (Hazard Index: HI) 84
ภาคผนวก ง ข้อมูลทางสถิติ โปรแกรม SPSS 85
ภาคผนวก จ ภาพถ่ายแสดงการติดตั้งเครื่องตรวจวัด TVOCs ภายในร้านทำผม 90
ภาคผนวก ฉ ข้อมูลบันทึกกิจกรรมและสภาพแวดล้อมในร้านทำผม 88
ภาคผนวก ช ประกาศค่าเฝ้าระวังของกรมอนามัย 101

ประวัติผู้เขียน 108

Ref. code: 25676109031549VFP

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แนวทางการประเมินความเสี่ยงของค่า TVOCs (mg/m³) 22

2.2 แนวทางการประเมินความเสี่ยงของค่า TVOCs (µg/m³) 22

2.3 แนวทางการประเมินความเสี่ยงของค่า TVOCs (ppm) 23

2.4 สรุปค่ามาตรฐาน TVOCs ตามประกาศกรมอนามัย พ.ศ. 2565 24

3.1 รายละเอียดร้านทำผม 5 แห่ง 37

4.1 ค่าความเข้มข้น TVOCs จากเครื่อง MiniRae 3000+ 47

4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความเข้มข้น โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 50

4.3 จำนวนลูกค้าที่มาใช้บริการ (คน) 51

4.4 เวลาสัมผัส (ET) ของ Site A ที่ใช้ในการคำนวณ Exposure Concentration 52

4.5 เวลาสัมผัส (ET) ของ Site B ที่ใช้ในการคำนวณ Exposure Concentration 52

4.6 เวลาสัมผัส (ET) ของ Site C ที่ใช้ในการคำนวณ Exposure Concentration 53

4.7 เวลาสัมผัส (ET) ของ Site D ที่ใช้ในการคำนวณ Exposure Concentration 53

4.8 เวลาสัมผัส (ET) ของ Site E ที่ใช้ในการคำนวณ Exposure Concentration 54

Ref. code: 25676109031549VFP

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดงานวิจัย	3
2.1 การแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในสิ่งแวดล้อม	8
2.2 แหล่งกำเนิดของสาร VOCs	9
2.3 โครงสร้างทางเคมีของฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	12
2.4 โครงสร้างทางเคมีของอะซีโตน (Acetone)	13
2.5 โครงสร้างทางเคมีของโทลูอีน (Toluene)	14
2.6 โครงสร้างทางเคมีของเอทิลอะซีเตต (Ethyl Acetate)	15
2.7 โครงสร้างทางเคมีของไอโซโพรพานอล (Isopropanol)	16
2.8 ผลกระทบต่อสุขภาพของสาร VOCs	18
3.1 แผนผังจุดตรวจวัด Site A	38
3.2 แผนผังจุดตรวจวัด Site B	39
3.3 แผนผังจุดตรวจวัด Site C	39
3.4 แผนผังจุดตรวจวัด Site D	40
3.5 แผนผังจุดตรวจวัด Site E	40
3.6 เครื่องตรวจวัด TVOC แบบอ่านค่าโดยตรง (MiniRae 3000+)	42
4.1 ค่าความเข้มข้น TVOCs รายวัน (ppm)	48
4.2 ค่าความเข้มข้น TVOCs รายสัปดาห์ (ppm)	49
4.3 ค่าความเข้มข้นสัมผัส (Exposure Concentration: EC)	55
4.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของอันตราย (Hazard Quotient: HQ)	56
4.5 ค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (Hazard Index: HI)	57

Ref. code: 25676109031549VFP

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds; TVOCs) หมายถึง ผลรวมของสารประกอบอินทรีย์ที่สามารถระเหยสู่อากาศได้ที่อุณหภูมิห้อง โดย TVOCs ประกอบด้วยสารเคมีที่มีความระเหยสูงหลากหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น การระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ อาการปวดศีรษะ และในบางกรณี อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งหากได้รับสัมผัสในความเข้มข้นสูง (US. Environmental Protection Agency (US.EPA), 2567; David and Niculescu, 2564) สารเหล่านี้พบได้ทั่วไปในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น สีพ่นรถยนต์ น้ำยาทำความสะอาด น้ำหอม และวัสดุก่อสร้างรวมถึงเฟอร์นิเจอร์ (EPA, n.d.)

พื้นที่เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร การเติบโตของเมือง การขยายตัวของโครงการที่อยู่อาศัย และจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น (สำนักงานเขตหนองจอก, 2565) ส่งผลให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่การใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) อย่างแพร่หลายในสถานประกอบการต่าง ๆ เช่น ร้านทำเล็บ ร้านทำผม และร้านถ่ายเอกสาร ซึ่งมักมีการใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ในปริมาณมากและเป็นประจำ การศึกษานี้จึงมีความสำคัญ เนื่องจากมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดและประเมินระดับความเข้มข้นของสาร TVOCs ในร้านทำผม ซึ่งถือเป็นแหล่งที่มีความเสี่ยงสูงต่อการปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOCs) เนื่องจากมีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารเคมี เช่น น้ำยาดัดผม น้ำยายืดผม สเปรย์จัดแต่งทรงผม และสีย้อมผม อยู่เป็นประจำ

ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มักมีสาร VOCs เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ อะซิโทน โทลูอีน และเบนซีน ซึ่งสามารถระเหยเข้าสู่อากาศภายในร้านได้ (McNary and Jackson, 2550; Zhang et al., 2562) การสะสมของ TVOCs ในอากาศภายในร้านจึงได้รับการประเมินเพื่อตรวจสอบว่ามีค่าเกินเกณฑ์ค่าเฝ้าระวังตามมาตรฐานที่กรมอนามัยกำหนดไว้ที่ 1 ppm หรือไม่ (กรมอนามัย, 2565)

การศึกษานี้ไม่เพียงแต่เน้นการวัดและวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศในช่วงเวลาต่าง ๆ เท่านั้น แต่ยังเปรียบเทียบระดับ TVOCs ระหว่างวันทำงานธรรมดาและวันหยุดสุดสัปดาห์ด้วย การสะสมของ TVOCs ในอากาศภายในร้านทำผมอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของทั้งช่างทำผมและลูกค้า โดยเฉพาะในร้านที่มีระบบระบายอากาศไม่เพียงพอ การสัมผัสสารเหล่านี้ใน

Ref. code: 25676109031549VFP

ระยะยาวอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองที่ตา จมูก และระบบทางเดินหายใจ รวมถึงอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคเรื้อรังในระยะยาว (Cohen et al., 2560; Madureira et al., 2558)

ดังนั้น การคัดเลือกร้านทำผมเฉพาะบางแห่งเพื่อนำมาศึกษาและเก็บข้อมูลจึงมีความสำคัญ เพื่อประเมินระดับ TVOCs และหาแนวทางในการลดความเสี่ยงด้านสุขภาพสำหรับผู้ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมดังกล่าว ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาคู่มือและมาตรการในการลดความเสี่ยงจากการสัมผัสสาร TVOCs ซึ่งอาจรวมถึง การปรับปรุงระบบระบายอากาศ การใช้เครื่องป้องกันส่วนบุคคล การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณ TVOCs ต่ำ หรือการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานเพื่อลดการปล่อยสารเคมีสู่อากาศ ผลการศึกษานี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม รวมถึงแนวทางการพัฒนานโยบายด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

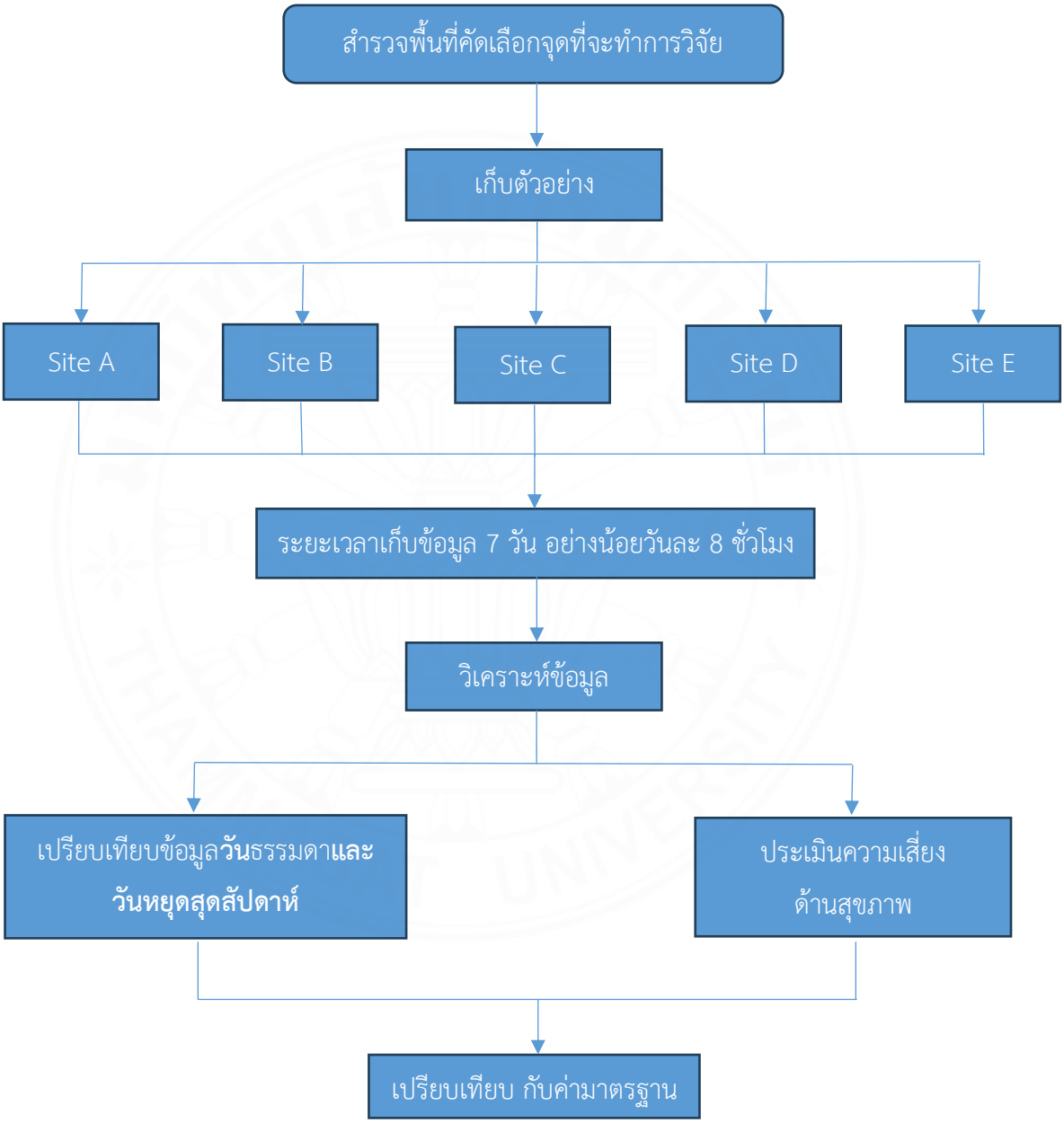
1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ภายในร้านทำผม
2. เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสาร TVOCs ระหว่างวันธรรมดา และวันหยุดสุดสัปดาห์
3. เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ในร้านทำผม เขตหนองจอก

Ref. code: 25676109031549VFP

1.3 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ภาพที่ 1.1

กรอบแนวคิดงานวิจัย



1.4 ขอบเขตดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้จะดำเนินการภายในพื้นที่เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการผสมผสานระหว่างชุมชนที่อยู่อาศัยและสถานประกอบการหลากหลายประเภท เขตหนองจอกมีลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาปริมาณและการกระจายตัวของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ภายในอาคารที่ใช้เป็นสถานประกอบกิจการต่าง ๆ

การวิจัยจะมุ่งเน้นการเก็บข้อมูลจากร้านทำสีผม ที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสาร VOCs ในปริมาณมาก ภายในเขตหนองจอก การเลือกสถานที่เหล่านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเข้มข้นของสาร TVOCs ที่สะสมอยู่ในอากาศภายในอาคาร และเพื่อตรวจสอบความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพของพนักงานและผู้ใช้บริการที่อาจสัมผัสกับสารเคมีเหล่านี้

การศึกษาจะครอบคลุมการตรวจวัดความเข้มข้นของสาร TVOCs ในช่วงวันธรรมดาและเปรียบเทียบกับช่วงเวลาวันหยุดสุดสัปดาห์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาแนวทางการจัดการและลดความเสี่ยงจากการสัมผัสสาร VOCs ภายในพื้นที่

1.5 นิยามคำศัพท์

1. ร้านทำผม หมายถึง สถานประกอบการที่ให้บริการด้านเส้นผมแก่ลูกค้า ซึ่งรวมถึงการตัดผม สระผม ไดร์ผม ย้อมผม ดัดผม ยืดผม และบริการจัดแต่งทรงผมอื่น ๆ โดยทั่วไปร้านทำผมมักเป็นพื้นที่ปิดหรือกึ่งปิด มีการใช้ผลิตภัณฑ์ทางเคมีที่มีสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOCs) เป็นองค์ประกอบ เช่น น้ำยาย้อมผม น้ำยาดัดผม สเปรย์จัดแต่งทรงผม และผลิตภัณฑ์กลิ่นหอม ซึ่งอาจก่อให้เกิดการสะสมของสารมลพิษในอากาศภายในอาคาร และมีผลต่อคุณภาพอากาศและสุขภาพของผู้ที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าว

2. สภาวะอากาศภายในอาคาร หมายถึง ภาวะที่อากาศภายในอาคารมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณและระยะเวลาที่นานพอที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์หรือต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้น ๆ (กรมอนามัย, 2565)

3. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ หมายถึง กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการประเมินโอกาสและความรุนแรงของผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการสัมผัสสารเคมี ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม หรือปัจจัยเสี่ยงอื่น ๆ (U.S. Environmental Protection Agency, 2557)

Ref. code: 25676109031549VFP

4. วันธรรมดา หมายถึง วันทำงานปกติที่ไม่ใช่วันหยุดสุดสัปดาห์หรือวันหยุดนักขัตฤกษ์ โดยทั่วไปในประเทศไทยหมายถึงวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ซึ่งเป็นช่วงเวลาสำหรับการดำเนินงานของหน่วยงานราชการ บริษัทเอกชน และสถานศึกษาส่วนใหญ่ (Oxford University Press, 2566a)

5. วันหยุดสุดสัปดาห์ หมายถึง ช่วงวันหยุดประจำสัปดาห์ซึ่งโดยทั่วไปคือวันเสาร์และวันอาทิตย์ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ประชาชนส่วนใหญ่พักผ่อนหรือทำกิจกรรมส่วนตัว โดยไม่ต้องปฏิบัติงานตามปกติ (Oxford University Press, 2566b)

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ทราบระดับความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ภายในร้านทำผมในบริบทพื้นที่ศึกษาจริง ซึ่งช่วยสะท้อนคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์เคมีอย่างต่อเนื่อง

2. สามารถประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพเบื้องต้น ต่อผู้ปฏิบัติงานและผู้ใช้บริการจากการสัมผัสสาร TVOCs โดยใช้ค่าดัชนีชี้วัดมาตรฐาน เช่น HQ และ HI ซึ่งช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายและมาตรการควบคุม

3. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในร้านเสริมสวยหรือร้านทำผม โดยเฉพาะในประเทศไทย ที่ยังขาดแนวทางเฉพาะด้านในบริบทของสถานประกอบการขนาดเล็ก

4. เป็นแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคต ในการพัฒนาระบบเฝ้าระวังคุณภาพอากาศในอาคาร หรือการศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างระดับสาร TVOCs กับผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวอย่างมีระบบ

Ref. code: 25676109031549VFP

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ และประเมินผลกระทบของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds: TVOCs) ภายในสถานประกอบการร้านทำผมในเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการผสมผสานระหว่างชุมชนที่อยู่อาศัยและสถานประกอบการหลากหลายประเภท งานวิจัยนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจในแนวคิด ทฤษฎี และผลการศึกษาในอดีตเกี่ยวกับสาร TVOCs ที่มีผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

เนื้อหาในบทนี้จะประกอบไปด้วยการทบทวนแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสาร VOCs รวมถึงการจำแนกประเภทของสาร VOCs ที่พบบ่อยใน ร้านทำสีผม นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงมาตรฐานการตรวจวัดสาร VOCs และการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการสัมผัสสารเหล่านี้ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำคัญในการวิเคราะห์ผลการวิจัยในบทต่อ ๆ ไป

2.1 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม หัวข้อต่างๆ จะครอบคลุมตั้งแต่นิยามของ VOCs แหล่งที่มาที่พบได้บ่อยในสถานประกอบการ ไปจนถึงการสัมผัสและค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำคัญในการวิเคราะห์และวิจัยในบทต่อๆ ไป

2.1.1 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)

2.1.2 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs)

2.1.3 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกอาคาร

2.1.4 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ที่พบในร้านทำผม

2.1.5 โครงสร้างทางเคมีของ (VOCs) ที่พบในร้านทำผม

2.1.6 การสัมผัสกับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)

2.1.7 ผลกระทบของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ต่อระบบต่างๆ

2.1.8 มาตรฐานการตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ภายในอาคาร

2.1.9 วิธีการตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)

Ref. code: 25676109031549VFP

2.1.10 ค่ามาตรฐานสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ภายในอาคาร

2.1.11 มาตรฐานค่าเฝ้าระวังสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ตามประกาศกรมอนามัย

2.1.12 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

การศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้น จะเป็นพื้นฐานสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการตรวจวัดสาร TVOCs ในสถานประกอบการ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและสอดคล้องกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งจะนำไปสู่การสรุปและข้อเสนอแนะในบทถัดไป

2.1.1 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)

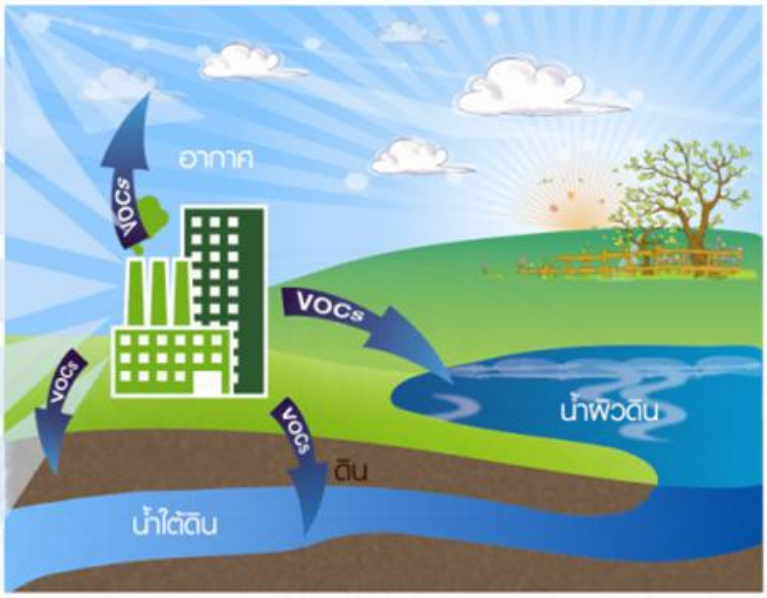
VOCs ในทางวิชาเคมี คือ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) คือ สารประกอบ อินทรีย์ที่อยู่ในรูปของของแข็งหรือของเหลวที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนอินทรีย์ (Organic Carbon) เช่น พันธะ ระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจนหรือซัลเฟอร์ ยกเว้น คาร์บอเนตคาร์บอน (เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต, $CaCO_3$) กลุ่มคาร์บอนคาร์ไบด์ (เช่น แคลเซียมคาร์ไบด์, CaC_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide, CO) และ คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide, CO_2) และมีความดันไอ (Vapor Pressure) อย่างมีนัยสำคัญ ณ อุณหภูมิปกติ (มีส่วนที่มีสภาพเป็นก๊าซมากอย่างมีนัยสำคัญ) คือมีความดันไอมากกว่า 0.1 มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งเมื่อระเหยสู่บรรยากาศ สามารถคงตัวอยู่ในอากาศได้เป็นระยะเวลานาน (วราวุธ เสือดี และจิราวรรณ จาปานิล, 2555)

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายเป็นสารประกอบชนิดหนึ่งที่ถูกปลดปล่อยออกจาก ของเหลวหรือของแข็งในรูปแบบของก๊าซ เนื่องจากเป็นสารประกอบที่สามารถระเหยได้ง่าย ทำให้ปนเปื้อนในอากาศได้อย่างรวดเร็ว ถ้าหากในกรณีที่เกิดขึ้นภายในอาคาร จะทำให้มีความเข้มข้นของ VOCs สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและอาจจะสูงกว่าการเกิดขึ้นภายนอกอาคาร ถึง 10 เท่า ส่วนใหญ่มักจะพบสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในวัสดุก่อสร้าง จำพวกไม้อัด กาว สีทาอาคาร ฉนวนโฟมบางประเภท การเผาไหม้เชื้อเพลิง ผลิตภัณฑ์ ยาสูบ รวมถึงยังพบในผลิตภัณฑ์ดูแลความงาม เช่น น้ำหอม สเปรย์ฉีดผม ยาทาเล็บ สำหรับในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ก็ยังพบในประเภทน้ำยาเคลือบเงา งานพิมพ์ เช่น เครื่องถ่าย เอกสาร เครื่องพิมพ์เอกสาร เป็นต้น (U.S.EPA, 2561a)

Ref. code: 25676109031549VFP

ภาพที่ 2.1

การแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในสิ่งแวดล้อม



หมายเหตุ. สืบค้นจาก https://www.industry.in.th/dip/knowledge_detail.php?id=1165&uid=35317, 2568

กล่าวโดยสรุป VOCs หรือ Volatile Organic Compounds คือ สารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยง่าย ซึ่งหมายถึงสารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักและสามารถระเหยเป็นไอหรือก๊าซได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 20-25 องศาเซลเซียส) สารเหล่านี้สามารถพบได้ในหลากหลายผลิตภัณฑ์และกระบวนการในอุตสาหกรรม รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไป เช่น สี ทินเนอร์ น้ำยาทำความสะอาด กาว และเชื้อเพลิง โดยสารเหล่านี้สามารถทำให้เกิดมลพิษในอากาศและอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์เมื่อสูดดมเข้าไป

2.1.2 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs)

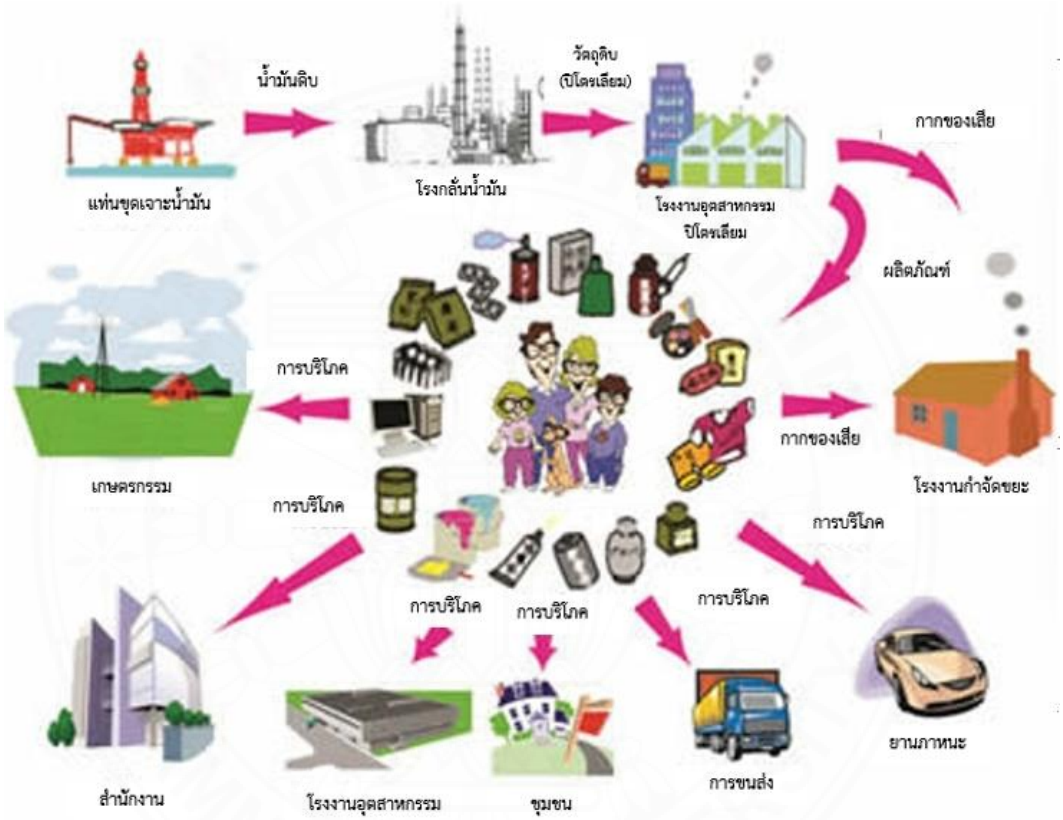
Total Volatile Organic Compounds (TVOCs) เป็นการวัดปริมาณรวมของสารระเหยอินทรีย์หลายชนิด (Volatile Organic Compounds: VOCs) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ง่ายและสามารถปล่อยออกสู่บรรยากาศที่อุณหภูมิห้อง สาร VOCs มาจากแหล่งกำเนิดหลากหลาย เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน วัสดุก่อสร้าง และกระบวนการทางอุตสาหกรรม (Molhave, 2534) การวัดค่า TVOCs เป็นการวัดรวมที่ไม่แยกแยะชนิดของ VOCs แต่เป็นการบ่งบอกถึงระดับ

Ref. code: 25676109031549VFP

รวมของสารประกอบที่มีอยู่ในอากาศในสภาพแวดล้อมที่กำหนด ซึ่งช่วยให้สามารถประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการสัมผัสกับสารระเหยอินทรีย์ได้

ภาพที่ 2.2

แหล่งกำเนิดของสาร VOCs



หมายเหตุ. สืบค้นจาก https://www.industry.in.th/dip/knowledge_detail.php?id=1165&uid=35317, 2568

แหล่งกำเนิดของสาร VOCs

แหล่งที่มาของสาร VOCs มีทั้งจากแหล่งธรรมชาติและแหล่งที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยแหล่งที่มาหลักของ VOCs ประกอบด้วย:

1. ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในอาคาร: เช่น สี ทินเนอร์ น้ำยาทำความสะอาด น้ำยาขัดพื้น เฟอร์นิเจอร์ที่ทำจากไม้หรือพลาสติก และกาว วัสดุเหล่านี้สามารถปล่อย VOCs สู่บรรยากาศภายในอาคารได้เมื่อเกิดการระเหย (Wolkoff, 2538)

Ref. code: 25676109031549VFP

2. กระบวนการอุตสาหกรรม: โรงงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสารเคมี เช่น อุตสาหกรรมพลาสติก สารเคลือบ และสี รวมถึงกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่าง ๆ เช่น การเผาขยะและการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล เป็นแหล่งที่ปล่อย VOCs ปริมาณมาก (Jones, 2542)

3. ยานพาหนะและการคมนาคม: ควันไอเสียจากยานพาหนะและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เช่น เบนซีนและโทลูอีน ถือเป็นแหล่ง VOCs ที่สำคัญในสภาพแวดล้อมภายนอก (U.S. Environmental Protection Agency, 2564)

2.1.3 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกอาคาร

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOCs) เป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิห้อง โดยสาร VOCs สามารถพบได้ในสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งมีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมและผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และกระบวนการเผาไหม้ VOCs สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมหากมีการสะสมในปริมาณมาก การศึกษาถึงแหล่งกำเนิดและการกระจายตัวของสารเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญในการจัดการและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น

2.1.3.1 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในภายในอาคาร

แหล่งกำเนิดของสาร VOCs ภายในอาคารส่วนใหญ่เกิดจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น วัสดุก่อสร้าง เครื่องเรือน และผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด ตัวอย่างแหล่งที่มาของสาร VOCs ภายในอาคาร ได้แก่:

1. วัสดุก่อสร้างและตกแต่ง: วัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างและตกแต่ง เช่น สี ทินเนอร์ กาว พรม และเฟอร์นิเจอร์จากวัสดุสังเคราะห์หรือไม้แปรรูป สามารถปล่อยสาร VOCs เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์และเบนซีน เมื่อมีการใช้งานหรือเกิดการสึกกร่อน (Chomanee and Niyomthai, 2564)

2. ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด: สารเคมีในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เช่น น้ำยาล้างห้องน้ำ และน้ำยาดับกลิ่นภายในห้อง สามารถปล่อย VOCs ออกสู่บรรยากาศภายในอาคารได้เช่นกัน (Chomanee and Niyomthai, 2564)

Ref. code: 25676109031549VFP

3. เครื่องใช้ไฟฟ้า: เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เครื่องพิมพ์ เครื่องถ่ายเอกสาร และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สามารถปล่อยสาร VOCs ระหว่างการใช้งานและบำรุงรักษาได้ (Chomanee and Niyomthai, 2564)

2.1.3.2 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในภายนอกอาคาร

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย VOCs ในภายนอกอาคารมักเกิดจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคมนาคมและอุตสาหกรรม แหล่งกำเนิดที่สำคัญของสาร VOCs ในภายนอกอาคาร ได้แก่:

1. ควันจากยานพาหนะ: ยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นแหล่งที่มาของสาร VOCs ที่สำคัญ โดยเฉพาะสารประกอบเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ซึ่งพบมากในควันไอเสียของยานพาหนะ (Laowakul and Sakolchai, 2566)

2. โรงงานอุตสาหกรรม: โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้สารเคมีในการผลิต เช่น นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง เป็นแหล่งปล่อยสาร VOCs ที่สำคัญ (Thongkham and Densubun, 2555)

3. กระบวนการเผาไหม้: กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และการเผาขยะ สามารถปล่อย VOCs สู่บรรยากาศภายนอกได้ โดยสารเหล่านี้จะผสมกับอากาศและเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศ (Thongkham and Densubun, 2555)

2.1.4 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOC) ที่พบในร้านทำผม

จากการศึกษาของ Chang et al. (2561) ซึ่งได้สำรวจคุณภาพอากาศภายในร้านทำผมในเขตเมืองของกรุงไทเป ประเทศไต้หวัน พบว่ามีการตรวจพบสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOCs) หลายชนิดในอากาศภายในร้าน ซึ่งส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับการใช้ผลิตภัณฑ์ทางเคมีสำหรับเส้นผม เช่น น้ำยาย้อมผม น้ำยาดัดผม และผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผมต่าง ๆ

สาร TVOCs ที่ตรวจพบได้บ่อยภายในร้านทำผม ประกอบด้วย:

1. ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) พบในอากาศภายในร้านที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์สำหรับ ดัดผม ยืดผม และเคลือบเงาเส้นผม โดยมีความเข้มข้นสูงกว่าค่ามาตรฐานที่แนะนำถึง ร้อยละ 83 ของจุดที่ตรวจวัดเป็นสารที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารเคมีเข้มข้นและใช้ความร้อนร่วมด้วย

Ref. code: 25676109031549VFP

2. โทลูอีน (Toluene) ตรวจพบในร้านที่มีการใช้ น้ำยาย้อมผมและผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผม เป็นสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายในสูตรผลิตภัณฑ์หลายชนิด

3. เอทิลอะซีเตต (Ethyl Acetate) ตรวจพบในบริเวณที่ใช้ น้ำยาเคลือบเงาผมหรือน้ำยาล้างคราบ มีความเข้มข้นสูงในร้านที่มีการทำความสะอาดอุปกรณ์สม่ำเสมอ

5. ไอโซโพรพานอล (Isopropanol) พบในร้านที่ใช้ สเปรย์ฉีดผมและผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผมแบบแอลกอฮอล์เบส เช่น เจลและโฟมจัดแต่งทรง มีการปนเปื้อนสูงในพื้นที่ใกล้กับจุดที่ให้บริการลูกค้าโดยตรง

6. อะซิโตน (Acetone) พบในร้านที่มีการใช้ ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดหรือสารล้างคราบ บนพื้นและอุปกรณ์ มักมีระดับสูงในพื้นที่เตรียมอุปกรณ์หรือห้องเก็บของ

2.1.5 โครงสร้างทางเคมีของ (VOCs) ที่พบในร้านทำผม

1. ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)

ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นฉุนแรง ละลายน้ำได้ดี และมักถูกนำมาใช้ในรูปของสารละลายที่เรียกว่า “ฟอร์มาลิน” (formalin) ซึ่งมีฟอร์มาลดีไฮด์ประมาณ 37% โดยน้ำหนัก ใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลาย พบได้ทั่วไปในผลิตภัณฑ์ในร่ม เช่น น้ำยาทำผม ไม้อัด วัสดุก่อสร้าง และวัสดุตกแต่งบ้าน เนื่องจากระเหยง่าย จึงสามารถปนเปื้อนในอากาศภายในอาคาร และหากได้รับในปริมาณสูงอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองตา จมูก คอ หรือมีผลต่อสุขภาพระยะยาว เช่น การเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง (Formaldehyde, U.S. EPA, 2559)

โครงสร้างทางเคมีของฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)

ชื่อสามัญ: ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)

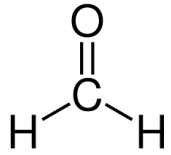
ชื่อทางเคมี: Methanal

สูตรโมเลกุล: CH_2O

โครงสร้างเคมี:

ภาพที่ 2.3

โครงสร้างทางเคมีของฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)



หมายเหตุ. สืบค้นจาก https://th.m.wikipedia.org/wiki/Structural_formula_of_formaldehyde.svg, 2568

Ref. code: 25676109031549VFP

- โครงสร้างนี้ประกอบด้วยอะตอมคาร์บอนหนึ่งอะตอม (C) ที่เชื่อมกับไฮโดรเจนสองอะตอม (H) และออกซิเจนหนึ่งอะตอม (O) ผ่านพันธะคู่ (C=O)
- เป็นแอลดีไฮด์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กที่สุดในกลุ่มของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟอร์มิล (-CHO)
- เป็นสารประกอบคาร์บอนที่มีพันธะคู่กับออกซิเจน (C=O) และมีไฮโดรเจนสองอะตอม
- เป็นแก๊สไม่มีสีที่ระเหยได้ง่ายและมีกลิ่นฉุน
- ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเรซิน (เช่น ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์), สารฆ่าเชื้อ และสารกันเสีย

2. อะซิโตน (Acetone)

อะซิโตนเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound: VOC) ที่อยู่ในกลุ่มคีโตน (Ketone) มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่สี ระเหยง่าย และมีกลิ่นเฉพาะตัว พบได้ทั่วไปในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด น้ำยาล้างเล็บ สีทาเล็บ สีพ่น และสารละลายในอุตสาหกรรม อะซิโตนสามารถดูดซึมผ่านระบบทางเดินหายใจและผิวหนังได้ง่าย เมื่อสัมผัสในปริมาณสูง อาจทำให้เกิดอาการเวียนศีรษะ ระคายเคืองตา และมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางในระยะสั้น (Acetone, U.S. EPA, 2557)

โครงสร้างทางเคมีของอะซิโตน (Acetone)

ชื่อสามัญ: อะซิโตน (Acetone)

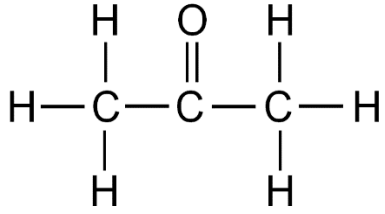
ชื่อทางเคมี (IUPAC): Propan-2-one

สูตรโมเลกุล: C_3H_6O

โครงสร้างเคมี:

ภาพที่ 2.4

โครงสร้างทางเคมีของอะซิโตน (Acetone)



หมายเหตุ. สืบค้นจาก https://touchzy-sci.blogspot.com/2016/11/blog-post_9.html, 2568

Ref. code: 25676109031549VFP

3 โทลูอีน (Toluene)

โทลูอีน (Toluene) เป็นสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC) ที่พบได้ทั่วไปในอุตสาหกรรมและผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน เช่น สีทาเล็บ สีพ่น น้ำยาล้าง และกาว เป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นเฉพาะตัวที่สามารถระเหยในอากาศได้ง่าย

ในร้านทำผม โทลูอีนมักพบในผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับ ย้อมผมและจัดแต่งทรงผม เนื่องจากทำหน้าที่เป็น ตัวทำละลาย (solvent) ที่ช่วยให้สารเคมีอื่นกระจายตัวได้ดี อย่างไรก็ตาม หากได้รับโทลูอีนในปริมาณมากหรือในระยะเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง ระบบหายใจ และอวัยวะภายใน (Toluene, ATSDR, 2017; U.S. EPA, 2565)

โครงสร้างทางเคมีของโทลูอีน (Toluene)

ชื่อสามัญ: โทลูอีน (Toluene)

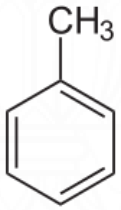
ชื่อทางเคมี (IUPAC): Methylbenzene

สูตรโมเลกุล: C_7H_8

โครงสร้างเคมี:

ภาพที่ 2.5

โครงสร้างทางเคมีของโทลูอีน (Toluene)



หมายเหตุ. สืบค้นจาก https://th.wikipedia.org/wiki/, 2568

4 เอทิลอะซีเตต (Ethyl Acetate)

เอทิลอะซีเตต (Ethyl Acetate) เป็นสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC) ที่นิยมใช้เป็น ตัวทำละลาย (solvent) ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท เช่น สี ยา เครื่องสำอาง น้ำยาล้างเล็บ และน้ำหอม รวมถึงผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผม

เอทิลอะซีเตตมีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่สี มีกลิ่นหอมคล้ายผลไม้ ระเหยง่าย และติดไฟได้ ในร้านทำผมมักพบเอทิลอะซีเตตในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเครื่องมือ และในบางสูตรของสเปรย์หรือสารเคลือบผม

การสัมผัสเอทิลอะซีเตตในปริมาณมากหรือในพื้นที่ปิดที่มีการระบายอากาศไม่ดี อาจส่งผลให้เกิดอาการระคายเคืองจมูก ตา และระบบหายใจ รวมถึงอาการเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ และคลื่นไส้ (Ethyl Acetate, PubChem, 2564)

Ref. code: 25676109031549VFP

โครงสร้างทางเคมีของเอทิลอะซีเตต (Ethyl Acetate)

ชื่อสามัญ: เอทิลอะซีเตต (Ethyl Acetate)

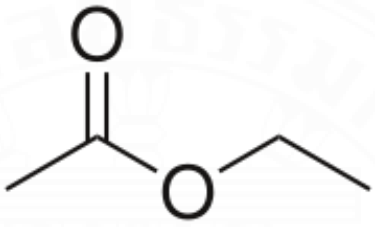
ชื่อทางเคมี (IUPAC): Ethyl ethanoate

สูตรโมเลกุล: $C_4H_8O_2$

โครงสร้างเคมี:

ภาพที่ 2.6

โครงสร้างทางเคมีของเอทิลอะซีเตต (Ethyl Acetate)



หมายเหตุ. สืบค้นจาก https://th.wikipedia.org/wiki/, 2568

5 ไอโซโพรพานอล (Isopropanol)

ไอโซโพรพานอล (Isopropanol) เป็นแอลกอฮอล์สายสั้นที่จัดอยู่ในกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) และเป็นของเหลวไม่มีสี มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว ระเหยง่าย ติดไฟได้ดี และละลายน้ำได้ดี

ในร้านทำผม ไอโซโพรพานอลมักพบในผลิตภัณฑ์ ฆ่าเชื้ออุปกรณ์, สเปรย์จัดแต่งทรงผม, โฟม และเจลแต่งผม เพราะช่วยให้ผลิตภัณฑ์แห้งเร็วและไม่มีคราบตกค้าง อย่างไรก็ตาม การสัมผัสในปริมาณสูง อาจก่อให้เกิด อาการเวียนศีรษะ ระคายเคืองตา ผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ รวมถึงอาจส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลางหากได้รับในปริมาณมากอย่างต่อเนื่อง

โครงสร้างทางเคมีของไอโซโพรพานอล (Isopropanol)

ชื่อสามัญ: ไอโซโพรพานอล (Isopropanol)

ชื่อทางเคมี (IUPAC): Propan-2-ol

ชื่ออื่น: Isopropyl alcohol, 2-propanol

สูตรโมเลกุล: C_3H_8O

โครงสร้างเคมี:

Ref. code: 25676109031549VFP

ภาพที่ 2.7

โครงสร้างทางเคมีของไอโซโพรพานอล (Isopropanol)

หมายเหตุ. สืบค้นจาก https://www.istockphoto.com/th/-358433026, 2568

2.1.6 การสัมผัสกับสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)

การสัมผัสกับสาร VOCs (Volatile Organic Compounds) อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้น ระยะเวลาที่สัมผัส และประเภทของสาร VOCs ที่ได้รับ (U.S. EPA, 2018; WHO, 2010; ATSDR, 2550) ซึ่งสามารถแบ่งเป็นดังนี้

ผลกระทบระยะสั้น

ผลกระทบระยะสั้นมักเกิดขึ้นเมื่อมีการสัมผัสสาร VOCs ในความเข้มข้นสูงในช่วงเวลาสั้น ๆ เช่นในระหว่างการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มี VOCs ในพื้นที่ที่ระบายอากาศไม่ดี

1. การระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ: สาร VOCs สามารถทำให้เกิดการระคายเคืองต่อจมูก คอ และปอด ทำให้เกิดอาการไอ จาม หรือหายใจลำบาก (ATSDR, 2550)

2. อาการวิงเวียนและปวดศีรษะ: การสัมผัสกับสาร VOCs เช่น โทลูอีนหรือไซลีน อาจทำให้เกิดอาการวิงเวียน ปวดศีรษะ คลื่นไส้ หรืออาเจียน (U.S. EPA, 2561)

3. การระคายเคืองต่อผิวหนังและตา: บางชนิดของสาร VOCs เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์ อาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและตา รวมถึงอาการแสบตาหรือรดน้ำตา (WHO, 2553)

4. อาการเหนื่อยล้าและความสับสน: การสัมผัสกับสาร VOCs ในปริมาณมากอาจทำให้รู้สึกเหนื่อยล้า สับสน หรือมีปัญหาในการตัดสินใจ (ATSDR, 2550)

ผลกระทบระยะยาว

ผลกระทบระยะยาวมักเกิดจากการสัมผัสสาร VOCs ในระดับต่ำแต่เป็นเวลานาน หรือการสัมผัสในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง

Ref. code: 25676109031549VFP

1. ความเสียหายต่อระบบประสาท: การสัมผัสสาร VOCs บางชนิด เช่น เบนซีน หรือโทลูอีน เป็นเวลานานอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดปัญหาการทรงตัว ความจำเสื่อม หรือการสื่อสารระหว่างประสาทบกพร่อง (ATSDR, 2007; WHO, 2553)

2. ความเสียหายต่อระบบทางเดินหายใจ: การสูดดมสาร VOCs เป็นเวลานานอาจทำให้เกิดปัญหาเรื้อรังในระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหืด หรือโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) (U.S. EPA, 2561)

3 ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง: สาร VOCs บางชนิด เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์ และเบนซีน เป็นสารก่อมะเร็งที่สามารถเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในระยะยาว โดยเฉพาะมะเร็งในระบบทางเดินหายใจหรือมะเร็งเม็ดเลือดขาว (IARC, 2555)

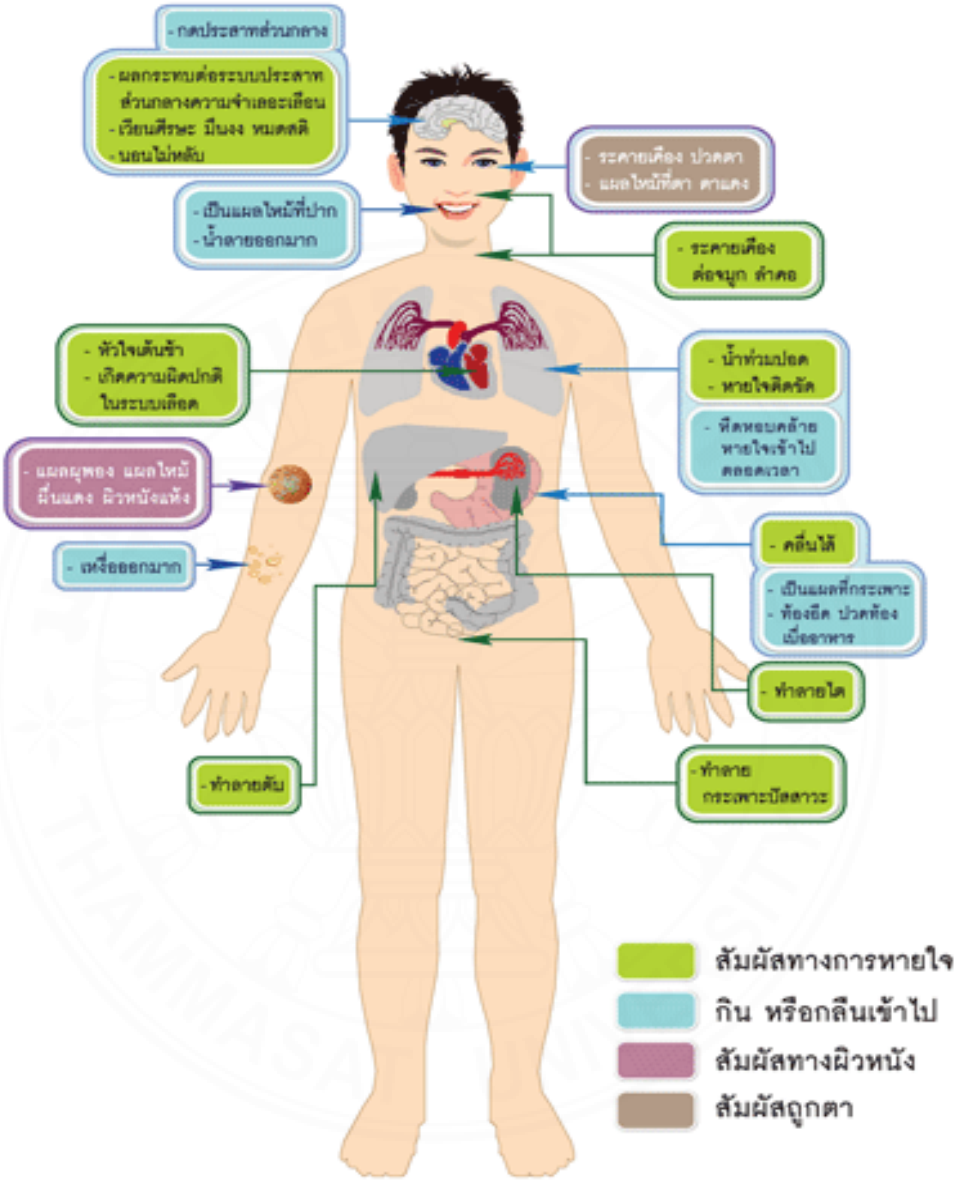
5. ผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์: สาร VOCs เช่น ฟอร์มีน อาจมีผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์ ทำให้เกิดปัญหาด้านการเจริญพันธุ์หรือการแท้ง (ATSDR, 2550)

6. ความเสียหายต่อระบบตับและไต: การสัมผัสสาร VOCs เช่น ไซลีน หรือโทลูอีนเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบตับและไต ทำให้การทำงานของอวัยวะเหล่านี้เสื่อมลง (ATSDR, 2550)

Ref. code: 25676109031549VFP

ภาพที่ 2.8

ผลกระทบต่อสุขภาพของสาร VOCs



หมายเหตุ. สืบค้นจาก https://www.industry.in.th/dip/knowledge_detail.php?id=1165&uid=35317, 2568

การป้องกันและลดความเสี่ยง

- ควรใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสาร VOCs ในพื้นที่ที่มีการระบายอากาศที่ดี (U.S. EPA, 2561; WHO, 2553)

Ref. code: 25676109031549VFP

• เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสาร VOCs ต่ำหรือไม่มีสาร VOCs (กรมควบคุมมลพิษ, 2565)

• หลีกเลี่ยงการสัมผัสโดยตรงกับสารเคมีเหล่านี้และใช้ถุงมือหรืออุปกรณ์ป้องกันอื่น ๆ เมื่อจำเป็น (ATSDR, 2550)

• ควรเก็บผลิตภัณฑ์ที่มีสาร VOCs ในภาชนะที่ปิดมิดชิดและเก็บให้พ้นจากเด็ก (U.S. EPA, 2561)

การปฏิบัติตามคำแนะนำเหล่านี้จะช่วยลดความเสี่ยงในการสัมผัสกับสาร VOCs และลดผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว

2.1.7 ผลกระทบของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ต่อระบบต่าง ๆ

ผลกระทบของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายต่อระบบต่างๆ มีดังนี้

1. ผลกระทบต่อด้านภูมิคุ้มกัน

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายหลากชนิดทำให้ระบบภูมิคุ้มกันถูกรบกวนหรือทำลาย ศักยภาพการป้องกันโรคการติดเชื้อจะลดลง เช่น จากการศึกษาประชากรโดยการตรวจเลือด และผิวหนังในคนที่อยู่ใกล้ที่ทิ้งขยะสารเคมีมีพิษ (Pesticide Dump Sites) พบว่ามีสาร Dichloroethane (DCE) ในเลือดมากกว่าผู้ที่อยู่ห่างไกลกว่า ยิ่งอยู่ในบริเวณนั้นนานๆ ยิ่งได้รับมากขึ้นแตกต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้เม็ดเลือดขาวของประชากรที่อยู่ใกล้ขยะมีพิษมากกว่าจะมีเม็ดเลือดขาวต่ำกว่าในกลุ่มประชากรที่อยู่ห่างไกลออกไป (ATSDR, 2550; U.S. EPA, 2561)

2. ผลกระทบต่อระบบประสาท

การได้รับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายจะทำให้เกิดอาการทางกดประสาทหลายอย่าง เช่น การง่วงนอน วิงเวียนศีรษะ ซึมเศร้า หรือหมดสติได้ จะยิ่งทำให้มีผลมากขึ้น (WHO, 2553; ATSDR, 2550)

3. ผลกระทบเสียหายต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพระบบอื่นๆ ได้แก่ ระบบพันธุกรรม ระบบฮอร์โมน อาจทำให้เกิดโรคมะเร็งบางชนิดได้ และโรคทางระบบสืบพันธุ์ เช่นเป็นหมัน ความพิการของเด็กมีการกลายเพศ เป็นต้น (IARC, 2555; U.S. EPA, 2561)

2.1.8 มาตรฐานการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ภายในอาคาร

การตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOCs) เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการรักษาคุณภาพอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ปิดหรือในอาคารที่มีการใช้

Ref. code: 25676109031549VFP

ผลิตภัณฑ์หรือสารเคมีที่อาจปล่อย VOCs ซึ่งสารเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพหากมีการสะสมในปริมาณมากเกินไป (U.S. EPA, 2018; WHO, 2010; กรมควบคุมมลพิษ, 2565) การควบคุมและตรวจวัด VOCs จึงต้องอิงตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีการกำหนดไว้อย่างชัดเจน และใช้วิธีการตรวจวัดที่เหมาะสมตามสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนี้:

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัด VOCs

1. มาตรฐานจากหน่วยงานในสหรัฐอเมริกา

Environmental Protection Agency (EPA): เป็นหน่วยงานที่กำหนดค่ามาตรฐาน Maximum Contaminant Level (MCL) สำหรับสาร VOCs ในอากาศ เพื่อควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคาร เช่น เบนซีน (Benzene), โทลูอีน (Toluene) และไซลีน (Xylene) (U.S. EPA, 2561)

Occupational Safety and Health Administration (OSHA): หน่วยงานนี้กำหนดค่า Permissible Exposure Limits (PELs) ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นสูงสุดของสาร VOCs ที่อนุญาตให้มีการสัมผัสในพื้นที่ทำงานได้ในระยะเวลาหนึ่ง (OSHA, 2566)

2. มาตรฐานจากองค์การอนามัยโลก (WHO)

WHO Guidelines for Indoor Air Quality: องค์การอนามัยโลกให้คำแนะนำเกี่ยวกับค่ามาตรฐานสาร VOCs ภายในอาคาร โดยเน้นสารที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ (WHO, 2553)

3. มาตรฐานในประเทศไทย

กรมควบคุมมลพิษ: ได้กำหนดค่ามาตรฐานสาร VOCs ที่อนุญาตให้มีในอากาศภายในอาคาร เพื่อควบคุมคุณภาพอากาศและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ (กรมควบคุมมลพิษ, 2565)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.): มีการกำหนดมาตรฐานสำหรับวัสดุก่อสร้างและผลิตภัณฑ์ที่อาจปล่อย VOCs เช่น สีและวัสดุเคลือบพื้นผิว ซึ่งต้องปฏิบัติตามเกณฑ์การปล่อย VOCs ที่กำหนดไว้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2564)

2.1.9 วิธีการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)

1. การตรวจวัดด้วยเครื่องมือพกพา (Portable VOC Detectors): เครื่องมือพกพาสำหรับตรวจวัด VOCs เหมาะสำหรับการตรวจวัดเบื้องต้นหรือการเฝ้าระวัง โดยเครื่องมือเหล่านี้มีเซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับและแสดงค่าความเข้มข้นของ VOCs ได้ทันที ทำให้สะดวกในการใช้งาน (U.S. EPA, 2561; WHO, 2553)

Ref. code: 25676109031549VFP

2. การเก็บตัวอย่างอากาศ (Air Sampling) เพื่อการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ: การเก็บตัวอย่างอากาศทำได้โดยใช้หลอดเก็บตัวอย่าง (Sorbent Tubes) หรือถุงเก็บตัวอย่าง (Tedlar Bags) ตัวอย่างเหล่านี้จะถูกส่งไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยเทคนิค Gas Chromatography (GC) หรือ Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) เพื่อตรวจวัดและระบุชนิดของสาร VOCs ที่ตรวจพบ (ATSDR, 2550; ISO, 2560)

3. การตรวจวัดด้วยระบบตรวจวัดต่อเนื่อง (Continuous Monitoring Systems): ระบบตรวจวัดต่อเนื่องใช้เครื่องมือติดตั้งในอาคารเพื่อทำการตรวจวัด VOCs อย่างต่อเนื่อง ข้อมูลที่ได้รับจะถูกบันทึกและสามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ ทำให้เหมาะสมสำหรับสถานที่ที่ต้องการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศในระยะยาว (U.S. EPA, 2561)

สรุปการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) เป็นกระบวนการที่จำเป็นในการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารและพื้นที่ปิดต่าง ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าระดับสาร VOCs อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยตามมาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้ การตรวจวัดสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือพกพา การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อตรวจในห้องปฏิบัติการ หรือการติดตั้งระบบตรวจวัดต่อเนื่องตามความต้องการของแต่ละสถานที่ (WHO, 2010; กรมควบคุมมลพิษ, 2565)

2.1.10 ค่ามาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ภายในอาคาร

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds: TVOCs) เป็นกลุ่มสารเคมีที่สามารถระเหยเข้าสู่อากาศภายในอาคารได้ง่าย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัย ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก TVOCs ประกอบด้วยสาร VOCs หลายชนิดที่มีความเป็นพิษแตกต่างกัน จึงยังไม่มีหน่วยงานระหว่างประเทศที่กำหนดค่ามาตรฐานสำหรับ TVOCs อย่างเป็นทางการ (WHO, 2553; ISO, 2554)

อย่างไรก็ตาม มีแนวทางทั่วไปที่ถูกใช้งานในการประเมินความปลอดภัยของค่า TVOCs ในอากาศภายในอาคาร เพื่อใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการประเมินคุณภาพอากาศ ดังนี้

Ref. code: 25676109031549VFP

ตารางที่ 2.1

แนวทางการประเมินความเสี่ยงของค่า TVOCs (mg/m³)

ค่า TVOCs (mg/m³)	การประเมินความเสี่ยง
< 0.3 mg/m³	อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยสูงมาก
0.3 – 0.5 mg/m³	ความเสี่ยงต่ำ และอยู่ในระดับที่ยอมรับได้
0.5 – 1.0 mg/m³	ความเสี่ยงปานกลาง ควรมีการตรวจสอบและควบคุมเพิ่มเติม
> 1.0 mg/m³	ความเสี่ยงสูง ควรมีมาตรการควบคุมและลดการสัมผัส

นอกจากนี้ หน่วยงาน European Collaborative Action (ECA) ได้กำหนดแนวทางในการประเมินระดับความเข้มข้นของ TVOCs ในอากาศภายในอาคารที่ได้รับการอ้างอิงอย่างกว้างขวางในงานวิจัยหลายฉบับ โดยจำแนกออกเป็น 4 ระดับดังนี้ (European Collaborative Action, 2540)

ตารางที่ 2.2

แนวทางการประเมินความเสี่ยงของค่า TVOCs (µg/m³)

ค่า TVOCs (µg/m³)	การประเมินความเสี่ยง
< 200	ดี (Good)
200 – 3000	ปานกลาง (Acceptable)
3000 – 10000	สูง (High)
> 10000	สูงมาก (Very High)

เนื่องจากเครื่องตรวจวัดบางประเภท เช่น MiniRAE 3000+ แสดงค่าผลการตรวจวัดในหน่วย ppm จึงจำเป็นต้องมีการแปลงค่าจาก mg/m³ เป็น ppm โดยใช้สมการมาตรฐานดังนี้

$$\mathrm{EC} = \frac{\mathrm{mg/m^3} \times 24.45}{Molecular\ Weight\ (g/mol)}$$

สมการที่ 2.1

โดยที่:

24.45 คือค่า molar volume ที่ 25°C และ 1 atm (มาตรฐาน NTP)

Molecular Weight (MW) คือ มวลโมเลกุลของสารที่ตรวจวัด

อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก TVOCs เป็นค่ารวมของหลายสาร จึงนิยมใช้ค่าเฉลี่ยของ molecular weight โดยประมาณ (Surendra, 2558; Xu et al., 2559) โดยหลายงานวิจัย

Ref. code: 25676109031549VFP

กำหนดไว้ประมาณ 72–100 g/mol (ส่วนใหญ่ใช้ค่าเฉลี่ย 72–80 g/mol) ในงานวิจัยนี้จะใช้อัตราแปลงโดยสมมุติให้ Molecular Weight = 72 g/mol (อิงจากสาร VOCs ส่วนใหญ่ในกลุ่ม indoor air เช่น toluene, benzene, formaldehyde (Xu et al., 2559)

ตารางที่ 2.3

แนวทางการประเมินความเสี่ยงของค่า TVOCs (ppm)

ค่า TVOCs (mg/m³)	การประเมินความเสี่ยง	ค่า TVOCs (ppm) (MW=72 g/mol)
< 0.3 mg/m³	ปลอดภัยมาก	< 0.10 ppm
0.3 – 0.5 mg/m³	เสี่ยงต่ำ	0.10 – 0.17 ppm
0.5 – 1.0 mg/m³	เสี่ยงปานกลาง	0.17 – 0.34 ppm
> 1.0 mg/m³	เสี่ยงสูง	> 0.34 ppm

2.1.11 มาตรฐานค่าเฝ้าระวังสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ตามประกาศกรมอนามัย พ.ศ. 2565

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds: TVOCs) เป็นกลุ่มสารเคมีที่สามารถระเหยเข้าสู่บรรยากาศภายในอาคารได้ง่าย และอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้พักอาศัยหากมีความเข้มข้นสูงเกินมาตรฐานที่กำหนด (World Health Organization, 2553)

ในการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารของประเทศไทย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้ประกาศเกณฑ์คุณภาพอากาศภายในอาคารสำหรับอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 โดยกำหนดให้มีการตรวจวัด TVOCs ใน 2 ระดับ คือ ระดับเฝ้าระวัง (Screening Level) และระดับผลการตรวจวัดเชิงลึก (Confirmatory Level) (กรมอนามัย, 2565) ดังนี้

1.ระดับเฝ้าระวัง (Screening Level):

ค่าความเข้มข้นของ TVOCs ที่ใช้เป็นเกณฑ์เฝ้าระวังเบื้องต้นกำหนดไว้ที่ 1,000 ppb

เมื่อแปลงหน่วยเป็น ppm จะได้ว่า:

$$1{,}000\ \text{ppb} = \frac{1{,}000}{1{,}000{,}000} = 0.001 = 1.0\ \text{ppm}$$

สมการที่ 2.2

ดังนั้น

Ref. code: 25676109031549VFP

ค่าเฝ้าระวังของ TVOCs = 1.0 ppm หากตรวจวัดโดยใช้เครื่องตรวจวัดแบบเรียลไทม์ (Real-time Photoionization Detector; PID) หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า และค่าที่ตรวจวัดได้ไม่เกิน 1.0 ppm ถือว่าอยู่ในเกณฑ์เฝ้าระวังที่ยอมรับได้

2. ระดับผลการตรวจวัดเชิงลึก (Confirmatory Level):

หากผลการตรวจวัดเบื้องต้นเกิน 1.0 ppm จำเป็นต้องดำเนินการตรวจวัดเชิงลึก โดยใช้วิธี Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC/MS) ตามมาตรฐาน ISO 16000-6:2011 หรือ EPA Air Method TO-15 ผลรวมของความเข้มข้นสาร VOCs ทั้ง 12 ชนิดที่สำคัญ ซึ่งมักพบในอาคาร ได้แก่ benzene, carbon tetrachloride, chloroform, 1,2-dichlorobenzene, 1,4-dichlorobenzene, dichloromethane, ethyl benzene, styrene, tetrachloroethylene, trichloroethylene, toluene และ xylene (o,m,p) ต้องมีค่ารวมไม่เกิน 560 ppb หรือเท่ากับ

$$560 \text{ ppb} = \frac{560}{1{,}000{,}000} = 0.00056 = 0.56 \text{ ppm}$$

สมการที่ 2.3

ดังนั้น ผลการตรวจวัดเชิงลึกต้องไม่เกิน 0.56 ppm

ตารางที่ 2.4

สรุปค่ามาตรฐาน TVOCs ตามประกาศกรมอนามัย พ.ศ. 2565

ขั้นตอนการตรวจวัด	วิธีการตรวจวัด	ค่ามาตรฐาน (ppb)	ค่ามาตรฐาน (ppm)
เฝ้าระวังเบื้องต้น	Real-time PID	1,000 ppb	1.0 ppm
ตรวจวัดเชิงลึก	GC/MS (ISO 16000-6:2011, EPA TO-15)	560 ppb	0.56 ppm

2.1.12 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Health Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Health Risk Assessment: HRA) เป็นกระบวนการสำคัญในการประเมินผลกระทบทางสุขภาพจากการสัมผัสสารมลพิษสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในกรณีของการสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds: TVOCs) ซึ่งอาจส่งผลกระทบทั้งในระยะสั้นและระยะยาวต่อสุขภาพของผู้พักอาศัยภายในอาคาร (World Health Organization, 2548)

กระบวนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ (US EPA, 2532; 2566)

Ref. code: 25676109031549VFP

1. การระบุอันตราย (Hazard Identification): วิเคราะห์คุณสมบัติพิษของสารมลพิษและกลไกการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

2. การประเมินปริมาณการสัมผัส (Exposure Assessment): ตรวจวัดหรือคำนวณค่าความเข้มข้นของสารที่บุคคลสัมผัสในช่วงระยะเวลาที่กำหนด

3. การประเมินความสัมพันธ์ขนาด-ผลกระทบ (Dose-Response Assessment): ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับการสัมผัสกับความรุนแรงของผลกระทบ

4.การอธิบายความเสี่ยง (Risk Characterization): สังเคราะห์ข้อมูลจากทุกขั้นตอนเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับระดับความเสี่ยง

ในการศึกษานี้ จะดำเนินการประเมินความเสี่ยงแบบไม่ก่อมะเร็ง (Non-carcinogenic Risk Assessment) โดยใช้ตัวชี้วัด Hazard Quotient (HQ) ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 2.3 (US EPA, 2532)

$$HQ = \frac{EC}{Rfc}$$

สมการที่ 2.4

เมื่อ

EC คือ ค่าความเข้มข้นการสัมผัส (Exposure Concentration)

RfC คือ ค่าความเข้มข้นอ้างอิง (Reference Concentration)

ทั้งนี้ หากค่า HQ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 แสดงถึงความเสี่ยงทางสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นและควรมีการควบคุมเพิ่มเติม (US EPA, 2566)

สำหรับการประเมินในกรณีที่มีการสัมผัสหลายสารพร้อมกัน เช่น สาร VOCs หลายชนิดในกลุ่ม TVOCs อาจพิจารณาใช้ Hazard Index (HI) ซึ่งคำนวณจากผลรวมของค่า HQ ของแต่ละสารดังสมการที่ 2.4 (US EPA, 2532)

$$HI = \sum HQ$$

สมการที่ 2.5

ในการศึกษานี้ เนื่องจากใช้ผลรวมของ TVOCs ในการตรวจวัด จึงพิจารณา HQ จากค่า TVOCs รวมเป็นตัวแทนของ HI ได้ (กรมอนามัย, 2565) ทั้งนี้ ในการประเมินความเสี่ยงของการสัมผัส TVOCs ในการศึกษานี้ ใช้เกณฑ์อ้างอิงตามประกาศกรมอนามัย (2565) ซึ่งกำหนดให้ใช้ค่า

Ref. code: 25676109031549VFP

เฝ้าระวังเบื้องต้นของ TVOCs เท่ากับ 1.0 ppm เป็นค่าอ้างอิง (RfC) ในการคำนวณ HQ เนื่องจากเป็นเกณฑ์มาตรฐานเฉพาะที่กำหนดสำหรับอาคารสาธารณะในประเทศไทย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Pongboonkhumlarp และ Jinsart (2565) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่าย (TVOCs) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) ในอุตสาหกรรมการพิมพ์ โดยทำการเก็บข้อมูลจากโรงพิมพ์ 4 แห่งในประเทศไทย ได้แก่ โรงพิมพ์ระบบออฟเซต 3 แห่ง และโรงพิมพ์ดิจิทัล 1 แห่ง รวมถึงพื้นที่ควบคุมภายในสำนักงาน จากการศึกษาพบว่าระดับความเข้มข้นของ TVOCs เฉลี่ย 8 ชั่วโมงในโรงพิมพ์ระบบออฟเซตชนิด C มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 21.86 ppm ซึ่งสูงกว่าโรงพิมพ์ดิจิทัลและพื้นที่สำนักงานอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในช่วงที่มีการทำความสะอาดเครื่องพิมพ์ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งทำให้ค่า TVOCs พุ่งสูงถึง 35.5 ppm ในบางช่วงเวลา ผลการศึกษายังพบว่า ค่าดัชนีอันตราย (Hazard Index: HI) มีค่าสูงเกินกว่า 1.0 ในหลายวันสำหรับโรงพิมพ์ระบบออฟเซต C ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความเสี่ยงทางสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายในระดับสูงเป็นเวลานาน โดยเฉพาะในสถานที่ที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพอและมีการใช้ตัวทำละลายอย่างเข้มข้นในการทำความสะอาดหัวพิมพ์ จากข้อมูลดังกล่าว งานวิจัยของ Pongboonkhumlarp และ Jinsart (2022) จึงถือเป็นข้อมูลสนับสนุนสำคัญสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งมุ่งศึกษาระดับความเข้มข้นของสาร TVOCs ภายในร้านทำผมในเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร โดยมีแนวโน้มลักษณะการสัมผัสและพฤติกรรมการใช้สารเคมีที่คล้ายคลึงกันกับภาคการพิมพ์ ทั้งในด้านการใช้สารระเหยง่ายในปริมาณมาก การทำงานในพื้นที่ปิด และการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีการทำความสะอาดหรือใช้งานอย่างเข้มข้น

นพัฐกรณ์ จุ้ยนวน (2564) ซึ่งเป็นการค้นคว้าอิสระในสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ทำการศึกษาและประมาณการการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOCs) จากการจ่ายน้ำมันให้กับรถขนส่งน้ำมันชนิดที่มีการจ่ายน้ำมันเหนือถัง (Top Load) และใต้ถัง (Bottom Load) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อย VOCs ระหว่างวิธีการจ่ายน้ำมันทั้งสองแบบ

การศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลการดำเนินงานของคลังน้ำมันในปี 2562 และ 2563 เพื่อทำการประเมินปริมาณ VOCs ที่ปล่อยออกมาจาก 4 แหล่ง ได้แก่:

Fugitives: การปล่อย VOCs จากการรั่วไหลของอุปกรณ์

Combustion: การปล่อย VOCs จากการเผาไหม้ในพื้นที่ของคลังน้ำมัน

Truck Loading: การปล่อย VOCs จากการจ่ายน้ำมันลงในรถขนส่ง

Ref. code: 25676109031549VFP

TANK: การปล่อย VOCs จากถังเก็บสารเคมีทั้งแบบ Fixed Cone-Roof Tank และ Internal Floating-Roof Tank

นอกจากนี้ ยังได้ทำการตรวจวัดปริมาณ VOCs ที่ระบายออกจากปล่องของหน่วยควบคุมไอน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยวิธีการ Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) ผลการศึกษาพบว่า การจ่ายน้ำมันแบบ Bottom Load ในปี 2563 สามารถลดปริมาณการปล่อย VOCs ได้มากกว่าการจ่ายน้ำมันแบบ Top Load ในปี 2562 โดยมีอัตราการปล่อย VOCs ต่อลิตรน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงถึง 77.39% จากผลการศึกษา สามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนไปใช้ระบบจ่ายน้ำมันแบบ Bottom Load ซึ่งเป็นระบบปิด สามารถลดปริมาณการปล่อย VOCs ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลดีต่อการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้เคียง

เมธา กาญจน์นิรันดร์ (2564) ในงานวิจัยเรื่อง "ความชุกและความสัมพันธ์ของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมภายในอาคารกับการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารในผู้ปฏิบัติงานกองบัญชาการกรมแพทย์ทหารบก จังหวัดกรุงเทพมหานคร" ได้ศึกษาเกี่ยวกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร (Sick Building Syndrome: SBS) ซึ่งเป็นอาการที่เกิดขึ้นจากการทำงานหรืออยู่อาศัยในอาคารที่มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น อาการปวดศีรษะ, ระคายเคืองตา, คัดจมูก, และอาการที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ ผู้ที่มีอาการเหล่านี้มักจะมีอาการดีขึ้นเมื่อออกจากอาคาร ซึ่งสาเหตุของอาการยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัด ปัจจัยที่สัมพันธ์กับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร เมธา กาญจน์นิรันดร์ (2564) ได้ระบุว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารแบ่งออกเป็นสองกลุ่มหลัก ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล เช่น อายุ เพศ ประวัติการสูบบุหรี่ และประวัติการมีโรคประจำตัว และปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ระดับความสว่าง และปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) การศึกษาพบว่า ปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในสถานที่ทำงานที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมไม่ดีพอ สถานการณ์กลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารในประเทศไทย จากงานวิจัยของเมธา กาญจน์นิรันดร์ (2564) พบว่าความชุกของการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารในประเทศไทยมีอัตราที่ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ ในภูมิภาค ความชุกของอาการที่เกิดจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมภายในอาคารมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานเป็นอย่างมาก การแก้ไขปัญหานี้จำเป็นต้องดำเนินการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในที่ทำงานให้เหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ในงานวิจัยได้ใช้เครื่องมือ RAE รุ่น MiniRAE 3000 ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOCs) ในอาคารสำนักงาน เครื่องมือรุ่นนี้สามารถตรวจวัดค่า VOCs ได้ในระดับที่ละเอียด โดยมีความสามารถในการตรวจวัดในช่วงตั้งแต่ 1 ppb ถึง 10,000 ppm ทำให้สามารถ

Ref. code: 25676109031549VFP

ตรวจวัดสาร VOCs ในอากาศภายในอาคารได้อย่างแม่นยำ การใช้งานเครื่องมือ MiniRAE 3000 นี้ช่วยให้การประเมินความเข้มข้นของสาร VOCs ในสิ่งแวดล้อมภายในอาคารมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานเมธา กาญจน์นิรันดร์ (2564) ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในอาคาร โดยเฉพาะการควบคุมปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$ และ PM_{10}) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) การศึกษาพบว่าการปรับปรุงระบบการระบายอากาศและการควบคุมอุณหภูมิในอาคารสามารถช่วยลดการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

David, E. และ Niculescu, V.-C. (2564) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ซึ่งเป็นสารเคมีที่สามารถระเหยได้ง่ายและก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้ได้ทบทวนถึงการเกิด VOCs ในแหล่งต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ภายในบ้าน กิจกรรมทางอุตสาหกรรม และการจราจร รวมถึงผลกระทบที่สารเหล่านี้มีต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ งานวิจัยยังได้เน้นถึงการใช้ วัสดุนาโน เพื่อบรรเทาผลกระทบจาก VOCs โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้วัสดุนาโนที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่สามารถดูดซับหรือทำปฏิกิริยากับ VOCs ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น การใช้ คาร์บอนนาโนทิวบ์ (CNTs) และ นาโนวัสดุที่เป็นโลหะและโลหะออกไซด์ ซึ่งสามารถดูดซับและทำปฏิกิริยากับสาร VOCs ได้อย่างดี การใช้ นาโนเทคโนโลยี ในการบรรเทาสาร VOCs มีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัด VOCs จากอากาศและน้ำ โดยใช้เทคนิคเช่น การดูดซับ การเร่งปฏิกิริยา และการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (photocatalysis) ซึ่งวัสดุเหล่านี้มีความสามารถในการลดมลพิษในสิ่งแวดล้อม และสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศและน้ำภายในอาคาร งานวิจัยนี้ยังกล่าวถึงความท้าทายในการพัฒนาและปรับปรุงเทคโนโลยีในการกำจัด VOCs โดยเน้นถึงความสำคัญของการพัฒนา เทคนิคการสังเคราะห์วัสดุนาโน ที่มีความทนทานและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ รวมถึงการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการกำจัด VOCs ภายใต้สภาวะที่หลากหลาย

นพรัตน์ พงศ์บุญคุ้มลาภ (2563) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัส PM_{10} $PM_{2.5}$ และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในโรงพิมพ์” โดยเน้นการเปรียบเทียบระหว่างโรงพิมพ์ที่ใช้ระบบการพิมพ์แบบออฟเซตและระบบดิจิตอล การศึกษาได้ดำเนินการในโรงพิมพ์อาสาสมัครจำนวน 6 แห่ง โดยตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารในช่วงเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 วันทำงานติดต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า โรงพิมพ์ที่ใช้ระบบออฟเซตมีค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ และ TVOC สูงกว่าโรงพิมพ์ที่ใช้ระบบดิจิตอลอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีการสะสมของฝุ่นกระดาษและการใช้น้ำยาทำความสะอาดในกระบวนการพิมพ์ เช่น ในจุดออฟเซต C มีค่า $PM_{2.5}$ สูงถึง 77.92 $\mu g/m^3$ และค่า TVOC สูงถึง 21.86 ppm ผลการศึกษา

Ref. code: 25676109031549VFP

ชี้ให้เห็นว่าพนักงานในโรงพิมพ์ที่ใช้ระบบออฟเซตมีความเสี่ยงต่อสุขภาพมากกว่า โดยมีค่า Hazard Quotient (HQ) มากกว่า 1 ซึ่งบ่งชี้ถึงความเสี่ยงที่ต้องได้รับการจัดการ เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงจากการสัมผัสสารอันตราย งานวิจัยนี้แนะนำให้มีการติดตั้งระบบบำบัดอากาศเพื่อควบคุมปริมาณฝุ่นละอองและ VOCs ภายในโรงพิมพ์ และพิจารณาการใช้สารเคมีที่มีความเสี่ยงต่ำในการผลิตและทำความสะอาด การศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์ ซึ่งมีการใช้สารเคมีและกระบวนการผลิตที่สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานได้

ดวงฤทัย ธาตุวิสัย และคณะ (2562) ในงานวิจัยเรื่อง “การประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่าย ภายในร้านถ่ายเอกสาร บริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร” งานวิจัย พบว่า การสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายเป็นเวลานานสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่รุนแรง โดยเฉพาะสารเบนซีนที่ถูกจัดเป็นสารก่อมะเร็ง ขณะที่ไซลีนและโทลูอีนมีผลกระทบต่อระบบประสาทและระบบทางเดินหายใจ แม้ว่าสารเหล่านี้จะไม่ได้จัดเป็นสารก่อมะเร็ง แต่การสัมผัสสารเหล่านี้ในปริมาณสูงและเป็นระยะเวลานานอาจเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ ได้ใช้เครื่องตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย RAE SYSTEMS รุ่น ppbRAE 3000 ในการตรวจวัดปริมาณ VOCs ภายในร้านถ่ายเอกสาร พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของเบนซีนมีค่าสูงเกินมาตรฐานที่กำหนด ขณะที่ไซลีนและโทลูอีนยังคงอยู่ในระดับที่ปลอดภัย จากการคำนวณค่า Hazard Index (HI) พบว่าพนักงานมีความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเบนซีน ไซลีน และโทลูอีน ซึ่งเป็นระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ เสนอแนะมาตรการป้องกันความเสี่ยงจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายในร้านถ่ายเอกสาร เช่น การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล การปรับปรุงระบบระบายอากาศในร้าน และการใช้วัสดุหรือหมึกพิมพ์ที่มีความอันตรายน้อยลง เพื่อป้องกันและลดความเสี่ยงในการสัมผัสสารเหล่านี้ในสถานที่ทำงาน

ณัฐ พหุโล (2561) ในงานวิจัยเรื่อง "การลดสารอินทรีย์ระเหยง่ายเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารสำนักงานโดยใช้สวนแนวตั้ง" ได้ศึกษาเกี่ยวกับสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ซึ่งเป็นสารเคมีที่สามารถระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิห้อง สารเหล่านี้มักพบในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในอาคาร เช่น สารทำความสะอาด สีทาบ้าน และเครื่องถ่ายเอกสาร ซึ่ง VOCs สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพองานวิจัย พบว่า การสัมผัสสาร VOCs ในปริมาณที่สูงและเป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพ เช่น โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ปัญหาการทำงานของระบบประสาท และความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งบางชนิด สาร VOCs เช่น เบนซีน, ไซลีน และฟอร์มาลดีไฮด์ มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ ในงานวิจัยของณัฐ พหุโล (2561) ได้เน้นถึงการใช้พืชในการลดสาร VOCs ภายในอาคารสำนักงาน ซึ่งเป็นทางเลือกที่

Ref. code: 25676109031549VFP

มีประสิทธิภาพ พืชบางชนิด เช่น เฟิร์นบอสตัน และพลูด่าง มีความสามารถในการดูดซับและกำจัดสาร VOCs จากอากาศได้ดี การใช้สวนแนวตั้ง (Vertical Garden) เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยในการลด VOCs และปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ ผลการวิจัย พบว่า การใช้สวนแนวตั้งภายในอาคารสามารถลดความเข้มข้นของสาร VOCs ได้อย่างมีนัยสำคัญ ผลการวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารพบว่า ค่าเฉลี่ยของ VOCs ลดลงจาก 0.7 ppm เหลือเพียง 0.2 ppm หลังจากการติดตั้งสวนแนวตั้ง ซึ่งอยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด นอกจากนี้ ยังพบว่าการใช้พัดลมดูดอากาศร่วมกับสวนแนวตั้งสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารได้อีกด้วย

จิตตาภรณ์ มงคลแก่นทราย และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินสภาพแวดล้อมในการทำงานและปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOCs) ในร้านผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ไวนิลในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Cross-Sectional Study) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสภาพแวดล้อมในการทำงานและวัดความเข้มข้นของ VOCs ในร้านผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ โดยเก็บข้อมูลจากร้านทั้งหมด 10 แห่ง โดยใช้วิธีการตรวจวัดตามมาตรฐานของ NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) ผลการศึกษาพบว่า สภาพแวดล้อมในการทำงานในร้านผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ไวนิลส่วนใหญ่มีอุณหภูมิที่สูงกว่าค่ามาตรฐานของ ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) โดยค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอยู่ที่ 31.0 ± 1.71 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 65.8 ± 5.71% และความเร็วลมเฉลี่ย 0.24 ± 0.23 เมตรต่อวินาที ซึ่งค่าทั้งหมดนี้เกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด นอกจากนี้ ผลการตรวจวัดความเข้มแสงพบว่า ความเข้มแสงในบริเวณที่พนักงานปฏิบัติงานนั้นไม่เป็นไปตามมาตรฐาน โดย 88.6% ของจุดที่ทำการวัดมีค่าความเข้มแสงต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพตาของพนักงานในด้านปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย พบสารเคมีหลายชนิดในบรรยากาศของร้านผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ไวนิล เช่น โทลูอีน ไซลีน สไตรีน เฮกเซน และเอทิลเบนซีน โดยโทลูอีนเป็นสารที่พบมากที่สุด แต่ความเข้มข้นของสารเหล่านี้ยังไม่เกินค่ามาตรฐานของ American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ยังพบสารอินทรีย์ระเหยง่ายอื่นๆ อีก 16 ชนิด ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้ได้สรุปข้อเสนอแนะว่าควรมีมาตรการในการดูแลสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงการติดตั้งระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพเพื่อควบคุมปริมาณ VOCs ภายในร้านผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ไวนิล และควรมีการตรวจสุขภาพประจำปีสำหรับพนักงานเพื่อเฝ้าระวังปัญหาสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการสัมผัสสารเคมีเหล่านี้

Ref. code: 25676109031549VFP

Zhang และคณะ (2562) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในอากาศภายในบ้านพักอาศัยจำนวน 20 หลังในเมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน โดยเน้นการวัดระดับสาร VOCs ในห้องนอนของเด็กที่เป็นโรคหอบหืดในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งเป็นช่วงที่มีการปิดประตูหน้าต่างและระบบระบายอากาศน้อยลง ผลการศึกษาพบว่า สาร VOCs ที่มีความเข้มข้นสูงสุดได้แก่ ฟอร์มาลดีไฮด์ (18.0 μg/m³), อะซีตัลดีไฮด์ (14.0 μg/m³) และโทลูอีน (12.1 μg/m³) . การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสูดดมพบว่า สาร VOCs จำนวน 7 ชนิดมีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้ (1×10^{-6}) และสาร VOCs จำนวน 4 ชนิดมีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่เกี่ยวกับมะเร็งเกินกว่าค่าที่กำหนดในบ้านส่วนใหญ่ที่ทำการศึกษา การใช้เครื่องฟอกอากาศภายในบ้านสามารถลดระดับความเข้มข้นของสาร VOCs ได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม แม้จะมีการลดลงของระดับสาร VOCs แต่ความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องยังคงเป็นเรื่องที่น่ากังวล. การศึกษานี้เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการลดแหล่งกำเนิดสาร VOCs ภายในบ้านและการปรับปรุงระบบระบายอากาศเพื่อปกป้องสุขภาพของผู้อยู่อาศัย โดยเฉพาะกลุ่มเด็กที่มีความเสี่ยงสูง.

สุภาณี จันทรศิริ และคณะ (2560) ได้ศึกษาเรื่อง "ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในบริเวณทำงานและสภาวะสุขภาพของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ในเขตเทศบาลนครอุบลราชธานี" มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความเข้มข้นของสาร VOCs และผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานในสถานีน้ำมันเชื้อเพลิง การศึกษานี้ดำเนินการในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงประเภท ก จำนวน 8 แห่ง และเก็บข้อมูลจากพนักงานจำนวน 47 คนโดยใช้เครื่องตรวจวัดและแบบสอบถาม จากผลการศึกษา พบว่าปริมาณสาร VOCs ในสถานีบริการน้ำมันมีค่าสูงเกินกว่ามาตรฐาน IQA และ European Standards ในทุกแห่งที่ศึกษา โดยปริมาณเฉลี่ยของสาร TVOCs อยู่ในระดับที่สูงใน 5 สถานีบริการ โดยค่าที่ตรวจวัดสูงสุดอยู่ที่ 600 μg/m³ ในขณะที่อีก 2 สถานีบริการพบว่ามีปริมาณสาร TVOCs อยู่ในระดับความเสี่ยงต่ำสุดอยู่ที่ 400 μg/m³ ในด้านผลกระทบต่อสุขภาพ พบว่าพนักงานในสถานีบริการน้ำมันมีอาการเฉียบพลันเช่น อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ และเวียนศีรษะ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ระบุถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงสูง การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ และอุณหภูมิสูงที่ส่งผลให้เกิดการระเหยของสารเคมีเพิ่มขึ้น การศึกษายังแนะนำให้มีการติดตั้งระบบควบคุมไอระเหยน้ำมันที่มีประสิทธิภาพในสถานีบริการ รวมถึงการจัดหาหน้ากากป้องกันและการอบรมด้านความปลอดภัยอย่างต่อเนื่องให้กับพนักงาน นอกจากนี้ ยังควรมีการตรวจสุขภาพประจำปีและจัดสถานที่รับประทานอาหารให้แยกออกจากบริเวณที่ทำงาน เพื่อป้องกันและลดความเสี่ยงจากการสัมผัสสาร VOCs ในระยะยาว งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของ

Ref. code: 25676109031549VFP

การจัดการสิ่งแวดล้อมในการทำงาน โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันเชื้อเพลิง ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการสัมผัสสารเคมีที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ

Chang และคณะ (2561) ได้ดำเนินการศึกษาภาคสนามเกี่ยวกับการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในร้านเสริมสวยในเขตเมืองไทเป ประเทศไต้หวัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOCs) ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมทางธุรกิจของร้านทำผม ซึ่งได้แก่ การย้อมผม ดัดผม และจัดแต่งทรงผม ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีการระบายอากาศจำกัด ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้สุ่มตัวอย่างอากาศภายในร้านเสริมสวยจำนวน 20 แห่ง โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบพกพาและวิเคราะห์ด้วยวิธี Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS) เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบของ VOCs ที่ปนเปื้อนในอากาศ ผลการวิเคราะห์พบว่าสาร VOCs ที่ตรวจพบเป็นประจำและมีค่าความเข้มข้นสูง ได้แก่ formaldehyde, toluene, ethyl acetate, isopropanol และ acetone ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ทำผมแทบทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นน้ำยาย้อมผม น้ำยาดัดผม เจลจัดแต่งทรงผม หรือน้ำยาทำความสะอาดอุปกรณ์ จากข้อมูลที่รายงานพบว่า formaldehyde เป็นสารที่มีความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานแนะนำในระดับสากล (เช่น WHO และ OSHA) ถึงร้อยละ 83 ของตำแหน่งที่ทำการวัดทั้งหมด ซึ่งบ่งชี้ถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะต่อระบบทางเดินหายใจและดวงตาในกลุ่มพนักงานที่สัมผัสสารเหล่านี้เป็นประจำ สารอื่น ๆ เช่น toluene และ ethyl acetate ก็มีการตรวจพบในระดับที่อาจส่งผลกระทบเช่นกัน เช่น อาการเวียนศีรษะ ปวดหัว หรือระคายเคืองต่อผิวหนัง การศึกษานี้จึงเน้นย้ำถึงความสำคัญของมาตรการควบคุม เช่น การปรับปรุงระบบระบายอากาศ การกำหนดแนวทางความปลอดภัยในการใช้งานผลิตภัณฑ์ และการให้ความรู้แก่ผู้ปฏิบัติงานในร้านเสริมสวยเกี่ยวกับการป้องกันการสัมผัส VOCs รวมถึงแนวทางการเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยสูงขึ้น เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

วรมิดา บันดาธารณ์ และคณะ (2559) ทำการเปรียบเทียบสมรรถนะการลดสารอินทรีย์ระเหยง่ายของไม้ประดับดูดสารพิษ 3 ชนิด ได้แก่ บอสตันเฟิร์น เดหลี และ เยอบีร่า ปลูกในวัสดุปลูก 3 ชนิด คือ ดิน ดินปกคลุมด้วยถ่านด้านบน และ เม็ดดินเผา (popper) กับหินภูเขาไฟ ตัวอย่างละ 3 ชุด และ ใช้แผ่นโครงไม้เคลือบด้วยน้ำมันรักษาเนื้อไม้ เป็นวัสดุกำเนิดสารเคมี ใส่ในกล่องทดสอบกระจก ขนาด 0.60 x 0.60 x 0.60 เมตร ควบคุมอุณหภูมิในเวลากลางวัน อยู่ที่ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ อัตราการไหลเวียนอากาศ 0.5 ACH และมีค่าตัวประกอบภาระ 0.42 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์ ใช้ Industrial Scientific MX6 iBrid™ PID & Multi-Gas Monitor วัดปริมาณของสารอินทรีย์ระเหยง่ายรวม ในทุก 2 ชั่วโมง และใช้ Formaldehyde Meter HalTech – HFX 250 วัดปริมาณของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในทุก 15 นาที วัดจนค่าในกล่องทดลองที่ใส่ไม้ประดับจะ

Ref. code: 25676109031549VFP

เป็นศูนย์ พร้อมบันทึกปริมาณความเข้มข้นและวิเคราะห์สถิติ ความแปรปรวน (Analysis Of Variance: Oneway Anova) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของไม้ประดับแต่ละชนิด ผลการทดลองพบว่า เยอบีราที่ปลูกในดินมีสมรรถนะที่ดีเป็นอันดับที่ 1 ใน 10 อันดับการทดลอง ในการลดสารอินทรีย์ระเหยง่ายรวมและสารฟอร์มาลดีไฮด์ ในปริมาตรอากาศ 0.216 ลูกบาศก์เมตร

Madureira และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนระดับประถมศึกษาในเมืองปอร์โต ประเทศโปรตุเกส โดยเน้นการประเมินระดับของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) และปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร การศึกษานี้ครอบคลุมห้องเรียนจำนวน 73 ห้องในโรงเรียน 20 แห่ง โดยมีการวัดค่าความเข้มข้นของ VOCs, อัลดีไฮด์, ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5 และ PM10), คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ และการระบายอากาศ นอกจากนี้ยังมีการสำรวจลักษณะของอาคารและพฤติกรรมของผู้ใช้งานร่วมด้วย ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ CO_2 ในหลายห้องเรียนเกิน 1,000 ppm ซึ่งบ่งชี้ถึงการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ แม้ว่าความเข้มข้นของ VOCs ส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับต่ำ (ค่ามัธยฐานของแต่ละชนิดน้อยกว่า 5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และต่ำกว่าค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (WHO) แต่พบว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองและแบคทีเรียในบางห้องเรียนสูงกว่าค่าที่แนะนำ นอกจากนี้ยังพบว่าความแตกต่างของระดับ VOCs, อัลดีไฮด์, ไบโอแอโรซอล และ CO_2 ระหว่างโรงเรียนมีมากกว่าความแตกต่างภายในโรงเรียนเดียวกัน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าปัจจัยเฉพาะของแต่ละโรงเรียน เช่น การระบายอากาศและพฤติกรรมของผู้ใช้งาน มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร การศึกษานี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการควบคุมแหล่งกำเนิดมลพิษภายในอาคารและการปรับปรุงระบบระบายอากาศ เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน โดยเฉพาะในโรงเรียนที่มีปัญหาด้านการระบายอากาศและมีแหล่งกำเนิดมลพิษภายในอาคาร

ศุภนุช รสจันทร (2556) ในงานวิจัยเรื่อง "สารอินทรีย์ระเหยง่ายหลักที่ปลดปล่อยจากเครื่องถ่ายเอกสารและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ" ได้ศึกษาเกี่ยวกับสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEXS (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene, Styrene) ซึ่งเป็นสารเคมีที่พบได้บ่อยในอากาศภายในอาคารที่มีการใช้เครื่องถ่ายเอกสาร สารเหล่านี้สามารถระเหยและแพร่กระจายในอากาศได้ง่าย ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ที่ทำงานในบริเวณที่มีการปล่อยสารเหล่านี้ งานวิจัยพบว่า การสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายในกลุ่ม BTEXS เป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอย่างรุนแรง โดยเฉพาะเบนซีน (Benzene) ที่มีความเสี่ยงในการก่อให้เกิดมะเร็ง และสารอื่นๆ เช่น โทลูอีน (Toluene) และไซลีน (Xylene) ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบประสาทและทางเดินหายใจ หากร่างกายได้รับสัมผัสสารเหล่านี้เป็นเวลานาน จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองตา จมูก และผิวหนัง รวมถึงความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในระยะยาว ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการ

Ref. code: 25676109031549VFP

สัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่าย ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างอากาศทั้งในรูปแบบบุคคลและพื้นที่ในร้านถ่ายเอกสารภายในมหาวิทยาลัยศิลปากร และทำการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่ม BTEXS ที่ปลดปล่อยจากเครื่องถ่ายเอกสาร จากผลการศึกษา พบว่าความเข้มข้นของสาร BTEXS มีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาและสถานที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านการระบายอากาศของแต่ละร้าน การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพชี้ให้เห็นว่าพนักงานร้านถ่ายเอกสารมีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในอัตราประมาณ 2 คนต่อประชากร 1 แสนคน และการสัมผัสสาร BTEXS ในระดับนี้อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานความปลอดภัย ความสำคัญของการจัดการและควบคุมสภาพแวดล้อมในร้านถ่ายเอกสาร ศุภนุช รสจันทร (2556) เน้นย้ำถึงความสำคัญของการจัดการและควบคุมสภาพแวดล้อมในร้านถ่ายเอกสาร โดยเฉพาะการปรับปรุงระบบระบายอากาศ การเลือกใช้เครื่องถ่ายเอกสารที่มีมาตรฐาน และการป้องกันการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากเครื่องถ่ายเอกสาร ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การระบายอากาศที่ดีสามารถลดความเข้มข้นของสาร BTEXS ได้อย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ที่ทำงานในบริเวณนั้นได้ ระบบระบายอากาศ การเลือกใช้เครื่องถ่ายเอกสารที่มีมาตรฐาน และการป้องกันการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากเครื่องถ่ายเอกสาร ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การระบายอากาศที่ดีสามารถลดความเข้มข้นของสาร BTEXS ได้อย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ที่ทำงานในบริเวณนั้นได้

มณีรัตน์ องค์วรรณดี (2553) ตรวจวัดความเข้มข้นสารอินทรียระเหยง่าย 15 ชนิดภายในสำนักงานทั้งหมด 17 ตึก ที่ใช้ระบบปรับอากาศในพื้นที่ธุรกิจของกรุงเทพมหานคร และระบุถึงแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคาร ทำการเก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยภายในและนอกอาคารด้วยหลอดเก็บ ตัวอย่างบรรจุสารดูดซับเรซินเทเน๊กซ แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่อง TD GC/MS ส่วนการเก็บตัวอย่างสารฟอร์มัลดีไฮด์ใช้หลอดเก็บตัวอย่างบรรจุซิลิกาเจลเคลือบด้วย DNPH แล้วสกัดด้วยอะซิโตนไนไตรล์ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC การวัดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศใช้วิธี constant injection โดยมีเฮกซะฟลูโอโรเบนซีนเป็นสารตามรอย ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารมีค่าอยู่ในช่วงที่กว้างมาก โดยอาคารที่ศึกษาส่วนใหญ่ตรวจพบสารในกลุ่มอะโรมาติกด้วยปริมาณสูงสุด วัดความเข้มข้นของโทลูอีนได้สูงสุดซึ่งอยู่ในช่วง 35.3 ถึง 230 mg/m^3 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Wilcoxon sum rank test ชี้ให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยทุกชนิดภายในอาคารสูงกว่าภายนอกอาคารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 โดยมีสัดส่วนระหว่างความเข้มข้นภายในต่อภายนอกอาคารอยู่ในชวง 1.38 ถึง 24.8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญของสารอินทรีย์ระเหยที่ตรวจพบมาจากภายในอาคารเป็นหลักโดยมีอัตราการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารของโทลูอีน ไลโมนีน และฟอร์มัลด์ไฮด์ สูงสุด 3 อันดับแรกด้วยอัตรา 81.9, 21.9 และ 15.3 mg/m^3 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย

Ref. code: 25676109031549VFP

อัตราการ แลกเปลี่ยนอากาศของอาคารที่ศึกษาเท่ากับ 0.73 (m^3/h)/m^2 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่แนะนำ 2 (m^3/h)/m^2 ที่กำหนดในพระราชบัญญัติควบคมอาคารขนาดใหญ่พิเศษ นอกจากนี้พบว่าอัตราการระบายอากาศของอาคารไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับระดับสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคาร ซึ่งชี้ให้เห็นเป็นนัยว่า อิทธิพลหรือกลไกอื่นนอกเหนือจากการระบายอากาศมีผลต่อระดับสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารร่วมด้วย

Toshikafumi Yamaguchi และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ “การวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในอาคารที่อยู่อาศัยใหม่ และได้ศึกษาพฤติกรรมของ VOCs เมื่อเวลาผ่านไป” โดยมีการวัดค่าความเข้มข้นของสาร VOCs ในอาคารที่อยู่อาศัยที่สร้างใหม่เป็นประจำทุกเดือนตลอดระยะเวลา 1 ปี นับจากวันที่เริ่มเข้าอยู่อาศัย จากผลการศึกษาพบว่า ในอาคารที่อยู่อาศัยแบบบ้านเดี่ยวที่ทำจากไม้ มีสาร VOCs บางชนิดเช่น n-hexane, n-undecane, toluene, ethyl acetate, methylethylketone, α-pinene และ (+)-limonene ถูกตรวจพบในปริมาณที่สูงในช่วงแรก (มากกว่า 10 ppb) และพบว่าค่าความเข้มข้นของสารเหล่านี้ลดลงตามเวลา อย่างไรก็ตาม ในเดือนมิถุนายน พบว่าค่าความเข้มข้นของ p-dichlorobenzene เพิ่มขึ้นอย่างมาก (ประมาณ 320 ppb) ซึ่งคาดว่าเกิดจากการใช้ยาฆ่าแมลงที่มี p-dichlorobenzene ในช่วงที่มีการเปลี่ยนจากฤดูหนาวเป็นฤดูร้อน ในขณะที่ในอาคารที่อยู่อาศัยแบบห้องชุดพบสาร VOCs เช่น toluene, 1,2,4-trimethylbenzene, methylethylketone และ α-pinene ในปริมาณที่สูง (มากกว่า 10 ppb) โดยเฉพาะ methylethylketone ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเกินกว่า 100 ppb ในช่วงแรก และลดลงตามเวลา จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสาร VOCs ในอาคารที่อยู่อาศัยใหม่สามารถมีค่าความเข้มข้นที่สูงในช่วงเริ่มต้นของการอยู่อาศัย และลดลงตามเวลา นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ภายในบ้าน เช่น ยาฆ่าแมลง และระบบการระบายอากาศภายในอาคารมีผลกระทบต่อความเข้มข้นของ VOCs ในอากาศภายในอาคาร

Ref. code: 25676109031549VFP

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดในอากาศภายในอาคาร กรณีศึกษาร้านทำผม โดยมีรายละเอียดวิธีการศึกษา ดังนี้

3.1 การสำรวจสถานที่ทำการวิจัย

การศึกษานี้ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลในร้านทำผมจำนวน 5 แห่ง ตั้งอยู่ในพื้นที่ชุมชนเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีลักษณะการให้บริการคล้ายคลึงกัน ได้แก่ การให้บริการตัดผม ย้อมผม ดัดผม ทำสีผม และใช้ผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผมหลากหลายชนิด โดยมีการเปิดให้บริการทุกวัน ตั้งแต่ช่วงเช้าจนถึงเย็น มีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่อาจปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่าย (TVOCs) อย่างต่อเนื่อง

ผู้วิจัยเก็บสำรวจรวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพของสถานที่ศึกษาโดยวิธี การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Interview) กับเจ้าของร้านและพนักงาน เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพื้นที่ ขนาด การระบายอากาศ และการใช้สถานที่

ร้านที่ใช้ในการศึกษานี้ได้รับการคัดเลือกจากความสมัครใจของเจ้าของร้าน โดยพิจารณาจากลักษณะการประกอบกิจการที่มีลักษณะกึ่งถาวร มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ และมีพื้นที่ภายในร้านที่สามารถติดตั้งเครื่องตรวจวัด TVOCs ได้อย่างปลอดภัย โดยร้านทั้ง 5 แห่งที่เข้าร่วมในการศึกษาถูกระบุรหัสเป็น Site A, Site B, Site C, Site D และ Site E ตามลำดับ

ลักษณะเชิงกายภาพของร้านแต่ละแห่งประกอบด้วยข้อมูล ได้แก่ ขนาดพื้นที่ภายในร้าน จำนวนเครื่องปรับอากาศที่ใช้งาน จำนวนพนักงานประจำ การมีผู้อยู่อาศัยภายในร้าน และการอนุญาตให้ใช้สถานที่เก็บข้อมูล โดยสรุปไว้ใน ตารางที่ 3.1

Ref. code: 25676109031549VFP

ตารางที่ 3.1

รายละเอียดร้านทำผม 5 แห่ง

สัญลักษณ์	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	เครื่องปรับอากาศ (เครื่อง)	พัดลมระบายอากาศ (เครื่อง)	เครื่องฟอกอากาศ (เครื่อง)	พนักงาน (คน)	ผู้พักอาศัยภายในร้าน (คน)
Site A	40	1	1	ไม่มี	1	ไม่มี
Site B	40	1	1	1	3-4	ไม่มี
Site C	40	1	ไม่มี	ไม่มี	1	2-3 คน
Site D	36	1	1	ไม่มี	2	2-3 คน
Site E	40	1	1	ไม่มี	1	ไม่มี

จากตารางที่ 3.1 พบว่า ร้านส่วนใหญ่มีขนาดพื้นที่ใกล้เคียงกัน โดย Site D เป็นร้านที่มีขนาดเล็กที่สุด (36 ตร.ม.) ขณะที่ร้านอื่น ๆ มีขนาดพื้นที่เท่ากันที่ 40 ตารางเมตร ทุกร้านติดตั้งเครื่องปรับอากาศจำนวน 1 เครื่อง โดยมีบางร้านเสริมการระบายอากาศด้วยพัดลม เช่น Site A, B, D และ E ส่วน Site C ไม่มีพัดลมระบายอากาศ ทั้งนี้ ร้าน Site A เพียงร้านเดียวที่ติดตั้งเครื่องฟอกอากาศภายในร้าน

ในด้านของจำนวนพนักงาน พบว่าร้าน Site D มีพนักงาน 2 คน ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับร้านอื่นที่มีเพียง 1 คน นอกจากนี้ ร้าน Site C และ Site D มีการใช้พื้นที่บางส่วนภายในร้านเป็นที่พักอาศัย (2–3 คน) ในขณะที่ Site A, B และ E ไม่มีการใช้พื้นที่เป็นที่อยู่อาศัย

3.2 ระยะเวลาในการตรวจวัด

การตรวจวัดใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 7 วันทำการต่อเนื่อง ซึ่งรวมถึงวันหยุดสุดสัปดาห์ โดยแต่ละวันทำการเก็บข้อมูล เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมงต่อวัน เริ่มตั้งแต่เวลาร้านเปิด ซึ่งช่วงเวลานี้ถูกเลือกให้ครอบคลุมเวลาการทำงานจริงของสถานที่ดังกล่าว เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนถึงปริมาณสาร TVOCs ที่เกิดขึ้นในสภาวะจริงของการดำเนินงาน

Ref. code: 25676109031549VFP

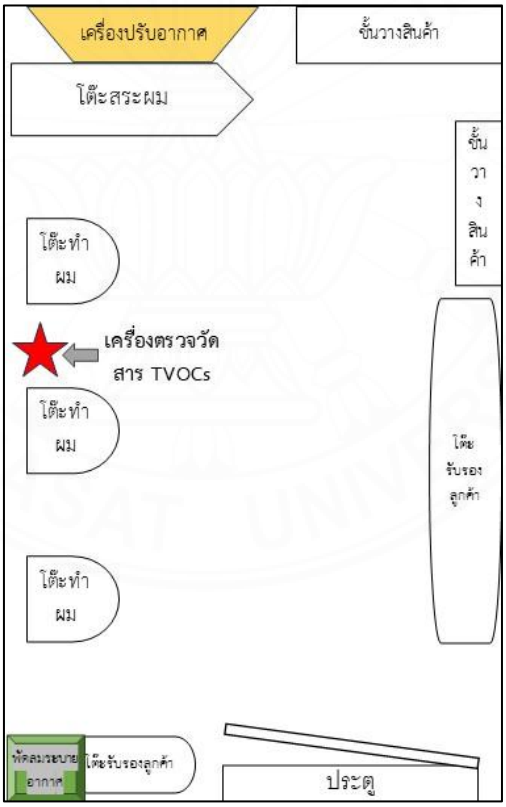
3.3 การเลือกจุดเก็บตัวอย่าง

3.3.1 การเก็บตัวอย่างบริเวณภายในร้านผม ติดตั้งอุปกรณ์ใกล้เคียงกับจุดที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสารอินทรีย์ระเหยง่าย VOCs

3.3.2 ติดตั้งเครื่องตรวจวัด โดยติดตั้งที่ระดับหายใจของพนักงาน หรือในตำแหน่งระดับความสูงระหว่าง 140–160 เซนติเมตรจากพื้น ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับหายใจของมนุษย์และใกล้กับจุดที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสารอินทรีย์ระเหยง่าย เพื่อความเข้าใจในโครงสร้างและการไหลเวียนอากาศภายในร้านได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงได้จัดทำผังร้านของแต่ละแห่ง และแสดงจุดติดตั้งเครื่องวัดไว้ใน ภาพที่ 3.1 ถึง 3.5

ภาพที่ 3.1

แผนผังจุดตรวจวัด Site A



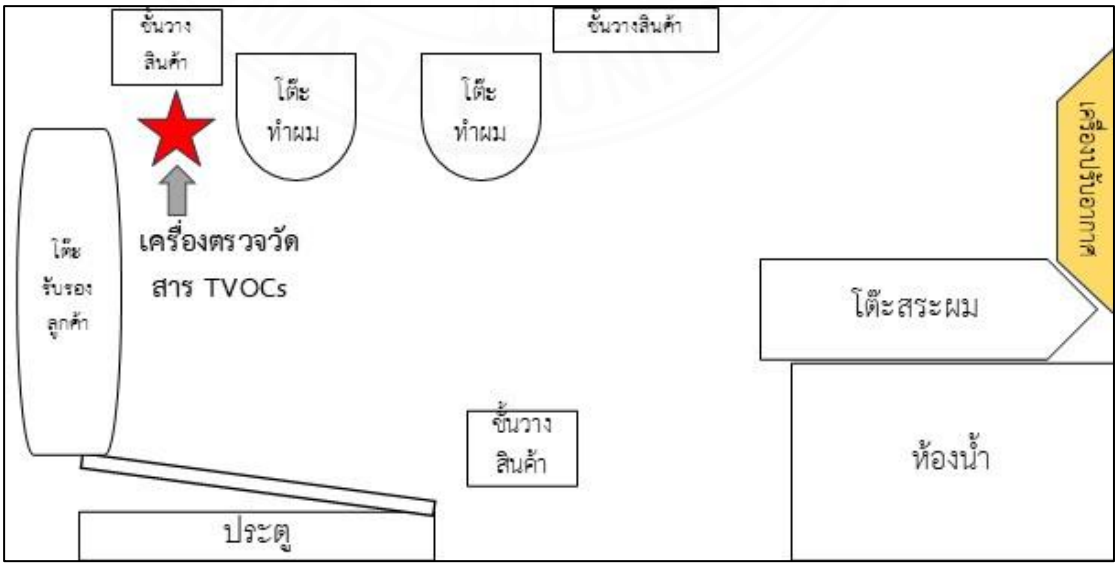
Ref. code: 25676109031549VFP

ภาพที่ 3.2

แผนผังจุดตรวจวัด Site B

ภาพที่ 3.3

แผนผังจุดตรวจวัด Site C

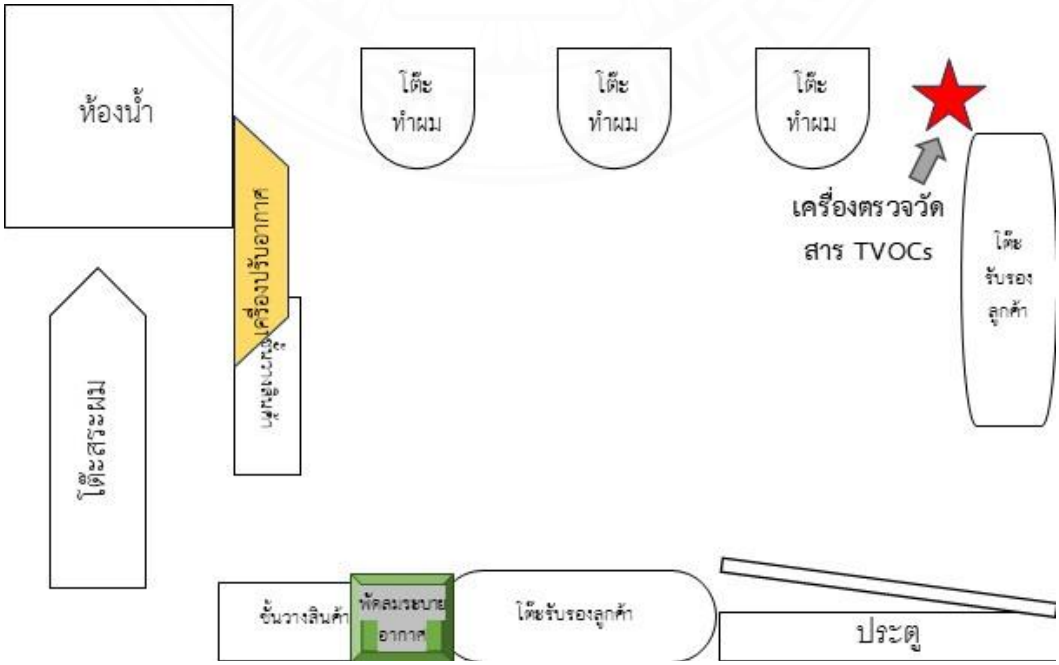


ภาพที่ 3.4

แผนผังจุดตรวจวัด Site D

ภาพที่ 3.5

แผนผังจุดตรวจวัด Site E



Ref. code: 25676109031549VFP

3.4 การติดตามตรวจวัดหาปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs)

ในการติดตามตรวจวัดปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds: TVOCs) ภายในร้านทำผม ซึ่งเป็นการประเมินความเข้มข้นของสารเคมีที่มีศักยภาพในการระเหย และกระจายตัวในอากาศ งานวิจัยใช้เครื่องมือเฉพาะทางที่ออกแบบมาเพื่อการตรวจวัดสาร TVOCs โดยเฉพาะ เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการนี้คือ MiniRAE 3000+ จาก RAE Systems, Honeywell Inc. ซึ่งเป็นเครื่องตรวจวัด TVOC แบบพกพาที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล

3.4.1 เครื่อง MiniRae 3000+ เป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการตรวจจับ และวัดปริมาณ TVOCs ที่แพร่กระจายในอากาศได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว เครื่องมือนี้ถูกออกแบบมาให้สามารถใช้งานในภาคสนามได้อย่างสะดวก โดยมีหน้าจอแสดงผลที่ชัดเจนและสามารถอ่านค่าได้โดยตรงจากเครื่อง ทำให้ผู้ใช้งานสามารถประเมินระดับของสาร TVOCs ได้ทันที ในการเก็บตัวอย่างอากาศ เครื่องมือจะถูกต่อเข้ากับสายชักตัวอย่างที่ติดตั้งฟิลเตอร์ป้องกันฝุ่น ซึ่งฟิลเตอร์นี้จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองหรือสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ เข้ามาขัดขวางกระบวนการตรวจวัด จากนั้นอากาศจะถูกดูดเข้ามาภายในเครื่องเพื่อตรวจสอบและวัดปริมาณความเข้มข้นของสาร TVOCs ที่มีอยู่ในอากาศ การวัดค่าจะทำโดยใช้ หลักการ Photoionization Detector (PID) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการตรวจจับสาร VOCs ที่กระจายตัวในสภาพแวดล้อม

หลักการ Photoionization Detector (PID) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการตรวจวัดสารเคมี โดย PID จะใช้พลังงานจากแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเลต (UV) ในการกระตุ้นให้เกิดการแตกตัวอิออนของโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ กระบวนการนี้จะทำให้โมเลกุลของสาร VOCs แตกตัวและสร้างประจุไฟฟ้าที่สามารถตรวจจับได้โดยเซ็นเซอร์ภายในเครื่อง การวัดความเข้มข้นของสาร VOCs ที่ถูกกระจายตัวในอากาศจึงสามารถทำได้อย่างแม่นยำ โดยการวัดค่าความเข้มข้นนี้จะถูกแสดงผลเป็นค่าความเข้มข้นในหน่วย parts per million (ppm) ซึ่งเป็นหน่วยที่ใช้ใน การบ่งชี้ระดับของสาร VOCs ที่มีอยู่ในอากาศ

การใช้หลักการ PID ในการตรวจวัดสาร VOCs มีความแม่นยำสูงและสามารถตรวจจับสารได้ในช่วงกว้าง ทำให้เครื่อง MiniRAE 3000+ เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดในสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อนและต้องการความละเอียดในการตรวจวัด เช่น ในอาคารที่มีการใช้สารเคมีหลายชนิดหรือในพื้นที่ที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพอ นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการประเมินความเสี่ยงและวางแผนการจัดการคุณภาพอากาศ

Ref. code: 25676109031549VFP

ภายในอาคาร รวมถึงการพัฒนามาตรการในการลดปริมาณสาร VOCs เพื่อให้สภาพแวดล้อมการทำงานและการอยู่อาศัยมีความปลอดภัยยิ่งขึ้น

ด้วยเครื่อง MiniRAE 3000+ และเทคโนโลยี PID ที่นำมาใช้ในกระบวนการตรวจวัดนี้ ทำให้การประเมินระดับของสาร VOCs ในอากาศสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ สร้างความมั่นใจในความปลอดภัยและสุขภาพของผู้ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ได้อย่างดีเยี่ยม (RAE, 2559

ภาพที่ 3.6

เครื่องตรวจวัด TVOC แบบอ่านค่าโดยตรง (MiniRae 3000+)

3.4.2 การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์

- ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือ
- ตรวจสอบแบตเตอรี่ให้เพียงพอต่อการใช้งาน
- ทำการสอบเทียบเครื่องก่อนเริ่มใช้งาน
- ติดตั้งเครื่องตรวจวัดที่ระดับความสูงระหว่าง 140-160 เซนติเมตร จากพื้น
- ติดตั้งสายชักตัวอย่างพร้อมฟิลเตอร์ป้องกันฝุ่น เพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีฝุ่นละอองหรือสิ่งปนเปื้อนเข้ามาขัดขวางกระบวนการตรวจวัด

Ref. code: 25676109031549VFP

3.4.3 การบันทึกข้อมูล

• บันทึกค่าที่วัดได้จากเครื่องตรวจวัด TVOC ในการเก็บตัวอย่างบริเวณภายในอาคาร หลังจากที่ปิดเครื่องเรียบร้อยแล้ว โดยทำการดึงข้อมูลออกมาผ่านโปรแกรม RAE Suite โดยใช้สาย Datalogger

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัด

เมื่อเก็บตัวอย่างครบตามแผน จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างในแต่ละจุด เพื่อหาความเข้มข้นเฉลี่ยของสาร TVOCs ในแต่ละช่วงเวลา และในแต่ละสถานที่

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistic 30.0.0.0 for Windows โดยใช้สถิตินอนพาราเมตริก (Non-parametric Statistics) และมีกลุ่มตัวอย่างอิสระต่อกัน ของ Mann-Whitney-Wilcoxon test (Nachar, 2551; Field, 2556) เพื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds: TVOCs) ระหว่าง วันธรรมดา (วันจันทร์ถึงวันศุกร์) และ วันหยุดสุดสัปดาห์ (วันเสาร์และวันอาทิตย์) ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการเก็บข้อมูล โดยการวิเคราะห์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างของระดับสาร TVOCs ระหว่างกลุ่มวันดังกล่าว และค่าความเข้มข้นของสาร TVOCs ซึ่งอาจส่งผลต่อการสะสมของสาร VOCs ในอากาศภายในอาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฝ้าระวังตามมาตรฐานที่กำหนดโดยกรมอนามัยที่ระดับ 1 ppm (กรมอนามัย, 2565) เพื่อประเมินความเหมาะสม และความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าว

การคำนวณค่าดังกล่าวดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

รวมข้อมูลจากทั้งสองกลุ่มเข้าด้วยกัน แล้วจัดอันดับ (Ranking) จากค่าต่ำสุดไปยังค่าสูงสุด

คำนวณผลรวมของลำดับอันดับ (Rank sum) สำหรับแต่ละกลุ่ม โดยให้

1. R_1 = ผลรวมอันดับของกลุ่มที่ 1
2. R_2 = ผลรวมอันดับของกลุ่มที่ 2
3. คำนวณค่าสถิติ U ตามสูตร ดังสมการที่ 3.1 และ 3.2

Ref. code: 25676109031549VFP

$$U_1 = n_1 n_2 \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1$$

สมการที่ 3.1

$$U_2 = n_1 n_2 \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2$$

สมการที่ 3.2

โดยที่

n_1 = จำนวนตัวอย่างในกลุ่มที่ 1

n_2 = จำนวนตัวอย่างในกลุ่มที่ 2

4. นำค่า U ที่มีค่าน้อยกว่ามาใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดในตารางสถิติ Mann-Whitney U Test หรือใช้คำนวณค่าสถิติ Z (ในกรณีที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่) ตามสมการ 3.3-3.5

$$Z = \frac{U - \mu_u}{\sigma_u}$$

สมการที่ 3.3

โดยที่

$$\mu_u = \frac{n_1 n_2}{2}$$

สมการที่ 3.4

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$$

สมการที่ 3.5

5. นำค่า Z หรือ p-value ที่ได้ มาพิจารณาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 p ทางสถิติ

การวิเคราะห์ โดยจัดกลุ่มตัวแปร “วัน” แยกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มวันทำงาน (Weekday) และกลุ่มวันหยุด (Weekend) และเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของ TVOCs ที่วัดได้ในแต่ละวัน เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าค่าความเข้มข้นในสองช่วงเวลาดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

Ref. code: 25676109031549VFP

3.5.2 การประเมินการได้รับสัมผัสมลพิษอากาศ

ค่าความเข้มข้นในการรับสัมผัส (Exposure Concentration or EC) เป็น การคำนวณหาปริมาณและความเสี่ยงของมลพิษที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับสัมผัส เพื่อประเมินหาอัตรา ความเป็นอันตรายของสารที่ไม่ก่อมะเร็ง ตามสมการที่ 3.6 (U.S.EPA, 2554)

$$\mathrm{EC} = \frac{C \text{ x } \mathrm{ET} \text{ x } \mathrm{EF} \text{ x } \mathrm{AT}}{AT}$$

สมการที่ 3.6

เมื่อ

C = ความเข้มข้นมลพิษอากาศภายในอาคาร (ppm)

ET = ระยะเวลาการรับสัมผัส (hrs/day)

EF = ความถี่ในการรับสัมผัส ($day/year$)

ED = ระยะเวลาที่สัมผัส ($year$)

AT = ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการรับสัมผัส (day)

โดยที่กำหนดให้ระยะเวลาการรับสัมผัส (ET) ไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน ตามระยะเวลาสัมผัสจริง ซึ่งได้จากการตรวจวัด, ความถี่ในการรับสัมผัส (EF) เท่ากับ 250 วันต่อปีในกรณีที่มาจากการประกอบอาชีพ, ระยะเวลาในการรับสัมผัส (ED) เท่ากับ 25 ปีในกรณีที่มาจากการประกอบอาชีพ, ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการรับสัมผัส (AT) ในกรณีที่เป็นสารไม่ก่อมะเร็งเท่ากับระยะเวลาในการรับสัมผัส (ED) x 365 วัน x 24 ชั่วโมงต่อวัน (U.S.EPA, 2556)

ถ้ากรณีที่เป็นสารก่อมะเร็ง ระยะเวลาในการรับสัมผัส (EF) เท่ากับ 25 ปี, ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการรับสัมผัส (AT) เท่ากับ 70 ปีx 365 วัน x 24 ชั่วโมงต่อวัน (Zhang et al., 2559)

การประเมินความค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย (Hazard Quotient) ด้านสุขภาพ โดยใช้การคำนวณค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย (Hazard Quotient) เป็นค่าสัดส่วนเปรียบเทียบระหว่างปริมาณสารเคมีที่สัมผัสกับปริมาณของสารเคมีซึ่งคาดว่าจะทำให้ผู้ที่ได้รับสารนั้น ๆ เพียงครั้งเดียวตายเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของจำนวนเริ่มต้น (LD50) ตามสมการที่ 3.7 (U.S.EPA, 2551b; Zhou et al., 2562)

$$HQ = \frac{EC}{Rfc}$$

สมการที่ 3.7

โดยที่

EC = ความเข้มข้นเฉลี่ยของการได้รับสัมผัสในแต่ละวัน

Ref. code: 25676109031549VFP

RfC= ค่าความเข้มข้นอ้างอิง ซึ่งในกรณีนี้กำหนดเท่ากับ 1.0 ppm ซึ่งอ้างอิงจากค่าเฝ้าระวัง ตามเกณฑ์คุณภาพอากาศภายในอาคารของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (กรมอนามัย, 2565)

หากผลการคำนวณค่าHQ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.0 จะพิจารณาว่ามีความเสี่ยงสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นและควรได้รับการควบคุมความเสี่ยงเพิ่มเติม (US EPA, 2532; 2566)

ค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (Hazard Index) เป็นค่าบ่งชี้ถึงอันตรายของสาร นั้น ๆ เนื่องจากการประเมินในครั้งนี้ใช้ค่า HQ ของ TVOC ที่วัดได้ในแต่ละวันตลอดระยะเวลา 7 วัน การวิเคราะห์จึงสรุปเป็นค่าเฉลี่ย HQ เพื่อสะท้อนแนวโน้มความเสี่ยงโดยรวม แต่ไม่สามารถนำค่า HQ แต่ละวันมารวมเป็น Hazard Index (HI) ได้ตามหลักการพิษวิทยา เนื่องจาก HI ต้องคำนวณจากการรวม HQ ของสารเฉพาะตัวที่แตกต่างกันภายในช่วงเวลาเดียวกัน (U.S. EPA, 2532) ตามสมการที่ 3.8 (U.S.EPA, 2557a)

$$HI = \sum HQ$$

สมการที่ 3.8

ในการศึกษานี้ การประเมิน Hazard Index (HI) อาศัยค่า Hazard Quotient (HQ) ของ TVOCs โดยกำหนดค่า Reference Concentration (RfC) หรือค่าความเข้มข้นอ้างอิงเท่ากับ 1.0 ppm ซึ่งอ้างอิงจากค่าเฝ้าระวังตามเกณฑ์คุณภาพอากาศภายในอาคารของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (กรมอนามัย, 2565) ทั้งนี้ การคำนวณเป็นการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นในภาพรวม และตระหนักถึงข้อจำกัดว่าไม่ได้แยกวิเคราะห์สารเฉพาะตัวแต่ละชนิดตามหลักการพิษวิทยาโดยตรง

Ref. code: 25676109031549VFP

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ค่าความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ภายในร้านทำผม

จากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds: TVOCs) ด้วยเครื่องตรวจวัดแบบเรียลไทม์ Rae 3000+ เป็นระยะเวลา 7 วัน ในพื้นที่ตัวอย่างจำนวน 5 แห่ง (Site A ถึง Site E) (ดังตารางที่ 4.1) พบว่าค่าความเข้มข้นมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนทั้งในรายวันและรายสัปดาห์ โดยมีการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานค่าเฝ้าระวังของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งกำหนดให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ TVOCs ไม่ควรเกิน 1 ppm เพื่อความปลอดภัยด้านสุขภาพในสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

ตารางที่ 4.1

ค่าความเข้มข้นสาร TVOCs จากเครื่อง MiniRae 3000+

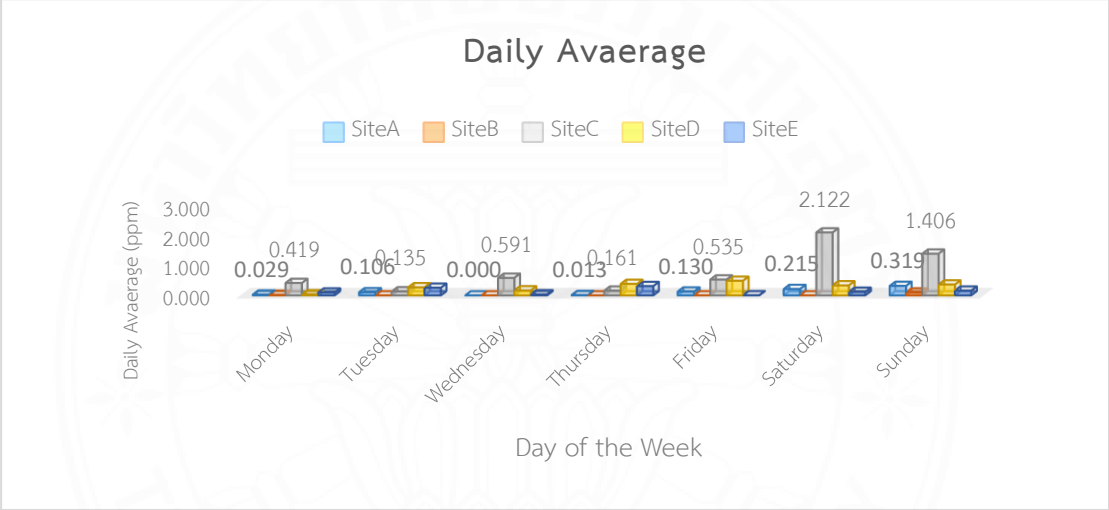
ค่าความเข้มข้นสาร TVOCs (หน่วย: ppm)					
	Site A	**Site B**	**Site C**	**Site D**	**Site E**
Monday	0.029	0.020	0.419	0.036	0.098
Tuesday	0.106	0.000	0.135	0.272	0.258
Wednesday	0.000	0.000	0.591	0.169	0.035
Thursday	0.013	0.000	0.161	0.387	0.313
Friday	0.130	0.000	0.535	0.493	0.004
Saturday	0.215	0.000	2.122	0.338	0.12
Sunday	0.319	0.096	1.406	0.367	0.162
Maximum	0.319	0.096	2.122	0.493	0.313
Minimum	0.000	0.000	0.135	0.036	0.004
Average	0.116	0.017	0.767	0.295	0.141
Standard deviation	0.118	0.036	0.732	0.152	0.113

Ref. code: 25676109031549VFP

ค่าความเข้มข้นของ TVOCs ในแต่ละวัน (Daily Average) ของแต่ละ Site แสดงให้เห็นถึงความผันแปรในระดับที่แตกต่างกัน โดยมีเพียง Site C เท่านั้นที่มีค่าความเข้มข้นรายวันเกินเกณฑ์มาตรฐาน 2 วัน ได้แก่ วันอาทิตย์ (1.406 ppm) และวันเสาร์ (2.122 ppm) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายในระดับที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ หากมีการสัมผัสเป็นประจำและต่อเนื่อง (ดังตารางที่ 4.1)

ภาพที่ 4.1

ค่าความเข้มข้น TVOCs รายวัน (ppm)

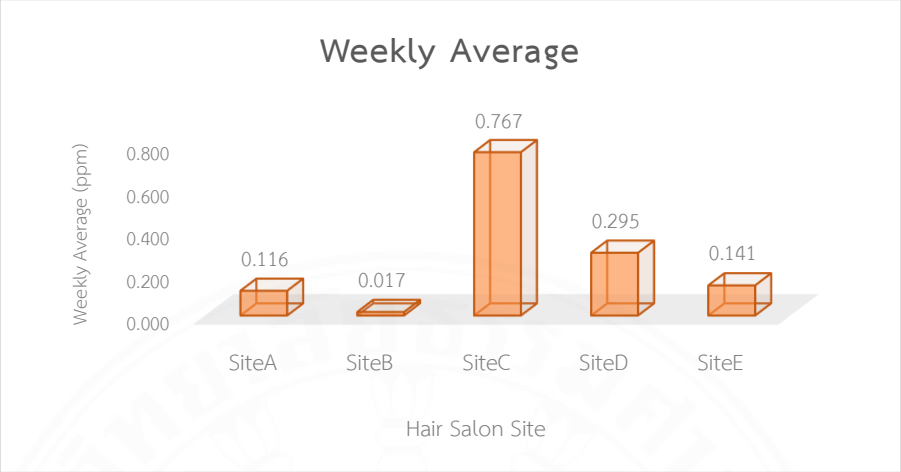


สำหรับ Site A, Site B, Site D และ Site E พบว่าค่าความเข้มข้นรายวันอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด โดย Site B มีค่าความเข้มข้นใกล้เคียงศูนย์เกือบตลอดทั้งสัปดาห์ แสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยของคุณภาพอากาศภายในอาคารในระดับหนึ่ง ส่วน Site D มีค่าในวันพฤหัสบดี และวันศุกร์สูงที่สุด (0.387 ppm และ 0.493 ppm ตามลำดับ) แต่ยังคงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (ดังตารางที่ 4.2)

Ref. code: 25676109031549VFP

ภาพที่ 4.2

ค่าความเข้มข้น TVOCs รายสัปดาห์ (ppm)



การวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยต่อสัปดาห์ (Weekly Average) พบว่า Site C มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานค่าเฝ้าระวัง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.767 ppm ขณะที่ Site A มีค่าเฉลี่ย 0.116 ppm, Site B เท่ากับ 0.017 ppm, Site D เท่ากับ 0.295 ppm และ Site E เท่ากับ 0.141 ppm ซึ่งล้วนแล้วแต่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมอนามัยเป็นอย่างมาก จึงสามารถพิจารณาได้ว่าเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ำในภาพรวมของสัปดาห์นั้น อย่างไรก็ตาม การพบค่าสูงบางวัน เช่นใน Site D (วันศุกร์ 0.493 ppm) แม้จะไม่เกินเกณฑ์รายวัน แต่ก็อยู่ในระดับที่ควรเฝ้าระวัง ภาพที่ 4.2

4.2 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของ TVOCs ระหว่างวันธรรมดา และวันหยุดสุดสัปดาห์

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds: TVOCs) ที่ตรวจวัดได้ภายในร้านทำผมในเขตพื้นที่ศึกษา โดยพิจารณาความแตกต่างของค่าความเข้มข้นของสาร TVOCs ระหว่างกลุ่มวันธรรมดา (Weekday) และวันหยุดสุดสัปดาห์ (Weekend) ซึ่งมีลักษณะของกิจกรรมภายในร้านแตกต่างกัน ส่งผลต่อระดับของการใช้ผลิตภัณฑ์เคมี และอัตราการระบายอากาศภายในร้าน

4.2.1 ข้อมูลทั่วไปของตัวแปร

การเก็บข้อมูลทำในช่วงเวลา 7 วันติดต่อกัน โดยมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 35 ชุดข้อมูล ซึ่งเก็บจากร้านทำผมหลายแห่งในบริเวณที่ศึกษา ตัวแปรหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย

Ref. code: 25676109031549VFP

- TVOC_Concentration: ความเข้มข้นของ TVOCs ที่ตรวจวัดได้ (หน่วย ppm)
- Group: ประเภทของวัน ซึ่งจำแนกเป็น “วันธรรมดา” และ “วันหยุดสุดสัปดาห์”

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดถูกประมวลผลด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics โดยมีการตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูล และเลือกใช้สถิติแบบนอนพารามิเตอร์ (Non-parametric Test) ในการเปรียบเทียบ เนื่องจากข้อมูลไม่เป็นไปตามการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

4.2.2 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของ TVOCs ระหว่างกลุ่ม

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความเข้มข้นของสาร TVOCs ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ด้วยสถิติ Mann-Whitney U test เนื่องจากข้อมูลที่ได้ไม่เป็นไปตามการแจกแจงแบบปกติ โดยผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความเข้มข้น โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

รายการ	ค่า
จำนวนตัวอย่าง กลุ่มที่ 1	25
จำนวนตัวอย่าง กลุ่มที่ 2	10
คะแนนเฉลี่ยอันดับ กลุ่มที่ 1	16.24
คะแนนเฉลี่ยอันดับ กลุ่มที่ 2	22.40
ผลรวมอันดับ กลุ่มที่ 1	406.00
ผลรวมอันดับ กลุ่มที่ 2	224.00
Mann-Whitney U	81.000
Wilcoxon W	406.000
Z	-1.609
Sig. (2-tailed)	0.108

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความเข้มข้นของสาร TVOCs ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ด้วยสถิติ Mann-Whitney U test พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยอันดับของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 16.24 และ 22.40 ตามลำดับ โดยมีค่าสถิติ Mann-Whitney U Test เท่ากับ 81.000 และค่า Sig. (2-tailed) เท่ากับ 0.108 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ที่ 0.05 แสดงว่าไม่มีความแตกต่างของค่าความเข้มข้นของสาร TVOCs อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

Ref. code: 25676109031549VFP

ทั้งสองกลุ่ม ผลการทดสอบดังกล่าวจึงสามารถตีความได้ว่า ระดับของสาร TVOCs ที่ตรวจวัดได้ในร้านทำผมตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูล 7 วัน ไม่ได้แสดงความแตกต่างที่เด่นชัดระหว่างช่วงวันธรรมดา (วันจันทร์ถึงศุกร์) กับวันหยุดสุดสัปดาห์ (วันเสาร์-อาทิตย์) ในระดับที่ถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.3

จำนวนลูกค้าที่มาใช้บริการ (คน)

	Site A	Site B	Site C	Site D	Site E
Monday	4	4	5	3	2
Tuesday	2	3	3	4	4
Wednesday	0	2	4	3	2
Thursday	1	2	3	4	4
Friday	3	3	6	5	2
Saturday	3	2	5	5	4
Sunday	5	4	6	4	3
Average	2.57	2.86	4.57	4	3

ในการศึกษานี้ มีการเก็บข้อมูลจำนวนลูกค้าในแต่ละวันของร้านทำผมทั้ง 5 แห่ง เพื่อนำเสนอเป็นข้อมูลประกอบเชิงบรรยายเพื่อแสดงลักษณะการให้บริการของแต่ละร้านในช่วงเวลาการเก็บข้อมูล โดยไม่ได้นำจำนวนลูกค้าไปใช้เป็นตัวแปรในการวิเคราะห์ความแตกต่างของความเข้มข้น TVOCs ระหว่างวันธรรมดาและวันหยุดสุดสัปดาห์ พบว่าจำนวนลูกค้าที่เข้าใช้บริการในแต่ละวันมีความหลากหลาย โดยมีจำนวนลูกค้าสูงสุดอยู่ที่ 6 คน และต่ำสุดคือ 0 คนต่อวัน ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของปริมาณผู้ใช้บริการในแต่ละวัน ทั้งนี้ข้อมูลจำนวนลูกค้าที่รวบรวมมานี้ใช้เพื่อแสดงลักษณะการใช้บริการของแต่ละร้านในช่วงเวลาการศึกษา

อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ดังกล่าวไม่ได้หมายความว่าไม่มีความแตกต่างเลยในเชิงปฏิบัติ (Practical Difference) แต่แสดงให้เห็นว่า ความแตกต่างที่เกิดขึ้นไม่ชัดเจนหรือไม่มากพอที่จะผ่านเกณฑ์ทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปัจจัยแทรกซ้อนอื่น ๆ เช่น ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ อัตราการระบายอากาศ พื้นที่ร้าน และจำนวนลูกค้าที่เข้าใช้บริการในแต่ละวัน ซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อระดับของ TVOCs และควรได้รับการพิจารณาเพิ่มเติมในการศึกษาเชิงลึกในอนาคต

Ref. code: 25676109031549VFP

4.3 ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ในร้านทำผม

4.3.1 การวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นสัมผัส (Exposure Concentration: EC)

ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นสัมผัส (Exposure Concentration: EC) จำเป็นต้องใช้ข้อมูลระยะเวลาการสัมผัส (Exposure Time: ET) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลเวลาสัมผัสจริงในแต่ละวันระหว่างการเก็บตัวอย่างในร้านทำผมทั้ง 5 แห่ง โดยบันทึกเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของการเก็บตัวอย่างในแต่ละวัน และคำนวณเป็นชั่วโมงทศนิยมเพื่อนำไปใช้ประกอบการคำนวณ EC ในขั้นตอนถัดไป ผลการเก็บข้อมูลเวลาสัมผัส (ET) ของแต่ละร้านสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4– 4.8 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4

เวลาสัมผัส (ET) ของ Site A ที่ใช้ในการคำนวณ Exposure Concentration

	เวลาเริ่ม	**เวลาสิ้นสุด**	**เวลารวม**	**เวลาสัมผัส**
Monday	09.06 น.	17.16 น.	8 ชม. 10 นาที	8.17 ชม.
Tuesday	09.11 น.	17.20 น.	8 ชม. 9 นาที	8.15 ชม.
Wednesday	09.11 น.	17.11 น.	8 ชม. 0 นาที	8.00 ชม.
Thursday	08.59 น.	17.13 น.	8 ชม. 14 นาที	8.23 ชม.
Friday	09.07 น.	17.11 น.	8 ชม. 4 นาที	8.07 ชม.
Saturday	08.54 น.	17.31 น.	8 ชั่วโมง 37 นาที	8.62 ชม.

ตารางที่ 4.5

เวลาสัมผัส (ET) ของ Site B ที่ใช้ในการคำนวณ Exposure Concentration

	เวลาเริ่ม	**เวลาสิ้นสุด**	**เวลารวม**	**เวลาสัมผัส**
Monday	08.46 น.	17.29 น.	8 ชม. 43 นาที	8.72 ชม.
Tuesday	08.53 น.	17.19 น.	8 ชม. 26 นาที	8.43 ชม.
Wednesday	08.50 น.	17.36 น.	8 ชม. 46 นาที	8.77 ชม.
Thursday	08.50 น.	17.23 น.	8 ชม. 33 นาที	8.55 ชม.
Friday	08.52 น.	17.22 น.	8 ชม. 30 นาที	8.50 ชม.
Saturday	08.55 น.	17.50 น.	8 ชม. 55 นาที	8.92 ชม.
Sunday	08.46 น.	17.53 น.	9 ชม. 7 นาที	9.12 ชม.

Ref. code: 25676109031549VFP

ตารางที่ 4.6

เวลาสัมผัส (ET) ของ Site C ที่ใช้ในการคำนวณ Exposure Concentration

	เวลาเริ่ม	**เวลาสิ้นสุด**	**เวลารวม**	**เวลาสัมผัส**
Monday	08.43 น.	19.12 น.	10 ชม. 29 นาที	10.48 ชม.
Tuesday	08.43 น.	18.11 น.	9 ชม. 28 นาที	9.47 ชม.
Wednesday	08.46 น.	17.37 น.	8 ชม. 51 นาที	8.85 ชม.
Thursday	08.41 น.	17.23 น.	8 ชม. 42 นาที	8.70 ชม.
Friday	08.37 น.	17.21 น.	8 ชม. 44 นาที	8.73 ชม.
Saturday	08.46 น.	17.20 น.	8 ชม. 34 นาที	8.57 ชม.
Sunday	08.27 น.	17.27 น.	9 ชม. 0 นาที	9.00 ชม.

ตารางที่ 4.7

เวลาสัมผัส (ET) ของ Site D ที่ใช้ในการคำนวณ Exposure Concentration

	เวลาเริ่ม	**เวลาสิ้นสุด**	**เวลารวม**	**เวลาสัมผัส**
Monday	08.55 น.	17.26 น.	8 ชม. 31 นาที	8.52 ชม.
Tuesday	09.00 น.	17.22 น.	8 ชม. 22 นาที	8.37 ชม.
Wednesday	08.53 น.	17.23 น.	8 ชม. 30 นาที	8.50 ชม.
Thursday	08.53 น.	17.29 น.	8 ชม. 36 นาที	8.60 ชม.
Friday	09.06 น.	17.25 น.	8 ชม. 19 นาที	8.32 ชม.
Saturday	09.06 น.	17.25 น.	8 ชม. 19 นาที	8.32 ชม.
Sunday	09.04 น.	18.11 น.	9 ชม. 7 นาที	9.12 ชม.

Ref. code: 25676109031549VFP

ตารางที่ 4.8

เวลาสัมผัส (ET) ของ Site E ที่ใช้ในการคำนวณ Exposure Concentration

	เวลาเริ่ม	เวลาสิ้นสุด	เวลารวม	เวลาสัมผัส
Monday	08.54 น.	17.25 น.	8 ชม. 31 นาที	8.52 ชม.
Tuesday	08.52 น.	17.22 น.	8 ชม. 30 นาที	8.50 ชม.
Wednesday	08.50 น.	17.04 น.	8 ชม. 14 นาที	8.23 ชม.
Thursday	08.53 น.	17.19 น.	8 ชม. 26 นาที	8.43 ชม.
Friday	08.50 น.	17.04 น.	8 ชม. 14 นาที	8.23 ชม.
Saturday	08.55 น.	17.09 น.	8 ชม. 14 นาที	8.23 ชม.
Sunday	09.02 น.	17.14 น.	8 ชม. 12 นาที	8.20 ชม.

จากตาราง 4.4 – 4.8 แสดงเวลาสัมผัส (Exposure Time: ET) ของแต่ละร้านในแต่ละวัน ซึ่งได้จากการบันทึกเวลาจริงขณะทำการเก็บตัวอย่าง TVOCs โดยช่วงเวลาสัมผัสมีความแตกต่างกันไปตามเวลาทำการของแต่ละร้าน โดยมีค่า ET อยู่ในช่วงประมาณ 8.00 ถึง 10.48 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการทำงานจริงของร้านทำผมที่เปิดให้บริการต่อเนื่องหลายชั่วโมงต่อวัน การใช้ค่า ET จากเวลาสัมผัสจริงในการวิเคราะห์ความเสี่ยงสุขภาพช่วยให้ผลการคำนวณ Exposure Concentration (EC) มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์การสัมผัสของพนักงานในชีวิตจริงมากขึ้น

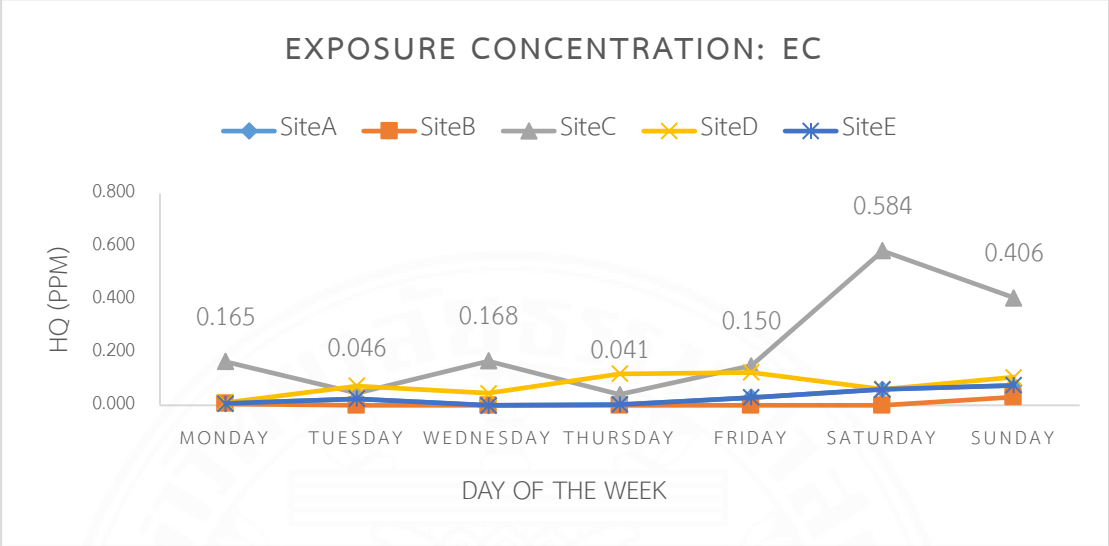
ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds: TVOCs) ในรูปของค่าความเข้มข้นสัมผัส (Exposure Concentration: EC) โดยแสดงผลในเชิงเวลา (รายวัน) และแยกตามพื้นที่ตัวอย่างทั้ง 5 แห่ง (Site A ถึง Site E) ที่มีลักษณะการใช้งานแตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มการสะสมของสาร TVOCs ในแต่ละวันและแต่ละพื้นที่

ผู้วิจัยได้จัดทำกราฟ (ภาพที่ 4.3) แสดงค่าความเข้มข้นของ EC รายวัน เพื่อให้เห็นภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันของสัปดาห์ ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันอาทิตย์ โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยเครื่องมือแบบเรียลไทม์จากทั้ง 5 พื้นที่ ซึ่งช่วยให้สามารถพิจารณาความผันแปรของสาร TVOCs ได้อย่างชัดเจน และใช้ประกอบการวิเคราะห์เพิ่มเติมในเชิงเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่มีลักษณะการใช้งานพื้นที่แตกต่างกัน เช่น วันธรรมดา และวันหยุดสุดสัปดาห์

Ref. code: 25676109031549VFP

ภาพที่ 4.3

ค่าความเข้มข้นสัมผัส (Exposure Concentration: EC)



จากกราฟ (ภาพที่ 4.3) พบว่า Site C มีค่าความเข้มข้นของ EC สูงกว่าพื้นที่อื่นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในวันเสาร์และวันอาทิตย์ ซึ่งอาจสะท้อนถึงลักษณะกิจกรรมที่เข้มข้นหรือมีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสาร VOCs เป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก เช่น ผลิตภัณฑ์เสริมสวย สี ยาย้อมผม หรือสารเคมีอื่น ๆ ที่มักใช้งานมากในวันหยุดสุดสัปดาห์

ในขณะที่ Site A และ Site B มีค่าความเข้มข้นของ EC อยู่ในระดับต่ำตลอดทั้งสัปดาห์ โดยเฉพาะ Site B ที่มีค่าใกล้ศูนย์ในเกือบทุกวัน ยกเว้นวันอาทิตย์ที่มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วน Site D และ Site E แสดงระดับความเข้มข้นในช่วงปานกลาง โดยมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงปลายสัปดาห์

4.3.2 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของอันตราย (Hazard Quotient: HQ)

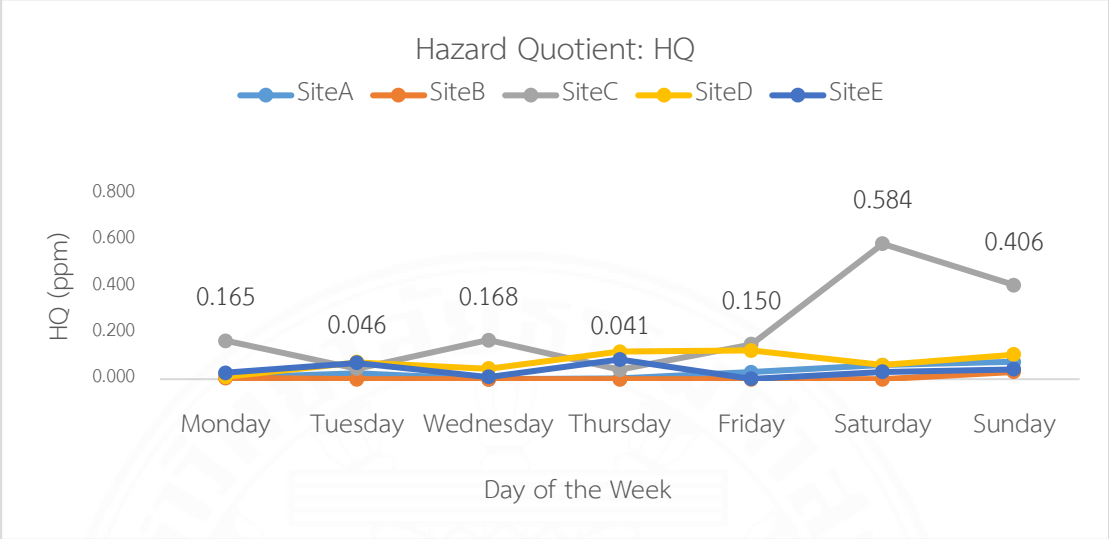
ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงจากการสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (TVOCs) โดยใช้ดัชนีชี้วัดความเสี่ยงที่เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของอันตราย (Hazard Quotient: HQ) ซึ่งคำนวณจากค่าความเข้มข้นสัมผัส (Exposure Concentration: EC) หารด้วยค่าความเข้มข้นอ้างอิง เท่ากับ 1.0 ppm ซึ่งอ้างอิงจากค่าเฝ้าระวังตามเกณฑ์คุณภาพอากาศภายในอาคารของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (กรมอนามัย, 2565)

เพื่อให้เห็นภาพรวมของระดับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ผู้วิจัยได้จัดทำ กราฟแสดงค่า HQ รายวัน สำหรับพื้นที่ตัวอย่างทั้ง 5 แห่ง (Site A ถึง Site E) ตลอดระยะเวลา 7 วัน และแสดงเส้นเกณฑ์อ้างอิงที่ค่า HQ = 1.0 ซึ่งเป็นจุดตัดที่บ่งชี้ถึงความเสี่ยงทางสุขภาพในระดับที่ควรพิจารณาดำเนินมาตรการควบคุม (ภาพที่ 4.4)

Ref. code: 25676109031549VFP

ภาพที่ 4.4

ค่าสัมประสิทธิ์ของอันตราย (Hazard Quotient: HQ)



จากกราฟพบว่า Site A, Site B, Site C, Site D และ Site E มีค่า HQ ต่ำกว่า 1.0 ตลอดสัปดาห์ โดยเฉพาะ Site B ที่มีค่าต่ำมากใกล้ศูนย์ในทุกวัน ยกเว้นวันอาทิตย์ที่มีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้ แม้บางพื้นที่จะไม่เกินเกณฑ์ HQ > 1.0 แต่ค่าที่สูงใกล้เคียง เช่น Site C ในวันเสาร์ (HQ ≈ 0.584 ppm) ควรได้รับการเฝ้าระวังเชิงป้องกัน

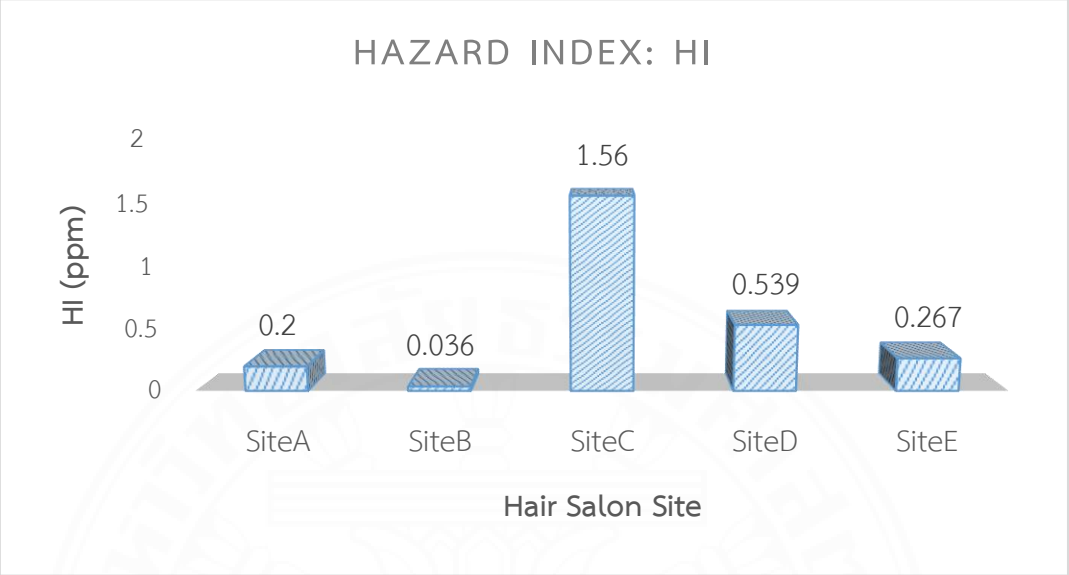
4.3.3 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (Hazard Index: HI)

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ ค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (Hazard Index: HI) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ภายในอาคาร โดยคำนวณจากผลรวมของค่าดัชนีความเสี่ยงเฉพาะ (Hazard Quotient: HQ) ในแต่ละวันตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูล เพื่อสะท้อนความเสี่ยงสะสมที่อาจเกิดขึ้นจากการสัมผัสสาร TVOCs อย่างต่อเนื่อง

ผู้วิจัยได้จัดทำ กราฟแสดงค่าดัชนี HI เฉลี่ยรายสัปดาห์ สำหรับพื้นที่ตัวอย่างทั้ง 5 แห่ง (Site A ถึง Site E) โดยเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารที่ตรวจพบกับค่าความเข้มข้นอ้างอิง (Reference Concentration: RfC) ตามหลักการประเมินความเสี่ยงของ U.S. EPA หากค่า HI มีค่ามากกว่า 1.0 จะถือว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ควรดำเนินการควบคุมหรือปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ภาพที่ 4.5

ค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (Hazard Index: HI)



จากผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (Hazard Index: HI) ของความเข้มข้นสาร TVOCs ในอากาศภายในร้านทำผมทั้ง 5 แห่ง (ดังภาพที่ 4.5) พบว่า ค่า HI มีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ โดย Site C มีค่า HI สูงที่สุดอยู่ที่ 1.56 ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของ U.S. EPA ที่กำหนดไว้ที่ค่า 1.0 แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงทางสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการสัมผัสสาร TVOCs ในบริเวณดังกล่าว และควรมีมาตรการควบคุมหรือลดการสัมผัสเพิ่มเติม

ขณะที่ Site D, Site E, Site A และ Site B มีค่า HI อยู่ในช่วง 0.539, 0.267, 0.200 และ 0.036 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน โดยเฉพาะ Site B มีค่า HI ต่ำสุดในบรรดาทุกพื้นที่ที่ศึกษา แสดงถึงความเสี่ยงที่อยู่ในระดับต่ำ

ทั้งนี้ ค่า HI ที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่อาจมีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านจำนวนลูกค้า การใช้ผลิตภัณฑ์เคมี ความถี่ในการทำบริการ และระบบการระบายอากาศของแต่ละร้าน ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อความเข้มข้นของสาร TVOCs ภายในอาคาร โดยเฉพาะ Site C ที่พบว่ามีความเข้มข้นสาร TVOCs สูงในหลายวันของสัปดาห์ จึงส่งผลให้ค่า HI สูงตามไปด้วย

จากผลดังกล่าวจึงสามารถสรุปได้ว่า ควรมีการเฝ้าระวังและจัดการสิ่งแวดล้อมภายในร้านทำผม โดยเฉพาะร้านที่มีค่า HI เกินมาตรฐาน เพื่อป้องกันความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานและลูกค้าในระยะยาวเพื่อความมั่นใจในระยะยาว ควรมีการตรวจติดตามคุณภาพอากาศเป็นระยะ และพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบ เช่น เวลาการทำงาน ความหนาแน่นของลูกค้า ลักษณะ

Ref. code: 25676109031549VFP

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ ตลอดจนการระบายอากาศภายในร้าน เพื่อป้องกันการสะสมของสาร TVOCs ในระดับที่อาจส่งผลต่อสุขภาพในอนาคต

4.4 อภิปรายผลการศึกษา

แม้ว่าค่าความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ที่ตรวจวัดได้ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 แห่ง จะไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างช่วงวันธรรมดา (วันจันทร์ - วันศุกร์) และวันหยุดสุดสัปดาห์ (วันเสาร์ - อาทิตย์) อย่างชัดเจนในภาพรวม แต่การแปรผันของค่าความเข้มข้นในแต่ละวัน รวมถึงระดับความเสี่ยงที่ประเมินผ่านค่าดัชนี HQ และ HI ยังคงแสดงสัญญาณของความไม่แน่นอนในเชิงสุขภาพสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาภายใต้บริบทของการสัมผัสสาร VOCs ที่เกิดขึ้นในลักษณะสะสม (chronic exposure)

แม้ว่าค่า HQ (Hazard Quotient) และ HI (Hazard Index) ที่คำนวณได้จากงานวิจัยนี้จะอยู่ในระดับต่ำกว่า 1.0 ซึ่งตามเกณฑ์ของ U.S. EPA ถือว่า “ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่เห็นได้ชัดในระยะสั้น” แต่ไม่สามารถปฏิเสธได้ว่าการทำงานในร้านเสริมสวยเป็นกิจกรรมที่มีลักษณะการสัมผัสซ้ำซ้อนในระยะยาว โดยพนักงานหรือผู้ประกอบการจะต้องอยู่ในพื้นที่เดิมซึ่งมีแหล่งกำเนิดสาร VOCs จากผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด เช่น น้ำยาย้อมผม น้ำยาดัดผม และผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผม ซึ่งส่งผลให้การประเมินความเสี่ยงในลักษณะเชิงเฉียบพลันอาจไม่ครอบคลุมถึงผลกระทบสะสมที่อาจเกิดขึ้นในระบบทางเดินหายใจ ระบบประสาท หรือแม้กระทั่งระบบภูมิคุ้มกัน

ในกรณีนี้ การอ้างอิงค่ามาตรฐานจากประเทศใกล้เคียงในภูมิภาค เช่น มาเลเซีย คูเวต หรือสิงคโปร์ จึงอาจเป็นแนวทางที่เหมาะสมในเชิงวิชาการ แม้จะยังไม่สามารถใช้แทนค่า RfC เฉพาะสารตามหลักพิษวิทยาได้โดยตรง แต่สามารถใช้เป็นจุดอ้างอิงเบื้องต้นเพื่อการประเมินเชิงเปรียบเทียบระหว่างประเทศ และใช้ในการกำหนดนโยบายหรือข้อเสนอแนะด้านสาธารณสุขในระดับท้องถิ่นต่อไปได้

นอกจากนี้ การคำนวณค่า Hazard Index (HI) จากค่าผลรวมของ HQ รายวันของ TVOCs แม้จะไม่ตรงตามแนวทางการประเมินความเสี่ยงแบบสารเฉพาะราย (substance-specific toxicological assessment) ซึ่งควรทำการแยกวิเคราะห์ความเสี่ยงของสารแต่ละชนิดเป็นรายตัว แต่ในทางปฏิบัติ การใช้ HI แบบรวมถือเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในบริบทการศึกษาที่มีข้อจำกัดด้านข้อมูล โดยเฉพาะเมื่อต้องการประเมินผลกระทบรวมของสาร VOCs หลายชนิดที่ออกฤทธิ์คล้ายคลึงกัน เช่น กลุ่มฟอร์มัลดีไฮด์ โทลูอีน และอะซิโตน ซึ่งทั้งหมดมีความสามารถในการระเหยสูงและมีผลต่อระบบทางเดินหายใจ

Ref. code: 25676109031549VFP

หากค่า HI มีแนวโน้มใกล้เคียงหรือเกิน 1.0 ก็สามารถใช้เป็นสัญญาณเตือนสำหรับการเฝ้าระวังในระดับนโยบายได้ แม้ค่า HQ ของแต่ละวันอาจไม่สูงก็ตาม ซึ่งประโยชน์ของการประเมินแบบองค์รวมนี้ คือสามารถสร้างภาพรวมของระดับความเสี่ยง และนำไปสู่การพิจารณาปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานได้โดยไม่ต้องรอจนกระทั่งเกิดผลกระทบที่ชัดเจนทางคลินิก ในอีกมุมหนึ่ง งานวิจัยนี้ยังสะท้อนให้เห็นถึงปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อระดับ TVOCs เช่น ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ (การเปิดประตู-หน้าต่าง) ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ จำนวนพนักงาน ความหนาแน่นของลูกค้า รวมถึงขนาดพื้นที่ภายในร้าน โดย Site C ที่มีค่า HI สูงที่สุดในกลุ่มตัวอย่าง มีลักษณะการใช้งานพื้นที่เข้มข้นกว่าจุดอื่น หรือมีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีระดับ VOCs สูงมาก โดยจุดเด่นคือ ไม่มีพัดลมระบายอากาศ และไม่ได้ติดตั้งเครื่องฟอกอากาศทดแทน จึงไม่สามารถระบายอากาศออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ สิ่งที่ควรให้ความสนใจเพิ่มเติมคือ ความแตกต่างของระดับ TVOCs ระหว่างวันธรรมดาและวันหยุดสุดสัปดาห์ แม้จะไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่แนวโน้มของค่าความเข้มข้นที่สูงขึ้นในช่วงวันหยุด ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้งานร้านมากขึ้น สะท้อนถึงความจำเป็นในการออกแบบระบบระบายอากาศที่ยืดหยุ่นตามความหนาแน่นของกิจกรรมในร้าน

นอกจากนี้ ควรมีการส่งเสริมความรู้ความเข้าใจของผู้ประกอบการเกี่ยวกับความเสี่ยงจากการสัมผัสสาร VOCs เช่น การวางผังภายในร้านให้สอดคล้องกับการหมุนเวียนอากาศ ความสำคัญของการประเมินความเสี่ยงจากสาร VOCs ไม่ได้อยู่ที่การ “ตรวจพบค่าที่เกินมาตรฐาน” เท่านั้น แต่ยังรวมถึงการสร้างระบบเฝ้าระวังที่ยั่งยืนและพฤติกรรมการป้องกันของผู้ใช้งานในระยะยาว ซึ่งจะช่วยลดภาระโรคจากสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร (building-related illnesses) ได้อย่างเป็นรูปธรรมในระดับชุมชนและสังคมในอนาคต

4.4.1 การอภิปรายผลเปรียบเทียบเชิงพื้นที่

จากผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด TVOCs ในแต่ละร้านทำผมมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยลักษณะของแต่ละร้านมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับความเข้มข้นของ TVOCs ที่ตรวจวัดได้ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับความเข้มข้นของ TVOCs ได้แก่ ระบบการระบายอากาศ การมีหรือไม่มีอุปกรณ์ควบคุมคุณภาพอากาศ เช่น เครื่องฟอกอากาศ และลักษณะทางกายภาพของร้าน เช่น ขนาดพื้นที่และโครงสร้าง

ในกรณีของร้าน Site C ซึ่งตรวจพบว่ามีค่าความเข้มข้นของสาร TVOCs อยู่ในระดับสูงกว่าร้านอื่น ๆ นั้น มีลักษณะเด่นคือ ไม่มีการติดตั้งระบบเครื่องฟอกอากาศ และไม่มีพัดลมระบายอากาศช่วยในการหมุนเวียนอากาศภายในร้าน ส่งผลให้การสะสมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศมีแนวโน้มสูงกว่าร้านอื่น เนื่องจากการขาดระบบแลกเปลี่ยนอากาศทำให้สารระเหยที่เกิดขึ้นจากการใช้ผลิตภัณฑ์เคมีภายในร้าน เช่น น้ำยาย้อมผม น้ำยาดัดผม น้ำยายืดผม และสเปรย์แต่งผม

Ref. code: 25676109031549VFP

ไม่ถูกขจัดออกไปจากระบบอากาศภายในร้านอย่างเพียงพอ ก่อให้เกิดการสะสมในระยะยาวตลอดช่วงเวลาที่ร้านเปิดให้บริการ เมื่อเปรียบเทียบกับร้านอื่นที่มีการติดตั้งระบบระบายอากาศหรือเครื่องฟอกอากาศ จะสามารถช่วยลดความเข้มข้นของ TVOCs ในอากาศภายในร้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ในทางตรงกันข้ามร้านที่ติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ เช่น Site B มีระดับความเข้มข้นของ TVOCs เฉลี่ยต่ำกว่าร้านอื่นในระดับหนึ่ง ซึ่งอาจเนื่องมาจากเครื่องฟอกอากาศสามารถช่วยดูดซับและลดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ โดยเฉพาะเครื่องที่มีการติดตั้งตัวกรองชนิด Activated Carbon ในขณะเดียวกันระบบระบายอากาศที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Exchange Rate) ที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มการไหลเวียนอากาศ ลดการสะสมของสารเคมี และเจือจางความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศภายในร้านลงได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Madureira และคณะ (2015) ที่ระบุว่าการใช้เครื่องฟอกอากาศช่วยลดระดับของ VOCs ภายในอาคารได้อย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถเสนอแนะเชิงปฏิบัติได้ว่า ร้านทำผมควรพิจารณาเพิ่มระบบฟอกอากาศหรือปรับปรุงการระบายอากาศแบบธรรมชาติเพื่อบรรเทาการสะสมของสารมลพิษในอากาศภายใน

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ความแตกต่างของระบบระบายอากาศ การมีหรือไม่มีเครื่องฟอกอากาศ รวมถึงลักษณะทางกายภาพของร้านแต่ละแห่ง เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแตกต่างของค่าความเข้มข้นของสาร TVOCs ภายในร้านทำผมที่ทำการศึกษาในครั้งนี้

4.4.2 การเปรียบเทียบผลการศึกษากับงานวิจัยอื่น

ผลการศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์สำคัญเพื่อประเมินระดับความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) และความเสี่ยงทางสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการสัมผัสสารเหล่านี้ภายในร้านทำผมในเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากพื้นที่ศึกษา 5 แห่ง (Site A ถึง Site E) และวัดผลในช่วงเวลา 7 วันติดต่อกัน ซึ่งครอบคลุมทั้งวันทำงานและวันหยุดสุดสัปดาห์ โดยใช้ตัวชี้วัดมาตรฐาน เช่น ค่า Exposure Concentration (EC), Hazard Quotient (HQ) และ Hazard Index (HI) ร่วมกับการทดสอบทางสถิติด้วย Mann-Whitney U Test เพื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นระหว่างวันธรรมดา และวันหยุดสุดสัปดาห์

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าค่าความเข้มข้นของ TVOCs มีความแตกต่างกันในแต่ละวันและแต่ละพื้นที่ โดย Site C มีค่าความเข้มข้นสูงสุดตลอดระยะเวลาการศึกษา โดยเฉพาะในวันเสาร์และอาทิตย์ ซึ่งบ่งชี้ถึงลักษณะของกิจกรรมภายในร้านที่มีความหนาแน่นของลูกค้าและการใช้ผลิตภัณฑ์เคมีอย่างเข้มข้นในช่วงวันหยุด สถานการณ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chang และคณะ (2561) ซึ่งทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายในร้านทำผมในกรุงไทเป ประเทศไต้หวัน และพบว่าการใช้ผลิตภัณฑ์สำหรับย้อมผม ดัดผม และจัดแต่งทรงผมส่งผลให้เกิดการสะสมของสาร VOCs หลายชนิด

Ref. code: 25676109031549VFP

ในอากาศภายในร้าน เช่น formaldehyde, toluene, ethyl acetate, isopropanol และ acetone โดยเฉพาะ formaldehyde ที่ตรวจพบในระดับสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานถึงร้อยละ 83 ของตัวอย่างที่ศึกษา

ข้อมูลของงานวิจัยในประเทศไทยโดย Pongboonkhumlarp และ Jinsart (2565) ยังสนับสนุนผลในงานนี้ โดยรายงานว่าค่าความเข้มข้นของ TVOCs ภายในร้านเสริมสวยในกรุงเทพมหานครมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันหยุดสุดสัปดาห์เมื่อเทียบกับวันธรรมดา ซึ่งสอดคล้องกับผลของ Site C และ Site D ในงานวิจัยนี้ ที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในช่วงวันเสาร์และอาทิตย์อย่างชัดเจน โดยชี้ให้เห็นว่าปริมาณลูกค้าและประเภทของบริการในวันหยุดมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับสาร VOCs

ในด้านของความเสี่ยงต่อสุขภาพ แม้ว่าค่า HI ของทุกพื้นที่ยังไม่เกินเกณฑ์ความเสี่ยง (HI > 1.0) แต่ Site C มีค่า HI สูงถึง 0.046606 ซึ่งมากกว่าทุกพื้นที่อื่น และชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการติดตามและจัดการคุณภาพอากาศภายในร้าน ทั้งนี้สอดคล้องกับงานของ Madureira และคณะ (2558) ที่ศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารเรียนในประเทศโปรตุเกส และพบว่าแม้ค่าความเข้มข้นของสาร VOCs จะอยู่ในระดับต่ำ แต่ก็มีความสัมพันธ์กับอาการระคายเคืองตาและทางเดินหายใจในนักเรียน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้ระดับสารจะยังไม่เกินมาตรฐาน แต่ก็อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพได้ในระยะยาว โดยเฉพาะหากสัมผัสต่อเนื่อง

นอกจากนี้ งานของ Zhang และคณะ. (2562) ที่ศึกษา VOCs ในร้านทำผมในประเทศจีน ยังรายงานว่ามีการตรวจพบสารที่มีศักยภาพก่อมะเร็ง เช่น benzene และ xylene ในระดับสูงในช่วงที่มีลูกค้าเข้าร้านเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีระบบระบายอากาศไม่เพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ใน Site C ของงานวิจัยนี้ ซึ่งอาจมีการระบายอากาศไม่เหมาะสมเมื่อเทียบกับการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เข้มข้น

งานของ David และ Niculescu (2564) ที่ทำการศึกษาในร้านทำเล็บและร้านเสริมสวยในโรมาเนีย พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อระดับสาร VOCs ได้แก่ ประเภทของผลิตภัณฑ์เคมีที่ใช้ ลักษณะของพื้นที่ให้บริการ และระบบระบายอากาศในร้าน ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบของงานนี้ที่ชี้ว่า Site A และ Site B มีค่าความเข้มข้นต่ำที่สุด อาจเนื่องจากมีการระบายอากาศที่ดี หรือใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีระดับ VOCs ต่ำกว่า

ข้อเสนอแนะจากงานของ Yamaguchi และคณะ. (2549) ที่ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสาร VOCs ภายในบ้านใหม่ในประเทศญี่ปุ่น พบว่าค่าความเข้มข้นของ VOCs มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเปิดใช้งานระบบถ่ายเทอากาศ และเมื่อเวลาผ่านไป การศึกษานี้สามารถนำมาสนับสนุนแนวทางปฏิบัติที่ควรมีการเฝ้าระวังระดับสาร VOCs ภายในร้านทำผมเป็นระยะ เพื่อป้องกัน

Ref. code: 25676109031549VFP

การสะสมของสารเหล่านี้ในระยะยาว และลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นโดยเฉพาะต่อผู้ที่สัมผัสเป็นประจำ เช่น พนักงานหรือเจ้าของร้าน

เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2553) และหน่วยงานสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (U.S. EPA, 2564) ซึ่งให้ความสำคัญต่อการควบคุมระดับสาร VOCs ภายในอาคาร พบว่าแนวทางทั้งสองเน้นให้มีการควบคุมแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่ปล่อยสารน้อย การเพิ่มประสิทธิภาพระบบระบายอากาศ และการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะในงานวิจัยนี้

โดยสรุป การอภิปรายผลในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า แม้ระดับสาร TVOCs ที่ตรวจพบในร้านทำผมส่วนใหญ่ยังไม่เกินเกณฑ์ความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยตรง แต่พบแนวโน้มที่มีความแตกต่างระหว่างวันทำงานกับวันหยุด และระหว่างพื้นที่ที่มีการใช้งานเข้มข้นกับพื้นที่ทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในระดับนานาชาติหลายฉบับ โดยเฉพาะในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เคมีที่ใช้ ความถี่ในการใช้งาน ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ และลักษณะของกิจกรรมในร้าน ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรให้ความสำคัญเพื่อการบริหารจัดการคุณภาพอากาศภายในร้านทำผมให้ปลอดภัยในระยะยาว

Ref. code: 25676109031549VFP

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds: TVOCs) ภายในร้านทำผม และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสาร TVOCs ในอากาศภายในอาคาร โดยใช้การวัดความเข้มข้นจากสถานที่จริง พร้อมทั้งนำค่าที่วัดได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ และคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงทางสุขภาพ (Hazard Quotient: HQ และ Hazard Index: HI) เพื่อหาความน่าจะเป็นของความเสี่ยงในระดับเบื้องต้น

5.1.1 ค่าความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ภายในร้านทำผม

การเก็บข้อมูลกระทำในร้านทำผมจำนวน 5 แห่งในเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร โดยใช้เครื่องมือ MiniRAE 3000+ ซึ่งสามารถตรวจวัดค่า TVOCs ได้อย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 7 วันติดต่อกัน โดยตำแหน่งการติดตั้งอยู่ที่ระดับความสูง 140–160 เซนติเมตรจากพื้น เพื่อให้ใกล้เคียงกับระดับหายใจของมนุษย์มากที่สุด

ร้านที่ใช้ในการศึกษามีขนาดพื้นที่ระหว่าง 36–40 ตารางเมตร ทุกแห่งมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ 1 เครื่อง และบางแห่งมีการติดตั้งพัดลมหรือเครื่องฟอกอากาศร่วมด้วย โดยร้าน Site C และ Site D มีการใช้พื้นที่บางส่วนเป็นที่พักอาศัยซึ่งอาจส่งผลต่อการสะสมของสาร TVOCs ในอากาศหากมีการระบายอากาศไม่เพียงพอ

ผลการตรวจวัด TVOCs ในแต่ละวันมีการแปรผันอย่างชัดเจนตามลักษณะของกิจกรรมในร้านแต่ละแห่ง เช่น การย้อมสีผม ดัดผม หรือใช้น้ำยาสำหรับการจัดแต่งทรงผม พบว่าค่าความเข้มข้นในบางช่วงเวลาเกินค่าเฝ้าระวังตามมาตรฐานที่กรมอนามัยแนะนำคือ 1 ppm ซึ่งถือเป็นค่าที่ไม่ควรเกินสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

5.1.2 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสาร TVOCs ระหว่างวันธรรมดา และวันหยุดสุดสัปดาห์

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความเข้มข้นของ TVOCs ระหว่างวันทำงานกับวันหยุดสุดสัปดาห์ โดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ Mann-Whitney U Test พบว่า ค่า

Ref. code: 25676109031549VFP

Asymptotic Significance เท่ากับ 0.108 ซึ่งสูงกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ 0.05 ทำให้ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานว่างได้ หมายความว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างค่าความเข้มข้นของ TVOCs ในวันทำงานและวันสุดสัปดาห์

อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตเชิงคุณภาพ พบว่าระดับความเข้มข้นในบางวัน เช่น วันเสาร์หรือวันอาทิตย์ มีค่าสูงขึ้นในบางร้านที่มีการให้บริการที่ใช้ผลิตภัณฑ์เข้มข้นมากกว่าปกติ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของลักษณะกิจกรรม และจำนวนลูกค้าที่เข้ามาทำกิจกรรมทางเคมีสูงกว่าวันธรรมดา

5.1.3 ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ในร้านทำผม

5.1.3.1 ค่าความเข้มข้นของการสัมผัส

จากผลการศึกษาของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ภายในร้านทำผมจำนวน 5 แห่ง ตลอดระยะเวลาเก็บข้อมูล 7 วัน พบว่า ร้าน Site C เป็นร้านเดียวที่มีค่าความเข้มข้นของการสัมผัสสาร TVOCs เกินกว่าค่าเฝ้าระวังตามมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุขแนะนำ ซึ่งอยู่ที่ 1 ppm โดยพบว่าค่าดังกล่าวเกินมาตรฐานถึง 2 วันจาก 7 วัน ที่เก็บข้อมูล ซึ่งสูงที่สุดในบรรดาร้านทั้งหมด

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นรายสัปดาห์ (Average weekly Concentration) ของแต่ละร้าน พบว่าค่าเฉลี่ยของ Site C มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 0.767 ppm ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานของกรมอนามัยอย่างชัดเจน รองลงมาคือ Site D (0.295 ppm), Site E (0.141 ppm), Site A (0.116 ppm) และ Site B (0.017 ppm) ตามลำดับ ซึ่งร้าน Site D ถึง Site B นั้นแม้จะมีระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน แต่ยังคงอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

5.1.3.2 ค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย (HQ) และค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (HI)

การประเมินความเสี่ยงในครั้งนี้ใช้ค่าความเข้มข้นของ TVOCs ที่วัดได้ในแต่ละวัน นำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยแล้วเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นอ้างอิง (Reference Concentration: RfC) ซึ่งอ้างอิงค่าเฝ้าระวัง ตามเกณฑ์คุณภาพอากาศภายในอาคารของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (กรมอนามัย, 2565) จากการศึกษาค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (Hazard Index: HI) ของความเข้มข้นสาร TVOCs ในร้านทำผมทั้ง 5 แห่ง พบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดย Site C มีค่า HI สูงสุดที่ 1.56 ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของ U.S. EPA ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1.0 สะท้อนถึงความเสี่ยงทางสุขภาพที่อาจเกิดขึ้น และมีความจำเป็นต้องดำเนินมาตรการควบคุมหรือปรับปรุงสภาพแวดล้อมเพิ่มเติม ในขณะที่ Site D, Site E, Site A และ Site B มีค่า HI อยู่ที่

Ref. code: 25676109031549VFP

0.539, 0.267, 0.200 และ 0.036 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน สะท้อนถึงความเสี่ยงที่อยู่ในระดับปลอดภัย โดยเฉพาะ Site B ที่มีความเสี่ยงต่ำที่สุด

ความแตกต่างของค่า HI ระหว่างแต่ละร้าน อาจมีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านจำนวนลูกค้า การใช้ผลิตภัณฑ์เคมี ความถี่ของการให้บริการ รวมถึงประสิทธิภาพของระบบการระบายอากาศภายในร้าน โดยเฉพาะใน Site C ที่พบความเข้มข้นของสาร TVOCs สูงในหลายวันของสัปดาห์ ส่งผลให้ค่า HI สูงขึ้นตามไปด้วย

ดังนั้น จึงควรมีการเฝ้าระวังและบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมภายในร้านทำผมอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะร้านที่มีค่า HI เกินมาตรฐาน เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและลูกค้าในระยะยาว ทั้งนี้ควรมีการตรวจสอบคุณภาพอากาศเป็นระยะ พร้อมทั้งพิจารณาปัจจัยเสี่ยงอื่นร่วมด้วย อาทิ เวลาการทำงาน ความหนาแน่นของลูกค้า ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ และประสิทธิภาพการระบายอากาศ เพื่อลดความเสี่ยงจากการสะสมของสาร TVOCs ในระยะยาว

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาที่ได้วิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ที่สัมผัสในร้านทำผม พบว่าแม้ค่าดัชนีความเสี่ยงโดยรวมจะอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายเฉียบพลันในระยะสั้น แต่ก็ยังมีแนวโน้มของการสะสมในระยะยาว โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่ใช้พื้นที่เป็นประจำ ดังนั้นจึงสามารถเสนอแนะได้ใน 3 ระดับ ดังนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการและเชิงนโยบาย

1 ควรกำหนดและเผยแพร่มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารสำหรับสาร TVOCs (ppm) ในประเทศไทยอย่างเป็นทางการ โดยอาจอ้างอิงจากแนวทางขององค์การอนามัยโลก (WHO) และประเทศในกลุ่มอาเซียนที่มีมาตรฐานกำกับ เช่น สิงคโปร์หรือมาเลเซีย เพื่อใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการประเมินความเสี่ยงในอาคารประเภทต่าง ๆ

2 ควรส่งเสริมการพัฒนาระบบฐานข้อมูลสาร VOCs และการใช้สารเคมีในสถานประกอบการประเภทบริการเสริมความงาม เพื่อให้เกิดการติดตามและควบคุมอย่างเป็นระบบ

3 หน่วยงานรัฐควรมีแนวทางในการอบรมผู้ประกอบการร้านทำผมเกี่ยวกับความเสี่ยงของการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มี VOCs และแนะนำทางเลือกที่ปลอดภัย เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าการปล่อย VOCs ต่ำ (Low-VOC/Zero-VOC)

Ref. code: 25676109031549VFP

5.2.2 ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติสำหรับสถานประกอบการ

1 ควรปรับปรุงระบบระบายอากาศในร้านทำผมให้เหมาะสม ทั้งการระบายอากาศตามธรรมชาติและระบบกลไก (Mechanical Ventilation) โดยเน้นการไหลเวียนอากาศในระดับความสูงเท่าระดับหายใจ เพื่อบรรเทาการสะสมของสาร TVOCs

2 หากมีข้อจำกัดด้านโครงสร้าง ควรติดตั้งเครื่องฟอกอากาศที่มีคุณสมบัติในการดูดซับสาร VOCs เพื่อควบคุมระดับสารปนเปื้อนภายในร้าน

3 ควรกำหนดเวลาทำงานที่เหมาะสมและหมุนเวียนพนักงานในร้านที่มีพื้นที่ปิด เพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการสัมผัสสะสมในระยะยาว

5.2.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต

1 ควรมีการวิเคราะห์องค์ประกอบของสาร VOCs เฉพาะตัว เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์ เบนซีน โทลูอีน และไซลีน เพื่อใช้ในการคำนวณความเสี่ยงโดยตรงด้วยค่า RfC (Reference Concentration) และ CSF (Cancer Slope Factor) ตามแนวทางของ U.S. EPA

2 ควรเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างร้านทำผมและระยะเวลาเก็บข้อมูลให้นานมากขึ้น เพื่อเพิ่มความครอบคลุมของผลการศึกษา

3 ควรศึกษาเปรียบเทียบระหว่างร้านทำผมที่มีลักษณะการระบายอากาศแตกต่างกัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างของระดับความเสี่ยงที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

4 ควรมีการศึกษาผลกระทบทางสุขภาพของพนักงานในร้านทำผมในระยะยาว โดยการเก็บข้อมูลชีวภาพ (Biomonitoring) หรือข้อมูลอาการทางสุขภาพร่วมด้วย เช่น อาการแสบตา เวียนศีรษะ หรือปัญหาทางเดินหายใจ เพื่อยืนยันผลกระทบจากการสัมผัส TVOCs อย่างเป็นระบบ

Ref. code: 25676109031549VFP

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

วราวุธ เสือดี, & จิราวรรณ จาปานิล (บรรณาธิการ). (2555). แนวทางการจัดการสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds, VOCs) Management Guideline. ระยอง: สมาคมเพื่อนชุมชน และ เอ็นพีซี เซฟตี้ แอนด์ เอ็นไวรอนเมนทอล เซอร์วิส.

Field, A. (2013). Discovering statistics using IBM SPSS statistics (4th ed.). Sage. https://study.sagepub.in/field_dsiss4e

Surendra, P. (2015). Indoor Air Quality: A comprehensive reference book. Springer.

บทความวารสาร

ดวงฤทัย ธาตุวิสัย, รัตติยากร โคตรมี, ศิรินันท์ พลพันธ์ขาง, & สาธินี ศิริวัฒน์. (2562). การประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายภายในร้านถ่ายเอกสาร บริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร. วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น, 41(2), 45-56.

วรมิดา บันดาธารณ์, พาสินี สุนากร, & ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. (2559). การเปรียบเทียบสมรรถนะการลดสารอินทรีย์ระเหยง่ายของไม้ประดับดูดสารพิษ 3 ชนิด. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2559 (29 เมษายน 2559).

มณีรัตน์ องค์วรรณดี. (2553). การได้รับสารอินทรีย์ระเหยทางอากาศของบุคลากรที่ทำงานในอาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานคร: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.

Abdul-Wahab, S. A., Bouhamra, W., Elkamel, A., Alper, E., & Yetilmezsoy, K. (2015). Assessing the relationship between indoor and outdoor air quality in schools in Kuwait. International Journal of Sustainable Built Environment, 4(1), 117–124. https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2015.02.004

Chang, T. Y., Huang, K. H., Lin, Y. C., & Chan, C. C. (2018). Exposure to volatile organic compounds and health risks in hair salons: A case study in Taipei City,

Ref. code: 25676109031549VFP

Taiwan. Environmental Science and Pollution Research, 25(5), 4524–4533. https://doi.org/10.1007/s11356-017-0695-9

David, E., & Niculescu, V.-C. (2021). Volatile organic compounds (VOCs) as environmental pollutants: Occurrence and mitigation using nanomaterials. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(24), 13147. https://doi.org/10.3390/ijerph182413147

Jokl, M. V. (2000). Evaluation of total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air. Indoor and Built Environment, 9(2), 79–83. https://doi.org/10.1177/1420326X0000900202

Jones, A. P. (1999). Indoor air quality and health. Atmospheric Environment, 33(28), 4535-4564. https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00272-1

Madureira, J., Paciência, I., Pereira, C., Teixeira, J. P., & de Oliveira Fernandes, E. (2016). Indoor air quality in Portuguese schools: Levels and sources of pollutants. Indoor Air, 26(4), 526–537. https://doi.org/10.1111/ina.12237

Molhave, L. (1991). Indoor air quality and health. International Journal of Indoor Environment and Health, 1(2), 35-50.

Nachar, N. (2008). The Mann-Whitney U: A test for assessing whether two independent samples come from the same distribution. Tutorials in Quantitative Methods for Psychology, 4(1), 13–20. https://www.tqmp.org/RegularArticles/vol04-1/p013/p013.pdf

Oakley-Girvan, I., & Davis, S. W. (2017). Breath based volatile organic compounds in the detection of breast, lung, and colorectal cancers: A systematic review. Cancer Biomarkers, 1(1), 1-11. https://doi.org/10.3233/CBM-170177

Pongboonkhumlarp, S., and Jinsart, W. (2022). Total volatile organic compounds (TVOCs) concentration and health risk assessment of indoor air quality in different air-conditioned environments. EnvironmentAsia, 15(1), 25–38. https://doi.org/10.1007/s13762-021-03733-0

Radheshyam Yadav & Puneeta Pandey. (2018). การทบทวนสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในฐานะมลพิษทางสิ่งแวดล้อม: ชะตากรรมและการกระจายตัว. วารสารนานาชาติด้านพืชและสิ่งแวดล้อม, 4(2), 14-26.

Ref. code: 25676109031549VFP

Salthammer, T., Mentese, S., & Marutzky, R. (2010). Formaldehyde in the indoor environment. Chemical Reviews, 110(4), 2536–2572. https://doi.org/10.1021/cr800399g

Thongkham, P., & Densubun, A. (2012). Exposure to volatile organic compounds and health impacts in Map Ta Phut Industrial Estate, Rayong Province, Thailand. The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health, 43(1), 50-51. Retrieved from https://www.tm.mahidol.ac.th/seameo/2012-43-1/25-5051.pdf

Toshikafumi Yamaguchi และคณะ. (2006). Measurement of volatile organic compounds (VOCs) in new residential buildings and VOCs behavior over time. Journal of UOEH, 28(1), 13-27.

Wolkoff, P. (1995). Volatile organic compounds sources, measurements, emissions, and the impact on indoor air quality. Indoor Air, 5(2), 5-73.

Xu, Z., Shen, J., Wang, C., & Zhang, Y. (2016). Concentration of total volatile organic compounds (TVOCs) and major VOCs in new car cabins. Building and Environment, 113, 80-90. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.08.001

Zhang, Y., Cao, S., Xu, X., Qiu, J., Chen, M., Wang, D., ... & Zhang, Y. (2016). Metals compositions of indoor PM 2.5, health risk assessment, and birth outcomes in Lanzhou, China. Environmental Monitoring and Assessment, 188, 1-13. https://doi.org/10.1007/s10661-016-5319-y

Zhang, Y., Wang, S., & He, L. (2019). Volatile organic compounds in hair salons: Indoor air quality and health risks. Environmental Science and Pollution Research, 26(21), 21197-21208.

Zhang, Y., Fang, L., Norris, C., Johnson, K., Cui, X., Sun, J., Teng, Y., Tian, E., Xu, W., Li, Z., Mo, J., Schauer, J. J., Black, M., & Bergin, M. (2019). Toxic volatile organic compounds in 20 homes in Shanghai: Concentrations, inhalation health risks, and the impacts of household air cleaning. Building and Environment, 157, 309–318. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.047

Ref. code: 25676109031549VFP

วิทยานิพนธ์

กานต์ธณัฐ กวินพลอาสา. (2566). และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสวนป่าสักในประเทศไทย. สืบค้นจาก http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2557/20107.pdf

จิตตาภรณ์ มงคลแก่นทราย, อุไรวรรณ หมัดอ่าด, & มุจลินทร์ อินทรเหมือน. (2561). การประเมินสภาพแวดล้อมในการทำงานและปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในร้านผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ไวนิล อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์). มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

ณัฐ พหุโล. (2561). การลดสารอินทรีย์ระเหยง่ายเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารสำนักงานโดยใช้สวนแนวตั้ง (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพรัตน์ พงศ์บุญคุ้มลาภ. (2563). การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัส PM10 PM2.5 และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในโรงพิมพ์ (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นพัฐกรณ์ จุ้ยนวน. (2564). การประมาณการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากการจ่ายน้ำมันให้กับรถขนส่งน้ำมันชนิดที่มีการจ่ายน้ำมันเหนือถังและใต้ถัง (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธา กาญจน์นิรันดร์. (2564). ความชุกและความสัมพันธ์ของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมภายในอาคารกับการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารในผู้ปฏิบัติงานกองบัญชาการกรมแพทย์ทหารบก จังหวัดกรุงเทพมหานคร (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภนุช รสจันทร. (2556). สารอินทรีย์ระเหยง่ายหลักที่ปลดปล่อยจากเครื่องถ่ายเอกสารและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร). มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุภาณี จันทรศิริ, สมเจตน์ ทองดำ, วิศวะ มาลากรรณ, & พรไพลิน บุณณะ. (2560). ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในบริเวณทำงานและสภาวะสุขภาพของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงจังหวัดอุบลราชธานี (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี). มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

Chomanee, J., & Niyomthai, C. (2021). Investigation of volatile organic compounds in office buildings in Bangkok, Thailand: Concentrations, sources, and

occupant symptoms. Retrieved from https://www.academia.edu/60307102

Laowakul, P., & Sakolchai, S. (2023). Assessment of indoor and outdoor formaldehyde, total volatile organic compounds (TVOC), and particulate matter (PM2.5 and PM10) levels in Kalasin, Thailand. Retrieved from https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/4Vw2rXml

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

ดอกรัก มารอด. (2551). เทคนิคการสุ่มตัวอย่างและการวิเคราะห์สังคมพืช. สืบค้นจาก https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/BKN/search_detail/result/352263

นภดนัย อาชวาคม. (2554). *คุณภาพอากาศภายในอาคาร*. ออนไลน์ http://www.eng.chula.ac.th/files/larngearforum/download/larngearforum2554/20110319/Nopdanai_AirQuality.pdf

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1990). Toxicological profile for isopropanol. U.S. Department of Health and Human Services. Retrieved from https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=331&tid=60

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2004). Toxicological profile for selected volatile organic compounds. U.S. Department of Health and Human Services. Retrieved from https://www.atsdr.cdc.gov

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007). Toxicological profile for xylene. Retrieved from https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp71.pdf

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007). Toxicological profile for benzene. Retrieved from https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.pdf

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007). Toxicological profile for volatile organic compounds (VOCs). U.S. Department of Health

Ref. code: 25676109031549VFP

and Human Services. https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles /tp.asp?id=352&tid=64

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2017). Toluene – Toxicological Profile. U.S. Department of Health and Human Services. Retrieved from https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp56.html

PubChem. (2021). Ethyl Acetate. National Center for Biotechnology Information. Retrieved from https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ethyl-acetate

PubChem. (2021). Isopropanol. National Center for Biotechnology Information. Retrieved from https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Isopropanol

PubChem. (2021). Toluene. National Center for Biotechnology Information. Retrieved from https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Toluene

Japan Ministry of Health, Labour and Welfare. (2002). Indoor Air Quality Guidelines for Japanese Buildings. Retrieved from https://www.mhlw.go.jp

Environmental Protection Agency (EPA). (n.d.). Toluene: Health effects. Retrieved from https://www.epa.gov/toluene/health-effects

Environmental Protection Agency (EPA). (n.d.). Volatile organic compounds' impact on indoor air quality. Retrieved from https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality

Environmental Protection Agency (EPA), USA. (2023). Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality. Retrieved from https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq

Environmental Protection Agency (EPA). (n.d.). Health effects of exposure to volatile organic compounds (VOCs). Retrieved from https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2012). Chemical agents and related occupations. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (Vol. 100F). https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono100F.pdf

Ref. code: 25676109031549VFP

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (n.d.). Volatile organic compounds (VOCs). Retrieved from https://www.cdc.gov/niosh/topics/vocs

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (n.d.). Acetone: Workplace safety and health topics. Retrieved from https://www.cdc.gov/niosh/topics/acetone

Occupational Safety and Health Administration. (n.d.). Permissible exposure limits. U.S. Department of Labor. Retrieved from https://www.osha.gov/annotated-pels

Occupational Safety and Health Administration (OSHA), USA. (2023). Permissible Exposure Limits. Retrieved from https://www.osha.gov/chemical-data

Oxford University Press. (2023a). Oxford learner's dictionary: Weekday. Retrieved from https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/weekday

Oxford University Press. (2023b). Oxford learner's dictionary: Weekend. Retrieved from https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/weekend

Sigma-Aldrich. (2023). Air Sampling and Analysis of Volatile Organic Compounds (VOCs). Retrieved from https://www.sigmaaldrich.com

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part A) (EPA/540/1-89/002). United States Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2000). Limonene (CASRN 138-86-3). Integrated Risk Information System (IRIS). Retrieved from https://iris.epa.gov/static/pdfs/0687_summary.pdf

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2014). Risk assessment overview. Retrieved from https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-overview

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2014). Acetone. Retrieved from https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/acetone.pdf

Ref. code: 25676109031549VFP

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2016). Formaldehyde. Retrieved from https://www.epa.gov/formaldehyde

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2018a). Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality. Retrieved from https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2018). Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality. https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2021). Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality. Retrieved from https://www.epa.gov

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2022). Toluene Hazard Summary. Retrieved from https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/toluene.pdf

United States Environmental Protection Agency. (1989). Risk assessment guidance for superfund volume I: Human health evaluation manual (Part A) (EPA/540/1-89/002). Office of Emergency and Remedial Response, US EPA.

United States Environmental Protection Agency. (2023). Human health risk assessment. Retrieved from https://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment

World Health Organization (WHO). (2000). Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. Retrieved from https://www.euro.who.int

World Health Organization. (2004). IPC Environmental Health Criteria 222: Risk assessment terminology. WHO.

World Health Organization (WHO). (2010). Formaldehyde: Guidelines for indoor air quality. Retrieved from https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134

Ref. code: 25676109031549VFP

World Health Organization (WHO). (2010). WHO guidelines for indoor air quality: Selected pollutants. Retrieved from https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134

World Health Organization. (2010). WHO guidelines for indoor air quality: Selected pollutants. WHO Regional Office for Europe.

มาตรฐาน/ระเบียบ/กฎหมาย

กรมอนามัย. (2565). ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพอากาศภายในอาคารสำหรับอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565. กระทรวงสาธารณสุข. เข้าถึงได้จาก https://laws.anamai.moph.go.th/th/practices/download/?did=211864&id=99012&reload=

กรมควบคุมมลพิษ. (2565). มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารในประเทศไทย. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2566). มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2564). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สีและสารเคลือบผิว: ข้อกำหนดการปล่อยสาร VOCs (มอก. xxxx-xxxx).

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). (2566). มาตรฐานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: สมอ.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2019). Threshold limit values (TLVs) and biological exposure indices (BEIs). ACGIH.

European Collaborative Action. (1997). Indoor air quality & its impact on man: Total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air quality investigations (Report No. 19). Office for Official Publications of the European Communities.

International Organization for Standardization. (2011). ISO 16000-6:2011: Indoor air — Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID. ISO.

Ref. code: 25676109031549VFP

International Organization for Standardization (ISO). (2017). ISO 16000-6: Indoor air – Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or FID.

Ref. code: 25676109031549VFP

ภาคผนวก

Ref. code: 25676109031549VFP

ภาคผนวก ก

ตารางการเก็บข้อมูลความเข้มข้น Site A ถึง Site E

ตารางที่ 1

ข้อมูลค่าความเข้มข้น TVOCs Site A ที่วัดจากเครื่อง MINIRAE 3000+

ข้อมูลค่าความเข้มข้น TVOCs Site A ที่วัดจากเครื่อง MINIRAE 3000+												
วัน/เวลา	09.00 am	10.00 am.	11.00 am	12.00 pm	01.00 pm	02.00 pm	03.00 pm	04.00 pm	05.00 pm	Average	SD	Time
ค่าTVOCsวันจันทร์ 25 พ.ย. 2567	0.000	0.023	0.097	0.085	0.003	0.000	0.000	0.025	-	0.029	0.040	8 ชม. 10 นาที
ค่าTVOCsวันอังคาร 26 พ.ย. 2567	0.630	0.033	0.000	0.000	0.025	0.155	0.000	0.003	-	0.106	0.218	8 ชม. 9 นาที
ค่าTVOCsวันพุธ 27 พ.ย. 2567	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	8 ชม. 0 นาที
ค่าTVOCsวันพฤหัสบดี 28 พ.ย. 2567	0.000	0.000	0.110	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.037	8 ชม. 14 นาที
ค่าTVOCsวันศุกร์ 29 พ.ย. 2567	0.000	0.000	0.000	0.000	0.103	0.032	0.905	0.002	-	0.130	0.315	8 ชม. 4 นาที
ค่าTVOCsวันเสาร์ 23 พ.ย. 2567	0.128	0.000	0.345	0.178	0.660	0.525	0.007	0.095	0.000	0.215	0.242	8 ชั่วโมง 37 นาที
ค่าTVOCsวันอาทิตย์ 24 พ.ย. 2567	0.000	0.137	0.440	0.158	0.997	0.000	0.043	0.813	0.282	0.319	0.364	8 ชม. 22 นาที

Ref. code: 25676109031549VFP

ตารางที่ 2

ข้อมูลค่าความเข้มข้น TVOCs Site B ที่วัดจากเครื่อง MINIRAE 3000+

ข้อมูลค่าความเข้มข้น TVOCs Site B ที่วัดจากเครื่อง MINIRAE 3000+													
วัน/เวลา	09.00 am	10.00 am.	11.00 am	12.00 pm	01.00 pm	02.00 pm	03.00 pm	04.00 pm	05.00 pm	06.00 pm	Average	SD	Time
ค่าTVOCsวันจันทร์ 16 ธ.ค. 2567	0.001	0.175	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.020	0.058	8 ชม. 43 นาที
ค่าTVOCsวันอังคาร 17 ธ.ค. 2567	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	8 ชม. 26 นาที
ค่าTVOCsวันพุธ 11 ธ.ค. 2567	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	8 ชม. 46 นาที
ค่าTVOCsวันพฤหัสบดี 12 ธ.ค. 2567	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	-	0.000	0.001	8 ชม. 33 นาที
ค่าTVOCsวันศุกร์ 13 ธ.ค. 2567	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	8 ชม. 30 นาที
ค่าTVOCsวันเสาร์ 14 ธ.ค. 2567	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	8 ชม. 55 นาที
ค่าTVOCsวันอาทิตย์ 15 ธ.ค. 2567	0.911	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	0.302	9 ชม. 7 นาที

ตารางที่ 3

ข้อมูลค่าความเข้มข้น TVOCs Site C ที่วัดจากเครื่อง MINIRAE 3000+

ข้อมูลค่าความเข้มข้น TVOCs Site C ที่วัดจากเครื่อง MINIRAE 3000+														
วัน/เวลา	09.00 am	10.00 am.	11.00 am	12.00 pm	01.00 pm	02.00 pm	03.00 pm	04.00 pm	05.00 pm	06.00 pm	07.00 pm	Average	SD	Time
ค่าTVOCsรวันจันทร์ 23 ธ.ค. 2567	0.042	0.000	0.000	0.128	0.065	0.257	0.686	1.891	0.935	0.462	0.147	0.419	0.575	10 ชม. 29 นาที
ค่าTVOCsรวันอังคาร 24 ธ.ค. 2567	0.000	0.135	0.000	0.049	0.089	0.210	0.331	0.468	0.072	0.000	-	0.135	0.157	9 ชม. 28 นาที
ค่าTVOCsรวันพุธ 25 ธ.ค. 2567	0.003	0.000	0.105	0.626	0.935	0.209	0.636	1.827	0.976	-	-	0.591	0.599	8 ชม. 51 นาที
ค่าTVOCsรวันพฤหัสบดี 26 ธ.ค. 2567	0.000	0.110	0.403	0.180	0.305	0.033	0.169	0.130	0.120	-	-	0.161	0.126	8 ชม. 42 นาที
ค่าTVOCsรวันศุกร์ 20 ธ.ค. 2567	0.161	0.300	0.640	0.983	1.296	0.812	0.466	0.159	0.000	-	-	0.535	0.432	8 ชม. 44 นาที
ค่าTVOCsรวันเสาร์ 21 ธ.ค. 2567	0.000	1.072	4.119	2.596	1.388	0.902	3.149	3.567	2.307	-	-	2.122	1.370	8 ชม. 34 นาที
ค่าTVOCsรวันอาทิตย์ 22 ธ.ค. 2567	0.003	0.428	1.970	1.867	3.149	1.824	1.047	0.511	1.857	-	-	1.406	0.988	9 ชม. 0 นาที

Ref. code: 25676109031549VFP

ตารางที่ 4

ข้อมูลค่าความเข้มข้น TVOCs Site D ที่วัดจากเครื่อง MINIRAE 3000+

ข้อมูลค่าความเข้มข้น TVOCs Site D ที่วัดจากเครื่อง MINIRAE 3000+													
วัน/เวลา	09.00 am	10.00 am.	11.00 am	12.00 pm	01.00 pm	02.00 pm	03.00 pm	04.00 pm	05.00 pm	06.00 pm	Average	SD	Time
ค่าTVOCsวันจันทร์ 27 ม.ค.2568	0.019	0.042	0.000	0.001	0.000	0.015	0.216	0.032	0.000	-	0.036	0.073	8 ชม. 31 นาที
ค่าTVOCsวันอังคาร 28 ม.ค.2568	0.000	0.054	0.027	0.639	0.358	1.322	0.046	0.000	0.000	-	0.272	0.469	8 ชม. 22 นาที
ค่าTVOCsวันพุธ 29 ม.ค.2568	0.046	1.185	0.072	0.000	0.112	0.108	0.000	0.000	0.000	-	0.169	0.405	8 ชม. 30 นาที
ค่าTVOCsวันพฤหัสบดี 30 ม.ค.2568	0.059	0.000	0.158	0.163	0.383	0.171	1.146	1.016	0.845	-	0.387	0.444	8 ชม. 36 นาที
ค่าTVOCsวันศุกร์ 24 ม.ค.2568	0.394	0.027	0.000	0.098	1.560	1.123	0.620	0.354	0.263	-	0.493	0.559	8 ชม. 19 นาที
ค่าTVOCsวันเสาร์ 25 ม.ค.2568	0.000	0.211	0.000	0.035	0.338	0.232	0.580	0.672	0.672	0.639	0.338	0.258	8 ชม. 19 นาที
ค่าTVOCsวันอาทิตย์ 26 ม.ค.2568	0.000	0.900	0.576	0.226	0.226	0.157	0.837	0.014	0.336	0.000	0.367	0.357	9 ชม. 7 นาที

Ref. code: 25676109031549VFP

ตารางที่ 5

ข้อมูลค่าความเข้มข้น TVOCs Site E ที่วัดจากเครื่อง MINIRAE 3000+

ข้อมูลค่าความเข้มข้น TVOCs Site E ที่วัดจากเครื่อง MINIRAE 3000+												
วัน/เวลา	09.00 am	10.00 am.	11.00 am	12.00 pm	01.00 pm	02.00 pm	03.00 pm	04.00 pm	05.00 pm	Average	SD	Time
ค่าTVOCsวันจันทร์ 3 ก.พ.2568	0.000	0.000	0.000	0.000	0.237	0.362	0.144	0.140	0.000	0.098	0.136	8 ชม. 31 นาที
ค่าTVOCsวันอังคาร 4 ก.พ.2568	0.000	0.000	0.014	0.308	0.226	0.523	0.946	0.303	0.000	0.258	0.324	8 ชม. 30 นาที
ค่าTVOCsวันพุธ 5 ก.พ.2568	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300	0.014	0.000	0.002	0.035	0.105	8 ชม. 14 นาที
ค่าTVOCsวันพฤหัสบดี 6 ก.พ.2568	0.000	0.511	0.427	0.212	0.598	0.216	0.855	0.002	0.000	0.313	0.300	8 ชม. 26 นาที
ค่าTVOCsวันศุกร์ 31 ม.ค.2568	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.025	0.000	0.000	0.004	0.009	8 ชม. 14 นาที
ค่าTVOCsวันเสาร์ 1 ก.พ. 2568	0.000	0.000	0.502	0.336	0.044	0.011	0.000	0.188	0.000	0.120	0.191	8 ชม. 14 นาที
ค่าTVOCsวันอาทิตย์ 2 ก.พ. 2568	0.122	0.157	0.126	0.826	0.210	0.000	0.015	0.000	0.000	0.162	0.272	8 ชม. 12 นาที

ภาคผนวก ข

ตารางค่าความเข้มข้นสัมผัส (Exposure Concentration: EC)

ตารางที่ 1

ข้อมูลค่าความเข้มข้นสัมผัส (Exposure Concentration: EC)

Exposure Concentration: EC								
	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday	AVG
SiteA	0.029	0.106	0.000	0.013	0.130	0.215	0.319	0.116
SiteB	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	0.017
SiteC	0.419	0.135	0.591	0.161	0.535	2.122	1.406	0.767
SiteD	0.036	0.272	0.169	0.387	0.493	0.338	0.367	0.295
SiteE	0.098	0.258	0.035	0.313	0.004	0.120	0.162	0.141

Ref. code: 25676109031549VFP

ภาคผนวก ค

ตารางค่าสัมประสิทธิ์เสี่ยงอันตราย (Hazard Quotient: HQ) และ ค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (Hazard Index: HI)

ตารางที่ 1

ค่าสัมประสิทธิ์เสี่ยงอันตราย (Hazard Quotient: HQ) และ ค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (Hazard Index: HI)

ค่าสัมประสิทธิ์ของอันตราย (Hazard Quotient: HQ) และ ค่าดัชนีความเสี่ยงรวม (Hazard Index: HI)									
	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday	AVG	Total
SiteA	0.007	0.025	0.000	0.003	0.030	0.060	0.075	0.029	0.200
SiteB	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.005	0.036
SiteC	0.165	0.046	0.168	0.041	0.150	0.584	0.406	0.223	1.560
SiteD	0.010	0.073	0.046	0.119	0.124	0.061	0.106	0.077	0.539
SiteE	0.027	0.07	0.009	0.085	0.001	0.032	0.043	0.038	0.267

Ref. code: 25676109031549VFP

ภาคผนวก ง

ข้อมูลทางสถิติ โปรแกรม SPSS

ตารางที่ 1

ข้อมูลที่ใช้ Input ในการวิเคราะห์

Site	Day	Group	TVOC_Concentration
SiteA	Monday	Weekday	0.029125
SiteA	Tuesday	Weekday	0.10575
SiteA	Wednesday	Weekday	0
SiteA	Thursday	Weekday	0.012556
SiteA	Friday	Weekday	0.13025
SiteA	Saturday	Weekend	0.215333
SiteA	Sunday	Weekend	0.318889
SiteB	Monday	Weekday	0.019556
SiteB	Tuesday	Weekday	0
SiteB	Wednesday	Weekday	0
SiteB	Thursday	Weekday	0.000222
SiteB	Friday	Weekday	0
SiteB	Saturday	Weekend	0
SiteB	Sunday	Weekend	0.0957
SiteC	Monday	Weekday	0.419364
SiteC	Tuesday	Weekday	0.1354
SiteC	Wednesday	Weekday	0.590778
SiteC	Thursday	Weekday	0.161111
SiteC	Friday	Weekday	0.535222
SiteC	Saturday	Weekend	2.122222
SiteC	Sunday	Weekend	1.406222
SiteD	Monday	Weekday	0.036111
SiteD	Tuesday	Weekday	0.271778
SiteD	Wednesday	Weekday	0.169222
SiteD	Thursday	Weekday	0.387
SiteD	Friday	Weekday	0.493222
SiteD	Saturday	Weekend	0.3379
SiteD	Sunday	Weekend	0.367
SiteE	Monday	Weekday	0.098111
SiteE	Tuesday	Weekday	0.257778
SiteE	Wednesday	Weekday	0.035222
SiteE	Thursday	Weekday	0.313444
SiteE	Friday	Weekday	0.004333
SiteE	Saturday	Weekend	0.120111
SiteE	Sunday	Weekend	0.161778

Ref. code: 25676109031549VFP

ภาพที่ 1

ผลการวิเคราะห์ลำดับเฉลี่ย (Mean Rank) และผลรวมลำดับ (Sum of Ranks) ของค่าความเข้มข้นของสาร TVOCs ด้วยสถิติ Mann-Whitney U Test

Ranks

	Group_Num	N	Mean Rank	Sum of Ranks
TVOC_Concentration	1.00	25	16.24	406.00
	2.00	10	22.40	224.00
	Total	35		

ภาพที่ 2

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ Mann-Whitney U Test ของค่าความเข้มข้นของสาร TVOCs

Test Statistics[a]

	TVOC_Concentration
Mann-Whitney U	81.000
Wilcoxon W	406.000
Z	-1.609
Asymp. Sig. (2-tailed)	.108
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.113[b]

a. Grouping Variable: Group_Num

b. Not corrected for ties.

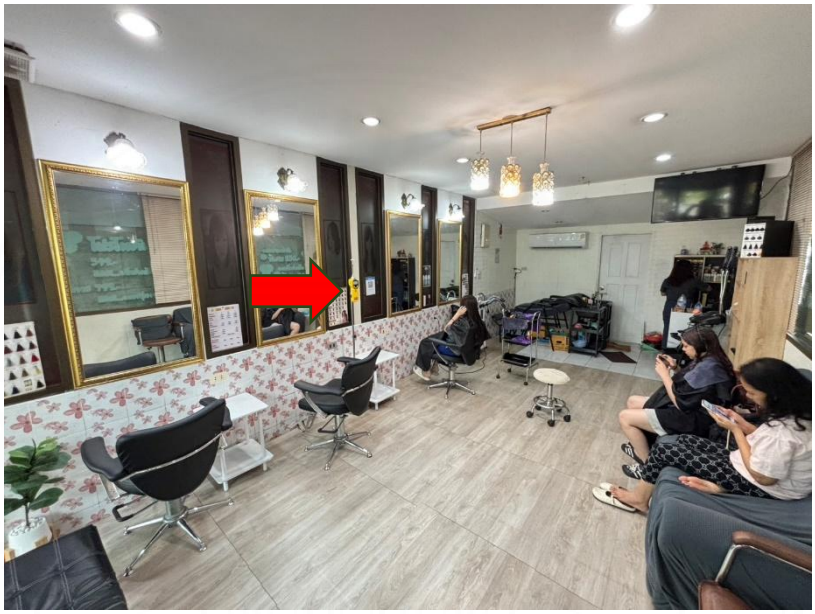
Ref. code: 25676109031549VFP

ภาคผนวก จ

ภาพถ่ายแสดงการติดตั้งเครื่องตรวจวัด TVOCs ภายในร้านทำผม

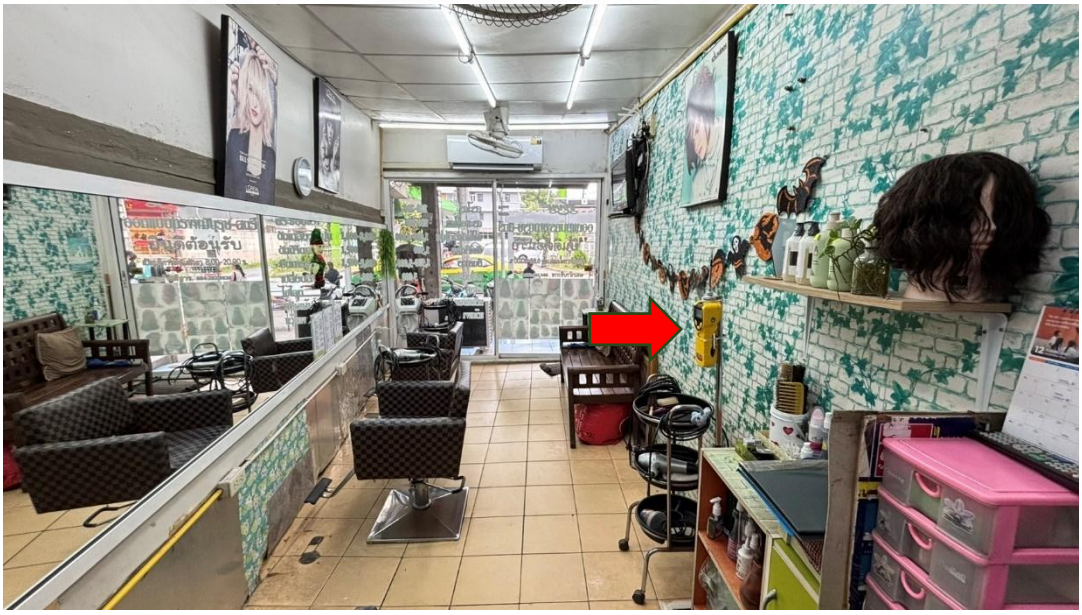
ภาพที่ 1

การติดตั้งเครื่องตรวจวัด TVOCs ภายในร้าน Site A



ภาพที่ 2

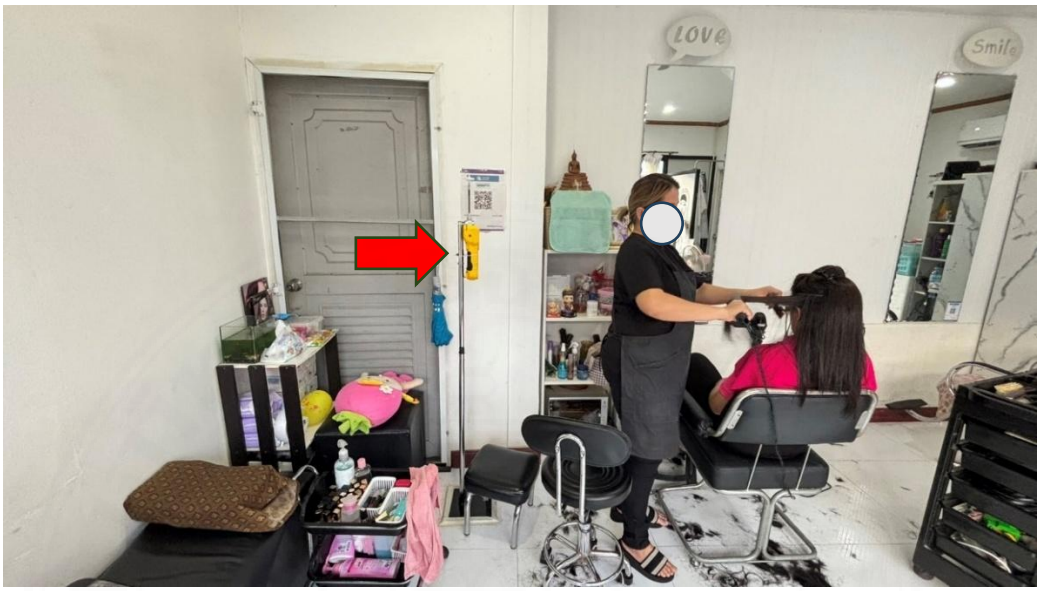
การติดตั้งเครื่องตรวจวัด TVOCs ภายในร้าน Site B



Ref. code: 25676109031549VFP

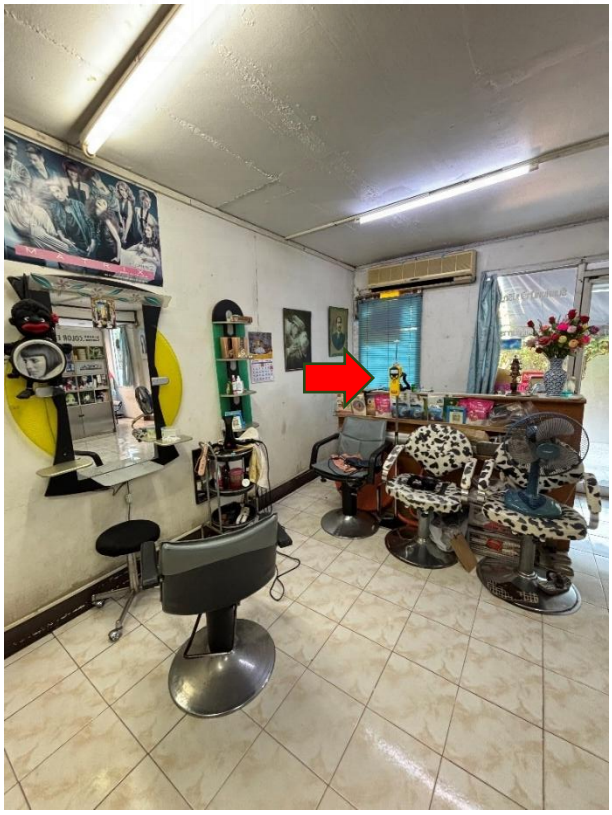
ภาพที่ 3

การติดตั้งเครื่องตรวจวัด TVOCs ภายในร้าน Site C



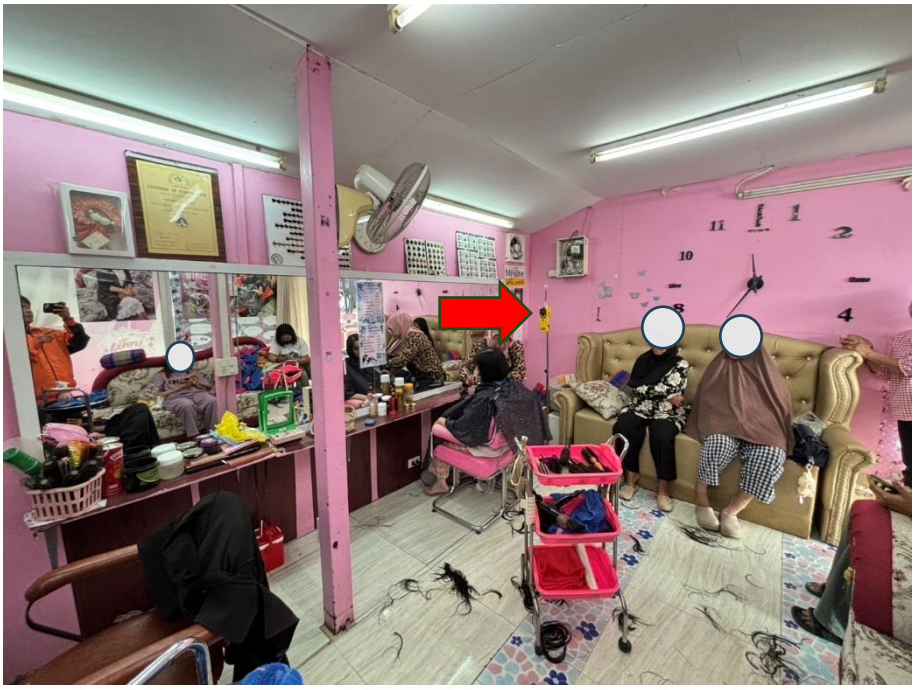
ภาพที่ 4

การติดตั้งเครื่องตรวจวัด TVOCs ภายในร้าน Site D



ภาพที่ 5

การติดตั้งเครื่องตรวจวัด TVOCs ภายในร้าน Site E



ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลบันทึกกิจกรรมและสภาพแวดล้อมในร้านทำผม

Ref. code: 25676109031549VFP

แบบฟอร์มบันทึกกิจกรรมและสภาพแวดล้อมในร้านทำผม

ชื่อสถานประกอบการ : Site A

Site A วัน/เดือน/ปี	การเก็บข้อมูลกิจกรรม			สภาพแวดล้อม			เพิ่มเติม
	เวลาเก็บข้อมูล	กิจกรรม	จำนวนลูกค้า	การระบายอากาศขณะทำกิจกรรม	อุณหภูมิในร้าน	การใช้พัดลมระบายอากาศ	
วันเสาร์ 23 พฤศจิกายน 2567	เริ่ม 08.54 น. สิ้นสุด 17.31 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	1 คน 2 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 3 คน
วันอาทิตย์ 24 พฤศจิกายน 2567	เริ่ม 09.07 น. สิ้นสุด 17.29 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	2 คน 3 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 5 คน
วันจันทร์ 25 พฤศจิกายน 2567	เริ่ม 09.06 น. สิ้นสุด 17.16 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	4 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 4 คน
วันอังคาร 26 พฤศจิกายน 2567	เริ่ม 09.11 น. สิ้นสุด 17.20 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	1 คน 1 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 2 คน
วันพุธ 27 พฤศจิกายน 2567	เริ่ม 09.11 น. สิ้นสุด 17.11 น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 0 คน

แบบฟอร์มบันทึกกิจกรรมและสภาพแวดล้อมในร้านทำผม

ชื่อสถานประกอบการ : Site A

วัน/เดือน/ปี	การเก็บข้อมูลกิจกรรม			สภาพแวดล้อม			เพิ่มเติม
	เวลาเก็บข้อมูล	**กิจกรรม**	**จำนวนลูกค้า**	**การระบายอากาศ ขณะทำกิจกรรม**	**อุณหภูมิ ในร้าน**	**การใช้พัดลม ระบายอากาศ**	
วันพฤหัสบดี 28 พฤศจิกายน 2567	เริ่ม 08.59 น. สิ้นสุด 17.13 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	1 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 1 คน
วันศุกร์ 29 พฤศจิกายน 2567	เริ่ม 09.07 น. สิ้นสุด 17.11 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	1 คน 2 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 3 คน
	เริ่ม ..... สิ้นสุด	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	
	เริ่ม ..... สิ้นสุด	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	
	เริ่ม ..... สิ้นสุด	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	

แบบฟอร์มบันทึกกิจกรรมและสภาพแวดล้อมในร้านทำผม

ชื่อถานประกอบการ : Site B

วัน/เดือน/ปี	การเก็บข้อมูลกิจกรรม			สภาพแวดล้อม			เพิ่มเติม
	เวลาเก็บข้อมูล	**กิจกรรม**	**จำนวนลูกค้า**	**การระบายอากาศ ขณะทำกิจกรรม**	**อุณหภูมิ ในร้าน**	**การใช้พัดลม ระบายอากาศ**	
วันพุธ 11 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.50 น. สิ้นสุด 17.36 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	2 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ✓ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 2 คน
วันพฤหัสบดี 12 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.50 น. สิ้นสุด 17.23 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	2 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ✓ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 2 คน
วันศุกร์ 13 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.52 น. สิ้นสุด 17.22 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	3 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ✓ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 3 คน
วันเสาร์ 14 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.55 น. สิ้นสุด 17.50 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	2 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ✓ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 2 คน
วันอาทิตย์ 15 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.46 น. สิ้นสุด 17.53 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ✓ ดัดผม / ยืดผม	2 คน 1 คน 1 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ✓ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 4 คน

แบบฟอร์มบันทึกกิจกรรมและสภาพแวดล้อมในร้านทำผม

ชื่อสถานประกอบการ : Site B

วัน/เดือน/ปี	การเก็บข้อมูลกิจกรรม			สภาพแวดล้อม			เพิ่มเติม
	เวลาเก็บข้อมูล	กิจกรรม	จำนวนลูกค้า	การระบายอากาศขณะทำกิจกรรม	อุณหภูมิในร้าน	การใช้พัดลมระบายอากาศ	
วันจันทร์ 16 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.46 น. สิ้นสุด 17.29 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ✓ ดัดผม / ยืดผม	1 คน 2 คน 1 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ✓ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 4 คน
วันอังคาร 17 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.53 น. สิ้นสุด 17.19 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	3 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ✓ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 3 คน
	เริ่ม ..... น. สิ้นสุด ..... น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	
	เริ่ม ..... น. สิ้นสุด ..... น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	
	เริ่ม ..... น. สิ้นสุด ..... น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	

แบบฟอร์มบันทึกกิจกรรมและสภาพแวดล้อมในร้านทำผม

ชื่อถานประกอบการ : Site C

วัน/เดือน/ปี	การเก็บข้อมูลกิจกรรม			สภาพแวดล้อม			เพิ่มเติม
	เวลาเก็บข้อมูล	กิจกรรม	จำนวนลูกค้า	การระบายอากาศ ขณะทำกิจกรรม	อุณหภูมิ ในร้าน	การใช้พัดลม ระบายอากาศ	
วันศุกร์ 20 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.37 น. สิ้นสุด 17.21 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ✓ ดัดผม / ยืดผม	5 คน 1 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ✓ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 6 คน
วันเสาร์ 21 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.46 น. สิ้นสุด 17.20 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ✓ ดัดผม / ยืดผม	3 คน 2 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ✓ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 5 คน
วันอาทิตย์ 22 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.27 น. สิ้นสุด 17.27 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ✓ ดัดผม / ยืดผม	2 คน 3 คน 1 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ✓ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 6 คน
วันจันทร์ 23 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.43 น. สิ้นสุด 19.12 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	1 คน 4 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ✓ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 5 คน
วันอังคาร 24 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.43 น. สิ้นสุด 18.11 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	3 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ✓ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 3 คน

แบบฟอร์มบันทึกกิจกรรมและสภาพแวดล้อมในร้านทำผม

ชื่อสถานประกอบการ : Site C

วัน/เดือน/ปี	การเก็บข้อมูลกิจกรรม			สภาพแวดล้อม			เพิ่มเติม
	เวลาเก็บข้อมูล	กิจกรรม	จำนวนลูกค้า	การระบายอากาศ ขณะทำกิจกรรม	อุณหภูมิ ในร้าน	การใช้พัดลม ระบายอากาศ	
วันพุธ 25 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.46 น. สิ้นสุด 17.37 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	2 คน 2 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ✓ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 4 คน
วันพฤหัสบดี 26 ธันวาคม 2567	เริ่ม 08.41 น. สิ้นสุด 17.23 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	3 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ✓ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 3 คน
	เริ่ม ..... น. สิ้นสุด ..... น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	
	เริ่ม ..... น. สิ้นสุด ..... น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	
	เริ่ม ..... น. สิ้นสุด ..... น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	

แบบฟอร์มบันทึกกิจกรรมและสภาพแวดล้อมในร้านทำผม

ชื่อถานประกอบการ : Site D

วัน/เดือน/ปี	การเก็บข้อมูลกิจกรรม			สภาพแวดล้อม			เพิ่มเติม
	เวลาเก็บข้อมูล	**กิจกรรม**	**จำนวนลูกค้า**	**การระบายอากาศ ขณะทำกิจกรรม**	**อุณหภูมิ ในร้าน**	**การใช้พัดลม ระบายอากาศ**	
วันศุกร์ 24 มกราคม 2568	เริ่ม 09.06 น. สิ้นสุด 17.25 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	1 คน 4 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 5 คน
วันเสาร์ 25 มกราคม 2568	เริ่ม 09.06 น. สิ้นสุด 17.25 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ✓ ดัดผม / ยืดผม	4 คน 1 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 5 คน
วันอาทิตย์ 26 มกราคม 2568	เริ่ม 09.04 น. สิ้นสุด 18.11 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	1 คน 3 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 4 คน
วันจันทร์ 27 มกราคม 2568	เริ่ม 08.55 น. สิ้นสุด 17.26 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	3 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 3 คน
วันอังคาร 28 มกราคม 2568	เริ่ม 09.00 น. สิ้นสุด 17.22 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ✓ ดัดผม / ยืดผม	3 คน 1 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 4 คน

แบบฟอร์มบันทึกกิจกรรมและสภาพแวดล้อมในร้านทำผม

ชื่อสถานประกอบการ : Site D

วัน/เดือน/ปี	การเก็บข้อมูลกิจกรรม			สภาพแวดล้อม			เพิ่มเติม
	เวลาเก็บข้อมูล	**กิจกรรม**	**จำนวนลูกค้า**	**การระบายอากาศ ขณะทำกิจกรรม**	**อุณหภูมิ ในร้าน**	**การใช้พัดลม ระบายอากาศ**	
วันพุธ 29 มกราคม 2568	เริ่ม 08.53 น. สิ้นสุด 17.23 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	3 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 3 คน
วันพฤหัสบดี 30 มกราคม 2568	เริ่ม 08.53 น. สิ้นสุด 17.29 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	1 คน 3 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 4 คน
	เริ่ม ..... น. สิ้นสุด ..... น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	
	เริ่ม ..... น. สิ้นสุด ..... น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	
	เริ่ม ..... น. สิ้นสุด ..... น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	

แบบฟอร์มบันทึกกิจกรรมและสภาพแวดล้อมในร้านทำผม

ชื่อถานประกอบการ : Site E

วัน/เดือน/ปี	การเก็บข้อมูลกิจกรรม			สภาพแวดล้อม			เพิ่มเติม
	เวลาเก็บข้อมูล	**กิจกรรม**	**จำนวนลูกค้า**	**การระบายอากาศ ขณะทำกิจกรรม**	**อุณหภูมิ ในร้าน**	**การใช้พัดลม ระบายอากาศ**	
วันศุกร์ 31 มกราคม 2568	เริ่ม 08.50 น. สิ้นสุด 17.04 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	2 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 2 คน
วันเสาร์ 1 กุมภาพันธ์ 2568	เริ่ม 08.55 น. สิ้นสุด 17.09 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	4 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 4 คน
วันอาทิตย์ 2 กุมภาพันธ์ 2568	เริ่ม 09.02 น. สิ้นสุด 17.14 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	1 คน 2 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 3 คน
วันจันทร์ 3 กุมภาพันธ์ 2568	เริ่ม 08.54 น. สิ้นสุด 17.25 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	1 คน 1 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 2 คน
วันอังคาร 4 กุมภาพันธ์ 2568	เริ่ม 08.52 น. สิ้นสุด 17.22 น.	☐ ย้อมผม ✓ทรีทเม้นบำรุงผม ✓ ดัดผม / ยืดผม	3 คน 1 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 4 คน

แบบฟอร์มบันทึกกิจกรรมและสภาพแวดล้อมในร้านทำผม

ชื่อสถานประกอบการ : Site E

วัน/เดือน/ปี	การเก็บข้อมูลกิจกรรม			สภาพแวดล้อม			เพิ่มเติม
	เวลาเก็บข้อมูล	**กิจกรรม**	**จำนวนลูกค้า**	**การระบายอากาศ ขณะทำกิจกรรม**	**อุณหภูมิ ในร้าน**	**การใช้พัดลม ระบายอากาศ**	
วันพุธ 5 กุมภาพันธ์ 2568	เริ่ม 08.50 น. สิ้นสุด 17.04 น.	☐ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม	2 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 2 คน
วันพฤหัสบดี 6 กุมภาพันธ์ 2568	เริ่ม 08.53 น. สิ้นสุด 17.19 น.	✓ ย้อมผม ✓ ทรีทเม้นบำรุงผม ✓ ดัดผม / ยืดผม	1 คน 2 คน 1 คน	✓ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ✓ 25°-30° ☐ 26°-35°	✓ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	รวม 4 คน
	เริ่ม ..... น. สิ้นสุด ..... น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	
	เริ่ม ..... น. สิ้นสุด ..... น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	
	เริ่ม ..... น. สิ้นสุด ..... น.	☐ ย้อมผม ☐ ทรีทเม้นบำรุงผม ☐ ดัดผม / ยืดผม		☐ เครื่องระบายอากาศ ☐ พัดลม ☐ เครื่องฟอกอากาศ	☐ 20°-24° ☐ 25°-30° ☐ 26°-35°	☐ มีการเปิดใช้ ☐ ไม่มีการเปิดใช้	

ภาคผนวก ช
ประกาศค่าเฝ้าระวังของกรมอนามัย

Ref. code: 25676109031549VFP

ประกาศกรมอนามัย
เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ
พ.ศ. ๒๕๖๕

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะที่เหมาะสมสำหรับอาคารสาธารณะในประเทศไทย เนื่องจากอาคารที่มีลักษณะปิดทึบมักจะพบปัญหาด้านการระบายอากาศ รวมถึงการสะสมของมลภาวะอากาศภายในอาคาร ทั้งนี้ ปัญหาดังกล่าวอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ประสิทธิภาพการทำงาน และความพึงพอใจในการเข้าอยู่อาศัยหรือเข้าใช้สอยอาคาร ดังนั้น จึงจำเป็นต้องกำหนดค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อประโยชน์ในการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร รวมถึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสม อันจะส่งผลให้เกิดการคุ้มครองสุขภาพของประชาชนและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น จากการอยู่อาศัยหรือใช้สอยอาคาร

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๒ แห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. ๒๕๓๔ และที่แก้ไขเพิ่มเติม อธิบดีกรมอนามัยจึงออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า “ประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. ๒๕๖๕”

ข้อ ๒ ในประกาศนี้

“อาคารสาธารณะ” หมายความว่า อาคารที่ใช้เพื่อประโยชน์ในการชุมนุมคนได้โดยทั่วไป เพื่อกิจกรรมทางราชการ การเมือง การศึกษา การศาสนา การสังคม การนันทนาการ หรือการพาณิชยกรรม ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศ ดังนี้

(๑) อาคารสำนักงาน
(๒) อาคารห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า ซูเปอร์มาร์เก็ต
(๓) อาคารศูนย์ประชุม หอประชุม ห้องประชุม ศูนย์แสดงสินค้า
(๔) อาคารสถานบริการ ตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ
(๕) อาคารสถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม
(๖) อาคารสถานที่ออกกำลังกาย สถานกีฬาในร่ม
(๗) อาคารสถานศึกษา
(๘) อาคารโรงแรม
(๙) อาคารโรงมหรสพ
(๑๐) อาคารขนส่งสาธารณะ
(๑๑) หอสมุด หอศิลป์ พิพิธภัณฑสถาน
(๑๒) อาคารศาสนสถาน
(๑๓) อาคารสถานดูแลผู้สูงอายุ
(๑๔) อาคารสถานพัฒนาเด็กปฐมวัย

ทั้งนี้ อาคารสาธารณะประเภทอื่นสามารถนำค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารไปปรับใช้ได้ตามความเหมาะสม เพื่อส่งเสริมสุขอนามัยที่ดีของผู้ใช้อาคาร

Ref. code: 25676109031549VFP

"ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร" หมายถึง ค่าที่ใช้เป็นสัญญาณเตือนถึงสภาพอากาศภายในอาคาร ที่เกี่ยวข้องกับภาวะสบายเชิงความร้อน และมลภาวะอากาศภายในอาคาร ที่อาจส่งผลกระทบต่อความสบายและสุขภาพอนามัยของผู้ใช้อาคาร

"ภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort) " หมายถึง สภาวะที่ผู้ใช้อาคารเกิดความรู้สึกสบายหรือไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่เป็นผลมาจากอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการเคลื่อนที่ของอากาศ

"มลภาวะอากาศภายในอาคาร (Indoor air pollution)" หมายถึง สภาพอากาศภายในอาคารที่มีสิ่งปนเปื้อนอยู่ในปริมาณและระยะเวลาที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร

"ค่าที่ยอมรับได้ (Acceptable value)" หมายถึง ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ผู้ใช้อาคารจะได้รับโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้อาคาร

ข้อ ๓ เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร ควรดูแลคุณภาพอากาศภายในอาคารให้เป็นไปตามค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ กรณีคุณภาพอากาศภายในอาคารมีค่าเกินกว่าที่กำหนด เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร ควรดำเนินการแก้ไขหรือปรับปรุงให้คุณภาพอากาศอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ตามที่กำหนดไว้ในประกาศ

ข้อ ๔ คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ วิธีการตรวจวัด และเครื่องมือที่ใช้เพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้แนบท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๒๑ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๕

(นายสุวรรณชัย วัฒนายิ่งเจริญชัย)
อธิบดีกรมอนามัย

Ref. code: 25676109031549VFP

เอกสารแนบท้ายประกาศกรมอนามัย
เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ
พ.ศ. ๒๕๖๕

๑. คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ

๑.๑ ภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort)

พารามิเตอร์	ค่าที่ยอมรับได้	หน่วย
อุณหภูมิ (Temperature) (ข)	๒๔ ถึง ๒๖	องศาเซลเซียส (°C)
ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)	๕๐ ถึง ๖๕	เปอร์เซ็นต์ (%)
การเคลื่อนที่ของอากาศ (Air movement)	น้อยกว่า ๐.๓๐	เมตรต่อวินาที (m/s)

๑.๒ สารปนเปื้อนในอากาศ (air contaminants)

พารามิเตอร์	ค่าที่ยอมรับได้ (ก)	หน่วย
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide, CO_2)	ไม่เกิน ๑,๐๐๐	หนึ่งในล้านส่วน (ppm)
อนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน ๒.๕ ไมครอน (Particulate Matter with diameter less than 2.5 micrometers , $PM_{2.5}$)	ไม่เกิน ๒๕* (ค่าเฉลี่ย ๒๔ ชั่วโมง)	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$)
อนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน ๑๐ ไมครอน (Particulate Matter with diameter less than 10 micrometers , PM_{10})	ไม่เกิน ๕๐* (ค่าเฉลี่ย ๒๔ ชั่วโมง)	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$)
สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds,TVOC)	ไม่เกิน ๑,๐๐๐	หนึ่งในพันล้านส่วน (ppb)
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ไม่เกิน ๙	หนึ่งในล้านส่วน (ppm)
ก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde, HCHO)	ไม่เกิน ๐.๐๘	หนึ่งในล้านส่วน (ppm)
	ไม่เกิน ๑๐๐	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$)
ก๊าซโอโซน (Ozone, O_3)	ไม่เกิน ๐.๐๕	หนึ่งในล้านส่วน (ppm)
เชื้อแบคทีเรียรวม (Total Bacteria Count) (ค)	ไม่เกิน ๕๐๐	จำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/m^3)

Ref. code: 25676109031549VFP

พารามิเตอร์	ค่าที่ยอมรับได้ [ก]	หน่วย
เชื้อรารวม (Total Fungal Count) [ค]	ไม่เกิน ๕๐๐	จำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/m^3)

หมายเหตุ :

[ก] ค่าเฉลี่ย ๘ ชั่วโมง หรือ เฉลี่ยค่าที่ตรวจวัดเป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ทั้งหมดสี่ช่วงเวลา ตลอดระยะเวลาที่มีผู้ใช้งานอยู่ภายในอาคาร ยกเว้น PM 2.5 และ PM 10 ใช้ค่าเฉลี่ย ๒๔ ชั่วโมง

[ข] Dry Bulb Temperature

[ค] เชื้อในอาคารทั้งหมดที่ทำการตรวจวัดในอาคาร อาจไม่ใช่เชื้อที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น จะแตกต่างกันออกไปในแต่ละบุคคล หากประเมินว่าอาคารนั้นมีความเสี่ยงจากเชื้อโรคประเภทใด อาจวิเคราะห์เพิ่มเติมต่อไป

* ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอากาศ ที่สภาวะ ๑ บรรยากาศ ๒๕ °C

๒. วิธีการตรวจวัดและเครื่องมือที่ใช้เพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ

การตรวจวัดพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร ควรทำการตรวจวัดต่อเนื่องเป็นเวลา ๘ ชั่วโมง ในกรณีที่ไม่สามารถตรวจวัดต่อเนื่อง ๘ ชั่วโมงได้ ให้ทำการตรวจวัดหาค่าเฉลี่ยแบบไม่ต่อเนื่อง โดยเฉลี่ยค่าที่ตรวจวัดเป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ทั้งหมดสี่ช่วงเวลา ตลอดระยะเวลาที่มีผู้ใช้งานอยู่ภายในอาคาร

พารามิเตอร์	วิธีการตรวจวัดและเครื่องมือ
อุณหภูมิ (Temperature)	ตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือ Hot-wire, thermistor, thermometer sling method, thermometer หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)	ตรวจวัดโดยใช้ thin film capacitor, hygrometer, thermometer sling method, wet and dry bulb หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
การเคลื่อนที่ของอากาศ (Air movement)	ตรวจวัดโดยใช้ Hot-wire anemometer หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide, CO_2)	**การตรวจวัดแบบเบื้องต้น :** ตรวจวัดโดยใช้ Non-dispersive infrared sensor, Electrochemical oxidation, Photoacoustic spectroscopy หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า **การตรวจวัดเพื่อยืนยันผล:** หากมีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ควรตรวจวัดเชิงลึกตามแนวทางของ ISO 16000-26:2012 หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
อนุภาคขนาดไม่เกิน ๒.๕ ไมครอน (Particulate Matter with diameter less than 2.5 micrometers, $PM_{2.5}$)	**การตรวจวัดแบบเบื้องต้น :** ตรวจวัดโดยใช้วิธี Real-time piezoelectric หรือ Optical scattering หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า **การตรวจวัดเพื่อยืนยันผล :** หากมีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ควรตรวจวัดเชิงลึกด้วยวิธี Standard gravimetric measurement ตามแนวทางของ ISO 16000-37:2019, beta attenuation, tapered element oscillating microbalance (TEOM) หรือ วิธีอื่นที่เทียบเท่า

Ref. code: 25676109031549VFP

พารามิเตอร์	วิธีการตรวจวัดและเครื่องมือ
อนุภาคขนาดไม่เกิน ๑๐ ไมครอน (Particulate Matter with diameter less than 10 micrometers, PM_{10})	**การตรวจวัดแบบเบื้องต้น :** ตรวจวัดโดยใช้วิธี Real-time piezoelectric หรือ Optical scattering หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า **การตรวจวัดเพื่อยืนยันผล :** หากมีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ควรตรวจวัดเชิงลึก ด้วยวิธี Standard gravimetric measurement ตามแนวทางของ ISO 16000-37:2019, beta attenuation, tapered element oscillating microbalance (TEOM) หรือ วิธีอื่นที่เทียบเท่า
สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile Organic Compounds, TVOC)	**การตรวจวัดแบบเบื้องต้น :** ตรวจวัดโดยวิธี Real-time photoionization detector หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า **การตรวจวัดเพื่อยืนยันผล :** หากมีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ควรทำการตรวจวัดเชิงลึก โดยแยกตามชนิดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย จำนวน ๑๒ ชนิด ที่มักพบในอาคาร ประกอบด้วย benzene, carbon tetrachloride, chloroform, 1,2-dichlorobenzene, 1,4-dichlorobenzene, dichloromethane, ethyl benzene, styrene, tetrachloroehtylene, trichroloethylene, toluene และ xylene (o,m,p) ด้วย Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS) ตามแนวทางของ ISO 16000-6:2011 หรือ EPA Air Method, Toxic Organics - 15 (TO-15) หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า โดยผลรวมของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย จำนวน ๑๒ ชนิด ควรน้อยกว่า ๐.๕๖ ppm
ก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde, HCHO)	**การตรวจวัดแบบเบื้องต้น :** ตรวจวัดโดยวิธี Real-time electrochemical sensor หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า **การตรวจวัดเพื่อยืนยันผล :** หากมีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ควรตรวจวัดเชิงลึก ตามแนวทางของ ISO 16000-3:2011 ด้วยการเก็บตัวอย่างโดย 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH) และวิเคราะห์ด้วย High-performance liquid chromatography (HPLC) หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide, CO)	**การตรวจวัดแบบเบื้องต้น :** ตรวจวัดโดยวิธี Real-time electrochemical sensor หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า **การตรวจวัดเพื่อยืนยันผล :** หากมีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ควรตรวจวัดเชิงลึกด้วย EPA IP-3A Detemination of Carbon Dioxide in Indoor Air Using Non-dispersive Infra-red (NDIR)
ก๊าซโอโซน (Ozone, O_3)	**การตรวจวัดแบบเบื้องต้น :** ตรวจวัดโดยวิธี Real-time electrochemical sensor หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า **การตรวจวัดเพื่อยืนยันผล :** หากมีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ควรตรวจวัดเชิงลึก ด้วย Real-time chemiluminescence ,ISO 10313: Ambient air -Determination of the mass concentration of ozone – chemiluminescence method หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า

Ref. code: 25676109031549VFP

พารามิเตอร์	วิธีการตรวจวัดและเครื่องมือ
เชื้อแบคทีเรียรวม (Total Bacteria Count)	ตรวจวัดโดยใช้ Impactor หรือเครื่องมือที่ออกแบบสำหรับการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพเก็บตัวอย่างใช้อัตราการไหลที่ ๒๘.๓ L/min (1 ft^3/min) เป็นเวลา ๔ นาที หรือเทียบเท่าปริมาตรของอากาศ อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้คือ Tryptone Soya Agar (TSA) ใช้อุณหภูมิ ๓๕ °C เป็นเวลา ๔๘ ชั่วโมง หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
เชื้อรารวม (Total Fungal Count)	ตรวจวัดโดยใช้ Impactor หรือเครื่องมือที่ออกแบบสำหรับการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพเก็บตัวอย่างใช้อัตราการไหลที่ ๒๘.๓ L/min (1 ft^3/min) เป็นเวลา ๔ นาที หรือเทียบเท่าปริมาตรของอากาศ อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้คือ ๒% Malt Extract Agar ใช้อุณหภูมิ ๒๕ °C เป็นเวลา ๓-๕ วัน หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า

Ref. code: 25676109031549VFP

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ณภัทร เฟื่องฟู
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2560: วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
E-mail	naputfuangfu@gmail.com

Ref. code: 25676109031549VFP