ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในโรงพยาบาล

นายศรัญญู คำภาบุตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RELATIONSHIP BETWEEN VENTILATION RATE AND AIRBORNE MICROBES IN A HOSPITAL

Mr. Sarunyoo Kumphabutr

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในโรงพยาบาล
โดย	นายศรัญญู คำภาบุตร
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรันยา เฮงพระพรหม)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. พิสุทธิ์ เพียรมนกุล)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภารดี ช่วยบำรุง)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศรัญญู คำภาบุตร : ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในโรงพยาบาล (RELATIONSHIP BETWEEN VENTILATION RATE AND AIRBORNE MICROBES IN A HOSPITAL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ.ดร.สรันยา เฮงพระพรหม, 134 หน้า.

การศึกษานี้ทำการตรวจวัดอัตราการระบายอากาศพร้อมทั้งฝุ่นละอองและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศของห้องภายในโรงพยาบาลที่ใช้วิธีระบายอากาศแตกต่างกัน ได้แก่ ห้องที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมภายในโรงพยาบาล โดยทำการศึกษาในช่วงเวลาเช้า ช่วงเที่ยงและช่วงบ่าย การเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ใช้เครื่องเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศแบบชั้นเดียว (Single Stage Bio-Impactor) ที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ Blood Agar สำหรับเชื้อแบคทีเรียและอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar สำหรับเชื้อรา ในขณะเดียวกันทำการวัดฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ บันทึกกิจกรรมและจำนวนคนภายในห้อง

การศึกษา พบว่า ห้องที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีอัตราแลกเปลี่ยนอากาศมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. =0.000) และมีค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนมากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.=0.000, Sig.=0.000 และSig = 0.000) แต่ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศมากกว่าห้องที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.=0.021 และ Sig.=0.004) นอกจากนั้นพบว่า ความหนาแน่นของคนภายในห้องมีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อแบคทีเรียอากาศ (R^2>0.50) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างตัวแปรอื่นๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	ลายมือชื่อนิสิต ศรัญญู คำภาบุตร.
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
ปีการศึกษา	2552	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

5070621621 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEYWORDS : INDOOR AIR QUALITY / VENTILATION RATE / BACTERIA/ FUNGI
SARUNYOO KUMPHABUTR : RELATIONSHIP BETWEEN VENTILATION RATE AND AIRBORNE MICROBES IN A HOSPITAL.THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WONGPUN LIMPASENI, THESIS CO-ADVISOR : ASST.PROF. SARUNYA HENGPRAPROM, Ph.D., 134 pp.

This study carried out measurement of ventilation rate together with particulate matter and airborne microbes in hospital patient rooms with natural ventilation, single air conditioning and central air conditioning system. Airborne microbes were sampled by Single Stage Bio-Impactors. Nutrient used for cultivating bacteria was Blood Agar (BA) and that for Fungi was Potato Dextrose Agar (PDA). At the time of sampling TSP, PM10, PM2.5, air velocity, relative humidity, temperature as well as number of people and activities was recorded.

The results found that natural ventilated rooms had the highest air change rate (Sig. =0.000). The TSP, PM10 and PM2.5 concentrations were higher in natural ventilated rooms (Sig. =0.000, Sig. =0.000 and Sig = 0.000) due to outdoor sources while microbes both bacteria and fungi were higher in mechanical ventilated rooms (both single air conditioning and central air conditioning system) (Sig. =0.021 and Sig. =0.004). Population density was found to be correlated to airborne bacteria (R^2>0.50), but other parameters found to be uncorrelated.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department: : Environmental Engineering
Field of Study : Environmental Engineering
Academic Year : 2009

Student's Signature Sarunyoo Kumphabutr
Advisor's Signature
Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ ข้อแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ทุกขั้นตอน ตลอดจนให้กำลังใจและสนับสนุนทุนในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ตลอดมา และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรันยา เฮงพระพรหม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ที่ให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภารดี ช่วยบำรุง และอาจารย์ ดร. พิสุทธิ์ เพียรมนกุล ที่กรุณาสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์นี้และให้คำแนะนำอันเป็นแนวทางที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ที่ช่วยแนะนำและอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างจนกระทั่งสำเร็จมาด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภารดี ช่วยบำรุง ในการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง ให้ความรู้และคำแนะนำที่เกี่ยวกับงานวิจัย

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์และภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย รวมทั้งการให้ความรู้และการแนะนำในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้องที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ แนะนำและให้ความรู้ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจ จนทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.5 การพิจารณาด้านจริยธรรม 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร 5

2.2 มลพิษอากาศ 5

2.3 แหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคาร 6

2.3.1 แหล่งกำเนิดภายนอกอาคาร 6

2.3.2 แหล่งกำเนิดภายในอาคาร 6

2.3.3 มนุษย์ 7

2.3.4 กิจกรรมต่างๆ 7

2.4 มลพิษอากาศที่พบในอาคาร 8

2.4.1 ผลผลิตจากการเผาไหม้ 8

2.4.2 ควันบุหรี่ในอากาศ 9

2.4.3 สารฟอร์มาลดีไฮด์ 9

2.4.4 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย 10

2.4.5 เรดอน 10

2.4.6 ฝุ่นละอองที่สามารถหายใจได้ 10

บทที่ หน้า

2.4.7 จุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในอากาศ..... 12
2.5 ผลกระทบต่อร่างกาย..... 14
2.5.1 สาเหตุของการเกิดโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล..... 14
2.5.2 กลไกของการแพร่เชื้อ..... 16
2.5.3 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการติดเชื้อ..... 16
2.6 จุลินทรีย์ในอากาศ..... 17
2.6.1 ประเภทของจุลินทรีย์..... 18
2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในอากาศ..... 18
2.7 แบคทีเรีย..... 19
2.7.1 แหล่งที่มาของแบคทีเรียในอากาศ..... 20
2.7.2 ระยะเวลาที่แบคทีเรียสามารถอยู่ในอากาศ..... 21
2.7.3 บทบาทที่สำคัญของแบคทีเรียในอากาศ..... 22
2.8 เชื้อรา..... 22
2.8.1 สปอร์..... 23
2.8.2 การแพร่กระจายของสปอร์..... 23
2.9 การเก็บตัวอย่างแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ..... 23
2.9.1 การเก็บตัวอย่างแบบไม่ดูดอากาศเข้า..... 24
2.9.2 การเก็บตัวอย่างแบบดูดอากาศเข้า..... 24
2.10 การระบายอากาศ..... 26
2.10.1 การระบายอากาศแบบทั่วไป..... 27
2.10.2 การระบายอากาศเฉพาะที่..... 29
2.11 การวัดอัตราการระบายอากาศ..... 29
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 32
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 37
3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี..... 37
3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง..... 37
3.1.2 สารเคมี..... 37
3.2 สถานที่เก็บตัวอย่าง..... 38
3.2.1 ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ..... 39
3.2.2 ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว..... 40

บทที่	หน้า
3.2.3 ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม	40
3.3 การดำเนินการทดลอง	42
3.3.1 การทดลองเบื้องต้น	42
3.3.2 ศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ	42
3.3.3 ศึกษาความเข้มข้นข้นของฝุ่นละอองในอากาศ	43
3.3.4 ศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ	44
3.3.5 สำรวจปัจจัยอื่นๆ	46
3.4 วิเคราะห์ผลการศึกษา	46
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	49
4.1 การทดลองเบื้องต้น	49
4.1.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์และความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศในบริเวณการเก็บตัวอย่างแตกต่างกัน	49
4.1.2 เวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ	49
4.2 ปัจจัยทางกายภาพภายในห้องจำแนกตามระบบระบายอากาศ	51
4.3 อัตราการระบายอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศ	53
4.4 ความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามระบบระบายอากาศ	56
4.5 ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศ	65
4.6 ความเข้มข้นฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้อง	72
4.7 ความเข้มข้นฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้อง	75
4.8 ความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราการระบายอากาศ	78
4.9 ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้อง	81
4.10 ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและความเร็วลมภายในห้อง	83
4.11 ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง	85
4.12 ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและอัตราการระบายอากาศ	86
4.13 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศและความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้อง	89
4.14 ปริมาณเชื้อราในอากาศและความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้อง	92
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	96
5.1 สรุปผลการทดลอง	96
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต	98
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงพยาบาล	98

บทที่ หน้า
รายการอ้างอิง..... 99
ภาคผนวก..... 103
ภาคผนวก ก. การทดลองเบื้องต้น..... 104
ภาคผนวก ข. ข้อมูลการทดลองอัตราแลกเปลี่ยนอากาศ..... 109
ภาคผนวก ค. ข้อมูลการทดลอง…….. 112
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 134

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคารทั่วไปและโรงพยาบาล	7
2.2	ขนาดของจุลินทรีย์ในอากาศ	12
2.3	เชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่พบบ่อยว่าเป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลของไทย	15
2.4	อัตราการนำเข้าอากาศภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในและความดันสัมพันธ์	30
2.5	อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่อาคารในห้องลักษณะต่างๆของโรงพยาบาลตามมาตรฐาน ASHRAE standard 62-1989	31
3.1	ตัวแปรในงานวิจัย	47
4.1	จำนวนโคโลนีและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียจำแนกตามระยะเวลาที่ต่างกัน	50
4.2	จำนวนโคโลนีและปริมาณของเชื้อราจำแนกตามระยะเวลาที่ต่างกัน	50
4.3	ปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ภายนอกห้อง	52
4.4	ปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ภายในห้อง	52
4.5	อัตราแลกเปลี่ยนอากาศของห้อง	56
4.6	อัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องเทียบกับค่ามาตรฐาน	56
4.7	ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ภายนอกห้อง	57
4.8	ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ภายในห้อง	59
4.9	สัดส่วนฝุ่นละอองแต่ละขนาดภายนอกห้อง	62
4.10	สัดส่วนฝุ่นละอองแต่ละขนาดภายในห้อง	63
4.11	ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกห้อง	65
4.12	ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้อง	66
4.13	กลุ่มเชื้อแบคทีเรียบริเวณภายนอกห้อง	70
4.14	กลุ่มเชื้อแบคทีเรียบริเวณภายในห้อง	71
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศและอุณหภูมิ	85
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศและความชื้นสัมพัทธ์	86
ก.1	ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศของค่าเฉลี่ยการเก็บตัวอย่าง 4 จุด	105
ก.2	ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศของการเก็บตัวอย่างกลางห้อง	106
ก.3	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองของค่าเฉลี่ยการเก็บตัวอย่าง 4 จุด	107

ตารางที่		หน้า
ก.4	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองของการเก็บตัวอย่างกลางห้อง.....	108
ข.1	ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเวลาของห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ.....	110
ข.2	ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเวลาของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว.....	110
ข.3	ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเวลาของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม……..	111
ค.1	ปัจจัยทางกายภาพภายนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ-บริเวณทางเดินหน้าห้อง (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น).....	113
ค.2	ปัจจัยทางกายภาพภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น).....	114
ค.3	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและปริมาณเชื้อแบคทีเรีย เชื้อราในอากาศ บริเวณภายนอกห้อง –บริเวณทางเดินหน้าห้อง (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น).....	115
ค.4	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อขนาดใหญ่ บริเวณภายในห้อง (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น).....	116
ค.5	ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา บริเวณภายนอกห้องและภายในห้อง (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น).....	117
ค.6	ปริมาณแบคทีเรียแยกตามการย่อยสลายเม็ดเลือด บริเวณภายนอกห้อง –บริเวณทางเดินหน้าห้อง (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น).....	118
ค.7	ปริมาณแบคทีเรียแยกตามการย่อยสลายเม็ดเลือด บริเวณภายในห้อง (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น).....	119
ค.8	ปัจจัยทางกายภาพภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว-บริเวณทางเดินหน้าห้อง (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม).....	120
ค.9	ปัจจัยทางกายภาพภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม).....	121
ค.10	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อขนาดใหญ่ บริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว –บริเวณทางเดินหน้าห้อง (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม).....	122
ค.11	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อขนาดใหญ่ บริเวณภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม).....	123

ตารางที่ หน้า

ค.12 ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา บริเวณภายนอกห้องและภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม)..... 124
ค.13 ปริมาณแบคทีเรียแยกตามการย่อยสลายเม็ดเลือด บริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว –บริเวณทางเดินหน้าห้อง (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม)…….. 125
ค.14 ปริมาณแบคทีเรียแยกตามการย่อยสลายเม็ดเลือด บริเวณภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม)……. 126
ค.15 ปัจจัยทางกายภาพภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม-บริเวณทางเดินหน้าห้อง (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)……. 127
ค.16 ปัจจัยทางกายภาพภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)……. 128
ค.17 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อขนาดใหญ่ บริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม –บริเวณทางเดินหน้าห้อง (ตึก ภปร. ชั้น 8 และชั้น 13)…… 129
ค.18 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อขนาดใหญ่ บริเวณภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)……. 130
ค.19 ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา บริเวณภายนอกห้องและภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)..... 131
ค.20 ปริมาณแบคทีเรียแยกตามการย่อยสลายเม็ดเลือด บริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม –บริเวณทางเดินหน้าห้อง (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)..... 132
ค.21 ปริมาณแบคทีเรียแยกตามการย่อยสลายเม็ดเลือด บริเวณภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)..... 133

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ขนาดของอนุภาคและความสามารถในการเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ.....	11
2.2	หลักการเก็บตัวอย่างแบบโซลิด อิมพิงจ์เมนท์.....	24
2.3	หลักการเก็บตัวอย่างแบบเซนตริฟิวเกิล อิมพิจเมนท์.....	25
2.4	หลักการเก็บตัวอย่างแบบลิควิด อิมพิงจ์เมนท์.....	25
2.5	หลักการเก็บตัวอย่างแบบแทนเจนเชียล อิมพิงจ์เมนท์.....	26
3.1	ที่ตั้งอาคารที่ใช้ในการศึกษา.....	38
3.2	ลักษณะห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ.....	39
3.3	แผนผังห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ.....	39
3.4	ลักษณะห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว.....	40
3.5	แผนผังห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว……	40
3.6	ลักษณะห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม.....	41
3.7	แผนผังห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม…….	41
3.8	จุดเก็บตัวอย่าง.....	42
3.9	เครื่องวัดความเข้มข้นฝุ่นแบบ Real time: Portable Dust Monitoring……....	44
3.10	เครื่องมือการเก็บตัวอย่างแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ (Single Stage Impactor)…..	45
3.11	แผนภูมิการเก็บตัวอย่าง.....	48
4.1	ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเวลาของห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ.....	53
4.2	ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเวลาของห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว).....	54
4.3	ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเวลาของห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม).....	55
4.4	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองบริเวณภายนอกห้อง.....	58
4.5	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้อง.....	60
4.6	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมภายในและภายนอกห้อง.....	61
4.7	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในและภายนอกห้อง.....	61
4.8	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกห้อง.....	61

รูปที่		หน้า
4.9	สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม ภายในห้อง.....	64
4.10	สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม ภายในห้อง.....	64
4.11	สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในห้อง.....	64
4.12	ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกห้อง.....	66
4.13	ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้อง……..……	68
4.14	ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในและภายนอกห้อง……...	69
4.15	ปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในและภายนอกห้อง.....	69
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ.....	72
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)……	73
4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)…….	74
4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ.....	75
4.20	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)……...	76
4.21	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)……	77
4.22	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ.....	78
4.23	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)……...	79
4.24	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)……...	80
4.25	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ……	81
4.26	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)……..	82

รูปที่		หน้า
4.27	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม).....	82
4.28	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ.....	83
4.29	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว).....	84
4.30	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)……..	84
4.31	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราแลกเปลี่ยนอากาศและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ.....	87
4.32	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราแลกเปลี่ยนอากาศและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)…….	87
4.33	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราแลกเปลี่ยนอากาศและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม).....	88
4.34	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ.....	89
4.35	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว).....	90
4.36	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม).....	91
4.37	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อราในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ.....	92
4.38	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อราในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว).....	93
4.39	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อราในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม).....	94

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คนทั่วไปใช้เวลาร้อยละ 90 อาศัยภายในอาคารมากกว่าภายนอกอาคาร ทำให้มีความเสี่ยงต่อการที่จะสัมผัสกับมลพิษภายในอาคาร โดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (U.S.Environmental Protection Agency) ได้สรุปเกี่ยวกับมลพิษภายในอาคารไว้ว่า สิ่งปนเปื้อนหลายชนิดในอาคารมีปริมาณสูงกว่าที่พบภายนอกอาคาร 2-5 เท่า และกิจกรรมที่เกิดขึ้นในอาคารอาจมีระดับมลพิษอากาศมากกว่านอกอาคารถึง 1,000 เท่า อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อร่างกายโดยความรุนแรงของมลพิษขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นของมลพิษอากาศและระยะเวลาการสัมผัสกับมลพิษ (วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ, 2542: 13) ดังนั้นคุณภาพอากาศในอาคารจึงถือได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร ซึ่งอากาศที่อยู่รอบๆ ตัวเราเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและมนุษย์ต้องหายใจอากาศที่อยู่รอบๆตัว เพื่อเพิ่มออกซิเจนให้กับเลือดเพื่อนำไปเลี้ยงเซลล์อวัยวะทั่วร่างกาย และพร้อมกับนำคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นของเสียจากการเผาผลาญโดยใช้อาหารเป็นพลังงานในร่างกาย ดังนั้นถ้าขาดอากาศหายใจ มนุษย์ก็ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ (สมชัย บวรกิตติ, 2542) ความเข้มข้นของมลพิษอากาศภายในอาคารขึ้นอยู่กับการระบายอากาศ (ventilation) การซึมผ่าน (infiltration) จากภายนอกอาคาร ความหนาแน่นและกิจกรรมของผู้อาศัยภายในอาคาร เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงในการทำอาหาร และการให้ความร้อนภายในอาคาร เป็นต้น (WHO, 2008) มลพิษอากาศภายในอาคารทำให้คนทั่วโลกเสียชีวิตก่อนเวลาอันควรเนื่องจากโรคมะเร็งปอด โรคทางเดินหายใจและโรคหัวใจ ประมาณ 1.6 ล้านคน (WHO, 2005) และในประเทศไทยพบว่าโรคทางเดินหายใจเป็นสาเหตุลำดับต้นๆที่ทำให้คนไทยเสียชีวิต โดยที่แหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศที่ก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารมีจำนวนมากและซับซ้อนขึ้น เช่น ในอาคารที่ปิดมิดชิด เพื่อลดการรั่วไหลของความร้อนหรือความเย็น เป็นการประหยัดพลังงาน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนอากาศภายในกับภายนอกลดลง การใช้อุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงาน เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องโทรสาร เครื่องพิมพ์ดีด เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องปรับอากาศ พรมปูพื้น เป็นต้น สามารถปล่อยสารมลพิษออกสู่อากาศได้ สารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาด อาจมีการระเหยกลายเป็นไอเกิดการปนเปื้อนอยู่ในอาคาร แหล่งกำเนิดของสารพิษยังมาจากยาฆ่าแมลง น้ำยาลบคำผิด ควันบุหรี่ เป็นต้น และอนุภาคที่แขวนลอยในอากาศ เช่น ฝุ่นละออง แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส เป็นต้น (ณัฐพงศ์ แหละหมัน, 2548)

คุณภาพอากาศภายในอาคารจึงมีผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ ปวดศีรษะ ไอ จาม หายใจไม่อิ่ม อ่อนล้า มึนงง ระคายเคืองต่อตา จมูก คอและผิวหนังตลอดจนก่อให้เกิดการคั่งน้ำของเยื่อบุในโพรงไซนัส เหล่านี้ทำให้คนในอาคารมีอาการไม่สบาย มีอารมณ์แปรปรวน หงุดหงิด และความเครียดจากที่ทำงาน เป็นต้น โดยหาสาเหตุไม่ได้หรืออาจเรียกว่า โรคป่วยเหตุอาคาร (sick building syndrome) และผลกระทบต่อสุขภาพในระยะเวลานานอาจเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ ได้แก่ มะเร็งของระบบทางเดินหายใจ โรคถุงลมโป่งพอง โรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ ภูมิแพ้อากาศ และการระคายเคือง (อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ, 2543) และปริมาณของอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลสัมพันธ์กับอาการแสดงของโรคหอบหืด โรคหัวใจและส่งผลกระทบกับระบบทางเดินหายใจของบุคคลที่มีความอ่อนไหวทางสุขภาพ เช่น คนแก่ และเด็ก (Lee และJo, 2006) โดยเฉพาะคุณภาพอากาศในโรงพยาบาลที่มีมลพิษอากาศมากมาย เช่น จุลินทรีย์ สารเคมี สารกัมมันตภาพรังสี เป็นต้น ส่งผลให้ พนักงาน เจ้าหน้าที่ ผู้ป่วย และผู้มาใช้บริการของโรงพยาบาลเสี่ยงต่ออาการเจ็บป่วย โดยเฉพาะในห้องที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ (Heating, Ventilation, and Air Condition system, HVAC) เพื่อทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้อง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อความสบายของผู้อาศัยและจากการออกแบบให้มีความมิดชิด (air tightness) เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานในการที่จะรักษาอุณหภูมิภายในห้องได้ตามที่กำหนด จึงส่งผลต่อการระบายอากาศภายในห้องไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด เป็นสาเหตุให้มีการสะสมของมลพิษอากาศภายในห้อง และก่อให้เกิดผลกระทบต่อร่างกายได้ เช่น การติดเชื้อโรค การเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ และการเกิดผลกระทบต่อร่างกายในระยะยาว เป็นต้น

มลพิษส่วนใหญ่ที่เป็นปัญหาในโรงพยาบาล คือ มลพิษชีวะ (Bio-pollutant) เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส ทำให้เกิดการติดเชื้อภายในโรงพยาบาล (Nosocomial infection หรือ Hospital acquired infection) เป็นปัญหาสำคัญของโรงพยาบาลทุกแห่ง พบทั่วไปในแผนกต่างๆของโรงพยาบาล เช่น ห้องศัลยกรรม ห้องคลอด ห้องยา ห้องผู้ป่วย เป็นต้น และโดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีร่างกายอ่อนแออยู่แล้ว เมื่อรับเชื้อโรคเข้าไปแล้วจึงได้รับผลกระทบมากกว่าคนทั่วไปที่มีร่างกายแข็งแรง ทำให้ผู้ป่วยต้องใช้เวลาในการรักษาตัวนานขึ้น เสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเพิ่มขึ้น การศึกษาอัตราชุกของการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานภายในอาคารของโรงพยาบาลที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพอ พบว่า อัตราชุกของการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารอยู่ในช่วงร้อยละ 25-26 ใกล้เคียงกับที่องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ว่าเป็นระดับที่ทำให้เกิดปัญหาได้ (ณัฐพงศ์ แหละหมัน, 2548) และปริมาณของแบคทีเรีย เชื้อรา และมลพิษอากาศอื่นๆมีค่าสูงเกินที่มาตรฐานกำหนดด้วย ทำให้ส่งผลต่อสุขภาพของผู้ที่อาศัยภายในห้อง การศึกษาเกี่ยวกับจุลินทรีย์ในอากาศภายในโรงพยาบาลของปิยะพงษ์ ชุมศรี และคณะ(2550) พบว่า เชื้อแบคทีเรีย

และเชื้อราในอากาศภายในโรงพยาบาลส่วนใหญ่มีค่าเกินมาตรฐานขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดค่ามาตรฐานของเชื้อแบคทีเรีย เท่ากับ 100 โคโลนี/ ลบ.ม. และเชื้อรา เท่ากับ 50 โคโลนี/ ลบ.ม. อาจแก้ปัญหาได้โดยการออกแบบให้มีการระบายอากาศให้ได้ตามมาตรฐานและการใช้แผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (High efficiency particulate air filter)

งานวิจัยนี้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศและปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องพักและห้องตรวจผู้ป่วยของโรงพยาบาล เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบระบบระบายอากาศให้ได้ตามมาตรฐาน เพื่อควบคุมแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศไม่ให้เกินค่าที่กำหนดที่อาจส่งผลต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่ภายในโรงพยาบาลและนำไปสู่การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาปริมาณของเชื้อแบคทีเรีย เชื้อราในอากาศและฝุ่นละอองภายในห้องพักและห้องตรวจผู้ป่วยของโรงพยาบาลที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางกลและวิธีทางธรรมชาติ
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองกับแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องของโรงพยาบาลภายในห้องของโรงพยาบาลที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางกลและวิธีทางธรรมชาติ
3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศกับปริมาณเชื้อแบคทีเรีย เชื้อราและฝุ่นละอองในอากาศภายในห้องของโรงพยาบาลที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางกลและวิธีทางธรรมชาติ
4. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในโรงพยาบาล ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ จำนวนของคนและกิจกรรมภายในห้องของโรงพยาบาล

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เก็บตัวอย่างภายในห้องพักผู้ป่วยและห้องตรวจผู้ป่วยของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยแบ่งตามวิธีระบายอากาศออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม ประเภทละ 3 ห้อง รวม 9 ห้อง

2. เก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และฝุ่นละอองในอากาศภายในห้อง และทำการสำรวจอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ จำนวนคนและกิจกรรมภายในห้องในแต่ละช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเช้า ช่วงเที่ยงและช่วงบ่าย
3. วัดการอัตราการระบายอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศแตกต่างกันของโรงพยาบาลโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเทรเซอร์ (tracer gas)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการปรับปรุงการระบายอากาศภายในโรงพยาบาล
2. เป็นแนวทางเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและความเสี่ยงจากการติดเชื้อต่อผู้ที่เกี่ยวข้องกับโรงพยาบาล เช่น แพทย์ พยาบาล เจ้าหน้าที่อื่นๆ ผู้ที่มาติดต่อโรงพยาบาล และผู้ป่วยที่พักภายในโรงพยาบาล เป็นต้น
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการคุณภาพอากาศและปรับปรุงคุณภาพชีวิตของประชาชนและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล

1.5 การพิจารณาด้านจริยธรรม

ก่อนที่จะมีการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้เสนอโครงร่างของการวิจัยนี้ต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและทำการวิจัยเมื่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้อนุมัติแล้ว ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและผู้วิจัยจะปกปิดเป็นความลับสำหรับข้อมูลรายบุคคล การรายงานผลการศึกษาจะรายงานเป็นภาพรวมในการศึกษาสิ่งแวดล้อมภายในโรงพยาบาล เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดมีความปลอดภัยสูงและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อบุคคลและสิ่งแวดล้อม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร

คุณภาพอากาศภายในอาคาร (indoor air quality) หมายถึง คุณภาพอากาศโดยรวมภายในอาคาร ซึ่งครอบคลุมฝุ่นละอองและจุลชีพที่แขวนลอยในอากาศ สารเคมี ก๊าซต่างๆ และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายและพึงพอใจของผู้ที่อยู่ภายในอาคารด้วย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เสียง แสง เป็นต้น (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2549) และองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (U.S.EPA,1995) ได้จัดความสำคัญของปัญหามลพิษอากาศภายในอาคารว่าเป็นปัญหาหนึ่งในห้าของปัญหาสิ่งแวดล้อมในสหรัฐอเมริกา และมลพิษอากาศภายในอาคารสูงกว่าภายนอกอาคาร 2-5 เท่า คนทั่วไปใช้เวลาภายในอาคารถึงร้อยละ 90 ของเวลาทั้งวัน ถ้ามลพิษอากาศมีค่าสูงเกินค่ากำหนดอาจส่งผลให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพของผู้อาศัยภายในอาคารได้ การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มลพิษอากาศภายในอาคารมีค่าสูงเกินค่าที่กำหนด โดยการระบายอากาศเป็นการนำอากาศจากภายนอกอาคารเข้าภายในอาคารเพื่อเป็นการเจือจางมลพิษอากาศภายในอาคารและเป็นการนำมลพิษอากาศภายในอาคารออกภายนอกอาคารอีกด้วย

มลพิษอากาศภายในอาคารมีแหล่งกำเนิดหลัก 2 แหล่ง คือ แหล่งกำเนิดภายในอาคารและแหล่งกำเนิดภายนอกอาคาร ที่ส่งผลให้มลพิษอากาศภายในอาคารมีค่าเพิ่มขึ้นจนสามารถส่งผลร้ายต่อสุขภาพได้ โดยความเข้มข้นของมลพิษและระยะเวลาในการสัมผัสเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ โดยอาการจะแตกต่างกันไปหลังจากสัมผัสกับมลพิษอากาศ

2.2 มลพิษอากาศ

มลพิษอากาศ หมายถึง การมีสิ่งแปลกปลอมชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดในอากาศทั้งภายนอก (Outdoor) และภายในอาคาร (Indoor) เช่น ฝุ่น ควัน แก๊ส ไอระเหย หมอก อุณหภูมิ ความชื้น ความดันบรรยากาศ และเชื้อโรค เป็นต้น (ณรงค์ ณ เชียงใหม่, 2539) มลพิษในอาคารสามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อาศัยภายในอาคารได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยความรุนแรงต่อสุขภาพขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของมลพิษ ระยะเวลาในการสัมผัส เส้นทางที่มลพิษเข้าสู่ร่างกาย เช่น ตา จมูก ปาก และผิวหนัง เป็นต้น

2.3 แหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคาร

แหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคารมีทั้งภายนอกและภายในอาคาร เช่น การจราจร โรงงานอุตสาหกรรม ธรรมชาติ การเผาไหม้เชื้อเพลิง วัสดุภายในอาคาร คนและกิจกรรมภายในอาคาร สามารถจำแนกแหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคารได้ดังนี้

2.3.1 แหล่งกำเนิดภายนอกอาคาร (Outdoor source)

เป็นแหล่งกำเนิดสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยเฉพาะอาคารที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ (Natural ventilation) เป็นอาคารที่เปิดโล่งทำให้มลพิษอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารได้ เช่น การจราจร โรงงานอุตสาหกรรม ธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งมีการปล่อยมลพิษอากาศ เช่น ไฮโดรคาร์บอน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน โอโซน ฝุ่น โลหะหนัก เป็นต้น จากงานวิจัย พบว่า ฝุ่นละอองและไอเสียจากการจราจรเป็นสาเหตุที่ทำให้มลพิษอากาศภายในอาคารมีค่าสูงขึ้น (Zhoa และคณะ, 2004) นอกจากนั้นวัตถุกัมมันตภาพรังสี (radioactive material) เช่น เรดอนเกิดจากการสลายตัวของแร่ธาตุยูเรเนียม (U^{238}) ในดินและหินตามธรรมชาติ เรดอนที่สลายตัวจะจับแน่นอยู่กับอนุภาคเล็กๆที่แขวนลอยในอากาศ เมื่อถูกหายใจเข้าไปทำให้เป็นโรคมะเร็งปอดได้ (สมชัย บวรกิตติ, 2542)

2.3.2 แหล่งกำเนิดภายในอาคาร (Indoor source)

แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศภายในอาคารมาจาก วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง วัสดุที่ใช้ในตกแต่งภายในอาคาร การหุงต้มอาหาร การให้ความร้อนภายในอาคาร และเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ เช่น ไม้อัด แผ่นไม้ แผ่นวัสดุ ฉนวนโฟม พรม ผ้าม่าน และวัสดุที่หุ้มเบาะ เป็นต้น สิ่งดังกล่าวจะมีการระเหยของสารฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งเป็นก๊าซไร้สี มีกลิ่นและสามารถละลายน้ำได้ดี ทำให้มีฤทธิ์ระคายเคืองสูงทำให้เกิดอันตรายแก่เยื่อระบุอวัยวะต่างๆ และระดับสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลอดภัยในอาคารควรอยู่ในเกณฑ์ 0.04 - 0.1 ส่วนในล้านส่วน (สมชัย บวรกิตติ, 2542) โดยในที่พักอาศัยที่สร้างเสร็จใหม่ๆจะมีความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์สูงเกินค่ามาตรฐานกำหนดจะมีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับผลกระทบต่อร่างกาย เช่น ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในระยะยาว (Zhoa และคณะ, 2004) และการใช้เชื้อเพลิงในการหุงต้มอาหารและให้ความร้อนภายในที่พักอาศัยทำให้มลพิษอากาศ เช่น อนุภาคขนาดเล็ก ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าอยู่ในช่วงที่สามารถส่งผลกระทบสุขภาพได้ และระดับของอนุภาคฝุ่นในอากาศมีค่าเกินกว่าที่ค่าที่ยอมรับได้ถึง 20 เท่า (WHO, 2005) นอกจากนั้นในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศที่มีลักษณะมิดชิดทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศไม่เพียงพอเป็นผลให้เกิดการสะสมตัวของมลพิษอากาศภายในอาคารและจุลินทรีย์ในอากาศเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ

2.3.3 มนุษย์ (Occupant source)

มนุษย์สามารถปล่อยมลพิษออกจากร่างกายได้ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ จากการสันดาปภายในร่างกาย (Metabolism) ซึ่งออกมาเวลาหายใจ ASHRAE standard 62 ได้กำหนดค่ามาตรฐานของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารเท่ากับ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ถ้าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารมีค่าเกินมาตรฐานจะส่งกระทบต่อความสบายของผู้อาศัยภายในอาคาร นอกจากนั้นเชื้อโรคที่มาจากการไอ การจาม และผิวหนังทำให้เกิดการติดเชื้อและโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจได้ นอกจากนั้นความหนาแน่นของผู้อาศัยภายในอาคารเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณของแบคทีเรียภายในอาคาร (Obbard และLim, 2003)

2.3.4 กิจกรรมต่างๆ (Activity source)

กิจกรรมภายในอาคารที่ก่อให้เกิดมลพิษ เช่น การหุงต้ม การให้ความร้อนในห้อง การใช้สารเคมี การสูบบุหรี่ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในอาคารบ้านเรือนที่มีผู้สูบบุหรี่แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการรณรงค์และออกกฎหมายเกี่ยวกับการสูบบุหรี่มากขึ้นแล้วก็ตาม โดยในควันบุหรี่ประกอบด้วยสารที่ก่อมะเร็งมากกว่า 3,800 ชนิด เช่น อนุภาคฝุ่น สารอินทรีย์ระเหยง่าย คีโตน สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เป็นต้น (Bardana และMontanaro, 2004)

ตารางที่ 2.1 แหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคารทั่วไปและโรงพยาบาล

แหล่งกำเนิด (source)	ชนิดของมลพิษ (pollutant types)
1. ภายนอกอาคาร (Outdoor)	
- อากาศรอบๆ อาคาร (Ambient air)	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ โอโซน ฝุ่นละออง
- ยานพาหนะ (Motor vehicles)	คาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โลหะหนัก ไฮโดรคาร์บอน
2. ภายในอาคาร (Indoor)	
- วัสดุก่อสร้าง (Building construction materials)	เรดอน ฝุ่นละออง สารอินทรีย์ระเหย
- คอนกรีต หิน (Concrete, stone)	เรดอน ฝุ่นละออง
- ฉนวน (Insulation)	ฟอร์มาลดีไฮด์ แร่ใยหิน
- วัสดุกันไฟ (fire retardant)	แร่ใยหิน
- ไม้อัดแผ่นกั้นห้อง (Plywood)	ฟอร์มาลดีไฮด์ สารอินทรีย์ระเหย
- เครื่องปรับอากาศ	จุลินทรีย์ในอากาศ ความชื้น
- เครื่องเอ็กซเรย์	กัมมันตภาพรังสี

ตารางที่ 2.1 แหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคารทั่วไปและโรงพยาบาล (ต่อ)

แหล่งกำเนิด (source)	ชนิดของมลพิษ (pollutant types)
3. ผู้อาศัยภายในอาคาร (Occupants)	
- การสันดาปในร่างกาย (Metabolic activities)	คาร์บอนไดออกไซด์ กลิ่น
- การไอ จาม (coughing and sneezing)	จุลินทรีย์ในอากาศ
4. กิจกรรมของคน (Human activities)	
- การสูบบุหรี่ (Cigarette smoking)	คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละออง กลิ่น
- เครื่องถ่ายเอกสาร (Copy machines)	โอโซน แอมโมเนีย สารอินทรีย์ กัมมันตภาพรังสี
- น้ำยาทำความสะอาด (Solvent)	สารอินทรีย์ระเหย กลิ่น
- เครื่องทำความร้อน (Heating appliances)	คาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ฝุ่นละออง

ที่มา: ดัดแปลงจาก ณรงค์ ณ เชียงใหม่, 2539: 25-26

2.4 มลพิษอากาศที่พบในอาคาร

มลพิษอากาศที่พบภายในอาคารส่วนใหญ่จะไม่แตกต่างกับมลพิษอากาศที่พบภายนอกอาคารแต่ต่างกันที่แหล่งกำเนิด ซึ่งส่งผลต่อความเข้มข้นของมลพิษนั้นๆ เช่น มลพิษบางตัวอาจมีแหล่งกำเนิดจากภายนอกอาคาร หรือมลพิษบางตัวมีแหล่งกำเนิดจากภายในอาคารก็ทำให้ความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้มีความแตกต่างกันออกไปรวมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อความเข้มเข้นของมลพิษภายในอาคาร เช่น การระบายอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ความหนาแน่นและกิจกรรมของผู้อาศัยภายในอาคาร เป็นต้น โดยมลพิษที่พบในอาคารมีดังนี้

2.4.1 ผลผลิตจากการเผาไหม้ (combustion products)

เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในอาคาร เช่น เครื่องทำความร้อน การหุงต้มอาหาร การใช้เครื่องมือให้พลังงานต่างๆ การจุดเตาผิง การจุดธูปเทียน ควันจากท่อไอเสียและการรั่วของท่อระบายควันในอาคารทำให้สารมลพิษตกค้างอยู่ภายในอาคาร และแหล่งต่างๆ เหล่านี้มีการปล่อยมลพิษ เช่น ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารฟอร์มาลดีไฮด์ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายและอนุภาคต่างๆ ได้แก่ เขม่า ไอน้ำมัน ฝุ่น สารอินทรีย์ และผงถ่าน นอกจากนั้นเตาที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง เช่น โพรเพนทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และอนุภาคแขวนลอยในอากาศ การใช้ถ่านไม้ในครัวเรือนจะให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์และ

อนุภาคแขวนลอยชนิดหายใจเข้าปอดได้มากกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น (สมชัย บวรกิตติ, 2542) และจากการศึกษาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตการจราจรหนาแน่นของกรุงเทพมหานคร พบว่า ปริมาณของรถยนต์ ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ ความกดอากาศ ลักษณะของพื้นที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ นอกจากนั้นความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ภายในอาคารและภายนอกอาคารแต่ละพื้นที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ (อรุบล โชติพงษ์, 2549) ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อาศัยภายในอาคารได้ เมื่อก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ผ่านเข้าสู่ร่างกายจะเข้าไปรวมตัวกับฮีโมโกลบินแทนที่ออกซิเจนและเกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (HbCO) ทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนที่จะไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ ในร่างกายอาจจะส่งผลต่อระบบการทำงานของร่างกาย โดยเฉพาะในผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคหลอดโลหิตในสมอง โรคโลหิตจาง ถ้าสัมผัสกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นสูงเป็นระยะเวลานานอาจทำให้เสียชีวิตได้ (วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ, 2542)

2.4.2 ควันบุหรี่ในอากาศ (environmental tobacco smoke)

เกิดจากควันบุหรี่ที่ผู้สูบพ่นกลับออกมาและจากการเผาไหม้ของมวนบุหรี่ ผู้ที่ไม่สูบบุหรี่แต่หายใจอากาศที่ปนเปื้อนด้วยควันบุหรี่นอกจากจะได้รับผลร้ายเช่นเดียวกับผู้สูบบุหรี่แล้วยังได้รับความรำคาญต่อกลิ่น เกิดความเครียดต่อจิตใจ ระคายแสบตาแสบจมูกและคอทำให้ไอ เด็กเป็นโรคหูน้ำหนวกบ่อยขึ้น มีอาการโรคหอบจากพยาธิสภาพทางเดินอากาศหายใจขนาดเล็ก ในผู้ที่ไม่สูบบุหรี่โดยเฉพาะในหญิงที่สามีสูบบุหรี่มีอัตรามะเร็งปอดสูงขึ้น (สมชัย บวรกิตติ, 2542) แต่ในปัจจุบันมีการออกกฎหมายห้ามไม่ให้มีการสูบบุหรี่ในอาคารหรือบริเวณสาธารณะ เช่น กระทรวงสาธารณสุขได้ออกประกาศฉบับที่ 10 พ.ศ. 2545 เรื่องกำหนดชื่อหรือประเภทของสถานที่สาธารณะที่ให้มีความคุ้มครองสุขภาพของผู้ไม่สูบบุหรี่และกำหนดบริเวณหรือพื้นที่ของสถานที่ดังกล่าวเป็นเขตสูบบุหรี่หรือเขตปลอดบุหรี่ ทำให้คนทั่วไปเริ่มเห็นความสำคัญของปัญหาการสูบบุหรี่มากขึ้น

2.4.3 สารฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde substance)

เป็นสารที่ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเคมีและอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น สารเหนียวสำหรับผลิตไม้อัด การผลิตยาง ฟิล์มถ่ายรูป หนัง วัตถุระเบิด สีย้อม โลชั่น น้ำยาดองศพและเนื้อเยื่อต่างๆ เป็นต้น โดยสารฟอร์มัลดีไฮด์จะระเหยออกมาจากสิ่งต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น การสัมผัสกับสารนี้ในการทำงานมักเกี่ยวข้องกับฟอร์มาลิน ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีสารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบร้อยละ 30-50 โดยน้ำหนัก สารฟอร์มัลดีไฮด์ที่พบในอาคารนั้นมีแหล่งกำเนิดมาจากวัสดุก่อสร้างและสิ่งตกแต่งภายใน เช่น ไม้อัดและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้อัด โฟมที่ใช้ทำฉนวนกันความร้อน ผลิตภัณฑ์กระดาษไฟเบอร์กลาส ผ้าม่านและพรมปูพื้น ส่วนผสมของสารเคลือบผิว

เฟอร์นิเจอร์และโต๊ะตู้ต่างๆ พื้นผนังที่ทำด้วยไม้ ซึ่งอาคารที่ปลอดภัยควรมีค่าของสารฟอร์มาลดีไฮด์ ไม่เกิน 0.1 ส่วนในล้านส่วน ผลกระทบจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ต่อร่างกายมี 2 แบบ

(1) อาการเฉียบพลัน คือ แสบตาและระคายเคืองในทางเดินหายใจ ทำให้เกิดอาการอักเสบ มีอาการไอ แน่นหน้าอกหอบคล้ายเป็นหืด อาจถึงขั้นเป็นปอดอักเสบ หรือปอดบวมน้ำเฉียบพลัน

(2) อาการพิษเรื้อรัง ได้แก่ โรคมะเร็งโพรงจมูก มะเร็งคอหอยส่วนจมูก และทำให้เกิดอาการระคายเคืองอย่างมากต่อผิวหนัง (สมชัย บวรกิตติ, 2542)

2.4.4 สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds substance)

เป็นสารประกอบทางเคมีที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักและประกอบกับสารไฮโดรเจน ออกซิเจนและสารประกอบอื่นๆ ในกลุ่มอะโรเมติก อะลิฟาติก เป็นต้น โดยแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายภายในอาคารจะมาจากวัสดุและสารต่างๆ เช่น อุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงาน สีทาห้อง ไม้อัด สารเคลือบเงาไม้ กาว สารทำละลาย เฟอร์นิเจอร์ พรม น้ำยาฆ่าเชื้อโรค น้ำยาทำความสะอาด น้ำยารีดผ้าเรียบ สเปรย์ฉีดผม ควันบุหรี่ เป็นต้น โดยสารอินทรีย์ระเหยง่ายจะส่งต่อร่างกาย คือ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ คอแห้ง คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ มึนงง เมื่อยล้า และเป็นสารก่อมะเร็งในระยะยาวได้ (สมชัย บวรกิตติ, 2542)

2.4.5 เรดอน (Radon)

เป็นก๊าซกัมมันตรังสีเกิดจากการเสื่อมสลายสลายตัวของแร่ทอเรียม (Thorium) และยูเรเนียม (Uranium) อยู่ในดินหินตามธรรมชาติ เมื่อเรดอนเสื่อมสลายจะให้ไอโซโทปของแข็งเรียกว่า ลูกสาวเรดอน (radon daughters) หรือลูกหลานเรดอน (radon progeny) หรือผลผลิตเรดอน เมื่อจับอยู่กับอนุภาคเล็กๆ ที่แขวนลอยในอากาศ และถูกหายใจเข้าไปในปอด ทำให้เป็นโรคมะเร็งปอดได้ แหล่งกำเนิดของเรดอน เช่น เหมืองในอุโมงค์ ในดินและวัสดุอาคารที่มีเรเดียมปะปน ระดับเรดอนและผลผลิตการสลายตัวของมันที่เพิ่มมาจากใต้ดินเข้าสู่ภายในอาคารขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเรดอนที่มีในดินบริเวณนั้นๆ ก๊าซเรดอนที่เกิดจากดินจะเข้าในอาคารทางฐานรากของอาคารและน้ำใต้ดินที่ใช้ในครัวเรือน (สมชัย บวรกิตติ, 2542)

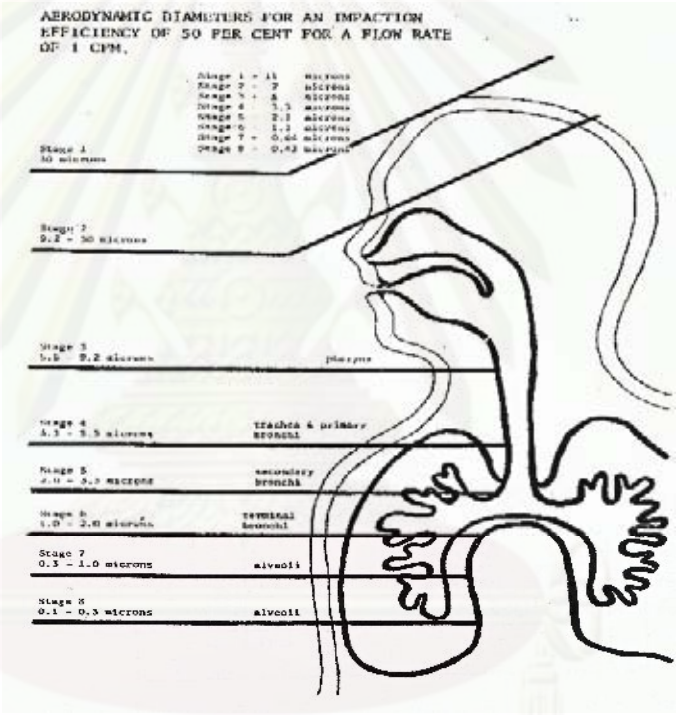
2.4.6 อนุภาคที่สามารถหายใจได้ (Inhalable Particulates)

อนุภาคที่สามารถหายใจได้สามารถจำแนกได้ 2 ขนาด คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) ฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถผ่านเข้าไปในทางเดินหายใจได้ลึก จึงมีอันตรายมากกว่าฝุ่นละอองขนาดใหญ่ และ U.S.EPA ได้ให้คำจำกัดความกับฝุ่นละออง 2 แบบ คือ

(1) ฝุ่นหยาบ (Coarse particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการจราจร การขนส่งวัสดุและฝุ่นจากกิจกรรมบด ย่อย หิน เป็นต้น

(2) ฝุ่นละเอียด (Fine particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ฝุ่นละเอียดที่มีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากการหุงต้มอาหารโดยใช้ฟืน นอกจากนั้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน และสารอินทรีย์ระเหยง่าย เมื่อทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนได้

ฝุ่นละอองภายในอาคารส่วนใหญ่จะได้อิทธิพลจากภายนอกอาคาร เช่น การก่อสร้าง ฝุ่นละอองจากการจราจร และโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองภายในอาคาร เช่น ควันบุหรี่ การหุงต้มอาหาร และเครื่องทำความร้อน เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ขนาดของอนุภาคและความสามารถในการเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ
ที่มา: วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ, 2542: 32

เมื่อฝุ่นละอองเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ทำให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อปอด ส่งผลให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลง หลอดลมโป่งพอง โรคภูมิแพ้ โรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะจะส่งผลเสียแบบเสริมกัน (Synergistic effect) เมื่อมีพร้อมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ, 2542: 28) และในสหรัฐอเมริกา พบว่า ผู้ที่ได้รับฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในระดับหนึ่งจะทำให้เกิดโรคหอบหืด และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผู้ป่วยที่เป็น

โรคหัวใจและโรคปอด และเกี่ยวโยงกับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยเฉพาะผู้ป่วยสูงอายุ ผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคหืดหอบ และเด็กจะมีอัตราเสี่ยงสูงกว่าคนปกติด้วย จากการศึกษาฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร พบว่า เมื่อระดับฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงขึ้น 30 มคก./ ลบ.ม. พบกลุ่มผู้ใหญ่ที่อาศัยและทำงานภายในร้านค้าที่ไม่ได้ใช้เครื่องปรับอากาศ อาจจะมีอาการระบบทางเดินหายใจแบบเฉียบพลันแบบรายวัน ได้แก่ อาการป่วยที่ระบบทางเดินหายใจส่วนบนและส่วนล่างเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 26 และ 20 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่ทำงานในห้องปรับอากาศจะมีการเพิ่มขึ้นของอาการป่วยที่ระบบทางเดินหายใจส่วนบนและส่วนล่างร้อยละ 9 และ 5 ตามลำดับ ส่วนในเด็กเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 และ7 ตามลำดับ (อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ, 2543)

2.4.7 จุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในอากาศ (bioaerosol)

จุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในอากาศสามารถเคลื่อนที่ในอากาศโดยใช้อากาศเป็นพาหะ โดยที่จำนวนและชนิดของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของจุลินทรีย์ในอากาศ ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส ริคเกตเซีย โปรโตซัว ไรฝุ่น รวมถึงชิ้นส่วนเล็กๆที่หลุดมาจากสิ่งมีชีวิต เช่น ละอองเกสร สปอร์ของรา และชิ้นส่วนที่หลุดจากผิวหนังหรือขนของสัตว์ (ณัฐพงศ์ แหละหมัน, 2548) โดยขนาดของแบคทีเรียในอากาศมีขนาด 0.5-30 ไมครอนและสปอร์ของเชื้อราในอากาศมีขนาด 1.5-30 ไมครอน (Baron และWilleke, 2001: 753-754) โดยจุลินทรีย์ในอากาศมีแหล่งกำเนิดมาจาก คน สัตว์ พืช รวมถึงเครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ เฟอร์นิเจอร์ในอาคาร เช่น ฉนวนกันความชื้น พรม เครื่องปรับอากาศ เครื่องทำความเย็น และเครื่องทำความชื้น เป็นต้น (สมชัย บวรกิตติ, 2542)

ตารางที่ 2.2 ขนาดของจุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์	ขนาด (ไมครอน)
1. Fungal spores	
Aspergillus flavus	3.6
Aspergillus fumigatus	2.0, 2.1
Aspergillus versicolor	2.4
Cladosporium cladosporoides	1.8, 2.4
Paecilomyces variotii	2.6
Penicillium brevicompactum	2.1, 2.3

ตารางที่ 2.2 ขนาดของจุลินทรีย์ในอากาศ (ต่อ)

จุลินทรีย์	ขนาด (ไมครอน)
Penicillium chrysogenum	2.8
Penicillium melinii	2.7, 3.1
Penicillium minioluteum	1.7
Scopulariopsis brevicaulis	5.3
2. Bacterial spores	
Bacillus subtilis var.niger	0.9
Faenia rectivirgula	1.1
Saccharomonospora viridis	1.3
Streptomyces albus	0.8, 0.9, 1.2
Thermoactinomyces vulgaris	0.6
3. Bacterial vegetative cells	
Pseudomonas fluorescens	0.8
Micrococcus subtilis	1.0
Bacillus subtilis	0.8
Mycobacterium smegmatis	1.2
Mycobacterium bovis	0.9, 0.8-1.0

ที่มา: Baron และWilleke, 2001:764

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 ผลกระทบต่อร่างกาย

ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารส่วนใหญ่ไม่สามารถทำให้ผู้ที่อยู่ในอาคารเสียชีวิตได้ แต่อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น ปวดศีรษะ เป็นหวัด คัดจมูก ผื่นคัน ซึ่งสามารถส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงาน และอาจเป็นสาเหตุของการขาดงานบ่อยๆ ด้วย โดย U.S.EPA สรุปผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศภายในอาคารเป็น 2 ลักษณะ ประกอบด้วย

(1) ผลกระทบต่อร่างกายแบบฉับพลัน (immediate effects) เมื่อร่างกายสัมผัสกับมลพิษอากาศจะส่งกระทบต่อร่างกายแบบฉับพลัน เช่น การระคายเคืองตา จมูก และลำคอ ปวดหัว เวียนหัว เมื่อยล้า เป็นต้น ซึ่งเป็นอาการที่เกิดในระยะสั้นและมลพิษบางตัวสามารถทำให้เกิดโรคหืด โรคภูมิแพ้ได้อีกด้วย การตอบสนองต่อมลพิษภายในอาคารมีหลายปัจจัย เช่น อายุ และสุขภาพของผู้รับมลพิษ ถือได้ว่าเป็นสองปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการตอบสนองต่อมลพิษ และความอ่อนไหวส่วนบุคคลต่อมลพิษภายในอาคาร เช่น บางคนอ่อนไหวต่อมลพิษชีวภาพ (biological pollutant) หรือบางคนอาจอ่อนไหวต่อมลพิษเคมี (chemical pollutant) เป็นต้น อาการป่วยจากมลพิษอากาศจะมีอาการคล้ายกับการเป็นไข้หรือการติดเชื้อไวรัสทั่วไป จึงเป็นการยากที่จะวินิจฉัยว่าอาการป่วยนั้นมีสาเหตุจากมลพิษอากาศภายในอาคาร

(2) ผลกระทบต่อร่างกายในระยะยาว (long-term effects) การที่ร่างกายสัมผัสกับมลพิษเป็นเวลานานหรือซ้ำๆ จะส่งผลให้เกิดโรคทางเดินหายใจ โรคหัวใจ โรคมะเร็ง และอาจทำให้เสียชีวิตได้ และเนื่องจากเป็นกระทบต่อร่างกายในระยะยาวจึงไม่มีคนเห็นความสำคัญของผลกระทบต่อสุขภาพ ถ้าไม่มีการแสดงอาการของโรคนั้น (U.S.EPA, 2008)

โดยเฉพาะในโรงพยาบาลซึ่งมีผู้ป่วยจำนวนมากที่มีร่างกายอ่อนแอเมื่อได้รับผลกระทบมลพิษอากาศทำให้ร่างกายเกิดผลกระทบอย่างมาก ปัญหามลพิษอากาศภายในโรงพยาบาลเป็นสาเหตุของโรคที่เรียกว่า โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล (Nosocomial infection) โดยเป็นโรคติดเชื้อที่เกิดขึ้นจากการได้รับเชื้อขณะผู้ป่วยได้รับการตรวจหรือการเข้ารักษาตัวในโรงพยาบาล และการติดเชื้อจากบุคลากรทางการแพทย์อันเนื่องมาจากการปฏิบัติงาน (อิสยา จันทร์วิทยานุชิต, 2548)

2.5.1 สาเหตุของการเกิดโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล

โรคติดเชื้อในโรงพยาบาลส่วนใหญ่มีสาเหตุจาก แบคทีเรีย เชื้อราและไวรัสในโรงพยาบาล การติดเชื้อจากสิ่งเหล่านี้มีหลายปัจจัย ได้แก่

2.5.1.1 เชื้อก่อโรค (pathogen)

เชื้อก่อโรคที่เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อโรงพยาบาลส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อประจำถิ่นหรือเชื้อที่พบในร่างกายของผู้ป่วย (Colonization) มีส่วนน้อยที่มาจากผู้ป่วยคนอื่นหรือจากบุคลากร

ทางการแพทย์หรือจากสิ่งแวดล้อม ส่วนชนิดของจุลินทรีย์พบว่าเกิดจากเชื้อแบคทีเรียเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาเกิดจากเชื้อไวรัส เชื้อรา และปรสิต ตามลำดับ

เชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลที่พบมากที่สุดในประเทศไทยได้แก่ เชื้อแกรมลบรูปแท่ง เช่น เชื้อ *Enterobacteriaceae* และเชื้อแกรมลบรูปแท่งที่ไม่หมักย่อยน้ำตาล เช่น *Pseudomonas aeruginosa* และเชื้อแกรมบวกรูปกลม ได้แก่ *Staphylococcus aureus, methicillin-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) และ *Enterococci* เป็นต้น เชื้อเหล่านี้มักเป็นเชื้อที่มีการดื้อต่อสารต่อต้านจุลินทรีย์ในอัตราสูง ดังนั้นการรักษาโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลจึงรักษาได้ยาก (ณรงค์ ณ เชียงใหม่, 2539)

ตารางที่ 2.3 เชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่พบบ่อยว่าเป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลของไทย

เชื้อที่ก่อโรค	อุบัติการณ์ (ร้อยละ)
Pseudomonas aeruginosa	22-31
Escherichia coli	11 - 18
Proteus spp.	6 - 13
Enterobacter spp.	6 - 9
Staphylococcus aureus	5 - 17
Klebsiella spp.	5 - 14
Enterococci	2 - 8

ที่มา: สมหวัง ด่านชัยวิจิตร, 2544. อ้างถึงใน อิสยา จันทร์วิทยานุชิต, 2548

2.5.1.2 ผู้ติดเชื้อ (host)

ผู้ที่ติดเชื้อส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาล แต่อาจเป็นบุคลากรทางการแพทย์ก็ได้ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการติดเชื้อ คือ สภาวะภูมิต้านทานโรคของผู้ติดเชื้อ โดยพบว่าผู้ที่มีภูมิต้านทานโรคต่ำจึงเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดการติดเชื้อ ได้แก่ เด็กเล็ก ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาโดยใช้ยารักษามะเร็ง ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัด ผู้ป่วยที่มีแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก เป็นต้น

2.5.1.3 สิ่งแวดล้อม (environment)

สิ่งแวดล้อมจะครอบคลุมถึงอาคาร สถานที่ เครื่องมือเครื่องใช้ทางการแพทย์ บุคลากรทางการแพทย์ ญาติผู้ป่วยที่มาเยี่ยมรวมทั้งสุขอนามัยของโรงพยาบาล ได้แก่ น้ำดื่ม น้ำใช้ ย่อมจะมีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่ทำให้มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อได้

2.5.2 กลไกของการแพร่เชื้อ

การแพร่เชื้อโรคจากแหล่งแพร่เชื้อเข้าสู่ผู้ป่วยเกิดขึ้นได้หลายกลไก ได้แก่

2.5.2 .1 การสัมผัส (contact)

เป็นกลไกการแพร่เชื้อที่สำคัญที่สุดและพบได้บ่อยที่สุด การสัมผัสโดยตรงจากการสัมผัสจับต้องผู้ป่วยโดยบุคลากรทางการแพทย์ ทำให้เกิดการติดเชื้อจาก *Staphylococcus aureus, Streptococcus pyogenes* ได้หรือการสัมผัสทางอ้อม เช่น จากการใช้เครื่องมือ เครื่องใช้อาจทำให้เกิดการติดเชื้อ *Escherichia coli* จากการใช้สายสวนปัสสาวะ เป็นต้น

2.5.2.2 การแพร่กระจายทางอากาศ (air-borne transmission)

เชื้อที่มีการแพร่ทางอากาศ ส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินหายใจ เช่น เชื้อ *Mycobacterium tuberculosis* เป็นเชื้อที่ก่อวัณโรค เชื้อ *Legionella pneumophila* และ *Respiratory syncytial virus* (RSV) เป็นเชื้อที่ก่อโรคปอดบวม เชื้อ *Influenza virus* เป็นเชื้อที่ก่อโรคไข้หวัดใหญ่ วิธีการป้องกันการติดเชื้อจากการแพร่เชื้อจากการแพร่ทางอากาศทำได้โดยการปรับปรุงหอผู้ป่วยให้มีอากาศถ่ายเทที่ดี ถ้ามีเครื่องปรับอากาศควรมีระบบกรองหรือฟอกอากาศ (filter) และมีการล้างทำความสะอาดเป็นประจำ

2.5.2.3 การแพร่โดยผ่านพาหะ (vector-borne transmission)

การแพร่เชื้อด้วยวิธีนี้อาจเกิดจากอาหารที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella sp.* และเลือดจากผู้บริจาคที่จะให้แก่ผู้ป่วยมีการปนเปื้อนเชื้อ Hepatitis B virus (HBV) หรือ Human immunodeficiency virus (HIV) เป็นต้น

2.6 จุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ในอากาศเป็นมลพิษอากาศที่ส่งกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่ได้รับเข้าไป โดยจุลินทรีย์จะใช้อากาศเป็นพาหะในการเคลื่อนที่ ซึ่งจำนวนและชนิดของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของจุลินทรีย์ในอากาศ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส โปรโตซัว ไรฝุ่น รวมถึงชิ้นส่วนเล็กๆที่หลุดมาจากสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ละอองเกสร สปอร์ของรา และชิ้นส่วนที่หลุดออกมาจากผิวหนังหรือขนของสัตว์ (ณัฐพงศ์ แหละหมัน, 2548) โดยจุลินทรีย์ในอากาศจะอยู่รวมกับอนุภาคในอากาศประกอบด้วย ของเหลว หรือของแข็งหรือของผสมระหว่างของแข็งกับของเหลว เรียกว่า

bioaerosols โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.02 -100 ไมครอน ทำให้สามารถเข้าถึงถุงลมปอดและจะตกค้างเป็นเวลานาน ก่อให้เกิดการติดเชื้อหรือภูมิแพ้ได้ (กนกรัตน์ ศิริพานิชกร, 2538 อ้างถึงใน กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์, 2540) จากการศึกษาต่างๆพบว่าในอากาศส่วนใหญ่จะมีจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส อยู่มากกว่าจุลินทรีย์ประเภทอื่น

2.6.1 ประเภทของจุลินทรีย์

(1) พวกโพรคาริโอต (Prokaryote) มีลักษณะสำคัญ คือ นิวเคลียสไม่มีเยื่อหุ้มเซลล์ (nuclear membrane) จุลินทรีย์เหล่านี้ ได้แก่ แบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นต้น

(2) พวกยูคาริโอต (Eucaryote) มีลักษณะสำคัญ คือ นิวเคลียสมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส (mitotic cell division) จุลินทรีย์เหล่านี้ ได้แก่ โพรโตซัว รา และสาหร่าย เป็นต้น (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2548)

2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในอากาศ

3.6.2.1 ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์ มีส่วนส่งเสริมและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลต่อการสูญเสียน้ำในเซลล์ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในเซลล์ เช่น แบคทีเรียแกรมลบที่อยู่ในละอองอากาศ จะดำรงชีวิตได้นานขึ้น ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ในทางตรงข้าม แบคทีเรียแกรมบวกจะดำรงชีวิตได้นานขึ้น ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูง และแบคทีเรียบางชนิด เช่น *Legionella Pneumophila* จะแพร่กระจายได้ดีในละอองน้ำและสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสภาวะอากาศชื้น (จักรพันธ์ ภวังคะรัตน์, 2551)

2.6.2.2 อุณหภูมิ

เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยปกติจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิเดียวกับร่างกายของคนเรา คือ 37°ซ โดยสามารถแบ่งจุลินทรีย์ออกเป็น 3 ประเภท ตามอุณหภูมิในการเจริญเติบโต คือ psychrophile เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 0-20°ซ mesophile เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 20-45°ซ และthermophile เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 45-70°ซ ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป จะมีผลทำให้เซลล์แห้ง และโปรตีนเสียสภาพ ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปจะมีส่วนให้ระยะเวลาการดำรงชีวิตยาวของจุลินทรีย์ขึ้น แต่หากอุณหภูมิเข้าใกล้เยือกแข็งทำให้จุลินทรีย์จะไม่สามารถดำรงชีวิตได้เพราะที่ผิวของจุลินทรีย์จะกลายเป็นเกล็ดน้ำแข็ง (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2548)

2.6.2.3 รังสีอัลตราไวโอเลต

สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้โดยการไปทำลายโครงสร้างของดีเอ็นเอซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์

2.6.2.4 สภาพความเป็นกรด - ด่าง

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงพีเอช 6.5-7.5 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทั่วไป

2.6.2.5 ออกซิเจนและไอออนในอากาศ

มีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ โดยออกซิเจนที่เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของซุปเปอร์ออกไซด์เรดิคัล (Superoxide Radicals) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไฮดรอกไซด์เรดิคัล (Hydroxide Radicals) และไอออนต่างๆ เช่น คลอรีน ไนโตรเจน ที่เกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมิคัลออกซิเดชัน รังสีอัลตราไวโอเลต ภาวะมลพิษและกระบวนการต่างๆ ทำให้สามารถทำลายดีเอ็นเอของจุลินทรีย์ได้ (Dowd และ Maier, 2000 อ้างถึงใน ฆริกา คุ้มไทย, 2545)

เชื้อจุลินทรีย์ที่พบอาจเป็นชนิดที่ทำให้เกิดโรค (Pathogenic microorganisms) จะก่อให้เกิดโรคเมื่อร่างกายได้รับเชื้อโรคเข้าไป หรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรค (Nonpathogenic microorganisms) โดยอาศัยอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม และส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น ผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ โดยไม่ทำให้เกิดโรคในสภาวะปกติ ถ้าเจริญเติบโตในสภาวะแวดล้อมที่แปลกไป ก็อาจจะทำให้เกิดโรคได้ อาจจำแนกการติดเชื้อจากจุลินทรีย์ได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ การติดเชื้อจากแบคทีเรีย เชื้อรา และเชื้อไวรัส (ณรงค์ ณ เชียงใหม่, 2539)

2.7 แบคทีเรีย

แบคทีเรีย เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว จัดอยู่ในพวกโพรคาริโอต (Prokaryote) มีขนาดและรูปร่างต่างกันขึ้นอยู่กับระยะเวลาเติบโต และภาวะแวดล้อมที่เจริญเติบโต แบคทีเรียส่วนใหญ่มีความยาวเซลล์ตั้งแต่ 0.75-4.0 ไมครอน และเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-1 ไมครอน แบคทีเรียส่วนใหญ่จะโปร่งแสงและมีดัชนีหักเหคล้ายของเหลวที่มันอาศัยอยู่ ดังนั้นการจะให้เห็นตัวชัดเจนต้องอาศัยการย้อมสี สามารถจำแนกรูปร่างของแบคทีเรียได้ 3 ลักษณะ คือ

(1) ทรงกลม (Spherical) เป็นพวกที่มีลักษณะกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง ด้านกว้างและด้านยาวใกล้เคียงกันมาก แบคทีเรียทรงกลมเหล่านี้เรียกว่า coccus และสามารถแบ่งตามการเรียงตัวได้อีก เช่น *Staphylococcus* หมายถึง พวกที่มีการเรียงตัวเป็นกลุ่มๆ และ *Streptococcus* หมายถึง พวกที่มีการเรียงตัวเป็นสายยาว เป็นต้น

(2) รูปแท่ง (Bacilli) บางชนิดมีรูปร่างเป็นแท่งตรง แท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปแท่งอ้วน สั้น คล้ายรูปไข่ รูปทรงกระบอก รวมเรียกว่า Bacillus ตัวอย่างแบคทีเรียรูปแท่ง เช่น *Bacillus* spp. เป็นแบคทีเรียจำพวกแกรมบวกที่ใช้อากาศในการดำรงชีวิต มีรูปร่างเป็นแท่งยาวติดต่อกัน เชื้อจำพวกที่ทำให้เกิดโรค คือ *Bacillus anthracis* สามารถทำให้เกิดโรคในคน สัตว์ เมื่อร่างกายได้รับ

เชื้อนี้ทำให้ตายได้ภายใน 24 ชั่วโมง จากภาวะเลือดออกและโลหิตเป็นพิษ ตัวอย่างของแบคทีเรียรูปท่อน เช่น เชื้อ *B.subtilis, B.megatherium, B.cereus* พบได้ทั่วไปในบรรยากาศ น้ำมัน น้ำ ฝุ่นละออง อุจจาระ ขนสัตว์ เป็นต้น

(3) ทรงเกลียว (Spirals) มีรูปร่างเป็นเกลียวคล้ายสว่าน อาจถือได้ว่าเป็นBacilli ที่โค้งงอต่อกันจนเป็นเกลียวและความโค้งงอมีหลายระดับ ตัวอย่างเช่น Vibrios เป็นพวกทรงเกลียวที่มีลักษณะคล้ายเครื่องหมายจุลภาค (comma) เป็นต้น พวกที่เป็นทรงเกลียวที่แท้จริงมี 2 พวก คือ พวกเป็นเกลียวแข็งตัว ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล Spirillum เช่น *Treponema pullidum* และพวกทรงเกลียวที่ยืดหยุ่น เรียกว่า Spirochetes เป็นต้น (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2548)

นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกแบคทีเรียได้โดยอาศัยสมบัติการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (hemolysis) เป็น 3 กลุ่มดังนี้

(1) α-hemolysis มีการสลายเม็ดเลือดแดงไม่สมบูรณ์ (partial หรือ incomplete) เม็ดเลือดแดงถูกทำลายเพียงบางส่วนแต่ยังไม่สลาย อาหารเลี้ยงเชื้อโดยรอบโคโลนีเปลี่ยนเป็นสีเขียว เช่น *Streptococcus pneumonia*

(2) β-hemolysis มีการสลายเม็ดเลือดแดงสมบูรณ์ (Complete hemolysis) หรือ Streptolysis ที่เชื้อสร้างขึ้นและปล่อยออกมา เช่น *Streptococcus pyogenes, Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* เป็นต้น

(3) γ-hemolysis บริเวณโดยรอบโคโลนีจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่มีการเปลี่ยนสีและการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์, 2540)

2.7.1 กลุ่มแบคทีเรียที่ก่อโรค

(1) กลุ่มแบคทีเรียแกรมบวก ทรงกลม (Gram positive cocci) แบคทีเรียแกรมบวกที่พบได้บ่อย ได้แก่ Staphylococcus เป็นเชื้อที่มีความสำคัญทางการแพทย์และจะก่อให้เกิดโรคติดเชื้อที่มีลักษณะของการอักเสบแบบมีหนอง เช่น ก่อให้เกิดฝีตามผิวหนัง เยื่อหุ้มสมองอักเสบ ปอดอักเสบ หนองในช่องเยื่อหุ้มปอด ข้ออักเสบ เป็นต้น แหล่งแพร่เชื้อ Staphylococcus ที่สำคัญส่วนใหญ่มาจากแผลของผู้ป่วย ทางเดินหายใจ ภาชนะ สิ่งของเครื่องใช้ และเสื้อผ้าของผู้ป่วย เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงพยาบาลที่มีบุคลากรและผู้ป่วยเป็นจำนวนมากอาจจะพบเชื้อ Staphylococcus กระจายอยู่ทั่วไป นอกจากนี้ยังพบ Streptococcus เป็นเชื้อก่อโรคที่สำคัญในระบบทางเดินหายใจ และลามไปยังส่วนอื่นๆ เช่น ปอดและหูส่วนกลาง เป็นต้น ทำให้เกิดการอักเสบทั้งที่มีหนองและไม่มีหนอง รวมทั้งอาจทำให้เกิดเยื่อหุ้มสมองอักเสบ และปวดบวมได้

(2) กลุ่มแบคทีเรียแกรมลบทรงกลม (Gram negative cocci) เป็นเชื้อประจำถิ่นในร่างกาย (normal flora) เช่น ในระบบทางเดินหายใจ ทางเดินอาหาร เป็นต้น แต่เชื้อเหล่านี้ก็สามารถ

ทำให้เกิดโรคได้ โดยเฉพาะในคนที่ร่างกายอ่อนแอ เช่น Neisseria มีทั้งที่เป็นเชื้อก่อโรค เช่น *Neisseria meningitidis* ทำให้เกิดโรคกาฬหลังแอ่น และเชื้อ *Neisseria gonorrhoeae* จะทำให้เกิดโรคหนองใน เป็นต้น

(3) กลุ่มแบคทีเรียแกรมลบทรงแท่ง (Gram negative bacilli) เป็นแบคทีเรียรูปแท่งที่ไม่สร้างสปอร์ เช่น แบคทีเรียในกลุ่ม Enterobacteriaceae เป็นแบคทีเรียแกรมลบทรงแท่งที่พบได้บ่อยที่สุดจากสิ่งตรวจของผู้ป่วย เชื้อในกลุ่มนี้เป็นเชื้อแบคทีเรียประจำถิ่นที่อยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์ และพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ *E.coli, Klebsiella* spp. และ *Enterobacter* spp. เป็นต้น เชื้อบางกลุ่มก่อให้เกิดโรคติดเชื้อในคนและสัตว์ เช่น Salmonella และ Shigella เป็นต้น โดยก่อให้เกิดให้เกิดโรคทางเดินอาหารที่สำคัญที่สุด ได้แก่ โรคอุจจาระร่วง นอกจากนี้เชื้ออื่นๆ ในกลุ่มนี้สามารถก่อให้เกิดโรคติดเชื้อของระบบอวัยวะอื่นๆ นอกเหนือจากโรคของระบบเดินอาหาร โดยพบว่า *E.coli* เป็นสาเหตุที่พบได้บ่อยที่สุดของโรคติดเชื้อของระบบทางเดินปัสสาวะและ *Klesiella pneumonia* อาจก่อให้เกิดโรคติดเชื้อของระบบหายใจ เป็นต้น

(4) กลุ่มแบคทีเรียแกรมบวกทรงแท่ง (Gram positive bacilli) แบคทีเรียแกรมบวกทรงแท่งที่มีความสำคัญทางการแพทย์ ได้แก่ แบคทีเรียในกลุ่ม Bacillus มีรูปร่างเป็นท่อนขนาดใหญ่ จะพบอยู่ตามธรรมชาติทั่วไป แบคทีเรียในกลุ่ม Corynebacterium มีรูปร่างเป็นท่อนคล้ายกระบอก เชื้อ *Corynebacterium diphtheriae* ทำให้เกิดโรคคอตีบและโรคติดเชื้อที่ผิวหนัง เชื้อจะแพร่กระจายทางน้ำมูก น้ำลาย หรือการสัมผัส เมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายและฝังตัวเจริญเติบโตอยู่ที่เซลล์เยื่อบุเมือกในลำคอ ทำให้เกิดอาการอักเสบ รวมทั้งแบคทีเรียในกลุ่ม Actinomycetes ด้วย

(5) กลุ่มแบคทีเรียแกรมลบทรงแท่งไม่หมักย่อยกลูโคส (Nonfermentative gram negative bacilli) แบคทีเรียกลุ่มนี้พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ไม่ก่อให้เกิดโรคในคนปกติ แต่อาจจะทำให้เกิดโรคติดเชื้อในคนที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่องหรือร่างกายอ่อนแอ การติดเชื้ออาจเกิดขึ้นได้ทุกระบบของร่างกาย ส่วนความรุนแรงของการติดเชื้อขึ้นอยู่กับ species ของแบคทีเรียและสภาพของผู้ป่วย ในปัจจุบันพบว่าเชื้อกลุ่มนี้ ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการติดเชื้อในโรงพยาบาล และมีปัญหาในการดื้อยาต้านจุลินทรีย์หลายชนิด แบคทีเรียกลุ่มนี้ได้แก่ Psudomonas, Flavobacterium, Kingella เป็นต้น (กฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548)

2.7.2 แหล่งที่มาของแบคทีเรียในอากาศ

(1) พื้นผิวดิน จัดเป็นแหล่งใหญ่ที่สุดของแบคทีเรียในอากาศ รวมทั้งพื้นผิวอื่นๆ เช่น อาคาร บ้านเรือน โรงงาน เป็นต้น แบคทีเรียจะเกาะติดอยู่กับฝุ่นละอองที่ปลิวฟุ้งขึ้นไปจากผิวพื้นเหล่านี้ ฉะนั้นในที่มีฝุ่นละอองมากจึงมีแบคทีเรียมากกว่าในที่มีฝุ่นละอองน้อย และการจำกัดฝุ่นละอองในอากาศ เช่น ในห้องที่ทำให้ฝุ่นละอองหมดไป (dust free room) จึงมีแบคทีเรียในอากาศน้อยมาก

(2) ร่างกายของคนและสัตว์ต่างๆ โดยเฉพาะจากคนจะออกมากับการหายใจ การไอ จาม และการพูดคุย ละอองของน้ำมูก น้ำลาย และเสมหะจะปลิวฟุ้งอยู่ในอากาศและอาจระเหยเป็นละอองเรียกว่าดรอปเล็ตนิวคลิไอ (droplet nuclei) ดังนั้นบริเวณที่มีผู้คนหนาแน่นจึงมีแบคทีเรียในอากาศมาก แต่ถ้าละออง (droplet) และดรอปเล็ตนิวคลิไอ (droplet nuclei) เหล่านั้นออกมาจากผู้ป่วยที่ระบบทางเดินหายใจทำให้เชื้อโรคแพร่กระจายในอากาศทำให้เกิดการติดต่อของโรคได้

(3) แหล่งน้ำ ชั้นผิวน้ำที่แบคทีเรียอยู่ ที่เรียกว่าไมโครเลเยอร์ (microlayer) มีความหนาน้อยกว่า 1/10 มิลลิเมตร การแตกของฟองอากาศทำให้เกิดละอองไอของน้ำกระเด็นขึ้นมาเหนือผิวน้ำและถูกกระแสลมพัดพาไป ทำให้เกิดการแพร่กระจายของแบคทีเรียในอากาศได้

2.7.3 ระยะเวลาที่แบคทีเรียสามารถอยู่ในอากาศ

แบคทีเรียในอากาศที่มาจากแหล่งต่างๆ กัน ดังกล่าวข้างต้น จะอยู่ในอากาศได้นานและแพร่กระจายได้ออกไปไกลมากหรือน้อยเท่าใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

(1) ขนาดของอนุภาคหรือฝุ่นละอองที่แบคทีเรียติดอยู่ ถ้าขนาดเล็กและเบาสามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน และไปได้ไกล จากการทดลองพบว่า แบคทีเรียที่ติดไปกับฝุ่นละอองบนฝั่งสามารถพบได้ในทะเลห่างออกไปเป็นระยะหลายร้อยกิโลเมตร และพบได้ในอากาศที่ความสูงนับเป็นพันเมตร โดยถูกกระแสลมพัดพาไป

(2) สภาพของดินฟ้าอากาศ เช่น ความชื้น แสงแดด อุณหภูมิ และกระแสลม ฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้แบคทีเรียในอากาศตกสู่พื้น ในแสงแดดมียูวีซึ่งจะทำลายแบคทีเรียได้ และแสงแดดทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ซึ่งอาจสูงจนถึงระดับทำให้แบคทีเรียบางชนิดตายได้

(3) ชนิดของแบคทีเรีย ซึ่งบางชนิดสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆในอากาศได้ดี โดยเฉพาะพวกที่มีสปอร์ ชนิดของแบคทีเรียในอากาศแตกต่างกันไปตามสถานที่และฤดูกาลด้วย เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคของระบบทางเดินหายใจ ที่มักจะเกิดมากเฉพาะในฤดูใดฤดูหนึ่ง

2.7.4 บทบาทที่สำคัญของแบคทีเรียในอากาศ

(1) ทำให้เกิดการปนเปื้อน ทำให้อาหารเน่าบูด และเกิดการปนเปื้อนกับสิ่งของเครื่องใช้ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว (sterilized) ถ้าไม่มีการป้องกันไว้ เช่น เครื่องมือต่างๆ เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ และทำให้เกิดความเสียหายในอุตสาหกรรมที่ต้องใช้จุลินทรีย์เฉพาะชนิดในกระบวนการผลิต เช่น การทำเหล้าองุ่น เนย นมเปรี้ยว เป็นต้น

(2) ทำให้เกิดโรค เนื่องจากแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคสามารถแพร่กระจายอยู่ในอากาศได้ และทำให้เกิดโรคที่ระบบทางเดินหายใจ เช่น วัณโรค ปอดบวม ไข้หวัดใหญ่ ไอกรน เป็นต้น นอกจากนั้นแบคทีเรียในอากาศอาจทำให้เกิดการติดเชื้อที่บาดแผลที่ไม่ได้ปิดแผลป้องกัน

ไว้ ทำให้เกิดการปนเปื้อนเครื่องมือแพทย์ และแผลในการผ่าตัด ถ้าเกิดการปนเปื้อนแก่ภาชนะและอาหารทำให้เกิดโรคที่ระบบทางเดินอาหารได้

(3) การปนเปื้อนโดยแบคทีเรียบางชนิดในอากาศซึ่งเกิดขึ้นอาจเป็นผลดีในการผลิตอาหารบางอย่าง เช่น การทำผักดอง การหมักเนื้อทิ้งไว้ แบคทีเรียบางชนิดที่ตกใส่ลงไปจะมีส่วนช่วยในการทำให้เกิด กลิ่น และรสที่ต้องการได้ (ทวี จิตไมตรี, 2529)

2.8 เชื้อรา

เชื้อราเป็นจุลินทรีย์จำพวกยูคาริโอต (Eukaryote) มีทั้งแบบเซลล์เดียว เช่น ยีสต์ และหลายเซลล์ เรียงเป็นเส้นใย (hypha)และกลุ่มของเส้นใย เรียกว่า ไมซีเลียม (mycelium) เส้นใยทั่วไปมีความกว้าง 5-10 ไมครอน และมีความยาวมาก รานอกจากจะมีรูปร่างเป็นเส้นใยและเป็นเซลล์เดียวแล้ว บางชนิดยังมีรูปร่างสองแบบ (dimorphism) คือ ถ้าเจริญเติบโตในดินหรือในอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้องจะมีรูปร่างเป็นเส้นใย แต่ถ้าเจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 37 ˚ซ หรือในร่างกายผู้ติดเชื้อจะมีรูปร่างเป็นเซลล์เดียว ตัวอย่างเช่น ยีสต์ ได้แก่ ราที่ทำให้เกิดโรคกลาก เกลื้อน เป็นต้น รามีการสืบพันธุ์ 2 แบบ คือ แบบอาศัยเพศและแบบไม่อาศัยเพศโดยราจะมีการสร้างสปอร์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการสืบพันธุ์ (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2548) โดยเชื้อราจะมีชนิดที่ก่อโรคและไม่ก่อโรค หรือจัดเป็นพวก Saprophytes ซึ่งบางชนิดก็อาจทำให้เกิดโรคฉวยโอกาสได้ (Opportunistic organism) คือสามารถทำให้เกิดโรคได้ในคนที่มีร่างกายอ่อนแอ เช่น โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ Aspergilosis ที่เกิดจากเชื้อ Aspergillus โดยผู้ป่วยได้รับเชื้อเข้าไปจากทางเดินหายใจ การกินและการสัมผัส เป็นต้น (กฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548)

2.8.1 สปอร์

สปอร์มีหน้าที่ 2 อย่าง คือ เป็นหน่วยแพร่กระจาย และเพื่อการอยู่รอด ส่วนใหญ่แล้วราแต่ละชนิดสร้างสปอร์ได้มากกว่า 1 แบบ เป็นไปได้ว่าสปอร์แต่ละแบบทำหน้าที่แตกต่างกัน ลักษณะของสปอร์เพื่อการกระจายต้องมีการแยกตัวจากเส้นใยแม่ได้ง่ายและมักมีกลไกพิเศษในการแยกตัว ลักษณะของสปอร์เพื่อการอยู่รอดมักติดแน่นกับเส้นใยแม้มีการสร้างไม่มาก มีขนาดค่อนข้างใหญ่ สามารถอยู่รอดในสภาพแวดล้อมได้ดี

2.8.2 การแพร่กระจายของสปอร์

สปอร์สามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมโดยอาศัยกลไกที่เรียกว่า Passive mechanism เช่น กระแสลม กระแสน้ำ แมลง พืช คน และสัตว์

3.8.2.1 การแพร่กระจายโดยลม เป็นวิธีที่สปอร์ใช้ในการแพร่กระจายมากที่สุด ราที่พบบ่อย เช่น Cladosporium และ Alternaria เป็นต้น การลอยตัวของอากาศ ลมม้วนตัว และ Eddy

diffusion ทำให้อากาศลอยตัวสูงขึ้นพร้อมกับพาเอาสปอร์ลอยไปด้วย ทำให้เกิดการแพร่กระจายของสปอร์ได้

3.8.2.2 การแพร่กระจายโดยน้ำ ซูโอสปอร์ (zoospores) ของเชื้อราหลายชนิดสามารถว่ายน้ำได้ไกลๆตามน้ำที่เคลือบบนผิวพืชและผิวดิน ซูโอสปอร์ของรา Phytophthora ว่ายน้ำได้เองหรือน้ำไหลพาไป บางส่วนน้ำจะพาให้กระจายออกไป (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2548)

2.9 การเก็บตัวอย่างแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ

การเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศเป็นการแยกฝุ่นละอองที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่ออกจากอากาศ โดยประยุกต์ใช้หลักการของแรงทางกายภาพ (Physical force) ในการทำให้จุลินทรีย์ในอากาศตกกระทบหรือสัมผัสกับตัวกลางที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง หลักการที่ใช้ในการเก็บจุลินทรีย์ในอากาศมีดังนี้

2.9.1 การเก็บตัวอย่างแบบไม่ดูดอากาศเข้า (Passive Sampling)

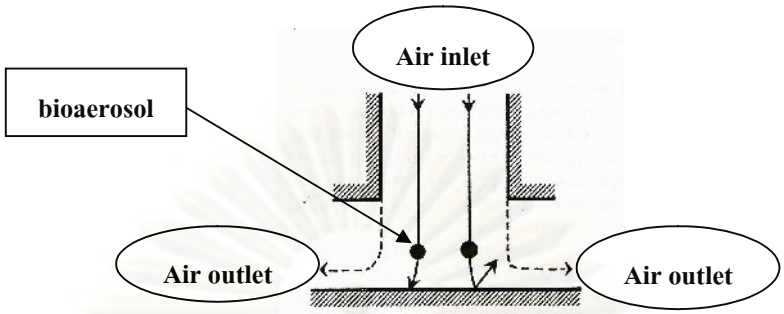
เป็นการเก็บตัวอย่างที่ใช้หลักการให้อนุภาคนั้นตกลงมาที่อุปกรณ์รองรับด้วยแรงโน้มถ่วง (จิราภรณ์ ประธรรมโย และคณะ, 2550) ตัวอย่างเช่น Settling plate technic หรือ Open plate technic เป็นการนำจานเลี้ยงเชื้อที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ เช่น Plate Count Agar ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว (sterilized) มาวางบนพื้นในบริเวณที่ต้องการตรวจหาแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ เปิดฝาทิ้งไว้นานหลายๆ นาที เช่น 5, 10, 15 นาที เป็นต้น วิธีนี้เป็นวิธีหยาบๆ เท่านั้น เพราะฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีแบคทีเรียและเชื้อราเกาะติดอยู่อาจไม่ตกลงมาที่ผิวของตัวกลางและไม่ทราบปริมาตรของอากาศที่มีแบคทีเรียและเชื้อราตามจำนวนที่นับได้ (ทวี จิตไมตรี, 2529)

2.9.2 การเก็บตัวอย่างแบบดูดอากาศเข้า (Active Sampling)

เป็นการดูดอากาศที่รู้ปริมาตรแน่นอนเข้าไปในเครื่องเก็บโดยให้จุลินทรีย์ในอากาศตกกระทบกับผิวของตัวกลางและนำตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนไปเพาะเชื้อต่อไป (ชุลีวัลย์ ธัญญศิรินนท์ และคณะ, 2551) โดยกลไกที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วย

2.9.2.1 หลักการโซลิด อิมพิงจ์เมนท์ (Solid impingement)

เป็นการใช้แรงเฉื่อย (Inertial force) ของฝุ่นละออง เพื่อให้ฝุ่นละอองที่มีจุลินทรีย์ติดอยู่กระทบกับผิวตัวกลางที่ใช้ เช่น ผิวของเยื่อกรอง อาหารเลี้ยงเชื้อ เป็นต้น โดยหลักการนี้ถูกนำไปประยุกต์กับเครื่องมือเก็บตัวอย่างชนิดมีชั้นตกกระทบแบบชั้นเดียวและเครื่องเก็บตัวอย่างแบบแยกขนาด (Cascade Impactor) เป็นแบบที่มีชั้นตกกระทบตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป เป็นต้น (Baron และWilleke, 2001)



รูปที่ 2.2 หลักการเก็บตัวอย่างแบบโซลิด อิมพิงจ์เมนท์ (Solid impingement)
ที่มา: Baron และWilleke, 2001:760

ได้มีการประยุกต์หลักการ Solid impingement มาใช้ในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งมีเทคนิคการเก็บตัวอย่างแตกต่างกัน ได้แก่ Sieve และ slit type sampler

- Sieve type sampler

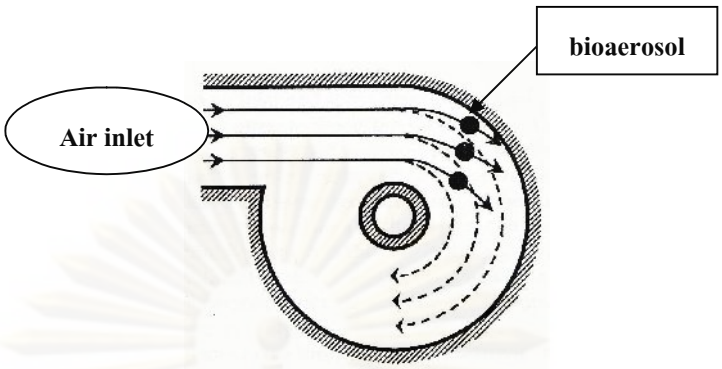
เป็นการใช้ฝาครอบจานเลี้ยงเชื้อชนิดทำด้วยโลหะและเจาะเป็นรูพรุนสม่ำเสมอกัน โดยในจานเลี้ยงเชื้อจะบรรจุ อาหารเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว และมีทางต่อไปยังเครื่องดูดอากาศ ซึ่งมีมาตรวัดปริมาตรอากาศที่ไหลผ่านรูพรุนลงมาที่ฝา ขณะเปิดเครื่องดูดอากาศ อากาศจะไหลผ่านรูพรุนที่ฝาครอบลงมา ฝุ่นละอองจะกระทบกับผิวของอาหารเลี้ยงเชื้อและติดอยู่ ส่วนอากาศจะผ่านมาตรวัด ทำให้ทราบปริมาตรของอากาศ

- Slit-type sampler

ใช้เครื่องมือคล้าย Sieve type แต่ฝาบนที่ครอบจานเลี้ยงเชื้อเจาะเป็นช่องแคบและยาว (slit) เริ่มจากจุดศูนย์กลางจนถึงขอบ ขณะที่เดินเครื่องดูดอากาศผ่านมาตรวัดปริมาตร ฝาครอบจะหมุนไปช้าๆ อากาศจากภายนอกจะผ่านช่องลงมา ทำให้ฝุ่นละอองติดอยู่ที่ผิวของอาหารเลี้ยงเชื้อ การจัดให้ฝาครอบหมุนไปจนครบรอบ จะทำให้ฝุ่นละอองติดอยู่ทั่วที่ผิวของอาหารเลี้ยงเชื้อ (ทวี จิตไมตรี, 2529)

2.9.2.2 หลักการเซนตริฟิวเกิล อิมพิงจ์เมนท์ (Centrifugal impingement)

เป็นหลักการแยกฝุ่นละอองที่มีจุลินทรีย์เกาะติดอยู่ออกจากกันโดยใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) และแรงเฉื่อยของอนุภาค (Baron และWilleke, 2001:761) ทำให้ฝุ่นละอองหลุดออกกระทบกับผิวตัวกลางจึงสามารถรวบรวมฝุ่นละอองที่เข้ามาในเครื่องเก็บตัวอย่างได้

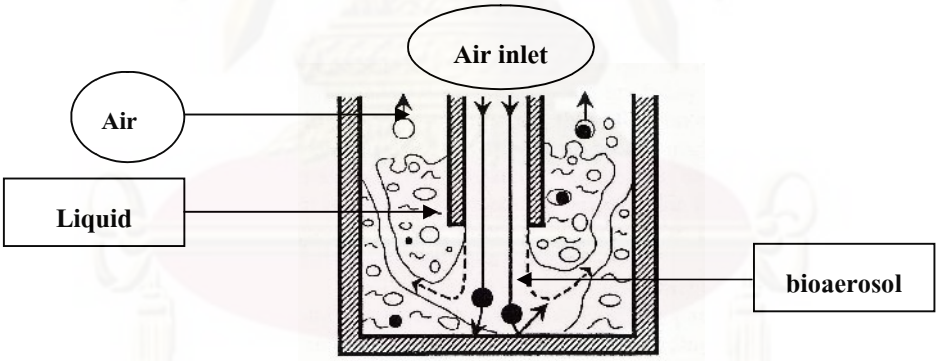


รูปที่ 2.3 หลักการเก็บตัวอย่างแบบเซนตริฟิวเกิล อิมพิงจ์เมนท์ (Centrifugal impingement)

ที่มา: Baron และWilleke, 2001:760

2.9.2.3 หลักการลิควิด อิมพิงจ์เมนท์ (Liquid impingement)

เป็นการบังคับให้อากาศไหลผ่านลงสู่ของเหลว เพื่อให้ฝุ่นละอองที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่ถูกดักในของเหลว จุลินทรีย์ในอากาศจะสัมผัสกับของเหลวเนื่องจากแรงเฉื่อยและการฟุ้งกระจายของฟองน้ำ ของเหลวที่ใช้อาจเป็นน้ำกลั่นหรืออาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว วิธีนี้สามารถเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กได้ (Baron และWilleke, 2001:761)

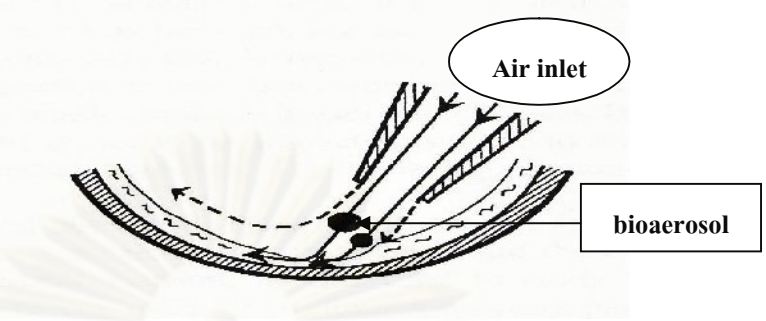


รูปที่ 2.4 หลักการเก็บตัวอย่างแบบลิควิด อิมพิงจ์เมนท์ (Liquid impingement)

ที่มา: Baron และWilleke, 2001:760

2.9.2.4 หลักการแทนเจนเชียล อิมพิงจ์เมนท์ (Tangential impingement)

เป็นหลักการแยกฝุ่นละอองออกจากอากาศ โดยอาศัยหลักการของแรงเฉื่อยและแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางทำให้ฝุ่นละอองในอากาศกระทบกับผิวของตัวเก็บคล้ายกับวิธี Centrifugal impingement โดยวิธีนี้มีการนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่อง BioSampler (Baron และ Willeke, 2001:761)



รูปที่ 2.5 หลักการเก็บตัวอย่างแบบแทนเจนเชียล อิมพิงจ์เมนท์ (Tangential impingement)
ที่มา: Baron และWilleke, 2001:760

2.9.2.5 เทคนิคการใช้เยื่อกรอง (Membrane filter technic)

ใช้เยื่อกรอง (Membrane) เป็นตัวกลางในการกรองจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะติดอยู่ที่เยื่อกรอง เมื่อกรองอากาศตามปริมาตรที่ต้องการแล้วนำเยื่อกรองที่ปนเปื้อนไปบ่มเพาะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (ทวี จิตไมตรี, 2529)

2.10 การระบายอากาศ

การระบายอากาศถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมมลพิษอากาศภายในอาคาร ทั้งชนิดที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและชนิดที่เป็นอันตรายทางกายภาพ มลพิษทั้งสองชนิดสามารถส่งผลกระทบต่อของผู้ที่เกี่ยวข้องกับโรงพยาบาล ทั้งแพทย์ พยาบาล เจ้าหน้าที่อื่นๆ และผู้ที่มาติดต่อโรงพยาบาล รวมถึงผู้ป่วยที่พักภายในโรงพยาบาลด้วย

การระบายอากาศช่วยลดความร้อนที่เป็นสาเหตุของความเหนื่อยล้า อาจจะมีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานและยังทำให้เกิดความรู้สึกอึดอัดไม่สบาย ตลอดจนช่วยในการควบคุมปัญหาเรื่องกลิ่น ความชื้น และคุณภาพอากาศภายในอาคารด้วย

การระบายอากาศแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1.การระบายอากาศแบบทั่วไป (general exhaust ventilation) หรือ การระบายอากาศเพื่อเจือจาง (dilution ventilation) 2.การระบายอากาศเฉพาะที่ (local exhaust ventilation) และเนื่องจากอากาศต้องการพื้นที่ครอบครอง อากาศจากภายนอกจะเคลื่อนที่เข้ามาภายในห้องหรืออาคารได้ก็ต่อเมื่ออากาศภายในห้องหรืออาคารนั้นเคลื่อนที่ออกไปก่อน ดังนั้น การระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพจึงต้องประกอบด้วยระบบที่สำคัญสองระบบเสมอ คือ ระบบระบายอากาศออก (exhaust system) ทำหน้าที่นำอากาศออกจากพื้นที่ และระบบส่งอากาศ (supply system) ทำหน้าที่ส่งอากาศที่ผ่านการปรับสภาพให้เหมาะสม คือ ความสะอาด ความชื้น และอุณหภูมิเหมาะสม

2.10.1 การระบายอากาศแบบทั่วไป (General exhaust ventilation)

การระบายอากาศแบบทั่วไปมีวัตถุประสงค์เพื่อเจือจางสารปนเปื้อนอากาศให้อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ นั้นคือ ระดับที่เชื่อว่าไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้อาศัยภายในอาคารส่วนใหญ่ และไม่ทำให้เกิดสภาพที่อาจเกิดไฟไหม้หรือการระเบิดได้รวมทั้งทำให้เกิดความสบายต่อผู้ที่อยู่ในบริเวณนั้น การระบายอากาศประเภทนี้ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

(1) การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical ventilation) เป็นวิธีการระบายอากาศที่ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องกล เช่น พัดลม ช่วยให้อากาศเคลื่อนไหว หมุนเวียน เป็นต้น

(2) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation) เป็นวิธีการระบายอากาศที่ต้องอาศัยธรรมชาติทำให้เกิดความดันบรรยากาศที่แตกต่างกันในสองพื้นที่ อากาศจึงเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความดันบรรยากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความดันบรรยากาศต่ำ เช่น ประตูและหน้าต่างหรือช่องระบายอากาศ เป็นต้น

ดังนั้น การระบายอากาศโดยวิธีทางกลจึงสามารถควบคุมอัตราการไหลของอากาศเข้าหรือออกในพื้นที่หนึ่งๆ ได้ดีกว่าการระบายอากาศแบบธรรมชาติ นอกจากจะขึ้นอยู่กับฤดูกาลและทิศทางลมแล้ว ยังต้องอาศัยการออกแบบให้มีช่องเปิดเพียงพอ และมีลักษณะหรือสิ่งแวดล้อมที่เอื้ออำนวยให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก จึงเป็นการยากที่จะควบคุมอัตราการไหลของอากาศในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ

2.10.1.1 หลักการของการระบายอากาศแบบทั่วไป

หลักการของการระบายอากาศแบบทั่วไปหรือเจือจางสารปนเปื้อน มีดังนี้

(1) อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่บริเวณที่มีสารปนเปื้อนต้องสามารถเจือจางสารปนเปื้อนให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

(2) ติดตั้งช่องระบายอากาศออกให้อยู่ใกล้แหล่งปนเปื้อนมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

(3) ช่องระบายอากาศเข้าและช่องระบายอากาศออกต้องอยู่ในตำแหน่งที่อากาศสามารถไหลผ่านบริเวณที่ถูกปนเปื้อน และผู้ปฏิบัติงานต้องอยู่ระหว่างช่องอากาศเข้าและแหล่งกำเนิดของสารปนเปื้อน

(4) อากาศที่เข้ามาเจือจางสารปนเปื้อนต้องมีปริมาณมากพอและไหลเข้าอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงควรใช้เครื่องกล เช่น พัดลมช่วยในการไหลเวียนของอากาศแทนการไหลเวียนของอากาศตามธรรมชาติ

(5) อากาศที่ระบายออกจากพื้นที่แล้วต้องไม่ถูกนำกลับเข้ามาในอาคารอีก ดังนั้นตำแหน่งของช่องระบายอากาศจึงควรอยู่ห่างจากช่องทางเข้าสู่อาคารหรืออยู่ในทิศทางที่อากาศไม่สามารถไหลกลับเข้าอาคาร (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2549)

2.10.1.2 ข้อดีของการระบายอากาศแบบทั่วไป

(1) เมื่อเปรียบเทียบกับการระบายอากาศแบบเฉพาะที่แล้ว การระบายอากาศแบบทำให้เจือจางนี้ทำได้ง่ายกว่า อาศัยความรู้น้อยกว่า

(2) เป็นวิธีการที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในกรณีที่สถานการณ์เอื้ออำนวยให้สามารถใช้การระบายอากาศแบบนี้ได้

(3) ใช้ได้ผลดีในการควบคุมมลพิษประเภทที่มีสถานะเป็นไอและก๊าซ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไอที่เกิดจากการระเหยของสารละลายอินทรีย์เคมี

(4) ไม่ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ เพื่อลดระดับความเข้มข้นของมลพิษในอากาศก่อนที่จะถูกถ่ายเทออกจากสถานประกอบการสู่บรรยากาศภายนอก

2.10.1.3 ข้อเสียของการระบายอากาศแบบทั่วไป

(1) ไม่ได้เป็นการกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นทั้งหมดออกไปจากบริเวณปฏิบัติงาน

(2) มักจะใช้ไม่ค่อยได้กับมลพิษประเภทฟูมและฝุ่น

(3) การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง จะต้องมีอากาศเข้าและออกจากอาคารด้วยปริมาณที่มากกว่าการระบายอากาศแบบเฉพาะที่ ดังนั้น ในกรณีที่ต้องมีการปรับอากาศ การระบายอากาศแบบนี้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงกว่า (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2532)

2.10.2 การระบายอากาศเฉพาะที่ (Local exhaust ventilation)

การระบายอากาศเฉพาะที่ หมายถึง การนำมลพิษอากาศที่กำลังเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดออกสู่สิ่งแวดล้อมไปบำบัดก่อนปล่อยอากาศสะอาดออกสู่บรรยากาศภายนอก ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อรวบรวมมลพิษที่แหล่งหรือใกล้กับแหล่งของสารนั้น ก่อนที่จะฟุ้งกระจายหรือระเหยขึ้นสู่อากาศในระดับหายใจของผู้อยู่ภายในอาคาร ดังนั้นการระบายอากาศแบบเฉพาะที่เป็นมาตรการควบคุมมลพิษที่แหล่งที่มีประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงาน เนื่องจากมีอัตราการไหลของอากาศออกสู่ภายนอกต่ำ จึงใช้พลังงานในการเคลื่อนอากาศต่ำ และทำให้สูญเสียความเย็นไปกับการระบายอากาศที่ระบายออกไปน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการระบายอากาศแบบทั่วไป

2.10.2.1 หลักการทำงานของระบบระบายอากาศเฉพาะที่

เป็นการนำมลพิษอากาศที่ฟุ้งกระจายจากแหล่งกำเนิดออกจากอาคาร โดยอาศัยหลักการการทำงานของพัดลมดูดมลพิษอากาศผ่านทางท่อหรือช่องดูดอากาศแล้วนำไปบำบัดก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2549)

2.10.2.2 ข้อดีของการระบายอากาศแบบเฉพาะที่

(1) เป็นวิธีการมุ่งกำจัดเอามลพิษที่เกิดขึ้นออกไปจากบริเวณทำงาน จึงให้ผลในด้านการควบคุมได้ดีและปลอดภัย

(2) ใช้ได้ผลดีกับมลพิษในทุกสถานะไม่ว่าจะเป็นไอ ก๊าซ ฝุ่น หรือฟูม และไม่ว่ามลพิษนั้นจะมีอัตราการเกิดและระดับความเป็นพิษมากน้อยประการใด

2.10.2.3 ข้อเสียของการระบายอากาศเฉพาะที่

(1) ต้องการพื้นฐานความรู้และประสบการณ์สูงในการออกแบบระบบระบายอากาศแบบนี้

(2) ต้องการบุคลากรที่ได้รับการศึกษาและฝึกอบรมมาดีพอสมควรในการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบระบายอากาศแบบนี้

(3) โดยทั่วไปแล้วสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และดำเนินการมากกว่าการระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ, 2532)

2.11 การวัดอัตราการระบายอากาศ (Ventilation rate)

การวัดอัตราการระบายอากาศหรืออัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสามารถทำได้โดยการใช้ Tracer gas ในการพิจารณาถึงการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องโดยใช้วิธีการคำนวณจาก American society for testing and materials (ASTM) E741 เป็นข้อปฏิบัติสำหรับวิธีการทดสอบการลดลงของความเข้มข้นก๊าซ (procedure for the concentration decay test method) เพื่อใช้หาอัตราการเปลี่ยนอากาศ (air change rate) จากนั้นจึงนำไปคำนวณหาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศโดยใช้สูตรในการคำนวณ ดังนี้ (ASTM, 2006)

$$\text{อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ} = \frac{(\ln C_1 - \ln C_2)}{t_2 - t_1}$$

โดยที่ C_1 = ค่าความเข้มข้นของก๊าซเทรเซอร์ (tracer gas) ที่เวลาเริ่มต้น

C_2 = ค่าความเข้มข้นก๊าซเทรเซอร์ (tracer gas) ที่เวลาสุดท้าย

t_1 = เวลาเริ่มต้นที่วัดก๊าซเทรเซอร์ (tracer gas)

t_2 = เวลาสุดท้ายที่วัดก๊าซเทรเซอร์ (tracer gas)

โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ตารางที่ 2.4) ได้ออกข้อกำหนดเป็นแนวทางในการออกแบบการระบายอากาศในสถานพยาบาลและ American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineering (ASHRAE) ได้เสนอแนะค่าอัตราการไหลของอากาศสู่อาคารสำหรับห้องลักษณะต่างๆของโรงพยาบาล ตามมาตรฐาน ASHRAE standard 62-1999 ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 อัตราการนำเข้าอากาศภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายใน และความดันสัมพันธ์

ลำดับ	สถานที่	อัตรานำเข้าอากาศภายนอกไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง	อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง	ความดันสัมพันธ์กับพื้นที่ข้างเคียง
1	ห้องผ่าตัด	5	25	สูงกว่า
2	ห้องคลอด	5	25	สูงกว่า
3	ห้องดูแลเด็กทารก (nursery)	5	12	สูงกว่า
4	หออภิบาลผู้ป่วยหนัก (ICU)	2	6	สูงกว่า
5	ห้องตรวจรักษาผู้ป่วย	2	6	สูงกว่า
6	ห้องฉุกเฉิน (Trauma room)	5	12	สูงกว่า
7	บริเวณพักคอยสำหรับแผนกผู้ป่วยนอกและห้องฉุกเฉิน	2	12	ต่ำกว่า
8	ห้องพักผู้ป่วย	2	6	สูงกว่า
9	ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ	2	12	ต่ำกว่า
10	ห้องแยกผู้ป่วยปลอดเชื้อ (protective environmental)	2	12	สูงกว่า
11	ห้องปฏิบัติการ(laboratory)	2	6	ต่ำกว่า
12	ห้องชันสูตรศพ	2	12	ต่ำกว่า

ที่มา : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2547

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.5 อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่อาคารในห้องลักษณะต่างๆของโรงพยาบาลตามมาตรฐาน ASHRAE 1999

Area	Minimun Outdoor Air ACH	Minimum Total Air ACH	Pressure Relationship
Operating rooms (all outdoor air system)	15	15	P
Operating rooms (recirculating air system)	5	25	P
Delivery rooms (all outdoor air system)	15	15	P
Delivery rooms (recirculating air system)	5	25	P
Recovery	2	6	E
Nursery suite	5	12	P
ICU	2	6	P
Patient rooms	2	4	±
Medical procedure/treatment rooms	2	6	±
Autopsy rooms	2	12	N
Physical therapy	2	6	N
Positive isolation rooms	2	15	P
Negative isolation rooms	2	6	N

ACH=Air change per hour; P=positive; N=Negative; E=Equal; ±continuous directional control not required

ที่มา : ASHRAE standard 62-1999

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในประเทศไทยได้มีการให้ความสำคัญเกี่ยวกับปัญหาจุลินทรีย์ในอากาศในโรงพยาบาล โดยงานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาเพื่อให้เข้าใจปัญหา และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการดำเนินงานวิจัยต่อไป

จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมพูศักดิ์ พูลเกษ (2547) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารและกลุ่มอาการเจ็บป่วยของพนักงานในสำนักงานของโรงพยาบาล กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี พบว่า คุณภาพอากาศภายในอาคารสำนักงานของโรงพยาบาลส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์แนะนำ ยกเว้นแบคทีเรียในอากาศที่เกินเกณฑ์ทุกๆสำนักงาน และบางสำนักงานมีการปนเปื้อนสาร

มลพิษเกินเกณฑ์ที่แนะนำอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ แอมโมเนีย โทลูอีน และไซลีน กลุ่มพนักงานที่ทำงานในอาคารสำนักงานที่มีการระเหยขององค์ประกอบรวมของสารอินทรีย์สูงกว่า 0.07 ส่วนในล้านส่วน พบว่ากลุ่มอาการทางตาและทางปอดเป็น 2.06 และ 2.23 เท่า ของกลุ่มพนักงานที่ทำงานในที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 0.07 ส่วนในล้านส่วน กลุ่มพนักงานที่ทำงานในอาคารสำนักงานที่มีปริมาณฝุ่นขนาดเล็กสูงกว่า 0.018 มก./ลบ.ม. และไซลีนสูงกว่า 2.00 ส่วนในล้านส่วน พบกลุ่มอาการทางตาเป็น 4.81 และ 4.96 เท่า ตามลำดับของกลุ่มพนักงานที่ทำงานในที่มีฝุ่นขนาดเล็กและไซลีนที่ต่ำกว่า กลุ่มพนักงานที่ทำงานในอาคารสำนักงานที่มีแบคทีเรียในอากาศสูงกว่า 210 โคโลนี/ลบ.ม. พบกลุ่มอาการทางผิวหนังและอาการติดเชื้อเป็น 2.53 และ 2.59 เท่าของพนักงานที่ทำงานในที่มีแบคทีเรียในอากาศต่ำกว่า ผลการศึกษาแสดงเห็นว่าการสัมผัสมลพิษในอากาศของพนักงานมีความสัมพันธ์กับกลุ่มอาการเจ็บป่วย

ณัติฐพงษ์ เด่นจักรวาฬ (2548) ศึกษาการกระจายตัวของฝุ่นและเชื้อราในอากาศบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยทำการเก็บตัวอย่างภายใน แผนกฉุกเฉิน หอผู้ป่วยด้านอายุรกรรม แผนกผู้ป่วยนอก ห้องปฏิบัติการ และแผนกบริหารงานทั่วไป โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Sabouraud Dextrose Agar ที่ใส่ Chloramphenicol (SC) สำหรับ เชื้อราทั่วไป และชนิด Modified Sabouraud Agar (MS) สำหรับเชื้อราก่อโรค แล้วทำการบ่มเพาะที่อุณหภูมิ 25 °ซ เป็นเวลา 7 วัน พบว่า มีความสัมพันธ์กันระหว่าง ปริมาณของฝุ่นและเชื้อราในอากาศ นอกจากนั้นได้มีการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซเทรเซอร์ (tracer gas) ในการวัดอัตราการระบายอากาศภายในห้อง พบว่า แผนกผู้ป่วยในมีอัตราการระบายอากาศสูงที่สุด ซึ่งใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ และมีปริมาณของฝุ่นและเชื้อราสูงที่สุดด้วย ดังนั้นวิธีการระบายอากาศภายในห้องจึงมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของฝุ่นภายในห้อง เนื่องจากห้องที่มีการระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติจะได้รับผลจากมลพิษภายนอกอาคารด้วย และฤดูกาลก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นภายในห้องด้วย และเชื้อราที่พบส่วนใหญ่เป็นพวก *Aspergillus* spp., *Penicilium* spp., ราดำ, *A.fumigatus* และ *A.Fusarium* ตามลำดับ และได้มีการศึกษาเชื้อ *M.tuberculosis* ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ซึ่งเป็นเชื้อที่ก่อให้เกิดวัณโรคได้ โดยใช้วิธี เพาะเชื้อ (Culture) และวิธี Real time PCR ในการวิเคราะห์ พบว่า ไม่มีการตรวจพบ *M.tuberculosis* ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

ปุญญานิช บริเวธานันท์ (2549) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและเชื้อราในอากาศของโรงพยาบาลในเขตปริมณฑล โดยทำการเก็บตัวอย่างในแผนกต่างๆ ได้แก่ แผนกฉุกเฉิน แผนกผู้ป่วยนอก หอผู้ป่วย หอผู้ป่วยวิกฤติด้านอายุรกรรม หน่วยจ่ายกลาง และแผนก

บริหารงานทั่วไป และใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเทรเซอร์ (tracer gas) ในการตรวจวัดอัตราการระบายอากาศ ซึ่งระบบปรับอากาศที่ใช้มี 3 ลักษณะ ได้แก่ ห้องที่ไม่มีระบบปรับอากาศหรือระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน และระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า แผนกผู้ป่วยนอกด้านอายุรกรรมมีอัตราการระบายอากาศสูงสุด ซึ่งเป็นห้องใช้การปรับอากาศแบบรวม และจากการศึกษาปริมาณฝุ่น พบว่า ปริมาณของฝุ่นภายในแผนกผู้ป่วยนอกและแผนกฉุกเฉินมีค่าสูงที่สุด โดยที่แหล่งกำเนิดของฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จะมีแหล่งกำเนิดมาจากกิจกรรมภายในห้อง ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายกลับของฝุ่น (resuspension) ทำให้ฝุ่นละอองในห้องมีค่าสูงขึ้น และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Sabouraud Dextrose Agar ที่ใส่ Chloramphenicol (SC) สำหรับ เชื้อราทั่วไป และชนิด Modified Sabouraud Agar (MS) สำหรับเชื้อราก่อโรค แล้วทำการบ่มเพาะที่อุณหภูมิ 25 ˚ซ เป็นเวลา 7 วัน พบว่า แผนกฉุกเฉินมีเชื้อราทั่วไปสูงสุด และในแผนกอื่นๆ ไม่พบเชื้อราที่ก่อโรคยกเว้นแผนกผู้ป่วยนอก โดยเชื้อราที่พบเป็นเชื้อที่ทำให้เกิดโรคฉวยโอกาส และมีความสัมพันธ์กับการทำให้เกิดโรคหอบหืดได้ เช่น *Aspergillus* spp. *Penicilium* spp. เป็นต้น

ปิยะพงษ์ ชุมศรี พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภารดี ช่วยบำรุง (2550) ศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลาการใช้งานแผงกรองอากาศในเครื่องปรับอากาศกับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ โดยทำการเก็บตัวอย่างภายในห้องผู้ป่วยเด็กทารกแรกเกิดระยะวิกฤติและห้องผู้ป่วยเด็กระยะวิกฤติของโรงพยาบาล พบว่าจุดยุติ (Breakpoint) ของระยะเวลาในการใช้งานของแผงกรองอากาศในห้องผู้ป่วยเด็กทารกแรกเกิดระยะวิกฤติ และห้องผู้ป่วยเด็กระยะวิกฤติ อยู่ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของเดือนโดยพบแบคทีเรียทั้งหมด (total bacteria) เพิ่มขึ้น 2-8 เท่า และเชื้อ *Staphylococcus* spp. เพิ่มขึ้น 3-8 เท่า ซึ่งเชื้อ *Staphylococcus* spp. มีปริมาณเป็น 46.5-49.1% โดยเฉลี่ยของแบคทีเรียทั้งหมดในห้องผู้ป่วยเด็กทารกแรกเกิดระยะวิกฤติ และเท่ากับ 47.7-49.2% โดยเฉลี่ยของแบคทีเรียทั้งหมดในห้องผู้ป่วยเด็กระยะวิกฤติ ส่วนเชื้อราทั้งหมดพบว่า เพิ่มขึ้น 2.5-6 เท่า และเชื้อ *Aspergillus* spp. เพิ่มขึ้น 1.4-7 เท่า และส่วน *Aspergillus* spp. มีปริมาณเป็น 50.8-86.3% โดยเฉลี่ยของเชื้อราทั้งหมดในห้องผู้ป่วยเด็กทารกแรกเกิดระยะวิกฤติและเท่ากับ 46.7-77.1 โดยเฉลี่ยของเชื้อราทั้งหมดในห้องผู้ป่วยเด็กระยะวิกฤติ และยังพบว่า เชื้อแบคทีเรียทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานถึงแม้จะมีการทำความสะอาดแผงกรองอากาศแล้ว

ชุลีวัลย์ ธัญญศิรินนท์ พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภารดี ช่วยบำรุง (2551) เปรียบเทียบเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศระหว่าง Andersen ชนิด 6 ชั้น และชนิดชั้นเดียว พบว่า การเก็บโดยใช้ Andersen ชนิด 6 ชั้น และชนิดชั้นเดียว มีปริมาณของเชื้อราในอากาศไม่แตกต่างกัน แต่ข้อดีของการใช้ชนิดชั้นเดียว คือ ช่วยในการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายทั้งในเรื่องของอาหารเลี้ยง

เชื้อ การตรวจ การวินิจฉัยเชื้อ และการใช้พื้นที่ในการบ่มเพาะเชื้อ แต่มีข้อเสียคือไม่ทราบขนาดกระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ และอาจทำให้เกิดปัญหาการรับจุลินทรีย์เป็นจำนวนมากเกินไป (Overload) เนื่องจากไม่สามารถกระจายจำนวนของจุลินทรีย์ไปยังชั้นอื่นๆ ได้ โดยผู้วิจัยได้แนะนำให้แก้ไขใช้ระยะเวลาในการเก็บที่น้อยลง หรืออาจเพิ่มชั้นของเครื่องเก็บตัวอย่างมากขึ้น

จิราภรณ์ ประธรรมโย พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภารดี ช่วยบำรุง (2550) ทำการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้อง ได้แก่ ห้องผู้ป่วยเด็กระยะวิกฤติ (PICU) ห้องผู้ป่วยหนักศัลยกรรม (ICU) และห้องผู้ป่วยไฟไหม้น้ำร้อนลวก (Burn Unit) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 5 ชนิด คือ Sabouraud Dextrose Agar (SDA), Malt Extract Agar (MEA), Dichloran 18% Glycerol Agar (DG 18%), Potato Dextrose Agar (PDA) และ Czapek Solution Agar (CZA) ในการเพาะเชื้อรา โดยนำไปบ่มเพาะเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง โดยทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 4 ครั้ง พบว่า ผลที่ได้จากอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่าง และห้องที่เก็บตัวอย่างมีความแตกต่างของผลที่ได้ไม่ชัดเจน แต่ในครั้งที่ 3 ในห้องผู้ป่วยเด็กระยะวิกฤติ อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด PDA แตกต่างจากอาหารเลี้ยงเชื้อ SDA, DG 18% และCZA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในห้องผู้ป่วยหนักศัลยกรรมมีเพียงอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด PDA แตกต่างจากอาหารเลี้ยงเชื้อ MEA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Chuaybamroong, Choomseer และ Sribenjalux (2008) เปรียบเทียบการระบายอากาศและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (Single air unit) และแบบรวม (Central air unit) ภายในโรงพยาบาล พบว่า เมื่ออัตราการระบายอากาศในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวเพิ่มขึ้น 1.2 เท่า เป็นผลให้ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศลดลง 1.2-1.3 เท่า และเมื่ออัตราการระบายอากาศในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมเพิ่มขึ้น 3.5 เท่า เป็นผลให้ปริมาณแบคทีเรียในอากาศลดลง 1.6-2.1 เท่า และปริมาณเชื้อราในอากาศลดลง 1.4 เท่า นอกจากนั้นบริเวณที่อากาศมีความเร็วสูงจะมีปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศในบริเวณนั้นต่ำกว่าบริเวณที่อากาศมีความเร็วต่ำ และในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวที่ไม่มีแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูงมีปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศมากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมที่มีแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง แสดงว่านอกจากการระบายอากาศแล้วประสิทธิภาพของแผงกรองอากาศก็มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้ในต่างประเทศได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัญหานี้ด้วยเช่นกัน ได้แก่

Obbard และ Lim (2003) ศึกษาแบคทีเรียในอากาศภายในโรงพยาบาลของประเทศสิงคโปร์ โดยทำการเก็บตัวอย่างในห้องโถง ห้องจ่ายยา ห้องคนไข้ พบว่า ห้องโถงและห้องจ่ายยามีแบคทีเรียในอากาศเกินข้อกำหนด แต่ในห้องผู้ป่วยมีแบคทีเรียในอากาศไม่เกินข้อกำหนด ซึ่งในห้องโถงและห้องจ่ายยามีความหนาแน่นของผู้คนมากกว่าในห้องคนไข้ ดังนั้น ความหนาแน่นของผู้คนภายในอาคารเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรียในอากาศ และแบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่พบทั่วไปตามผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ และระบบทางเดินอาหาร และยังพบแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคฉวยโอกาส ได้แก่ *Acinetobacter* และ *Flavobacterium* spp.

Li และ Hou (2003) ศึกษาอนุภาคฝุ่น แบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องที่ควบคุมความสะอาด ได้แก่ หอผู้ป่วยวิกฤติ หน่วยปลูกถ่ายไขมัน และห้องผ่าตัด พบว่า ความเข้มข้นอนุภาคที่เตียงผู้ป่วยมีค่าสูงกว่าในอากาศอย่างมีนัยสำคัญ และความเข้มข้นของอนุภาคในห้องสัมพันธ์กับกิจกรรมในห้องและการผ่าตัด แสดงว่า กิจกรรมภายในห้องมีบทบาทส่งผลให้ความเข้มข้นของอนุภาคแต่ละห้องแตกต่างกัน และพบว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองบริเวณเตียงคนไข้มีค่าสูงกว่าบริเวณที่อากาศเข้า โดยความเข้มข้นของฝุ่นละอองจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมของคนภายในห้อง อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศและประสิทธิภาพของแผงกรองอากาศ นอกจากนี้พบปริมาณเชื้อราในหอผู้ป่วยวิกฤติสูงที่สุด ในห้องผ่าตัดรองลงมา และไม่พบเชื้อราในหน่วยปลูกถ่ายไขกระดูก โดยพบ Penicillium สูงที่สุด และไม่พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคและเชื้อรา

Kim K.Y. และ Kim C.N. (2007) ศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารสาธารณะของประเทศเกาหลี ได้แก่ โรงพยาบาล โรงเรียนอนุบาล บ้านพักคนชรา และศูนย์ดูแลเด็กหลังคลอด พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในโรงพยาบาลมีค่าเกินมาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด และในทุกอาคารค่าอัตราส่วนของแบคทีเรียและเชื้อราภายในและภายนอกอาคาร (I/O ratio) มีค่าต่ำกว่า 1.0 แสดงว่า ในงานวิจัยนี้แหล่งกำเนิดจากภายนอกอาคารส่งผลต่อปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราภายในอาคาร โดยแบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่เป็นพวก *Staphylococcus* spp., *Micrococcus spp.*, *Corynebacterium* spp. และ*Bacillus* spp. ตามลำดับ และเชื้อราที่พบส่วนใหญ่เป็นพวก *Penicilium* spp., *Cladosporium* spp. และ *Aspergillus* spp. ตามลำดับ

Ross และคณะ (2004) ทำการศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ได้แก่ ห้องประชุม โรงพยาบาล บริษัท และศูนย์กลางค้า พบว่า ในโรงพยาบาลมีปริมาณเชื้อราในอากาศเท่ากับ 194 โคโลนี/ลบ.ม. ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก คือ 50 โคโลนี/ลบ.ม. และเชื้อราที่พบมากที่สุดเป็นพวก *Penicilium* spp. รองลงมาคือ *Aspergillus* spp. *Epicoccum* spp. และ *Alternaria* spp. ตามลำดับ และปริมาณของแบคทีเรียในแต่ละอาคารมีค่าไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลกคือ 100 โคโลนี/ลบ.ม. นอกจากนี้ พบว่า ปัจจัยจากภายนอกอาคาร กิจกรรมและจำนวนของผู้อาศัยภายในอาคารเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ปัญหาหนึ่งของมลพิษอากาศภายในโรงพยาบาล คือ เชื้อแบคทีเรีย เชื้อราและฝุ่นละออง โดยเฉพาะปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อรามีหลายๆ งานวิจัยที่พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศมีค่าเกินมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก ซึ่งอาจส่งผลต่อสุขภาพของผู้ป่วย เจ้าหน้าที่ทางการแพทย์และผู้คนทั่วไปที่มาใช้บริการของโรงพยาบาล ซึ่งแหล่งกำเนิดของเชื้อแบคทีเรีย เชื้อราและฝุ่นละออง มีทั้งจากภายในอาคารและภายนอกอาคาร โดยแหล่งกำเนิดจากภายนอกอาคารส่งผลต่อปริมาณของเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และฝุ่นละอองภายในอาคารได้ (Kim K.Y. และ Kim C.N., 2007) รวมทั้งกิจกรรมและจำนวนของผู้อาศัยภายในอาคารด้วยเช่นกัน (Ross และคณะ, 2004) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้วิธีการระบายแตกต่างกัน ได้แก่ ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม รวมทั้งศึกษาปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ได้แก่ อัตราการระบายอากาศ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความหนาแน่นของคนภายในห้อง โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศแบบชั้นเดียว (Single Stage Impactor) ซึ่งมีข้อดีคือช่วยในการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายทั้งในเรื่องของอาหารเลี้ยงเชื้อ การวินิจฉัยเชื้อ และการใช้พื้นที่ในการบ่มเพาะเชื้อ (ชุลีวัลย์ ธัญญศิรินนท์และคณะ, 2551) และได้มีการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างอีกด้วย การศึกษาอัตราการระบายอากาศได้ใช้วิธี Tracer gas technique โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเทรเซอร์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ณัติฐพงษ์ เด่นจักรวาฬ (2548) และปุญญานิช บริเวธานันท์ (2549) เนื่องจากเป็นก๊าซที่หาได้ง่ายและราคาถูก และนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อแบคทีเรีย เชื้อราและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อัตราการระบายอากาศ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความหนาแน่นของคนภายในห้อง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณภาพอากาศภายในหอผู้ป่วยของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ได้แก่ ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น) ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม) และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13) โดยทำการศึกษาในฤดูฝน ช่วงเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม พ.ศ.2552 ทำการเก็บตัวอย่างของปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ และตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศ รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ อัตราการระบายอากาศ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความหนาแน่นของคนภายในห้องในช่วงเวลาแตกต่างกัน ได้แก่ ช่วงเช้า ช่วงเที่ยงและช่วงบ่าย จากนั้นนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อแบคทีเรีย เชื้อราในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อัตราการระบายอากาศ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความหนาแน่นของคนภายในห้อง เป็นต้น

3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

(1) เครื่องเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศแบบชั้นเดียว (Single Stage Bio-Impactor) Impactor Model Standard Biostage บริษัท SKC,Inc.

(2) เครื่องมือวัดความเข้มข้นของฝุ่นแบบต่อเนื่อง (Continuous time: Portable Dust Monitoring) GRIMM version 1.100 models 1.108 บริษัท Grimm Aerosol Technik GmbH & Co. KG.

(3) เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ชนิดไฮโกรมิเตอร์

(4) เครื่องวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ชนิด IAQRAE PGM-2510 บริษัท RAE Systems (Hong Kong) Ltd.

(5) เครื่องวัดความเร็วลม ชนิด Hot wire anemometer

(6) ตู้บ่มเชื้อ

(7) กล้องจุลทรรศน์

3.1.2 สารเคมี

(1) Blood Agar

(2) Potato Dextrose Agar

(3) 70% Isopropyl alcohol

(4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

(5) Ammonium oxalate-Crystal violet

(6) Lugol's iodine

(7) Safranin O

(8) Acetone-alcohol

3.2 สถานที่เก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศแตกต่างกัน 3 ประเภท ได้แก่ ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น) ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม โอสถานุเคราะห์) และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (ตึก ภปร.) ประเภทละ 3 ห้อง รวม 9 ห้อง จากรูปที่ 3.1 พบว่า หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่นและหอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม โอสถานุเคราะห์ เป็นอาคารที่มีการก่อสร้างอาคารในบริเวณใกล้เคียง และตึก ภปร. เป็นอาคารที่ตั้งอยู่ใกล้กับบริเวณที่มีการจราจร ได้แก่ ถนนราชดำริและถนนพระราม 4

หมายเหตุ: 1.หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น

2.หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม โอสถานุเคราะห์

3. ตึก ภปร.

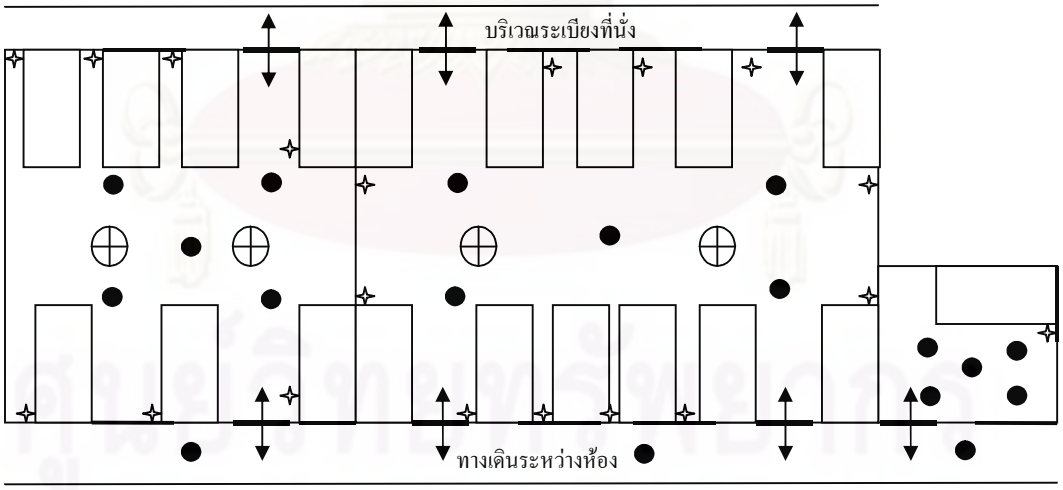
△ บริเวณที่มีการก่อสร้าง

รูปที่ 3.1 ที่ตั้งอาคารที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1 ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

หอพักผู้ป่วยหลิมซีหลั่นเป็นหอพักผู้ป่วยของแผนกผู้ป่วยในมีทั้งหมด 2 ชั้นโดยทำการศึกษาในห้องชั้นล่างของอาคาร จำนวน 3 ห้อง ที่มีจำนวนเตียงเท่ากับ 1, 7 และ11 ตามลำดับ ซึ่งใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติโดยจะมีการถ่ายเทอากาศผ่านทางประตู หน้าต่างและช่องระบายอากาศที่อยู่ด้านบนของผนังห้อง ซึ่งประตูและหน้าต่างติดกับทางเดินเชื่อมระหว่างแต่ละห้อง และภายในห้องมีพัดลมติดเพดานจำนวน 2 ตัว และพัดลมตั้งโต๊ะของแต่ละเตียง กิจกรรมภายในห้องเป็นการตรวจรักษาจากเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ การดูแลคนไข้จากญาติและพยาบาล การทำความสะอาดห้องพักในช่วงเช้า (8.00 น. - 9.00 น.) เป็นต้น

รูปที่ 3.2 ลักษณะภายในและภายนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

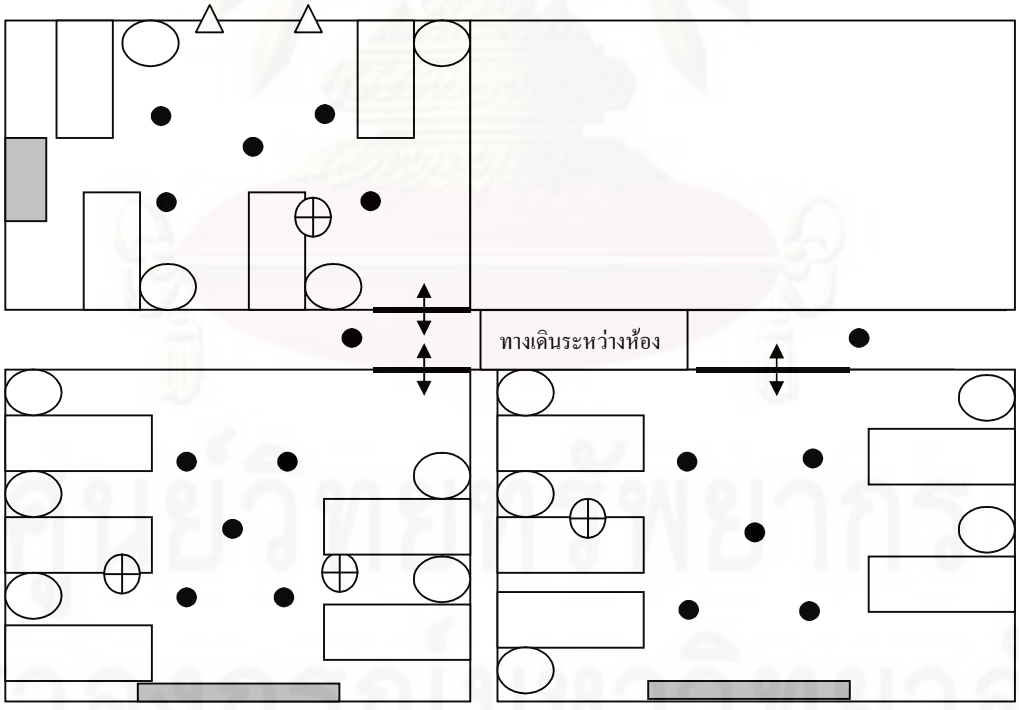


รูปที่ 3.3 แผนผังห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

3.2.2 ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว

หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อมเป็นหอพักผู้ป่วยของแผนกผู้ป่วยในมีทั้งหมด 3 ชั้น ทำการศึกษาในห้องชั้น 3 ของอาคารซึ่งใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวโดยเครื่องปรับอากาศที่ใช้มีทั้งแบบแขวนและแบบตั้งพื้น จำนวน 3 ห้อง ซึ่งเป็นห้องพักคนไข้ขนาด 4-5 เตียง มีการปิดหน้าต่างในช่วงที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศและในบางห้องมีพัดลมดูดอากาศ โดยแต่ละห้องมีประตูที่เปิดออกสู่ทางเดินระหว่างห้อง กิจกรรมภายในห้องเป็นการตรวจรักษาจากเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ การดูแลคนไข้จากญาติและพยาบาล การทำความสะอาดห้องพักในช่วงเช้า (8.00น. - 9.00น.) เป็นต้น

รูปที่ 3.4 ลักษณะภายในและภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว

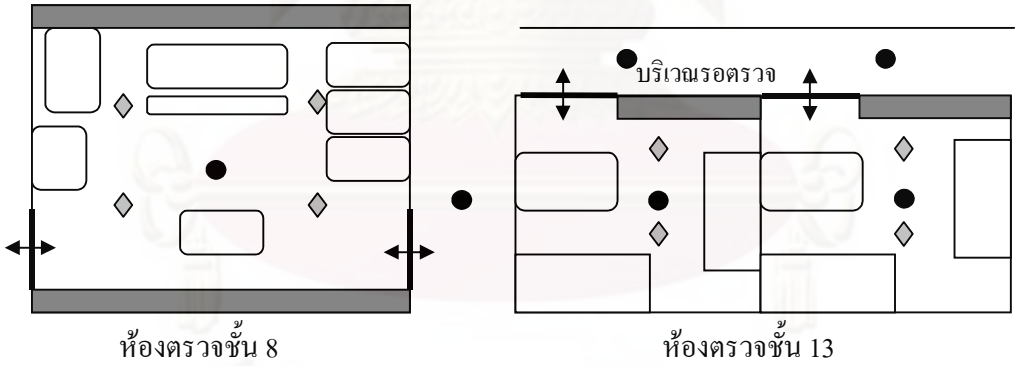


รูปที่ 3.5 แผนผังห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว

3.2.3 ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ตึก ภปร. เป็นหอผู้ป่วยมีที่ทั้งแผนกผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอก มีทั้งหมด 19 ชั้น โดยทำการศึกษาห้องแผนกผู้ป่วยนอกชั้น 8 จำนวน 1 ห้องและชั้น 13 จำนวน 2 ห้อง โดยใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมและเป็นห้องที่ใช้ในการตรวจรักษาโรค โดยภายในห้องมีช่องอากาศของระบบปรับอากาศเข้าและออกที่เพดานของแต่ละห้อง มีประตูเปิดออกสู่บริเวณรอเรียกตรวจด้านนอกห้อง กิจกรรมภายในห้องเป็นการตรวจรักษาผู้ป่วยและการเตรียมเครื่องมือในการตรวจรักษา ส่วนภายนอกห้องเป็นบริเวณรอเรียกตรวจของคนไข้

รูปที่ 3.6 ลักษณะภายในและภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม



รูปที่ 3.7 แผนผังห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

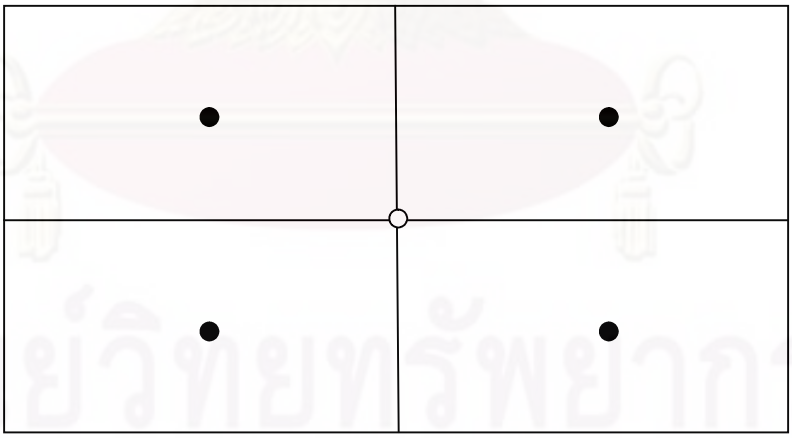
3.3 การดำเนินการทดลอง

เก็บตัวอย่างภายในและภายนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศแตกต่างกัน ได้แก่ ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม โดยเฉพาะในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งแบบเดี่ยวและแบบรวมต้องทำความสะอาดแผงกรองอากาศก่อนเก็บตัวอย่าง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์และฝุ่นละอองที่มีอยู่เดิมในแผงกรองอากาศ

3.3.1 การทดลองเบื้องต้น

(1) การทดลองเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของตำแหน่งตรวจวัดปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์และความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศระหว่างการเก็บตัวอย่างโดยแบ่งพื้นที่เป็น 4 จุดภายในห้อง และการเก็บตัวอย่างบริเวณกึ่งกลางห้อง (รูปที่ 3.5) ดังนี้

- แบ่งพื้นที่ห้องเป็น 4 ส่วนเท่าๆกัน แล้วเก็บตัวอย่างแบคทีเรีย เชื้อราในอากาศและฝุ่นละออง จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างตัวอย่างแบคทีเรีย เชื้อราในอากาศและฝุ่นละอองบริเวณกลางห้อง รวม 5 จุด ภายในห้อง
- ศึกษาความแตกต่างระหว่างผลของค่าเฉลี่ย 4 จุดภายในห้องและผลของการเก็บตัวอย่างกลางห้อง โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ T-Test



● จุดเก็บตัวอย่างบริเวณที่แบ่งเป็น 4 ส่วน

○ จุดเก็บตัวอย่างบริเวณกึ่งกลางห้อง

รูปที่ 3.8 จุดเก็บตัวอย่าง

(2) การทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้เก็บตัวอย่าง โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน ดังนี้

- ทำการเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างแบบชั้นเดียว (Single Stage impactor) ที่อัตราการไหล 28.3 ลิตร/นาที โดยบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ใช้ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างที่ 1, 3, 5, 10 และ 15 นาที บ่มเพาะเชื้อที่ 37°ซ. เป็นเวลา 2 วัน

- นำผลที่ได้ไปเทียบกับค่าที่ยอมรับได้โดยจำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่นับได้ควรอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี/เพลต 90 มม. และจำนวนโคโลนีของเชื้อราที่นับได้ควรอยู่ในช่วง 10-50 โคโลนี/เพลต 90 มม. (ACGIH, 1999 อ้างถึงในยุพรัตน์ หลิมมงคล และคณะ, 2552)

3.3.2 ศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ มีขั้นตอนดังนี้

โดยใช้วิธีของ ASTM E741 ดังนี้

(1) วัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่มีอยู่เดิมภายในห้อง

(2) ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้อง โดยปล่อยจากถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จนความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้อง เท่ากับ 1,000 พีพีเอ็ม แล้วทำการหยุดปล่อยก๊าซ

(3) วัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทุกๆ 1 นาที จนความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นที่มีอยู่เดิม

(4) นำค่าการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเวลาไปคำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ

$$\text{อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ} = \frac{(\ln C_1 - \ln C_2)}{t_2 - t_1} \quad (\text{ชม}^{-1})$$

โดยที่ C_1 = ค่าความเข้มข้นของก๊าซเทรเซอร์ (tracer gas) ที่เวลาเริ่มต้น, พีพีเอ็ม

C_2 = ค่าความเข้มข้นของก๊าซเทรเซอร์ (tracer gas) ที่เวลาสุดท้าย, พีพีเอ็ม

t_1 = เวลาเริ่มต้นที่วัดก๊าซเทรเซอร์ (tracer gas), ชม.

t_2 = เวลาสุดท้ายที่วัดก๊าซเทรเซอร์ (tracer gas), ชม.

3.3.3 ศึกษาความเข้มข้นข้นของฝุ่นละอองในอากาศ

(1) วัดความเข้มข้นของฝุ่นรวม ฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร และฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ด้วยเครื่องวัดความเข้มข้นฝุ่นแบบ Real Time: Portable Dust Monitor (ชนิด GRIMM version 1.100 models 1.108 ประเทศเยอรมนี) ที่อัตราดูดอากาศ 1.2 ลิตรต่อนาที โดยตรวจวัดแบบต่อเนื่อง (Continuous Measurement) ได้ข้อมูลเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองราย 1 นาที แสดงผลผ่านทางคอมพิวเตอร์

(2) ตั้งเครื่องวัดความเข้มข้นฝุ่นให้สูงจากพื้นระยะ 1-1.5 เมตร โดยวัด ณ จุดเดียวกับการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ

รูปที่ 3.9 เครื่องวัดความเข้มข้นฝุ่นแบบ Real time: Portable Dust Monitoring

3.3.4 ปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ

(1) นำเครื่องเก็บตัวอย่างแบบชั้นเดียว (Single Stage impactor) ไปทำการฆ่าเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งอัด (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำไปทำการเก็บตัวอย่าง

(2) บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ ชนิด Blood Agar (BA) สำหรับแบคทีเรีย และชนิด Potato Dextrose Agar (PDA) สำหรับเชื้อรา ในเครื่องเก็บตัวอย่างแต่ละเครื่อง

(3) นำเครื่องเก็บตัวอย่างที่ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อแล้วไปตั้งในห้องที่ศึกษา ตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างในห้องบริเวณกลางห้องและบริเวณภายนอกห้อง ซึ่งบริเวณภายนอกห้อง ได้แก่ บริเวณทางเดินเชื่อมระหว่างห้องและบริวเวณรอเรียกตรวจคนไข้ ดังรูปที่ 3.3, 3.5 และ 3.7 โดยตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างสูงจากพื้นเป็นระยะ 1-1.5 เมตร

(4) ดูดอากาศผ่านเครื่องเก็บตัวอย่างด้วยอัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที และเมื่อเปลี่ยนอาหารเลี้ยงเชื้อให้ทำความสะอาดเครื่องมือด้วย 70% Isopropyl alcohol

(5) นำอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Blood Agar (BA) สำหรับเชื้อแบคทีเรีย ไปบ่มเพาะที่อุณหภูมิ 37 ˚ซเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับและสังเกตลักษณะโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยดูขนาด รูปร่าง ผิว ขอบ สี ความโปร่งใส เนื้อ กลิ่น และการสลายเม็ดเลือดแดง

(6) ทำการย้อมสีแกรมโคโลนีที่เจริญบน Blood agar โดยใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ (loop) เขี่ยเชื้อจากโคโลนี แล้วหยดน้ำกลั่นบนสไลด์ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อเกลี่ย (smear) บนสไลด์ นำสไลด์ไปลนไฟ

จากตะเกียงแอลกอฮอล์ ปล่อยให้แห้งและเย็นตัวลง (heat fix) แล้วหยด ammonium oxalate-crystal violet ลงบนบริเวณที่เกลี่ยไว้ ทิ้งไว้ 1 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำ จนไม่มีสีละลายออกมา หยด Lugol's iodine จนท่วมบริเวณที่เกลี่ยไว้ ทิ้งไว้นาน 1 นาที แล้วล้างออก ทำการเอียงสไลด์แล้วหยด acetone –alcohol ลงไปเหนือบริเวณที่เกลี่ยเรื่อยๆ จนไม่มีสีถูกล้างออกมา ล้างด้วยน้ำอีกครั้ง หยด safranin ให้ท่วมทิ้งไว้นานประมาณ 15-30 วินาที แล้วล้างออก ซับด้วยกระดาษซับเบาๆ ทั้งด้านหน้าและด้านหลังสไลด์จนแห้ง หยดน้ำมันหรือ immersion oil ลงบริเวณที่เกลี่ยแบคทีเรียไว้แล้ว ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้หัวกำลังขยาย 100 เท่า (oil immersion objective lens) เพื่อสังเกต รูปร่าง ขนาด การเรียงตัว การติดสีแกรมของแบคทีเรียที่ปรากฏ และบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายรูป

(7) นำอาหารเลี้ยงสำหรับเชื้อราชนิด Potato Dextrose Agar (PDA) ไปบ่มเพาะที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยนับจำนวนโคโลนีที่ปรากฏทุกๆ วัน และบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายรูป

รูปที่ 3.10 เครื่องมือการเก็บตัวอย่างแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ (Single Stage Impactor)

(8) การคำนวณค่า correction factor เนื่องจากการทำงานของ Single Stage Impactor คือ การดูดอากาศผ่านรูทั้งหมด 400 รู ทางด้านอากาศเข้าของเครื่อง Single Stage Impactor โดยจุลินทรีย์ในอากาศจะผ่านรูทางอากาศเข้าแล้วตกลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่บรรจุอยู่ด้านในเครื่องมือ ซึ่งในการดูดอากาศผ่านรูอาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์มากกว่า 1 โคโลนีผ่านและตกลงในรูเดียวกันแต่มีโคโลนีเดียวที่ปรากฏ เนื่องจากเกิดการตกทับกันของจุลินทรีย์ในรูเดียวกัน จึงต้องใช้ค่า correction factor ปรับแก้เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับปริมาณของจุลินทรีย์จริงมากที่สุด ดังสมการ (Hind, 1999 อ้างถึงในกฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548)

$$n_c = n_f \left(\frac{1.075}{1.052 - f} \right)^{0.483} \quad \text{For } f<0.95$$

$$f = \frac{n_f}{N_j}$$

โดย n_c คือ ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ หน่วย CFU/m^3

n_f คือ จำนวนโคโลนีที่นับได้จากจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

N_j คือจำนวนรูทั้งหมดของ Impactor เท่ากับ 400

3.3.5 สำรวจปัจจัยอื่นๆ

วัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ณ จุดที่เก็บตัวอย่าง บักทึกข้อมูลของจำนวนคนและกิจกรรมภายในห้องในช่วงเดียวกันกับการเก็บตัวอย่าง และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของการระบายอากาศ ลักษณะและขนาดของห้อง

3.4 วิเคราะห์ผล

(1) ศึกษาปริมาณของเชื้อแบคทีเรีย เชื้อราและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายนอกห้องและภายในห้อง โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวณ (ANOVA)

(2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองกับความหนาแน่นของคนภายในห้อง ความเร็วลมภายในห้องและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ โดยใช้สถิติการวิเคราะห์การถดถอย (Linear regression)

(3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศกับความหนาแน่นของคนภายในห้อง ความเร็วลมภายในห้อง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ โดยใช้สถิติการวิเคราะห์การถดถอย (Linear regression)

(4) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศกับความเข้มข้นของฝุ่นละอองโดยใช้สถิติการวิเคราะห์การถดถอย (Linear regression)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรในงานวิจัย

ตัวแปรอิสระ	ค่าที่ใช้ในการทดลอง
- ประเภทการระบายอากาศ	- ห้องที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางกล ➢ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (Single Air Unit) จำนวน 3 ห้อง ➢ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (Central Air Unit) จำนวน 3 ห้อง - ห้องที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติจำนวน 3 ห้อง
- ช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง	- เก็บตัวอย่างใน 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเช้า ช่วงเที่ยง ช่วงบ่าย
- ปริมาณแบคทีเรียในอากาศ	- Plate Count Method
- ปริมาณเชื้อราในอากาศ	- Plate Count Method
- อัตราการระบายอากาศ	- Concentration Decay Method (คาร์บอนไดออกไซด์)
- ความเข้มข้นของฝุ่นละออง	- เครื่องมือวัดความเข้มข้นของฝุ่นแบบต่อเนื่อง (Real time: Portable Dust Monitoring)
ตัวแปรตาม	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์/เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์
- อุณหภูมิ	- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- ความชื้นสัมพัทธ์	- ไฮโกรมิเตอร์ (Hygrometer)
- ความเร็วลม	- Hot wire anemometer

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.11 แผนภูมิการเก็บตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การทดลองเบื้องต้น

4.1.1 การทดลองเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของตำแหน่งตรวจวัดปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์และความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศในบริเวณการเก็บตัวอย่างแตกต่างกัน

ในงานวิจัยได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณของเชื้อแบคทีเรีย เชื้อราและความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศระหว่างการเก็บตัวอย่างโดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 จุดภายในห้อง และการเก็บตัวอย่างบริเวณกึ่งกลางห้อง และทำการหาความแตกต่างโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราระหว่างการเก็บตัวอย่างโดยแบ่งพื้นที่เป็น 4 จุดภายในห้อง และการเก็บตัวอย่างบริเวณกึ่งกลางห้อง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.576 และ Sig. = 0.276) เมื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศ พบว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.475, Sig. = 0.717 และ Sig. = 0.910) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกทำการเก็บตัวอย่างในบริเวณกลางห้อง

4.1.2 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ

ในการวิจัยได้ทำการทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการใช้เก็บตัวอย่าง โดยทั่วไปการเก็บตัวอย่างเพื่อประเมินความเข้มข้นของละอองชีวภาพในอากาศตาม NIOSH Method No. 0800 ได้กำหนดเวลาการเก็บตัวอย่างไว้ที่ 10 นาที ซึ่งอาจมีการปรับตามความเหมาะสมของแต่ละสถานที่เก็บตัวอย่าง หากเก็บตัวอย่างเป็นเวลานานทำให้เกิดการรับตัวอย่างมากเกินไป มีโอกาสเกิดการกระเด็นกลับเข้าสู่กระแสอากาศ ทำให้จุลินทรีย์นั้นหลุดออกไปกับช่องทางออกของอากาศ โดยไม่ตกกระทบลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ถ้าการเก็บตัวอย่างที่ใช้เวลามากหรือน้อยเกินไป ล้วนแต่ส่งผลถึงปริมาณของจุลินทรีย์คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงโดยจำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่นับได้ควรอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี/เพลต 90 มม. และจำนวนโคโลนีของเชื้อราที่นับได้ควรอยู่ในช่วง 10-50 โคโลนี/เพลต 90 มม. (ACGIH, 1999 อ้างถึงในยุพรัตน์ หลิมมงคล และคณะ, 2552) จึงได้ทำ

การทดลองเก็บตัวอย่างภายในห้องของโรงพยาบาลในระยะเวลาที่ต่างกัน โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.1 จำนวนโคโลนีและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียจำแนกตามระยะเวลาที่ต่างกัน

ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (นาที)	ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีเชื้อแบคทีเรีย (โคโลนี/เพลต)	ค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อแบคทีเรีย (โคโลนี/ลบ.ม.)
1	7.0	247.4
3	32.5	382.8
5	41.0	289.8
10	47.0	166.1
15	47.5	111.9

จากผลการทดลอง พบว่า ที่ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างเท่ากับ 3 นาที มีค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย เท่ากับ 32.5 โคโลนี/เพลต ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่กำหนดไว้ที่ 25-250 โคโลนี/เพลต และมีค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด (382.8 โคโลนี/ลบ.ม.) เมื่อเทียบกับระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอื่น

ตารางที่ 4.2 จำนวนโคโลนีและปริมาณของเชื้อราจำแนกตามระยะเวลาที่ต่างกัน

ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (นาที)	ค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อรา (โคโลนี/เพลต)	ค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อแบคทีเรีย (โคโลนี/ลบ.ม.)
1	3.5	123.7
3	14.0	164.9
5	19.5	137.8
10	24.5	86.6
15	29.5	69.5

จากผลการทดลอง พบว่า ที่ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างเท่ากับ 3 นาที มีค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีของเชื้อรา เท่ากับ 14.0 โคโลนี/เพลต ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่กำหนดไว้ที่ 10-50

โคโลนี/เพลต และมีค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด (164.9 โคโลนี/ลบ.ม.) เมื่อเทียบกับระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอื่น

4.2 ปัจจัยทางกายภาพภายในห้องจำแนกตามระบบระบายอากาศ

การศึกษานี้ได้สนใจปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ ความหนาแน่นของคนภายในห้องและความเร็วลมภายในห้อง โดยผลการศึกษา พบว่า ห้องที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องสูงที่สุด (31.58°ซ, 56.9%) เนื่องจากเป็นห้องที่ไม่มีการปรับอากาศทำให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่แตกต่างจากภายนอกห้อง (31.71°ซ, 62.78%) ส่วนในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล ซึ่งมีการปรับอากาศภายในห้องเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมต่อความรู้สึกสบายของคนภายในห้อง ทำให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (23.83-25.24°ซ, 33.15-33.43%) มีค่าต่ำกว่าภายนอกห้อง (30.18-30.26°ซ, 54.67-65.50%) และเมื่อเทียบกับข้อกำหนดของ Centers for Disease Control-CDC (2003) ที่กำหนดว่า อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศควรมีค่าอยู่ในช่วง 21-24 °ซ. และความชื้นสัมพัทธ์ควรอยู่ในช่วง 30-60 % พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่กำหนด ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าอุณหภูมิเกินช่วงที่กำหนดเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งแบบเดี่ยวและแบบรวมมีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด ในด้านของความหนาแน่นของคน พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีความหนาแน่นของคนภายในห้องมากที่สุด (0.28 คน/ตร.ม.) เนื่องจากห้องพักผู้ป่วยรวมที่มีผู้ป่วยและญาติผู้ป่วยอยู่ภายในห้อง นอกจากนั้นยังมีเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ที่เข้าไปทำการตรวจรักษาและดูแลผู้ป่วยภายในห้อง ผลการศึกษาความเร็วลม พบว่า ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีความเร็วลมภายในห้องมากที่สุด (0.35±0.09 ม./วินาที) เนื่องจากเป็นห้องเปิด ทำให้ลมภายในห้องเป็นลมที่มาจากพัดมาจากภายนอกห้อง นอกจากนั้นยังมาจากการเปิดพัดลมติดเพดานและพัดลมตั้งโต๊ะ เป็นต้น รองลงคือห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (0.07±0.01 ม./วินาที) เนื่องจากลมภายในห้องเกิดจากพัดลมเครื่องปรับอากาศและการเปิดพัดลมเพดานในบางช่วงเวลา และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมเป็นห้องที่มีความเร็วลมภายในห้องน้อยที่สุด เนื่องจากลมภายในห้องเกิดจากพัดลมของเครื่องปรับอากาศผ่านช่องอากาศในฝ้าเพดาน ทำให้ความเร็วลมภายในห้องมีค่าน้อยที่สุด (0.02±0.01 ม./วินาที) ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 ปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ภายนอกห้อง

ระบบระบายอากาศ	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ±ค่าความแปรปรวน (°ซ)	ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ ±ค่าความแปรปรวน (%)
ทางธรรมชาติ	32.04± 1.09	62.78±4.60
ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว	30.18± 0.92	54.67± 8.92
ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม	24.95± 0.41	43.53± 1.81

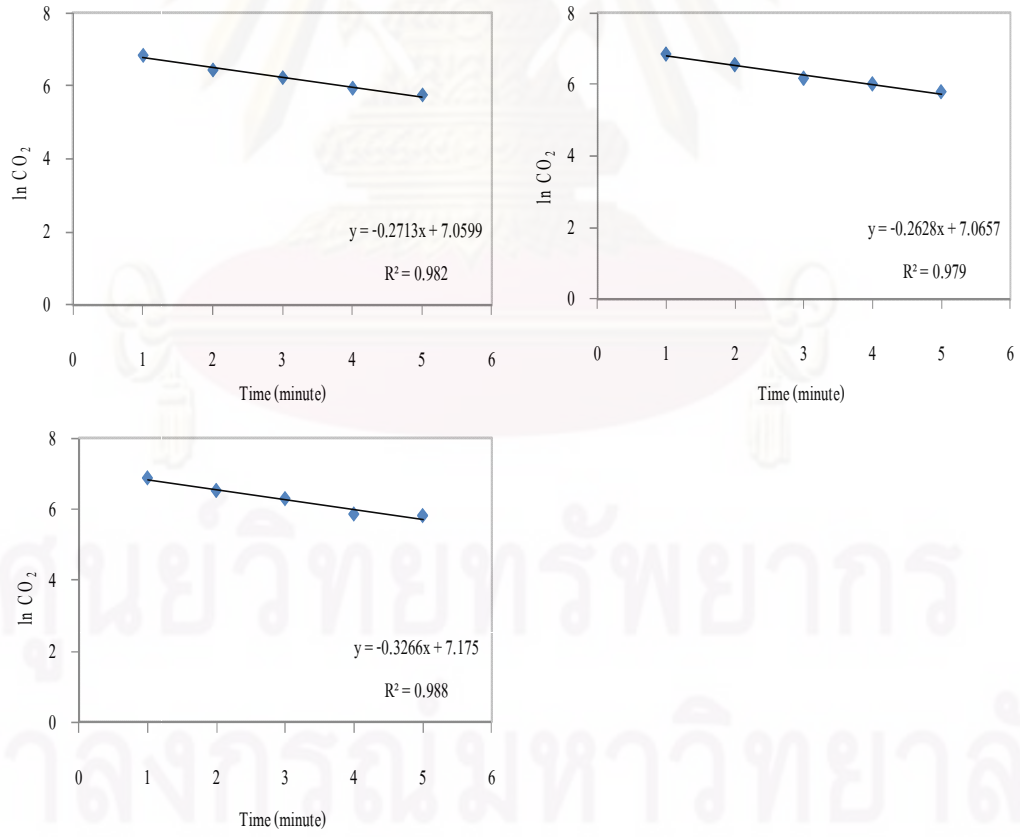
ตารางที่ 4.4 ปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ภายในห้อง

ระบบระบายอากาศ	ทาง ธรรมชาติ	ทางกล-ปรับ อากาศแบบเดี่ยว	ทางกล-ปรับ อากาศแบบรวม
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ±ค่าความแปรปรวน (°ซ)	31.58±0.11	25.24±0.38	23.83±0.37
ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ ±ค่าความแปรปรวน (%)	56.90±3.44	33.43±2.23	35.13±2.04
ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของคนภายในห้อง ±ค่าความแปรปรวน (คน/ตร.ม.)	0.20±0.11	0.28±0.1	0.16±0.1
ความเร็วลม ±ค่าความแปรปรวน (ม./วินาที)	0.35±0.09	0.07±0.01	0.02±0.01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

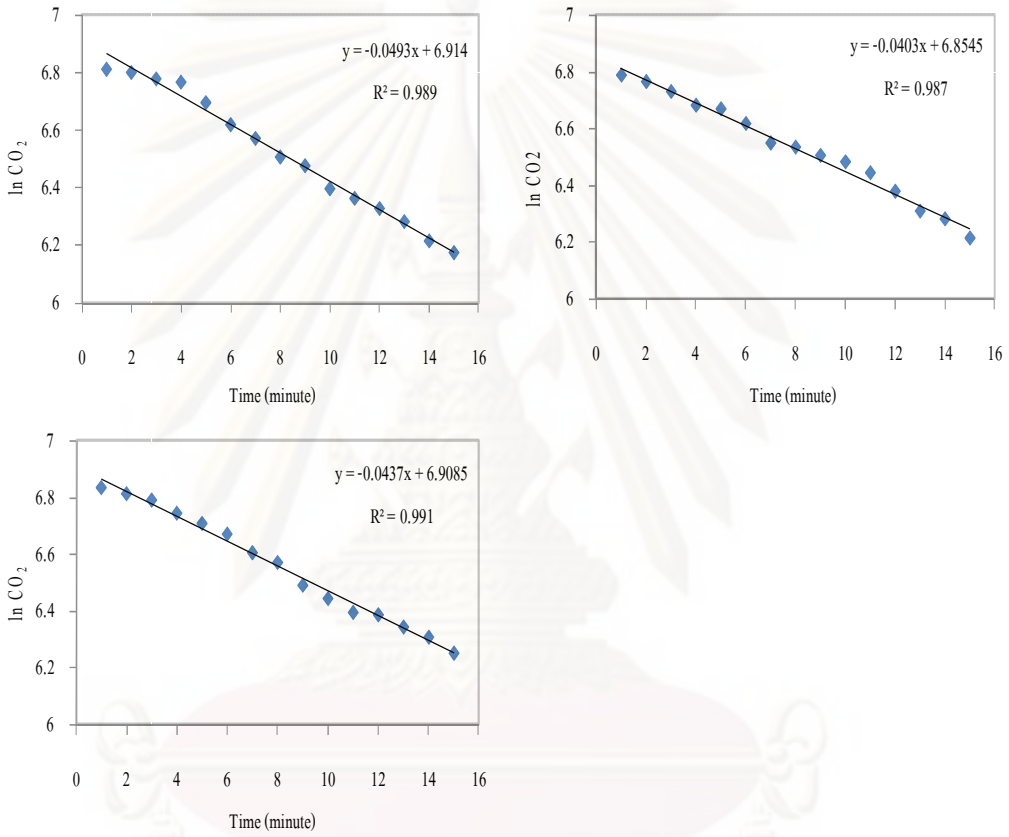
4.3 อัตราการระบายอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศ

การศึกษาอัตราการระบายอากาศหรืออัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบการระบายอากาศแตกต่างกัน โดยในแต่ละห้องจะมีอัตราการระบายอากาศแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับระบบระบายอากาศ ลักษณะของห้อง กิจกรรมภายในห้อง เช่น การเปิด-ปิดประตูหรือหน้าต่าง การเปิดและปิดพัดลมระบายอากาศล้วนแต่ส่งผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนอากาศทั้งสิ้น โดยอัตราแลกเปลี่ยนอากาศจะพิจารณาจากค่าความชันของอัตราการลดลงของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยเข้าไปในห้องต่อระยะเวลาที่ก๊าซลดลงตามมาตรฐานของ ASTM E741 จะเห็นว่าห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติใช้เวลาในการลดลงเร็วกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งแบบเดี่ยวและแบบรวม เนื่องห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติเป็นห้องเปิดจึงเกิดการถ่ายเทอากาศได้ดีกว่า ทำให้ก๊าซที่ปล่อยเข้าไปในห้องลดลงได้เร็วกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศซึ่งเป็นห้องปิดโดยก๊าซที่ลดลงส่วนใหญ่จะเป็นผลมาจากการเปิดและปิดประตูในขณะที่มีการเดินเข้า-ออกห้องโดยห้องที่ใช้การระบายอากาศแบบเดียวกันจะมีกิจกรรมต่างๆ ที่ใกล้เคียงกัน



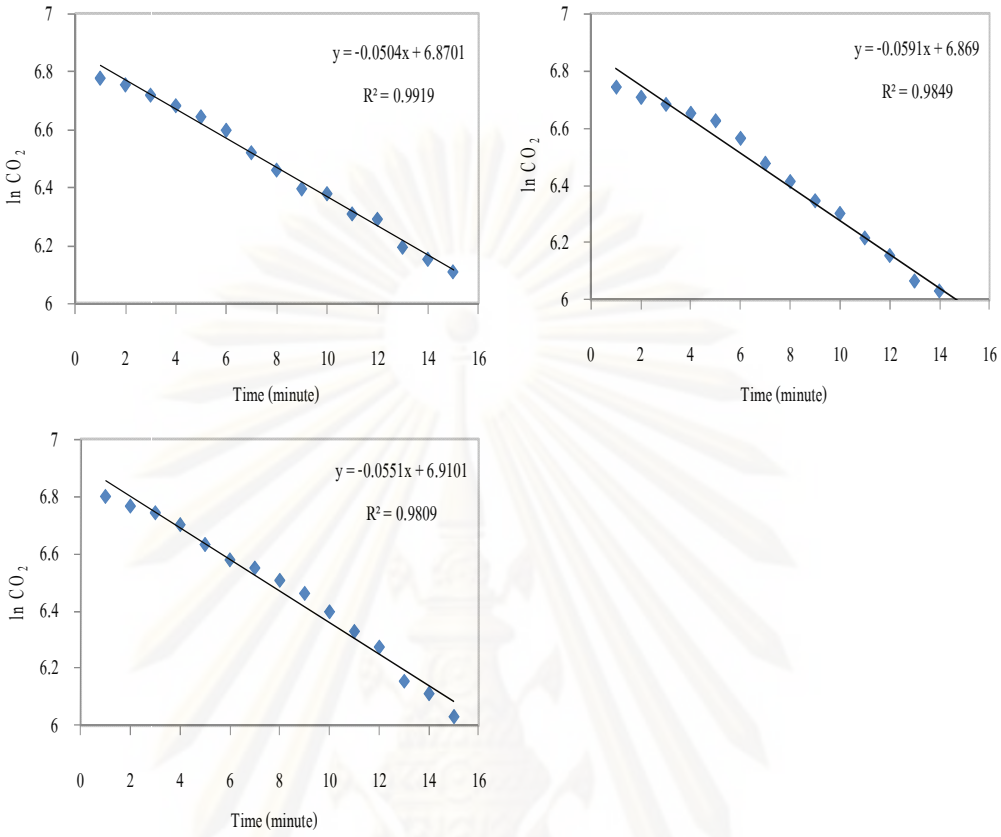
รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเวลาของห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

การศึกษาอัตราแลกเปลี่ยนอากาศของห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติโดยพิจารณาจากค่าความชันของกราฟในรูปที่ 4.1 ซึ่งแต่ละกราฟเป็นผลการศึกษาของแต่ละห้อง ทั้งหมด 3 ห้อง พบว่า มีความชันของกราฟเท่ากับ 0.2713, 0.2628 และ 0.3266 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเทียบเป็นอัตราแลกเปลี่ยนอากาศที่มีหน่วยเป็น ชม$^{-1}$ จะได้อัตราแลกเปลี่ยนอากาศ เท่ากับ 16.27 ชม$^{-1}$, 15.77 ชม$^{-1}$ และ 19.60 ชม$^{-1}$ตามลำดับ



รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเวลาของห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)

การศึกษาอัตราแลกเปลี่ยนอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว พบว่า มีความชันของกราฟเท่ากับ 0.0493, 0.0403 และ 0.0437 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเทียบเป็นอัตราแลกเปลี่ยนอากาศจะได้อัตราแลกเปลี่ยนอากาศ เท่ากับ 2.958 ชม$^{-1}$, 2.418 ชม$^{-1}$ และ 2.622 ชม$^{-1}$ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าห้องแรกมีอัตราแลกเปลี่ยนอากาศมากกว่าห้องอื่นๆ เนื่องจากห้องดังกล่าวจะมีการเปิดพัดลมระบายอากาศ ทำให้อากาศภายในห้องมีการระบายออกสู่ภายนอกห้องมากกว่าห้องอื่นที่ไม่มีพัดลมระบายอากาศ โดยกิจกรรมต่างๆ ของแต่ละห้องมีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น การเปิด-ปิดประตู เป็นต้น เนื่องจากเป็นห้องพักผู้ป่วยเหมือนกัน



รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเวลาของห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)

การศึกษาอัตราแลกเปลี่ยนอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว พบว่า มีความชันของกราฟเท่ากับ 0.0504, 0.0591 และ 0.0551 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเทียบเป็นอัตราแลกเปลี่ยนอากาศจะได้อัตราแลกเปลี่ยนอากาศ เท่ากับ 3.024 ชม$^{-1}$, 3.546 ชม$^{-1}$ และ 3.306 ชม$^{-1}$ตามลำดับ โดยห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีลักษณะการระบายอากาศใกล้เคียงกัน ดังนั้นความแตกต่างของอัตราแลกเปลี่ยนอากาศส่วนใหญ่จะมาจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้องดังกล่าว เช่น การเปิด-ปิดประตูห้อง การเดินเข้า-ออกห้อง เป็นต้น

จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นว่า ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยอัตราแลกเปลี่ยนอากาศมากที่สุด (17.21±1.80 ชั่วโมง$^{-1}$) เนื่องจากเป็นห้องเปิดทำให้อากาศจากภายนอกสามารถเข้ามาภายในห้องและถ่ายเทออกนอกห้องได้ดี รองลงมาคือห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (3.29±0.25ชั่วโมง$^{-1}$) ซึ่งเป็นห้องที่มีช่องอากาศเข้าและออกของระบบปรับอากาศภายในห้องทำให้มีการหมุนเวียนอากาศจากภายในห้องออกสู่ภายนอกห้อง และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าเฉลี่ยอัตราแลกเปลี่ยนอากาศน้อยที่สุด (2.67± 0.24 ชั่วโมง$^{-1}$) เนื่องจากเป็นห้อง

ปิดที่มีพัดลมระบายอากาศในบางห้องเท่านั้น ดังนั้นการถ่ายเทอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวส่วนใหญ่มาจากการเปิด-ปิดประตู ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 อัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้อง

ระบบระบายอากาศ	ค่าเฉลี่ยอัตราแลกเปลี่ยนอากาศ±ค่าความแปรปรวน (ชั่วโมง$^{-1}$)
ทางธรรมชาติ	17.21±1.80
ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว	2.67± 0.24
ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม	3.29±0.25

เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราแลกเปลี่ยนอากาศกับค่ามาตรฐานทั้งของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยและ ASHRAE standard 62-1999 พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมที่เป็นห้องตรวจคนไข้ และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวที่เป็นห้องพักคนไข้มีค่าอัตราแลกเปลี่ยนอากาศต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด (6.00 ชั่วโมง$^{-1}$) ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 อัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องเทียบกับค่ามาตรฐาน

ระบบระบายอากาศ	มาตรฐานอัตราแลกเปลี่ยนอากาศ (ชั่วโมง$^{-1}$)*	ค่าเฉลี่ยอัตราแลกเปลี่ยนอากาศ ±ค่าความแปรปรวน (ชั่วโมง$^{-1}$)
ทางธรรมชาติ	-	17.21±1.80
ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว (ห้องพักคนไข้)	6.00	2.67± 0.24
ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม (ห้องตรวจคนไข้)	6.00	3.29±0.25

*มาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยและ ASHRAE standard 62-1999

4.4 ความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามระบบระบายอากาศ

การศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละออง ได้แก่ ฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate-TSP) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (Particulate Matter 10 microns-PM10) และฝุ่นละอองขนาด

ไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate Matter 2.5 microns-PM2.5) ของห้องที่ใช้การระบายอากาศแตกต่างกันทั้งภายในห้องและภายนอกห้อง โดยฝุ่นละอองส่วนใหญ่ที่แขวนลอยภายในห้องมาจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นภายในห้องเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้อง เช่น การเดินเข้าและออกของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ ผู้ป่วย ญาติผู้ป่วย การดึงผ้าม่าน เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีฝุ่นจากภายนอกอาคาร เช่น การก่อสร้าง การจราจร และฝุ่นดินที่มาจากการพัดพาของลมเข้ามาภายในห้องที่ผ่านเข้าทางช่องเปิดของห้อง เช่น ประตู หน้าต่าง และช่องเปิดระบายอากาศ เป็นต้น

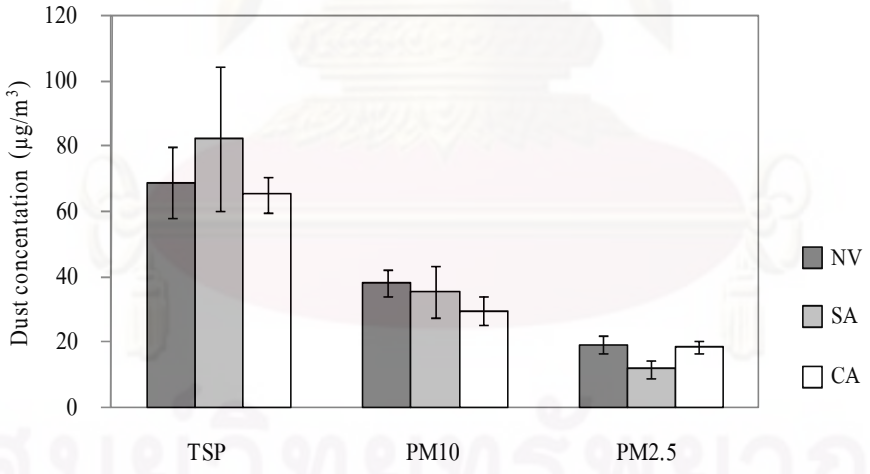
ผลจากการศึกษา พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมบริเวณภายนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ มีค่าเท่ากับ 68.7±10.9 มคก./ลบ.ม. ภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว มีค่าเท่ากับ 82.5±22.1 มคก./ลบ.ม. และบริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม มีค่าเท่ากับ 65.3±5.5 มคก./ลบ.ม. และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน บริเวณภายนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ เท่ากับ 38.0±4.1 มคก./ลบ.ม. ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว เท่ากับ 35.4±8.1 มคก./ลบ.ม. และบริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม มีค่าเท่ากับ 29.6±4.3 มคก./ลบ.ม. และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน บริเวณภายนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ เท่ากับ 19.3±2.9 มคก./ลบ.ม. ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว มีค่าเท่ากับ 11.7±2.7 มคก./ลบ.ม. และภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม เท่ากับ 18.5±1.7 มคก./ลบ.ม. ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ภายนอกห้อง

ระบบระบายอากาศ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละออง±ค่าความแปรปรวน (มคก./ลบ.ม.)		
	ฝุ่นละอองรวม	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน
ทางธรรมชาติ	68.7±10.9	38.0±4.1	19.3±2.9
ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว	82.5±22.1	35.4±8.1	11.7±2.7
ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม	65.3±5.5	29.6±4.3	18.5±1.7

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายนอกห้อง พบว่า บริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (Single Air-conditioned Unit-SA) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมมากกว่าทั้งห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.046) เนื่องจากบริเวณภายนอก

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวเป็นทางเดินระหว่างห้องพักผู้ป่วยที่มีผู้คนเดินไป-มา จึงอาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองและอาจมีฝุ่นละอองที่มาจากการก่อสร้างในบริเวณใกล้เคียงอีกด้วย และบริเวณนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ (Natural Ventilation-NV) มีค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มากกว่าห้องที่การระบายอากาศแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.016 และ Sig. = 0.000) อาจเนื่องจากได้รับผลของฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไปภายนอกอาคารและการก่อสร้างในบริเวณใกล้เคียง เมื่อพิจารณาเฉพาะบริเวณนอกห้องปรับอากาศ พบว่า บริเวณนอกห้องที่ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มากกว่าบริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.000) สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม เนื่องจากกลไกการเกิดฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน เป็นกลไกทางกลเหมือนกัน (ปุญญานิช บริเวธานันท์, 2549) แต่กลับพบว่าบริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม มีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.000) ดังรูปที่ 4.4 เนื่องจากอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมอยู่บริเวณที่มีการจราจร



รูปที่ 4.4 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองบริเวณภายนอกห้อง

การศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้อง พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ มีค่าเท่ากับ 65.4± 8.9 มคก./ลบ.ม. ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าเท่ากับ 58.8±3.6 มคก./ลบ.ม. และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม มีค่าเท่ากับ 46.3±6.2 มคก./ลบ.ม. และความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10

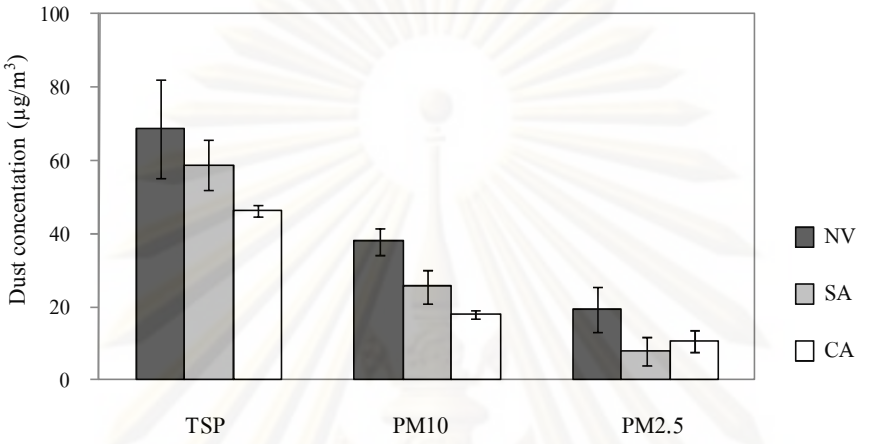
ไมครอน ภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ มีค่าเท่ากับ 36.7±6.8 มคก./ลบ.ม. ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว มีค่าเท่ากับ 25.6±4.5 มคก./ลบ.ม. และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม มีค่าเท่ากับ 17.9±4.0 มคก./ลบ.ม. และความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ มีค่าเท่ากับ 17.1±1.6 มคก./ลบ.ม. ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว มีค่าเท่ากับ 7.9±1.1 มคก./ลบ.ม. และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม มีค่าเท่ากับ 10.7±3.1 มคก./ลบ.ม. ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ภายในห้อง

ระบบระบายอากาศ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละออง±ค่าความแปรปรวน (มคก./ลบ.ม.)		
	ฝุ่นละอองรวม	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน
ทางธรรมชาติ	65.4± 8.9	36.7±6.8	17.1±1.6
ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว	58.8±3.6	25.6±4.5	7.9±1.1
ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม	46.3±6.2	17.9±4.0	10.7±3.1

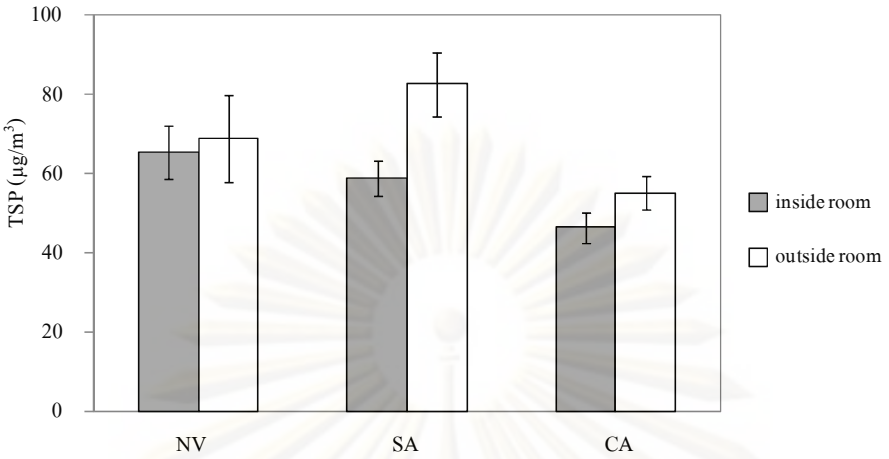
การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้อง จากรูปที่ 4.5 พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีค่ามากกว่าห้องที่ใช้การระบายอากาศแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.000, Sig. = 0.000 และ Sig. = 0.000) เนื่องจากเป็นห้องเปิดทำให้มีลมจากภายนอกพัดเอาฝุ่นละอองจากภายนอกเข้ามาภายในห้อง ซึ่งต่างจากห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศที่ฝุ่นละอองส่วนใหญ่มาจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองภายในห้อง และเมื่อพิจารณาเฉพาะในห้องปรับอากาศ พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.000) เนื่องจากห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวเป็นห้องพักคนไข้ ซึ่งมีกิจกรรมต่างๆ ที่ส่งผลให้เกิดการฟุ้งการกระจายของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน เช่น การดึงผ้าม่าน การเดินเข้า-ออกของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์และญาติผู้ป่วย เป็นต้น ซึ่งต่างจากห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งเป็นห้องตรวจคนไข้ จึงมีเพียงการเดินเข้า-ออกของคนไข้เท่านั้น ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองน้อย แต่เมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน

มากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.000) เนื่องจากห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมตั้งอยู่ใกล้กับถนนที่มีการจราจรหนาแน่นซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน

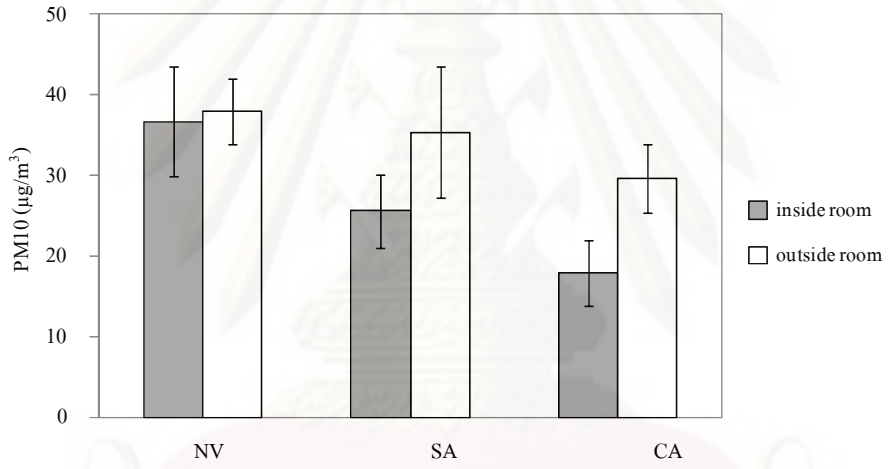


รูปที่ 4.5 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้อง

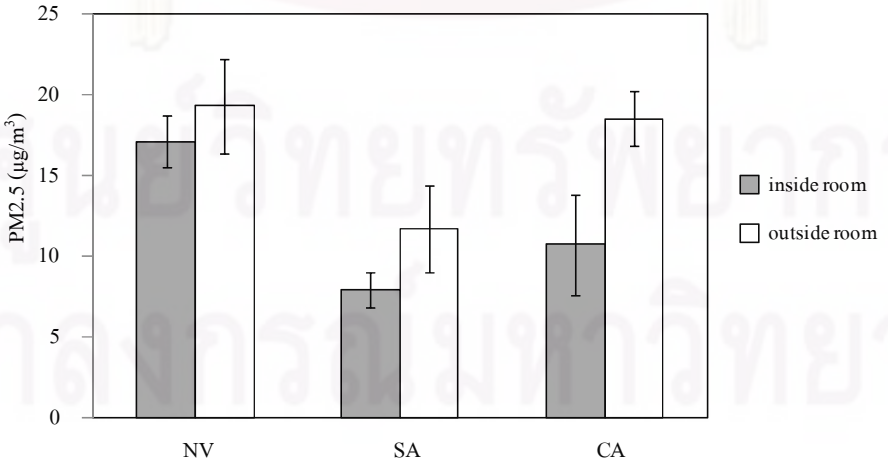
เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องกับภายนอกห้อง พบว่า ค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองทั้งฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน บริเวณภายนอกห้องมากกว่าภายในห้อง นอกจากนั้น พบว่า บริเวณภายนอกห้องมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองสูง จะเห็นว่าบริเวณภายในห้องดังกล่าวมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองสูงด้วย แสดงว่า ฝุ่นละอองภายนอกห้องสามารถแพร่กระจายเข้าสู่ภายในห้องได้ แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นฝุ่นละอองทั้งฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน บริเวณภายในและภายนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.497, Sig. = 0.623 และ Sig.= 0.069) เนื่องจากห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติเป็นห้องเปิดทำให้อากาศภายในและภายนอกห้องมีการถ่ายเทระหว่างกัน ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งแบบเดี่ยวและแบบรวมมีค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองทั้งฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน บริเวณภายนอกและภายในห้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว; Sig.= 0.006, Sig. = 0.006 และ Sig.= 0.001), (ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม; Sig.= 0.000, Sig. = 0.000 และ Sig.= 0.000) ดังรูปที่ 4.6, 4.7 และ 4.8 เนื่องจากห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศเป็นห้องปิด ห้องทำให้ฝุ่นละอองภายนอกห้องไม่สามารถเข้าภายในห้องได้



รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมภายในและภายนอกห้อง



รูปที่ 4.7 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในและภายนอกห้อง



รูปที่ 4.8 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกห้อง

การพิจารณาสัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อฝุ่นละอองขนาดใหญ่ จากตารางที่ 4.9 พบว่า บริเวณภายนอกห้องมีค่าสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม (PM10/TSP) อยู่ในช่วง 0.43 - 0.56 และสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละออง (PM2.5/TSP) อยู่ในช่วง 0.15 - 0.29 และสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM2.5/PM10) มีค่าอยู่ในช่วง 0.34-0.63 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าภายนอกอาคารทั่วไปโดยงานวิจัยของ สมานชัย เลิศกมลวิทย์ (2543) พบว่า สัดส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศทั่วไปของกรุงเทพมหานคร มีค่าเท่ากับ 0.60-0.74 เนื่องจากการปิดกั้นของอาคารทำให้ฝุ่นละขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ที่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกอาคารเป็นส่วนใหญ่สามารถแพร่กระจายเข้ามาภายในอาคารได้น้อย

ตารางที่ 4.9 สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อฝุ่นละอองขนาดใหญ่ภายนอกห้อง

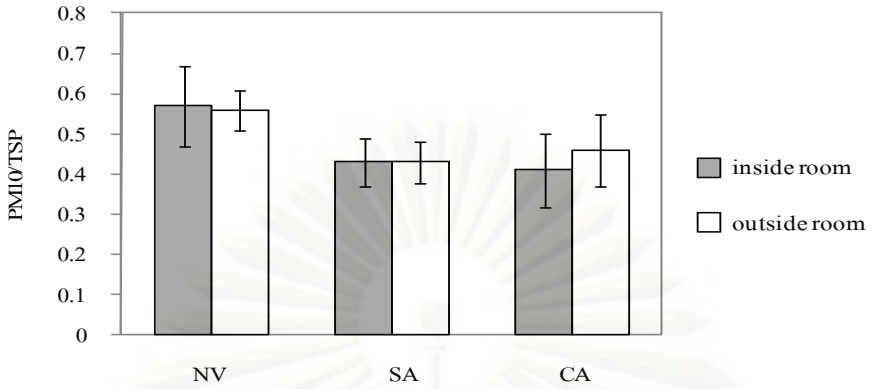
ระบบระบายอากาศ	สัดส่วนฝุ่นละออง±ค่าความแปรปรวน		
	สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม	สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม	สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน
ทางธรรมชาติ	0.56±0.05	0.28±0.04	0.51±0.05
ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว	0.43±0.05	0.15±0.05	0.34±0.09
ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม	0.46±0.01	0.29±0.04	0.63±0.09

ผลการศึกษาสัดส่วนของฝุ่นละอองภายในห้อง ได้แก่ สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม และสัดส่วนของฝุ่นละอองไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่า สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม ภายในห้องมีค่าอยู่ในช่วง 0.41-0.57 และสัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม ภายในห้องมีค่าอยู่ในช่วง 0.14-0.27 และสัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีค่าอยู่ในช่วง 0.32-0.58 ดังตารางที่ 4.10

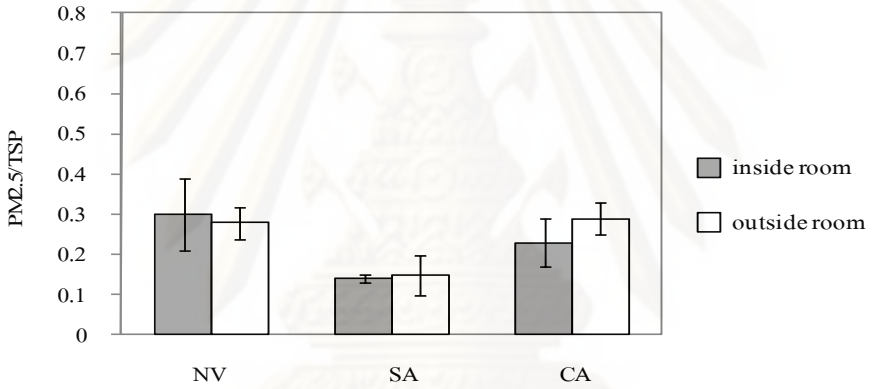
ตารางที่ 4.10 สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อฝุ่นละอองขนาดใหญ่ภายในห้อง

ระบบระบายอากาศ	สัดส่วนฝุ่นละออง±ค่าความแปรปรวน		
	สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม	สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม	สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน
ทางธรรมชาติ	0.57±0.10	0.27±0.04	0.48±0.08
ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว	0.43±0.06	0.14±0.01	0.32±0.05
ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม	0.41±0.05	0.23±0.06	0.58±0.15

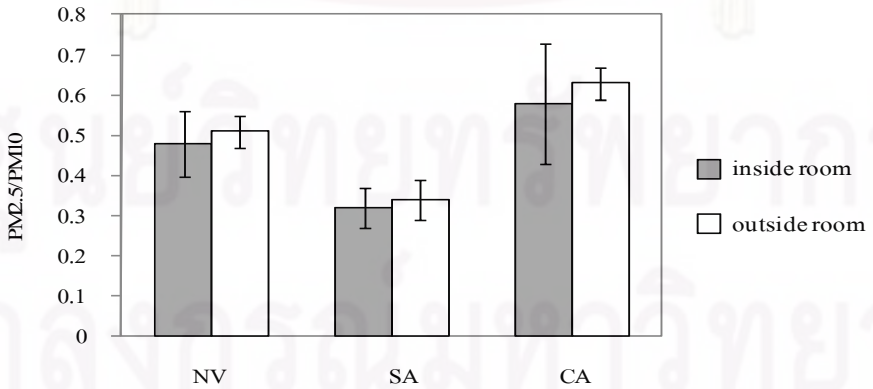
การเปรียบเทียบสัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อฝุ่นละอองขนาดใหญ่ภายนอกและภายในห้อง ได้แก่ สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม และสัดส่วนของฝุ่นละอองไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ภายนอกและภายในห้อง พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากทั้งภายนอกและภายในห้องอยู่ในอาคารเดียวกัน จึงได้รับผลจากแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อฝุ่นละอองขนาดใหญ่ของห้องที่ใช้ระบบการระบายอากาศแต่ละประเภท พบว่า ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีสัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวมมากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งแบบเดี่ยวและแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.000) เนื่องจากห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติเป็นห้องเปิดทำให้ฝุ่นละอองจากภายนอกอาคารสามารถเข้ามาภายในอาคารได้มากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งแบบเดี่ยวและแบบรวม ดังรูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10 เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าสัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวมมากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.000) ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.11 ที่พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าสัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.000) เนื่องจากห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมอยู่ใกล้กับบริเวณที่มีการจราจรซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว



รูปที่ 4.9 สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม ภายนอกและภายในห้อง



รูปที่ 4.10 สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม ภายนอกและภายในห้อง



รูปที่ 4.11 สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายนอกและภายในห้อง

4.5 ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศ

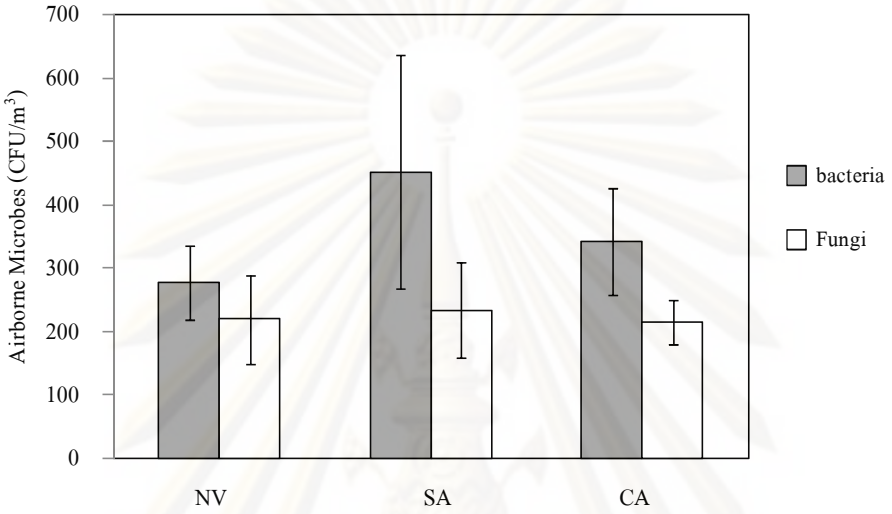
การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ ได้แก่ เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศทั้งภายนอกและภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศในแต่ละบริเวณและใช้ในการพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อรารวมทั้งการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเพื่อพิจารณาคุณภาพอากาศที่เหมาะสมในบริเวณดังกล่าว โดยผลการศึกษา พบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว เท่ากับ 435.2± 168.4 โคโลนี/ลบ.ม. ภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศ เท่ากับ 344.9±65.9 โคโลนี/ลบ.ม. และบริเวณภายนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศ เท่ากับ 278.1± 59.0 โคโลนี/ลบ.ม. ส่วนปริมาณเชื้อราในอากาศภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว เท่ากับ 234.4±75.3 โคโลนี/ลบ.ม. และภายนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีปริมาณเชื้อราในอากาศ เท่ากับ 219.1± 69.2 โคโลนี/ลบ.ม. และบริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีปริมาณเชื้อแบคทีเรีย เท่ากับ 215.3±33.9 โคโลนี/ลบ.ม. ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกห้อง

ระบบระบายอากาศ	ค่าเฉลี่ยของปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ±ค่าความแปรปรวน (โคโลนี/ลบ.ม.)	
	เชื้อแบคทีเรียในอากาศ	เชื้อราในอากาศ
ทางธรรมชาติ	278.1± 59.0	219.1± 69.2
ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว	435.2± 168.4	234.4±75.3
ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม	344.9±65.9	215.3±33.9

เมื่อพิจารณาความแตกต่างของปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราภายนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศแตกต่างกัน พบว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งแบบเดี่ยวและแบบรวมมีค่ามากกว่าห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.016) เนื่องจากอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศเป็นอาคารปิดทำให้เชื้อแบคทีเรียที่เกิดขึ้นภายในอาคารมีการระบายออกจากอาคารได้น้อยกว่าห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติอีกทั้งเครื่องปรับอากาศก็ถือเป็นแหล่งกำเนิดของเชื้อแบคทีเรียในอากาศด้วยเช่นกัน (Obbard และ Lim, 2002) เมื่อพิจารณาความแตกต่างของปริมาณเชื้อราในอากาศภายนอกห้อง พบว่า ปริมาณเชื้อราในอากาศภายนอกห้องมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น

ร้อยละ 95 (Sig.= 0.790) ดังรูปที่ 4.12 เนื่องจากลักษณะการระบายอากาศของแต่ละประเภท รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ เช่น กิจกรรมของคน ความเร็วลม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ไม่ได้ส่งผลให้ปริมาณของเชื้อราในอากาศในแต่ละห้องมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.12 ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกห้อง

ผลการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศแตกต่างกัน พบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ มีค่าเท่ากับ 237.6±47.3โคโลนี/ลบ.ม. ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าเท่ากับ 331.8±94.5โคโลนี/ลบ.ม. และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม เท่ากับ 304.9±67.9 โคโลนี/ลบ.ม. และปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าเท่ากับ 190.6±19.1โคโลนี/ลบ.ม. ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีค่าเท่ากับ 165.8±16.9 โคโลนี/ลบ.ม. และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าเท่ากับ 157.9±19.9โคโลนี/ลบ.ม. ดังตารางที่ 4.12

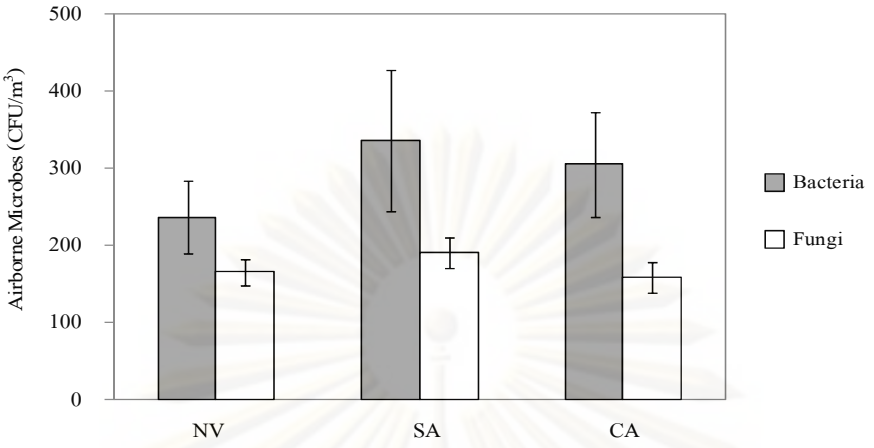
ตารางที่ 4.12 ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้อง

ระบบระบายอากาศ	ค่าเฉลี่ยของปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ±ค่าความแปรปรวน (โคโลนี/ลบ.ม.)	
	เชื้อแบคทีเรียในอากาศ	เชื้อราในอากาศ
ทางธรรมชาติ	237.6±47.3	165.8±16.9
ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว	331.8±94.5	190.6±19.1
ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม	304.9±67.9	157.9±19.9

เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องกับค่ามาตรฐานปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในโรงพยาบาลขององค์การอนามัยโลก ที่กำหนดว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศควรมีค่าไม่เกิน 100 โคโลนี/ลบ.ม. และปริมาณของเชื้อราควรมีค่าไม่เกิน 50 โคโลนี/ลบ.ม. (Ross และคณะ, 2004) พบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด โดยในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีค่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราเกินค่ามาตรฐาน 2.4 และ 3.3 เท่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราเกินมาตรฐาน 3.3 และ 3.8 เท่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราเกินมาตรฐาน 3 และ 3.3 เท่า

การเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราภายในห้อง พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งแบบเดี่ยวและแบบรวมมีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียมากกว่าห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.021) และเมื่อพิจารณาเฉพาะภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ พบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าไม่แตกต่างกับห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.378) แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศมากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม เนื่องจากเป็นห้องปิดอาจทำให้เกิดการการสะสมตัวของเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในห้อง และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวยังเป็นห้องที่มีความหนาแน่นของคนภายในห้องมากที่สุดอีกด้วย (ตารางที่ 4.8) ซึ่ง Obbard และ Lim (2002) พบว่า คนและเครื่องปรับอากาศภายในห้องถือเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของเชื้อแบคทีเรียในอากาศ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในห้อง พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีปริมาณเชื้อราในอากาศมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.004) เนื่องจากอาจเกิดการสะสมตัวของเชื้อราในอากาศภายในห้องและความหนาแน่นของคนภายในห้องก็ส่งผลทางอ้อมต่อปริมาณเชื้อราในอากาศด้วยเช่นกัน เนื่องจากกิจกรรมของคนภายในอาจจะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของสปอร์เชื้อรา ซึ่งอาจเกาะบริเวณที่ชื้นหรือพื้นห้อง เป็นต้น (Kowalski, 2006:439) ดังรูปที่ 4.13

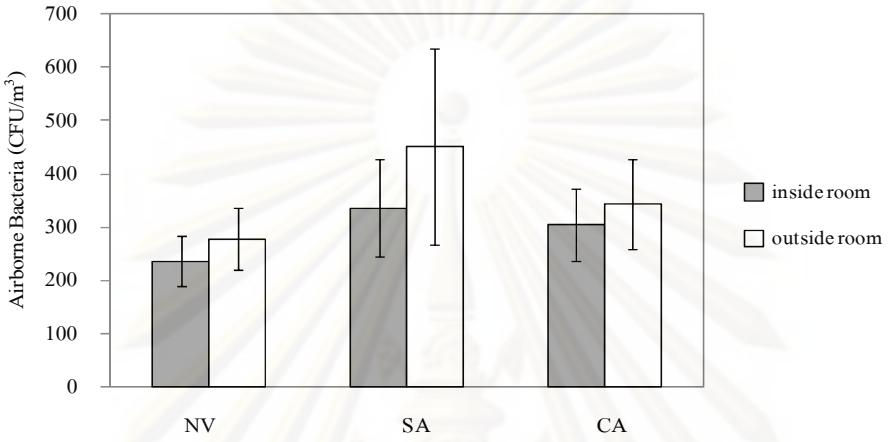
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



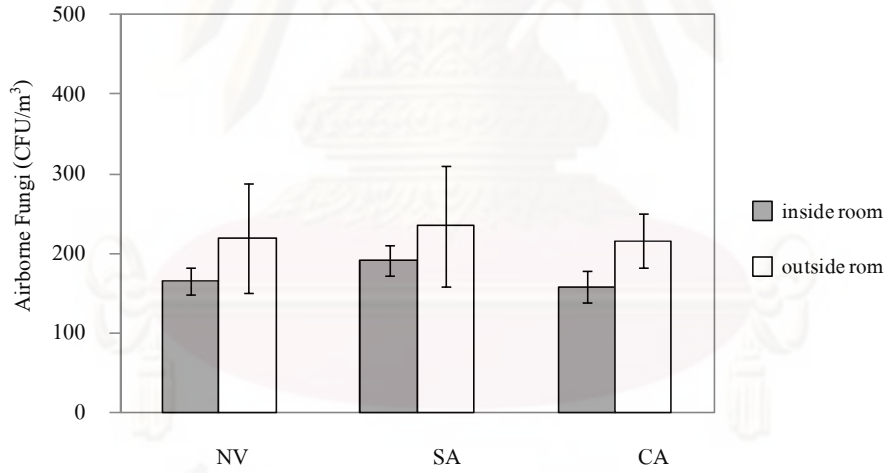
รูปที่ 4.13 ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้อง

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายนอกและภายในห้อง พบว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายนอกและภายในห้องทั้งห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.126, Sig.= 0.115 และ Sig.= 0.274) อาจเนื่องจากทั้งภายในและภายนอกห้องมีแหล่งกำเนิดของเชื้อแบคทีเรียไม่แตกต่างกัน เช่น คนภายในอาคารและระบบปรับอากาศภายในอาคาร เป็นต้น และเมื่อพิจารณาปริมาณของเชื้อราในอากาศภายนอกและภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศแตกต่างกัน พบว่า ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีปริมาณของเชื้อราในอากาศภายนอกห้องและภายในห้องมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.052 และ Sig.= 0.125) ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า ปริมาณของเชื้อราในอากาศภายนอกและภายในห้องมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่เชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.000) และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายนอกและภายในห้อง พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายนอกมากกว่าภายในห้องทั้งห้องที่ใช้การระบายอาอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม เนื่องจากภายห้องจะมีการฟุ้งกระจายและแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราจากกิจกรรมต่างๆ เช่น การสัญจรไป-มาของคนภายนอกห้องและได้รับการแพร่กระจายจากแหล่งกำเนิดจากภายนอกอาคาร รวมทั้งการปิดกั้นของผนังห้องทำให้เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราบางส่วนไม่สามารถเข้าภายในห้องได้ และจะสังเกตเห็นว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราภายนอกห้องอาจส่งผลต่อปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราภายในห้องได้ ตัวอย่างเช่น ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวซึ่งมีค่าเฉลี่ยของปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศบริเวณภายนอกห้องมากที่สุดจะเห็นว่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศบริเวณภายในห้องมี

ค่ามากที่สุดด้วยเช่นกัน และห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศบริเวณภายนอกห้องน้อยที่สุด จะเห็นว่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องมีค่าน้อยที่สุดด้วย ดังรูปที่ 4.14 และ 4.15



รูปที่ 4.14 ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในและภายนอกห้อง



รูปที่ 4.15 ปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในและภายนอกห้อง

การศึกษากลุ่มของเชื้อแบคทีเรียบริเวณภายนอกห้อง พบว่า กลุ่มเชื้อแบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่เป็นจำพวก Gamma-hemolysis gram- positive cocci มีจำนวนอยู่ในช่วง 153.1-286.6 โคโลนี/ลบ.ม. รองลงมาคือ Beta-hemolysis gram-positive cocci มีจำนวนอยู่ในช่วง 60.4-75.1 โคโลนี/ลบ.ม. นอกจากนั้นยังพบ เชื้อแบคทีเรียจำพวก Alpha-hemolysis gram-positive cocci มีจำนวนอยู่ในช่วง 30.4-36.8 โคโลนี/ลบ.ม. เชื้อแบคทีเรียจำพวก Gamma- hemolysis gram-negative cocci มี

จำนวนอยู่ในช่วง 27.8-40.4 โคโลนี/ลบ.ม. จำนวนของเชื้อแบคทีเรียพวก Gamma-hemolysis gram-positive bacilli อยู่ในช่วง 19.4-33.9โคโลนี/ลบ.ม. ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 กลุ่มเชื้อแบคทีเรียบริเวณภายนอกห้อง

ค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อแบคทีเรีย (โคโลนี/ลบ.ม.) ±ค่าความแปรปรวน	ระบบระบายอากาศ		
	ทางธรรมชาติ	ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว	ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม
Alpha- hemolysis gram-positive cocci	33.7± 20.0	30.4± 9.4	36.8± 17.5
Beta- hemolysis gram-positive cocci	60.4± 11.7	75.1± 29.7	71.9± 26.5
Gamma- hemolysis gram-negative cocci	27.8± 17.7	40.4±20.2	35.3± 14.4
Gamma- hemolysis gram-positive cocci	153.1± 24.3	286.6±132.7	189.8± 56.9
Gamma- hemolysis gram-positive bacilli	30.3± 11.9	33.9±15.9	19.4± 10.0

การศึกษากลุ่มของเชื้อแบคทีเรียบริเวณภายในห้อง พบว่า กลุ่มเชื้อแบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่เป็นจำพวก Gamma-hemolysis gram- positive cocci มีจำนวนอยู่ในช่วง 120.4-147.9 โคโลนี/ลบ.ม. รองลงมาคือ Beta-hemolysis gram-positive cocci มีจำนวนอยู่ในช่วง 75.1-98.8 โคโลนี/ลบ.ม. นอกจากนั้นยังพบ เชื้อแบคทีเรียจำพวก Alpha-hemolysis gram-positive cocci มีจำนวนอยู่ในช่วง 29.5-39.0 โคโลนี/ลบ.ม. เชื้อแบคทีเรียจำพวก Gamma- hemolysis gram-negative cocci มีจำนวนอยู่ในช่วง 15.7-33.4 โคโลนี/ลบ.ม. เชื้อแบคทีเรีย Gamma-hemolysis gram-positive bacilli มีจำนวนอยู่ในช่วง 25.5-34.0 โคโลนี/ลบ.ม. ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 กลุ่มเชื้อแบคทีเรียบริเวณภายในห้อง

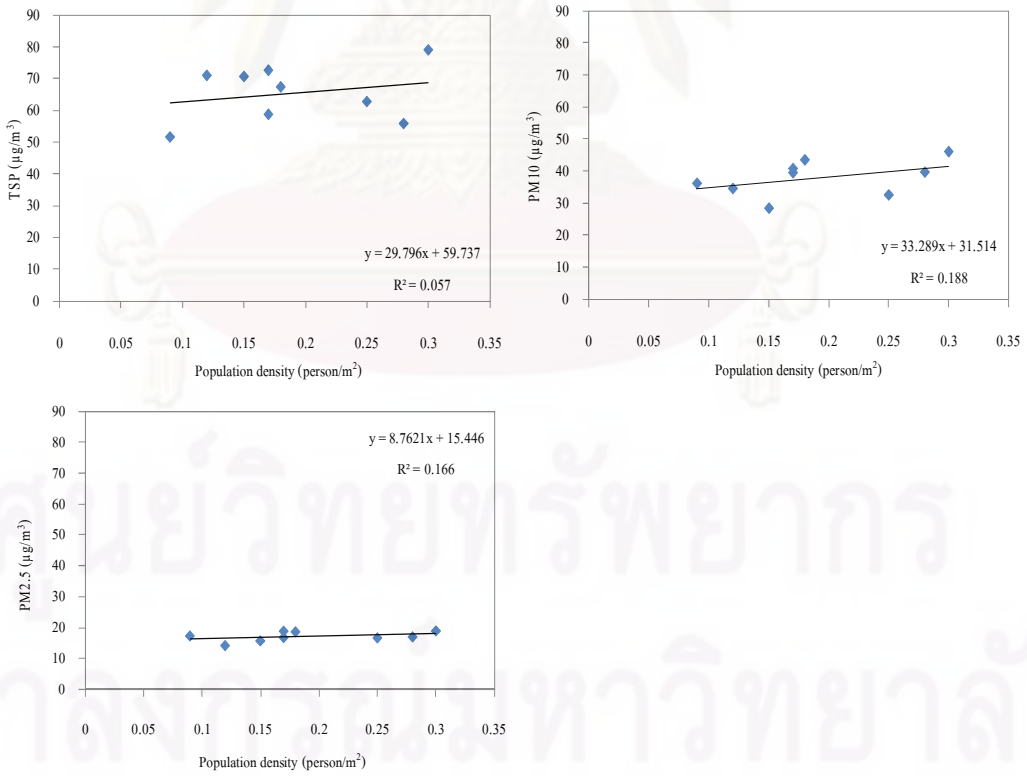
ค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อแบคทีเรีย (โคโลนี/ลบ.ม.) ±ค่าความแปรปรวน	ระบบระบายอากาศ		
	ทางธรรมชาติ	ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว	ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม
Alpha- hemolysis gram-positive cocci	29.5± 8.9	39.0± 9.9	37.9± 11.7
Beta- hemolysis gram-positive cocci	75.1± 12.9	98.8± 28.1	93.5± 11.5
Gamma- hemolysis gram-negative cocci	15.7± 6.1	30.4±14.1	33.4± 13.8
Gamma- hemolysis gram-positive cocci	120.4± 27.3	147.9±49.6	136.1± 40.8
Gamma- hemolysis gram-positive bacilli	25.5± 11.6	33.9±18.3	34.0± 16.1

ผลการศึกษาจากตารางที่ 4.13 และ 4.14 พบว่า กลุ่มของแบคทีเรียในอากาศที่พบบริเวณภายในห้องและภายนอกห้องไม่แตกต่างกัน โดยแบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่เป็นพวกทรงกลมแกรมบวก (Gram positive cocci) ซึ่งแบคทีเรียแกรมบวกทรงกลมที่พบได้บ่อย ได้แก่ *Staphylococcus* เป็นเชื้อที่จะก่อให้เกิดโรคติดเชื้อที่มีลักษณะอักเสบแบบมีหนอง ได้แก่ ฝีตามผิวหนัง เยื่อหุ้มสมองอักเสบ ข้ออักเสบ เป็นต้น (สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูนศิริ, 2527 อ้างถึงในกฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548) นอกจากนี้ยังเป็นเชื้อพวก *Streptococcus* มีลักษณะเป็นพวกทรงกลมหรือทรงรีเป็นสาย ซึ่งเป็นเชื้อที่ก่อโรคในระบบทางเดินหายใจ และทำให้เกิดการอักเสบทั้งมีหนองและไม่มีหนอง รวมทั้งเยื่อหุ้มสมองอักเสบได้ (ดวงพร คันธโชติ , 2537 อ้างถึงในกฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548) นอกจากนั้นก็เป็นแบคทีเรียพวกแกรมลบทรงกลม (Gram negative cocci) เชื้อจำพวกนี้ที่พบได้บ่อย ได้แก่ พวก *Neisseria* มีทั้งแบบที่ก่อให้เกิดโรค เช่น *Neisseria meningtidis* จะทำให้เกิดโรคไข้กาฬหลังแอ่น (ประมวญ เทพชัยศรี, 2528 อ้างถึงในกฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548) และเป็นเชื้อประจำถิ่น (normal flora) เช่น ในระบบทางเดินหายใจ ทางเดินอาหาร เป็นต้น และเชื้อเหล่านี้ก็สามารถทำให้เกิดโรคได้ โดยเฉพาะในคนที่มีร่างกายอ่อนแอ (จุฉจันทน์ วิลัยลักษณคณา, 2528 อ้างถึงในกฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548) และเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกทรงแท่ง (Gram positive

bacilli) แบคทีเรียแกรมบวกทรงแท่งที่พบบ่อย ได้แก่ พวก *Bacillus* จะพบ ตามธรรมชาติในดิน น้ำ และอากาศ และแบคทีเรียในพวก *Corynebacterium* โดยเชื้อ *Corynebacterium diphtheriae* ทำใ ห้เกิดโรคคอตีบและโรคติดเชื้อที่ผิวหนังได้ โดยเชื้ออาจแพร่กระจายทางละอองน้ำมูก น้ำลาย หรือโดยการสัมผัส (ปรีชา พุทธาวุฒิไกร, 2528 อ้างถึงในกฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548)

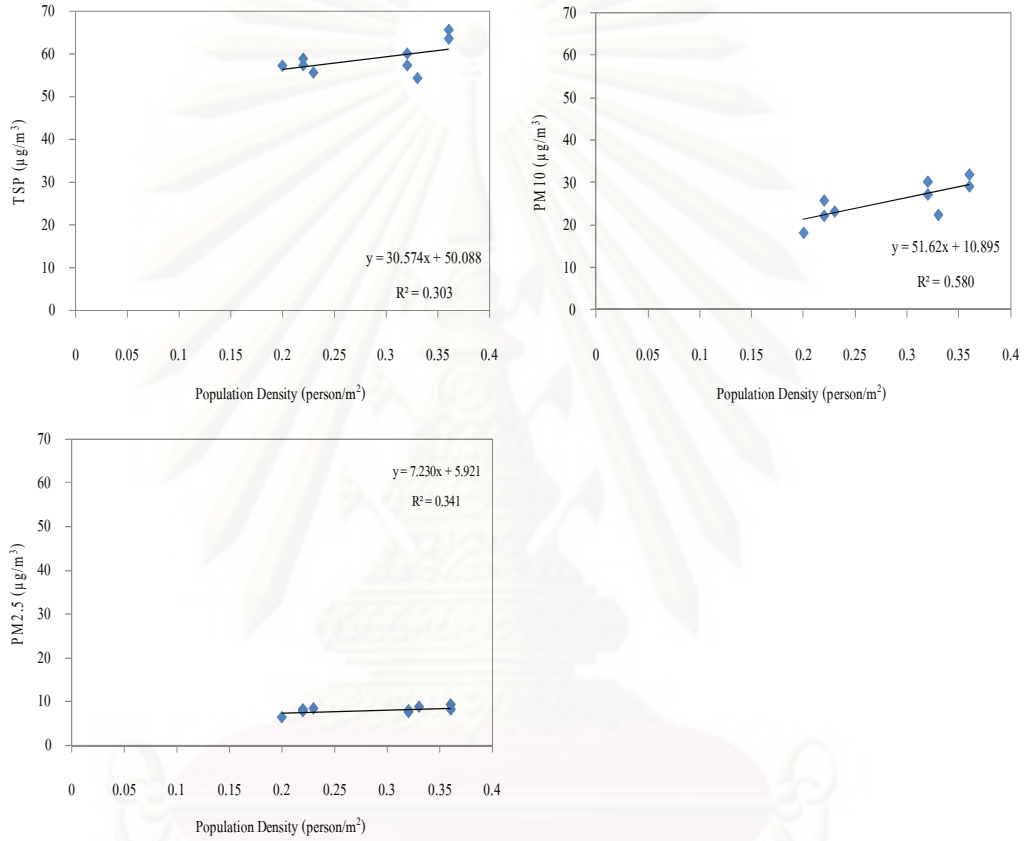
4.6 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้อง

ความหนาแน่นของคนภายในห้องเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้อง ซึ่งเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้องทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองภายในห้อง และคนภายในห้องสามารถนำฝุ่นละอองจากภายนอกห้องเข้ามาภายในห้องได้อีกด้วย เช่น ฝุ่นที่ติดเสื้อผ้าและรองเท้า ฝุ่นจากผิวหนัง เป็นต้น โดยผลของงานวิจัย พบว่า ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติอย่างนัยสำคัญ ($R^2 = 0.057$, $R^2 = 0.188$ และ $R^2 = 0.166$) ดังรูปที่ 4.16



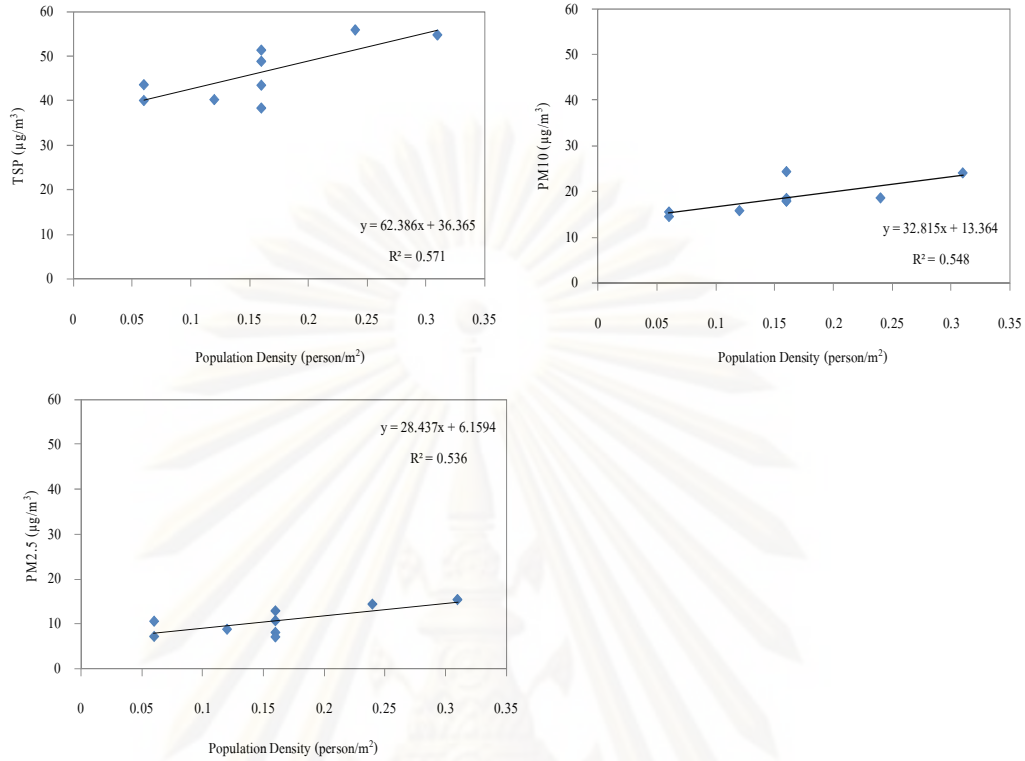
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว พบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ค่อนข้างมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนาแน่นของคนภายในห้องอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.580) ส่วนฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของคนภายในห้องอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.303 และ R^2 = 0.341) ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)

จากรูปที่ 4.18 ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า ฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ค่อนข้างมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนาแน่นของคนภายในห้องอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.571, R^2 = 0.548 และ R^2 = 0.536)



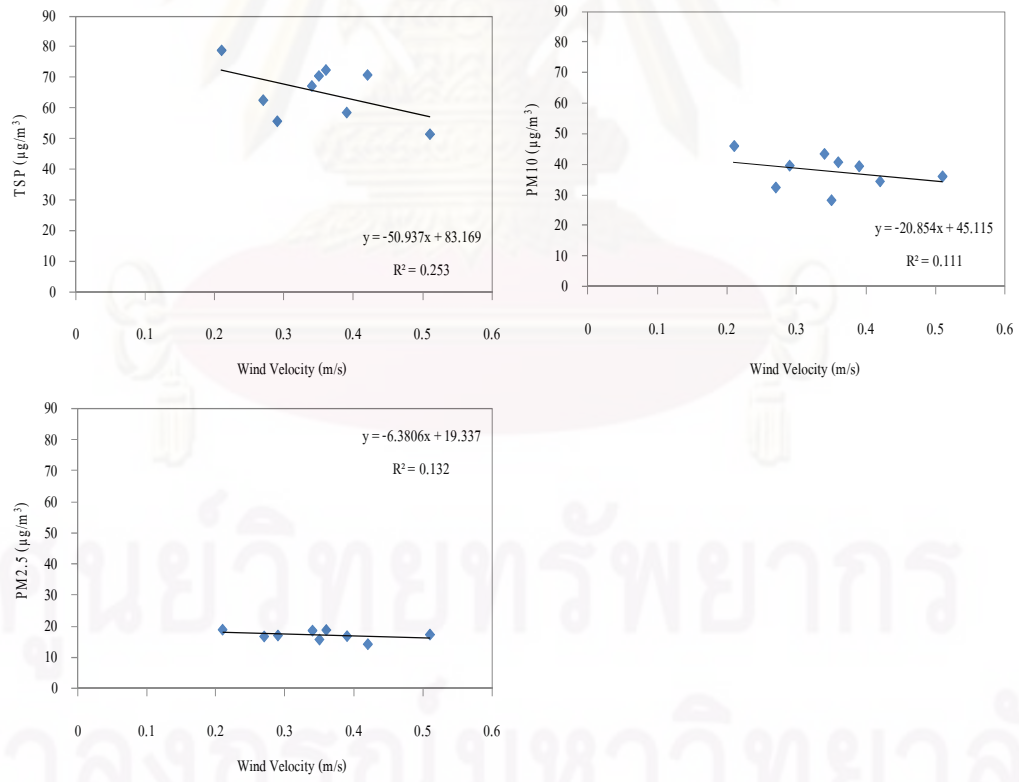
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)

การพิจารณาระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้อง พบว่า เมื่อความหนาแน่นของคนภายในห้องเพิ่มขึ้นจะเห็นว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ เพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัติฐพงษ์ เด่นจักรวาฬ (2548) และงานวิจัยของ Li และ Hou (2003) พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของคนภายในห้อง เช่น การรักษา การดูแลคนไข้และการปฏิบัติหน้าที่อื่นๆ จะทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองเพิ่มขึ้น โดยฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีอัตราการเพิ่มขึ้นต่อความหนาแน่นคนภายในห้องมากกว่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน เนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้องทำให้เกิดการฟุ้งการกระจายของฝุ่นละออง ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน เนื่องจากฝุ่นละอองทั้ง 2 ขนาด มีกลไกการเกิดเป็นแบบทางกลเหมือนกัน ส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน จะมาจากกลไกทางเคมีเป็นหลัก เช่น การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การจราจรและการระเหยของสารเคมี เป็นต้น (ปุญญานิช บริเวธานันท์, 2549) สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคนภายในห้องและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจาณาเฉพาะในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งเดี่ยวและแบบรวม พบว่า มีค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและ

ความหนาแน่นของคนภายในห้องมากกว่าห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ เนื่องจากห้องที่ระบบปรับอากาศเป็นห้องปิด ดังนั้นเมื่อฝุ่นละอองภายในห้องเกิดการฟุ้งการกระจายขึ้นไม่สามารถถ่ายเทหรือกระจายออกสู่ภายนอกห้องได้ ซึ่งต่างจากห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติที่เป็นห้องเปิด ทำให้ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นสามารถถ่ายเทออกจากห้องได้ดีกว่า

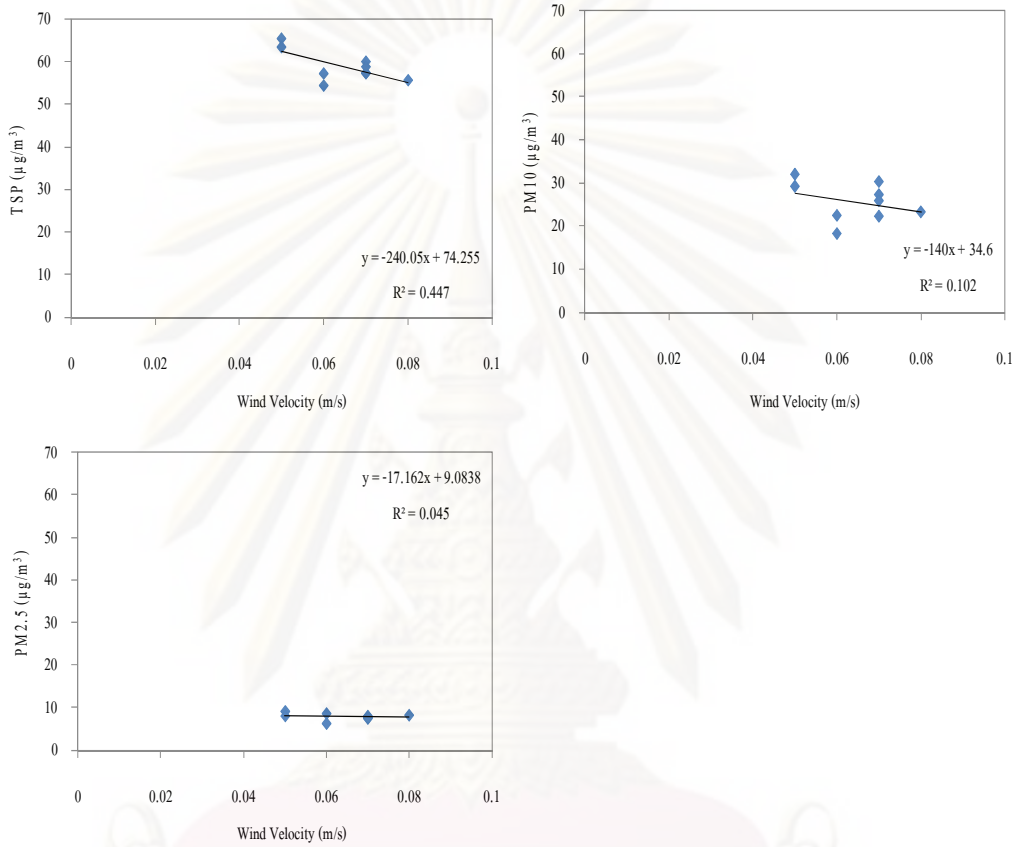
4.7 ความเข้มข้นฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้อง

ความเร็วลมภายในห้องนอกจากจะส่งผลต่อความรู้สึกสบายของผู้อาศัยภายในอาคารแล้ว อาจส่งผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบริเวณดังกล่าว เช่น ทำให้เกิดการพัดพาฝุ่นละอองจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง เป็นต้น โดยผลการศึกษาจากรูปที่ 4.19 ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ไม่มีความสัมพันธ์กับความเร็วลมอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.253, R^2 = 0.111 และ R^2 = 0.132)



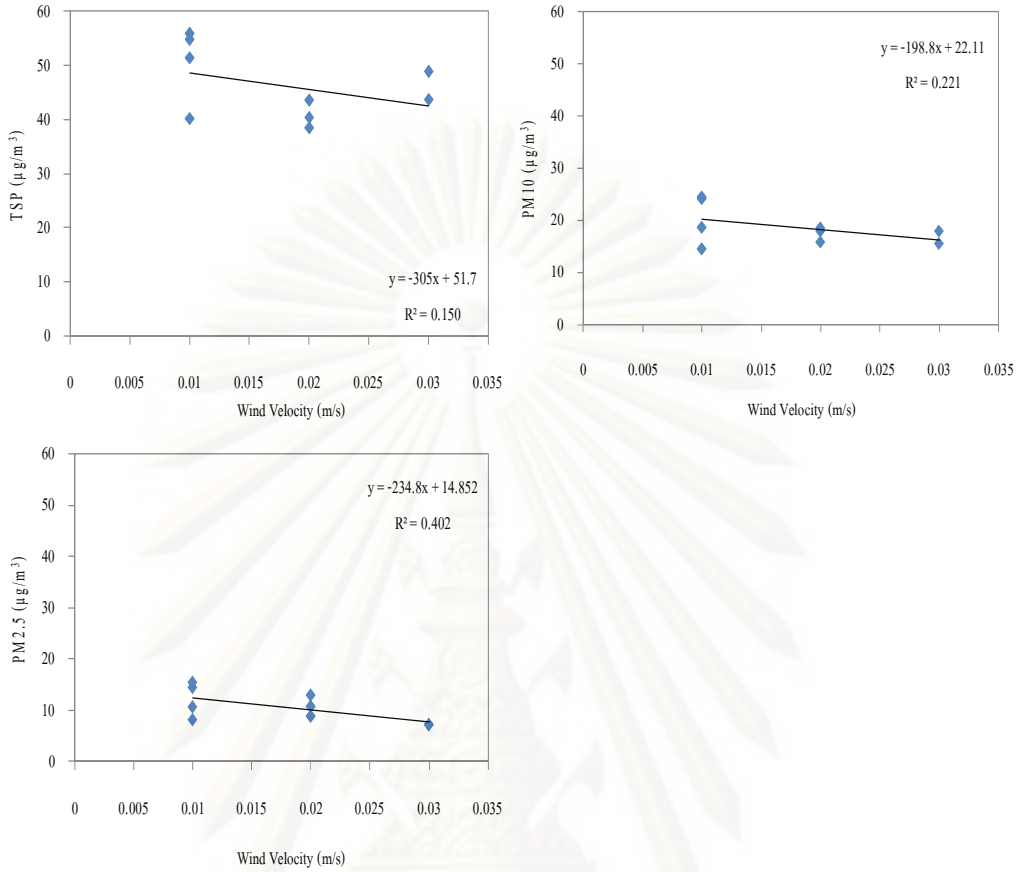
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว พบว่า ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ไม่มีความสัมพันธ์กับความเร็วลมอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.447, R^2 = 0.102 และR^2 = 0.045) ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ไม่มีความสัมพันธ์กับความเร็วลมอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.150, R^2 = 0.221 และR^2 = 0.402) ดังรูปที่ 4.21



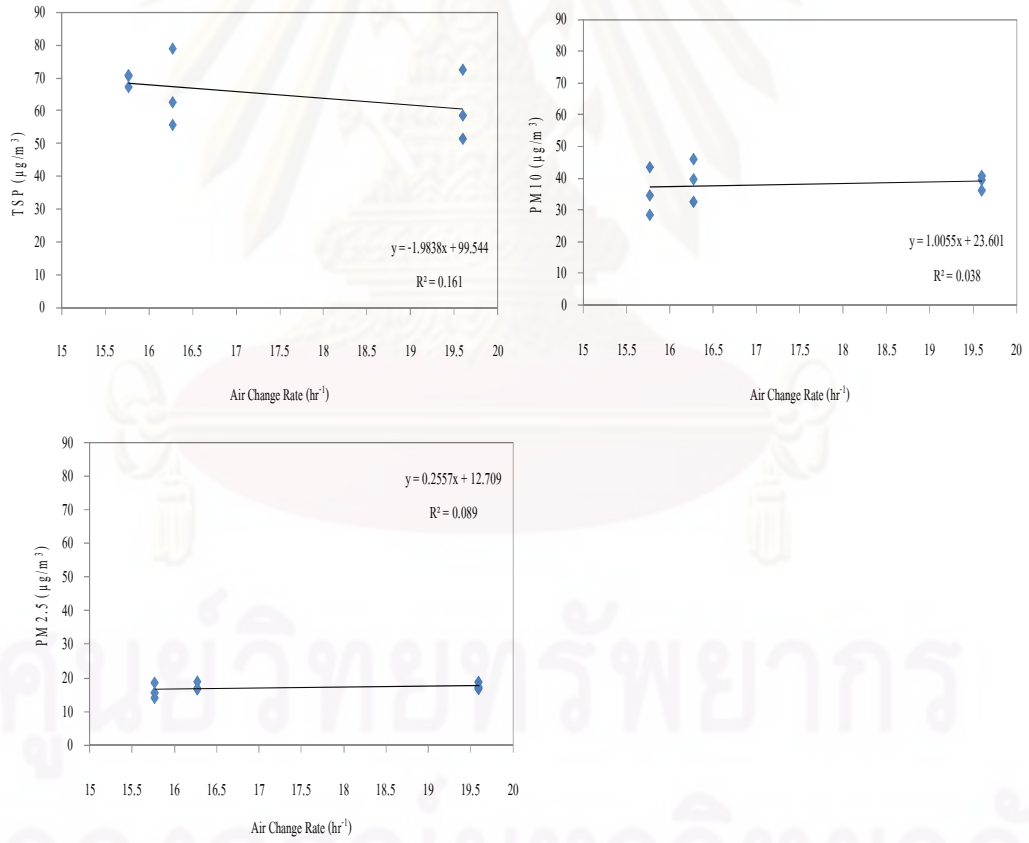
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)

เมื่อพิจารณาแนวโน้มการลดลงของฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน กับความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่าง พบว่า เมื่อความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างเพิ่มขึ้นจะเห็นว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบริเวณดังกล่าวมีค่าลดลง เนื่องจากฝุ่นละออง ณ จุดดังกล่าวซึ่งมีความเร็วลมสูงกว่าจะอาจถูกพัดพาไปยังบริเวณต่ำกว่า และเมื่อพิจารณาจากอัตราการลดลงของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ต่อความเร็วลม พบว่า ฝุ่นละอองรวมมีแนวโน้มลดลงมากกว่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน เนื่องจากฝุ่นละอองรวมเป็นฝุ่นที่ขนาดใหญ่กว่าทำให้มีความเร็วในการตกมากกว่าฝุ่นละขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อมีการพัดพาฝุ่นละอองไปในอากาศทำให้ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ตกลงสู่พื้นเร็วกว่าฝุ่นขนาดเล็ก ซึ่งสอดคล้องกับ Stoke's law ที่ว่า อนุภาคขนาดใหญ่กว่าจะมีความเร็วในการตกมากกว่าอนุภาคที่มีขนาดเล็ก

4.8 ความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราการระบายอากาศ

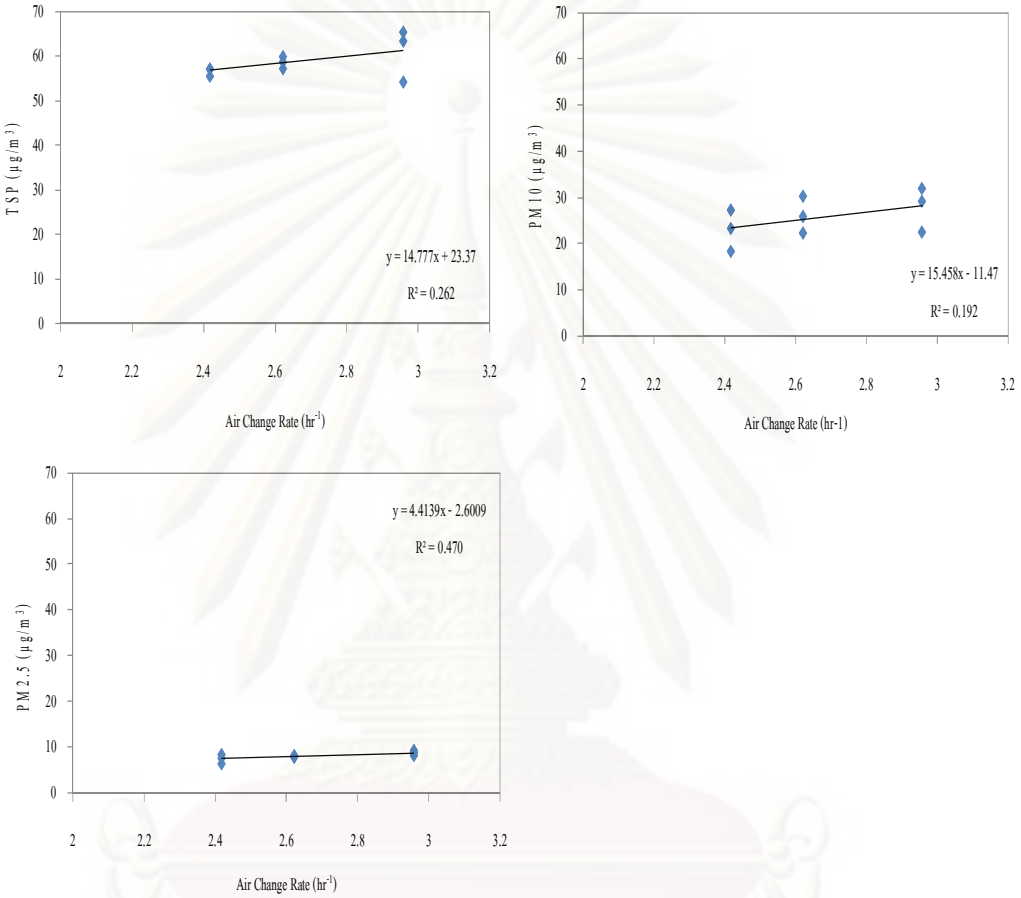
อัตราการระบายอากาศหรืออัตราแลกเปลี่ยนอากาศ จะขึ้นอยู่กับลักษณะของห้อง วิธีการระบายอากาศ และกิจกรรมของคนภายในห้อง เช่น การเปิด-ปิดประตูและหน้าต่าง เป็นต้น ส่วนฝุ่นละอองภายในห้องมีแหล่งกำเนิดทั้งภายนอกอาคารและภายในอาคาร โดยแหล่งกำเนิดภายนอกอาคาร เช่น การก่อสร้าง จราจร และฝุ่นจากพื้นดิน เป็นต้น และแหล่งกำเนิดภายในอาคาร ได้แก่ ฝุ่นละอองจากการฟุ้งกระจายจากพื้นห้อง ผ้าม่าน ผ้าปูที่นอนและเสื้อผ้า เป็นต้น

ผลการศึกษาของห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ พบว่า ฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราแลกเปลี่ยนอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ($R^2 = 0.161$, $R^2 = 0.038$ และ$R^2 = 0.089$) ดังรูปที่ 4.22



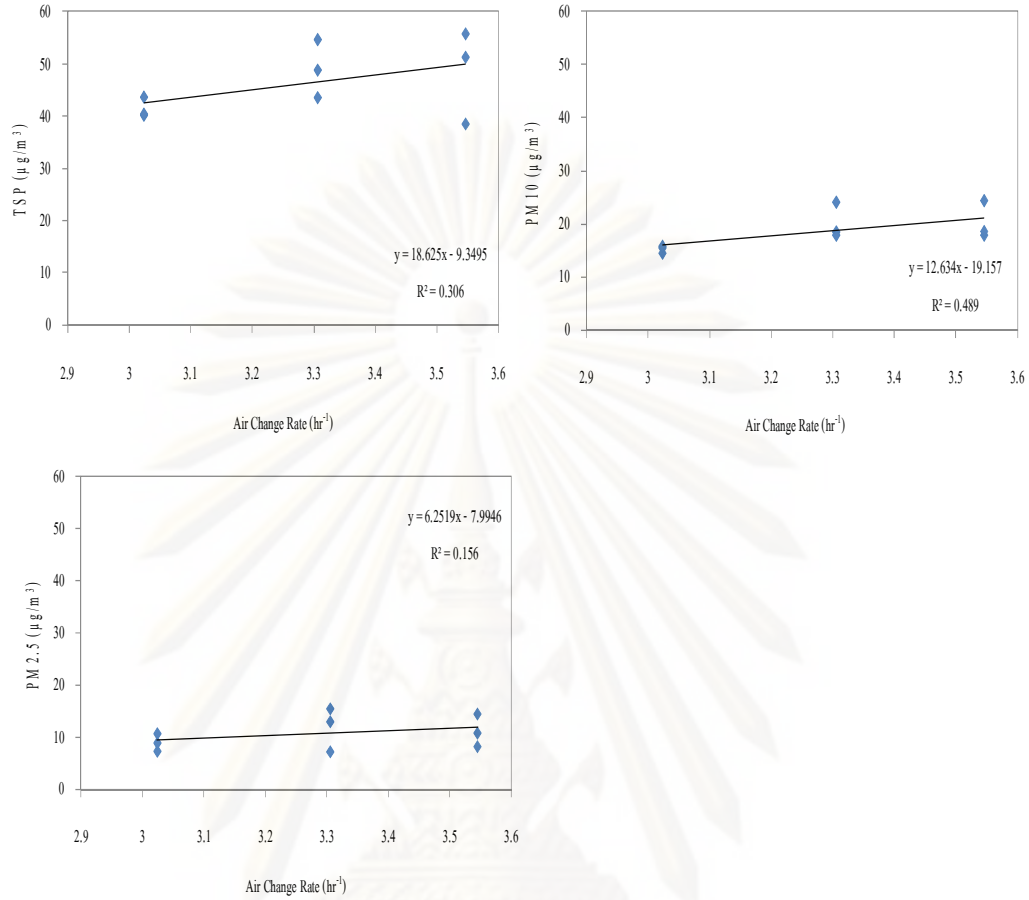
รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว พบว่า ฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราแลกเปลี่ยนอากาศอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.262, R^2 = 0.192 และ R^2 = 470) ดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า ฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราแลกเปลี่ยนอากาศอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.306, R^2 = 0.489 และR^2 = 0.156) ดังรูปที่ 4.24



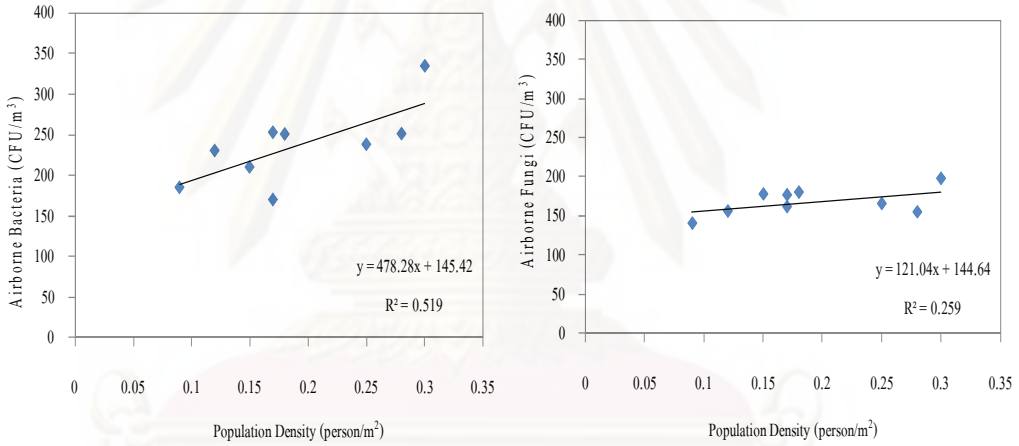
รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)

เมื่อพิจารณาระหว่างอัตราแลกเปลี่ยนอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน พบว่า เมื่ออัตราแลกเปลี่ยนอากาศเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอัตราแลกเปลี่ยนอากาศ ทำให้ฝุ่นละอองจากภายนอกห้องที่มีความเข้มข้นมากกว่าถ่ายเทเข้าไปภายในห้องได้ โดยส่วนใหญ่การเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยนจะเป็นผลจากการเปิด-ปิดประตูและการถ่ายอากาศระหว่างภายในห้องกับภายนอกห้องผ่านทางช่องเปิดของห้อง เช่น ประตู หน้าต่างหรือช่องระบายอากาศ เป็นต้น แต่เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีค่าลดลง เนื่องจากฝุ่นละอองรวมที่เกิดขึ้นภายในห้องมีการถ่ายเทออกภายนอกห้องได้

4.9 ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้อง

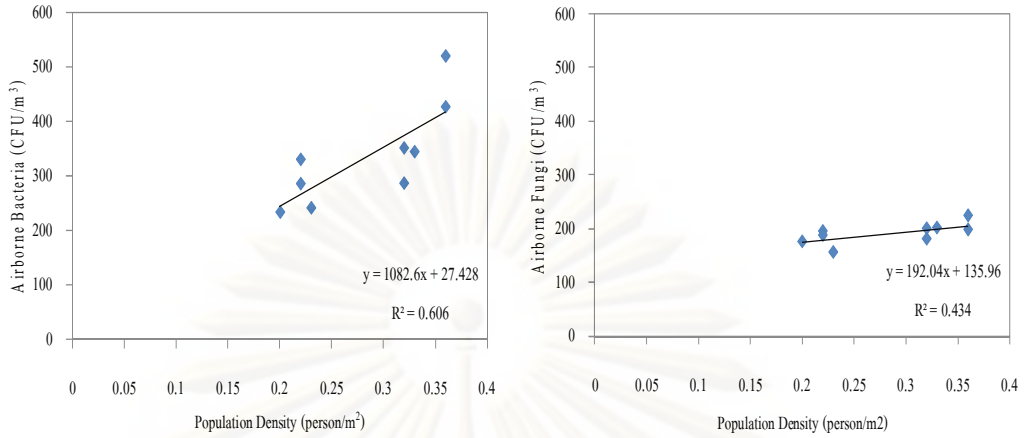
ความหนาแน่นของคนภายในห้องเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งคนภายในห้องอาจเป็นแหล่งกำเนิดของจุลินทรีย์ในอากาศได้ เช่น การไอ การจาม และผิวหนัง (Obbard และLim, 2002) นอกจากนั้นคนภายในห้องอาจส่งผลทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของสปอร์เชื้อราด้วยเช่นกัน (Kowalski, 2006:439) เช่น จากพื้นห้อง ผ้าม่าน และผ้าปูที่นอน เป็นต้น

จากผลการศึกษา ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ พบว่า เชื้อแบคทีเรียในอากาศค่อนข้างมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของคนภายในห้องอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 519) ส่วนเชื้อราในอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของคนภายในห้องอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.259) ดังรูปที่ 4.25



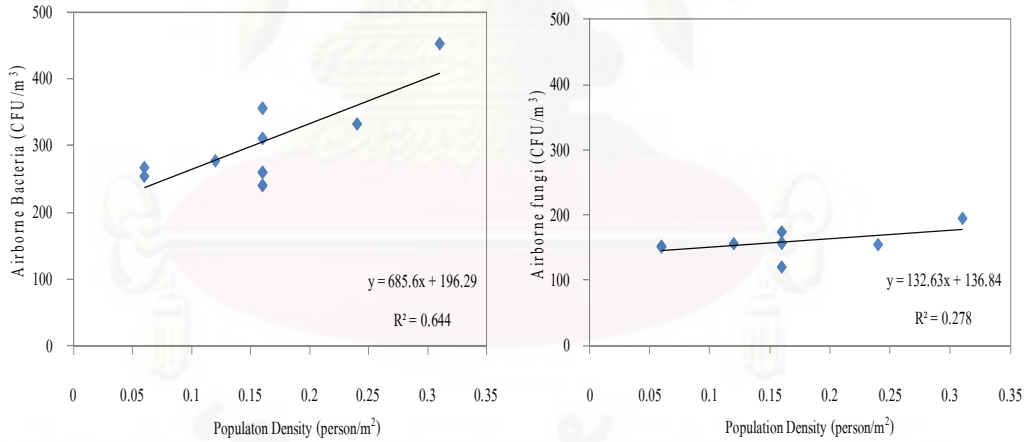
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว พบว่า เชื้อแบคทีเรียในอากาศมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของคนภายในห้องอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.606) ส่วนเชื้อราในอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของคนภายในห้องอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.434) ดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า เชื้อแบคทีเรียในอากาศมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของคนภายในห้องอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.644) ส่วนเชื้อราในอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของคนภายในห้องอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.278) ดังรูปที่ 4.27



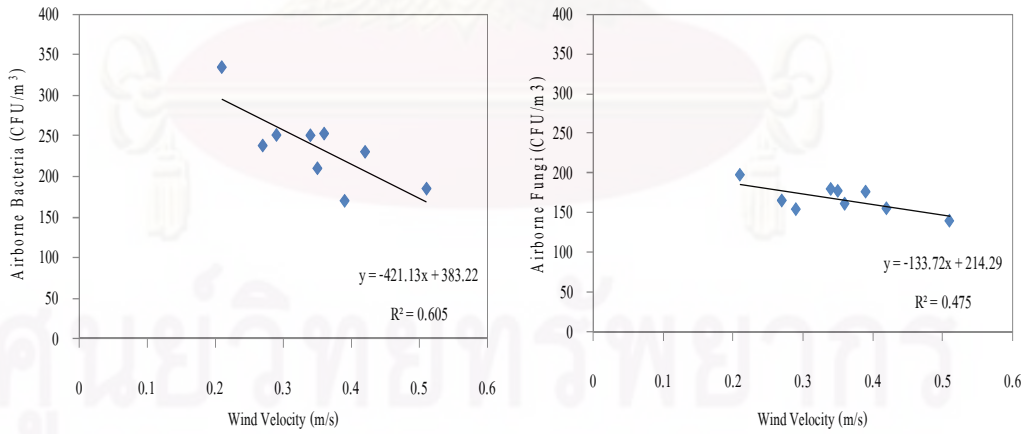
รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)

จากผลการศึกษาปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของภายในห้องทั้ง 3 ระบบอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Obbard และLim (2002) ที่พบว่า ความหนาแน่นของคนมีผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศ และจากการศึกษา พบว่า เมื่อคนหนาแน่นของคนภายในห้องเพิ่มขึ้นจะเห็นว่าปริมาณของแบคทีเรียในอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

มากกว่าเชื้อราในอากาศ เนื่องจากคนเป็นหนึ่งในแหล่งกำเนิดของเชื้อแบคทีเรียในอากาศ เช่น การลมหายใจ การไอ การจาม และผิวหนัง เป็นต้น ส่วนกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้องนั้นเป็นเพียงการส่งผลโดยอ้อมที่ทำให้เชื้อราเกิดการฟุ้งกระจายจากบริเวณต่างๆ (Kowalski, 2006:439) เช่น เชื้อราจากพื้นห้องหรือบริเวณที่มีความชื้น เป็นต้น เมื่อทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์ในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้วิธีระบายอากาศแตกต่างกัน พบว่า ค่าความสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศมีค่ามากกว่าห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ เนื่องจากห้องปรับอากาศเป็นห้องปิด ดังนั้นเมื่อปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศมีค่าเพิ่มขึ้น จึงไม่สามารถแพร่กระจายออกจากห้องได้ ซึ่งแตกต่างกับห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติที่เป็นห้องเปิดจึงสามารถระบายจุลินทรีย์อากาศที่เกิดขึ้นได้

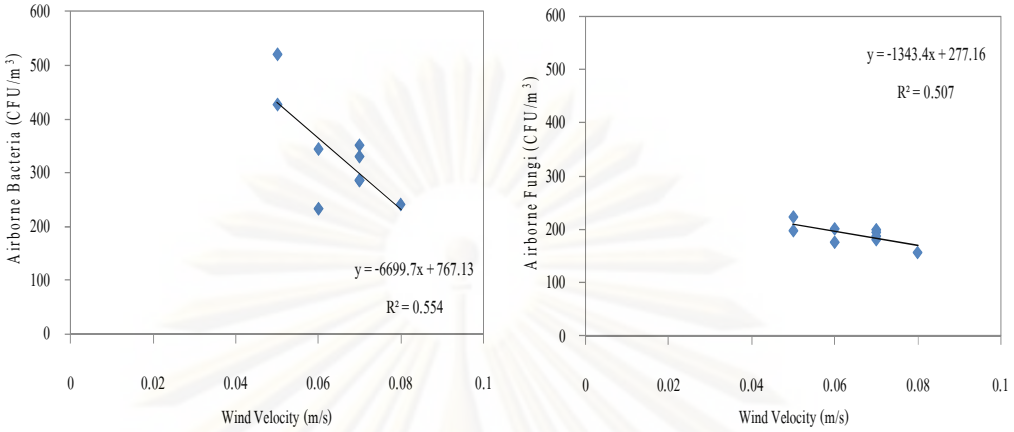
4.10 ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและความเร็วลมภายในห้อง

ความเร็วลมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ เนื่องจากลมภายในห้องทำให้เกิดการพัดพาเอาจุลินทรีย์ไปยังบริเวณอื่น และเกิดการเจือจางของอากาศมากกว่าบริเวณอื่นๆ ผลการศึกษาของห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ พบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศมีความสัมพันธ์กับความเร็วลมอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.606) ส่วนปริมาณของเชื้อราในอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับความเร็วลมอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.475) ดังรูปที่ 4.28



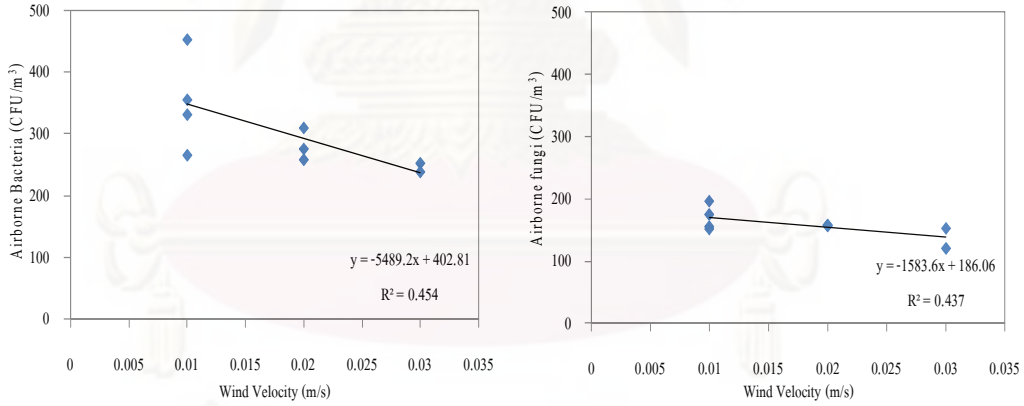
รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว พบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศค่อนข้างมีความสัมพันธ์กับความเร็วลมอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.554 และ R2 = 0.507) ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราไม่มีความสัมพันธ์กับความเร็วลมอย่างมีนัยสำคัญ ($R^2 = 0.454$ และ $R^2 = 0.437$) ดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)

เมื่อพิจารณาแนวโน้มของความเร็วลมกับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ พบว่า เมื่อความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างเพิ่มขึ้นจะเห็นว่าปริมาณจุลินทรีย์ในบริเวณนั้นลดลง ซึ่งลมภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติจะมาจากลมภายนอกห้องพัดเข้ามาภายในห้อง รวมทั้งพัดลมตั้งโต๊ะและพัดลมติดเพดาน ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งแบบเดี่ยวและแบบรวมซึ่งลมภายในห้องส่วนใหญ่มาจากเครื่องปรับอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chauybamroong และคณะ

(2008) ที่พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ ณ จุดที่มีความเร็วลมสูงจะมีปริมาณน้อยกว่าตำแหน่งที่มีความเร็วลมต่ำ

4.11 ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศภายในห้องมีผลต่อสภาวะในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในห้อง เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยปกติจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิเดียวกับร่างกายของคนเรา คือ 37 °ซ (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2548) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องมีผลต่อสภาวะในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในห้องความชื้นสัมพัทธ์ มีส่วนส่งเสริมและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลต่อการสูญเสียน้ำในเซลล์ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในเซลล์ (จักรพันธ์ ภวังคะรัตน์, 2551)

ตารางที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศและอุณหภูมิ

ระบบระบายอากาศ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)	
	เชื้อแบคทีเรียและอุณหภูมิ	เชื้อราและอุณหภูมิ
ทางธรรมชาติ	0.020	-0.292
ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว	0.060	0.020
ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม	0.004	0.014

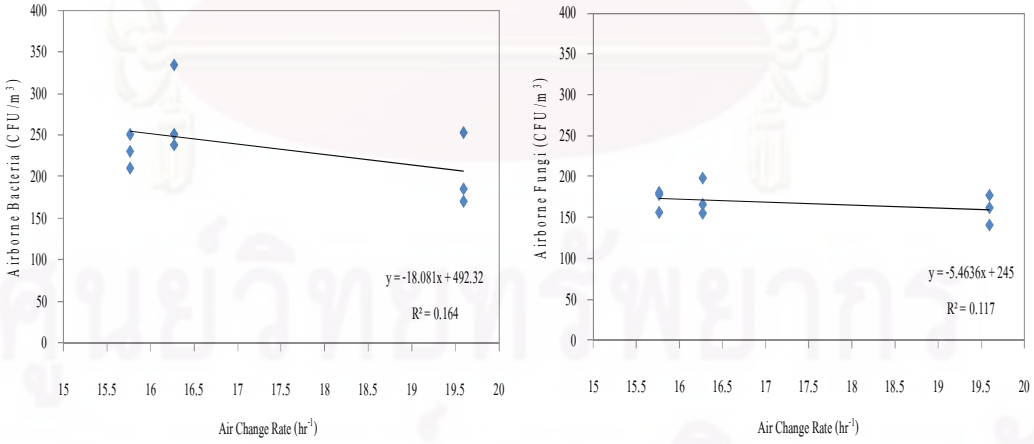
ตารางที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศและความชื้นสัมพัทธ์

ระบบระบายอากาศ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)	
	เชื้อแบคทีเรียและความชื้นสัมพัทธ์	เชื้อราและความชื้นสัมพัทธ์
ทางธรรมชาติ	0.051	-0.024
ทางกล-ปรับอากาศแบบเดี่ยว	0.177	0.020
ทางกล-ปรับอากาศแบบรวม	0.130	0.208

จากตารางที่ 4.15 และ 4.16 พบว่า เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ (23.83-31.58 °ซ) และความชื้นสัมพัทธ์ (33.43-56.90%) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ภายในห้องทั้งสามประเภท เนื่องจากการที่มีปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศมากกว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เช่น ความหนาแน่นของคนภายในห้อง กิจกรรมต่างๆ ภายในห้อง ความเร็วลมภายในห้อง และอัตราแลกเปลี่ยนอากาศ เป็นต้น

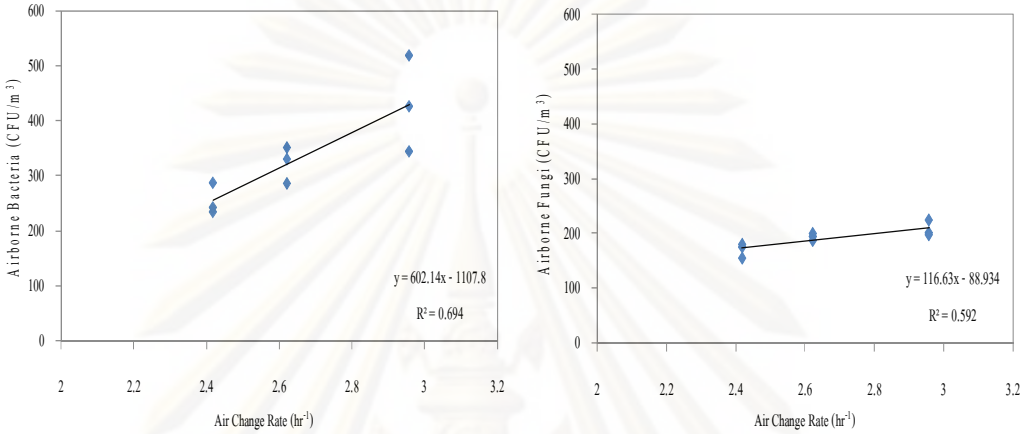
4.12 ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและอัตราการระบายอากาศ

อัตราการระบายอากาศหรืออัตราแลกเปลี่ยนอากาศ ขึ้นอยู่กับลักษณะของห้อง ทิศทางที่อากาศจากภายนอกเข้าภายในห้อง การติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยในการระบายอากาศ วิธีการระบายอากาศ รวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้อง เช่น การเปิด-ปิดประตูและหน้าต่าง เป็นต้น และจุลินทรีย์ในอากาศจะมีแหล่งกำเนิดจากทั้งภายในและภายนอกอาคาร โดยแหล่งกำเนิดภายนอกอาคารส่วนใหญ่จะเป็นจุลินทรีย์ที่มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ และแหล่งกำเนิดภายในอาคารส่วนหนึ่งมาจากคนภายในอาคาร เช่น จากระบบทางเดินหายใจ การไอ การจามและผิวหนัง เป็นต้น จากผลการศึกษา พบว่า ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ พบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราแลกเปลี่ยนอากาศอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 164 และ R^2 = 0.117) ดังรูปที่ 4.31



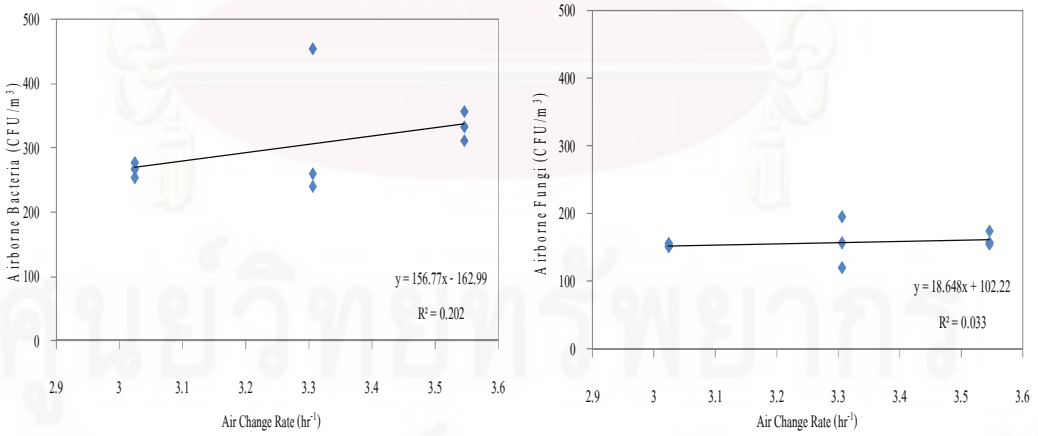
รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและอัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว พบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศและเชื้อรา ในอากาศ ค่อนข้างมีความสัมพันธ์กับอัตราแลกเปลี่ยนอากาศอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.694 และ R^2 = 0.592) ดังรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและอัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราแลกเปลี่ยนอากาศอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.202 และR^2 = 0.033) ดังรูปที่ 4.33



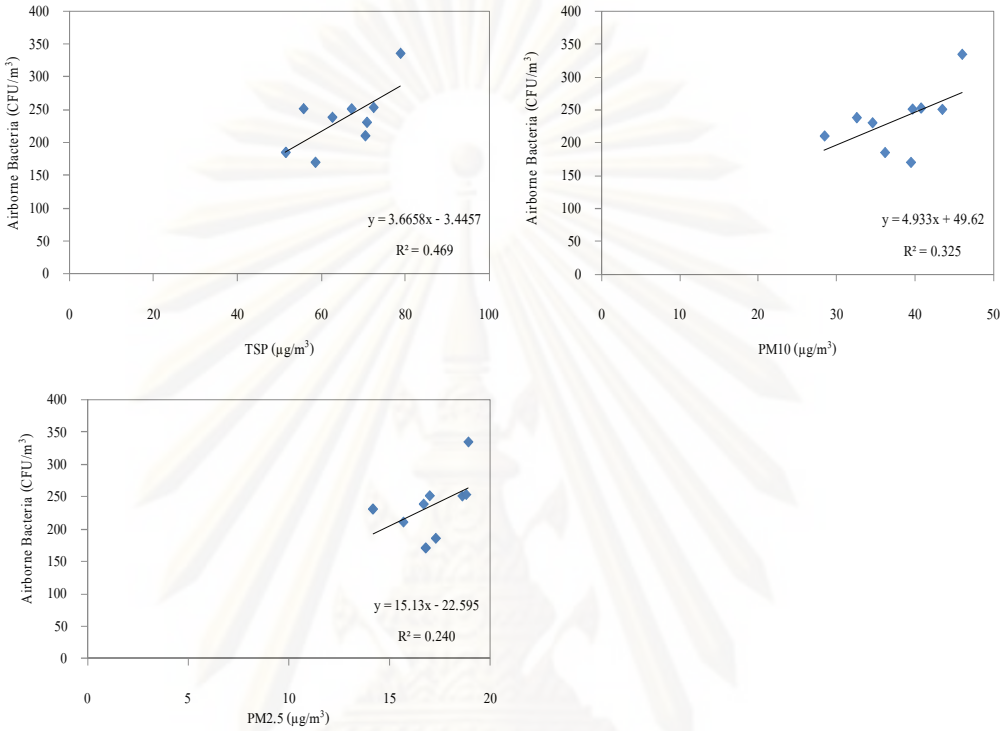
รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและอัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)

จากผลการศึกษาจะเห็นว่า ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราแลกเปลี่ยนอากาศอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศมากกว่าอัตราแลกเปลี่ยนอากาศ เช่น ความหนาแน่นของคนภายในห้อง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศและยังส่งผลโดยอ้อมให้เกิดการฟุ้งกระจายของเชื้อราอีกด้วย ยกเว้นห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวที่พบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศอย่างนัยสำคัญ แสดงว่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรานอากาศภายในห้องอาจได้ผลกระทบจากปริมาณปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในบริเวณที่อากาศเข้าสู่ภายในห้อง และเมื่อพิจารณาแนวโน้มของอัตราแลกเปลี่ยนอากาศกับปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ พบว่า เมื่ออัตราแลกเปลี่ยนอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นจะเห็นว่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศมีแนวโน้มลดลง นั่นอาจแสดงว่า เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องมีการถ่ายเทหรือระบายออกสู่ภายนอกห้องได้ในขณะที่อัตราแลกเปลี่ยนอากาศเพิ่มขึ้น ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งแบบเดี่ยวและแบบรวม พบว่า เมื่ออัตราแลกเปลี่ยนอากาศเพิ่มขึ้นจะเห็นว่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากอัตราแลกเปลี่ยนอากาศขึ้นอยู่กับการเปิด-ปิดประตูเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อมีการเปิด-ปิดประตูอาจทำให้เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราจากภายนอกห้องที่มีปริมาณมากกว่าเข้ามาภายในห้องได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัติฐพงษ์ เด่นจักรวาฬ (2548) ที่พบว่า ห้องที่มีอัตราการระบายอากาศสูงจะพบปริมาณของเชื้อราในอากาศสูงด้วยเช่นกัน เนื่องจากการได้รับผลจากแหล่งกำเนิดภายนอกอาคาร ซึ่งเมื่อการมีนำอากาศที่มีการปนเปื้อนมลพิษเข้ามาภายในห้องทำให้มลพิษภายในห้องมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นด้วย ต่างกับงานวิจัยที่ผ่านมาของ Chuaybamroong และคณะ (2008) พบว่า เมื่ออัตราการระบายอากาศในทั้งห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศลดลง แสดงว่า อากาศภายในห้องมีการถ่ายเทออกสู่ภายนอกและคุณภาพอากาศที่เข้ามาภายในห้องมีค่าดีกว่าคุณภาพอากาศที่มีอยู่เดิม ทำให้เกิดการเจือจางและมีการระบายอากาศออกสู่ภายนอกห้อง ซึ่งส่งผลให้คุณภาพอากาศภายในห้องมีค่าดีขึ้นเมื่ออัตราการระบายอากาศเพิ่มขึ้น

4.13 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศและความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้อง

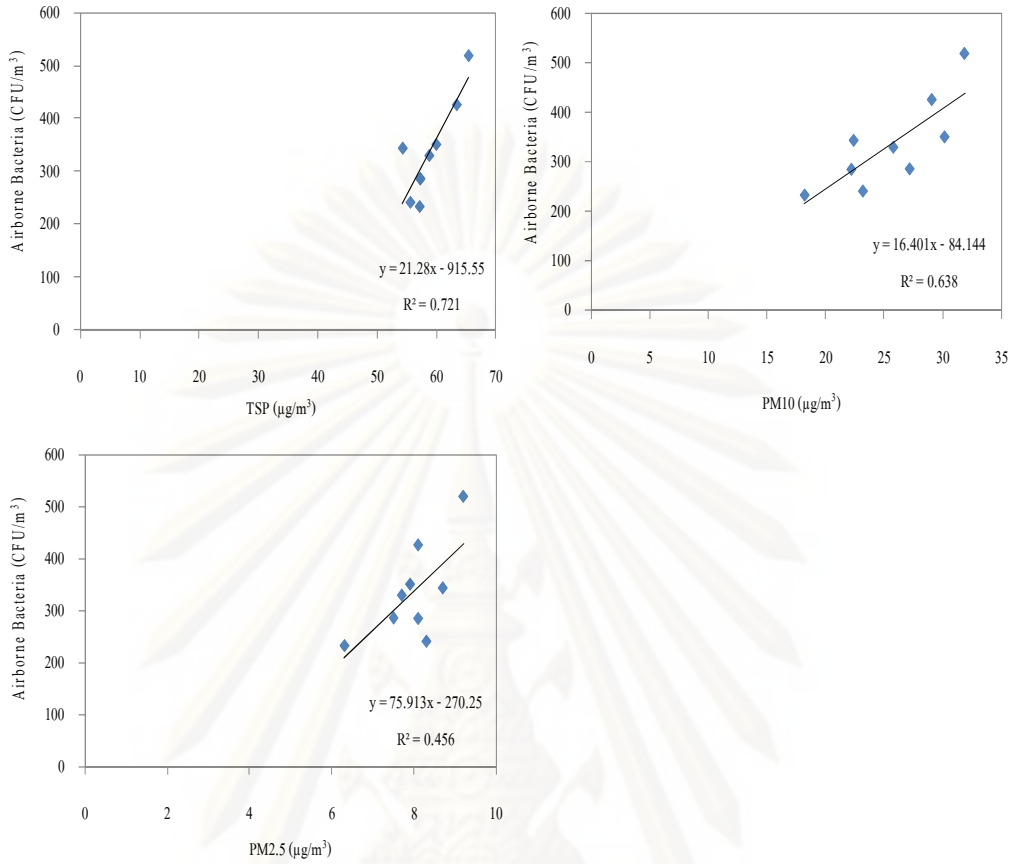
จากสมมุติฐานที่ว่า จุลินทรีย์ในอากาศไม่สามารถเคลื่อนที่ด้วยตัวเอง ดังนั้นการเคลื่อนที่ในอากาศจึงต้องอาศัยการเกาะติดไปกับฝุ่นละออง ละอองไอ และสารแขวนลอยในอากาศ เป็นต้น ในการแพร่กระจายไปในอากาศ (ทวี จิตไมตรี, 2529) และผลการศึกษาห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ พบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ

ฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญ ($R^2 = 0.469$, $R^2 = 0.325$ และ$R^2 = 0.240$) ดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

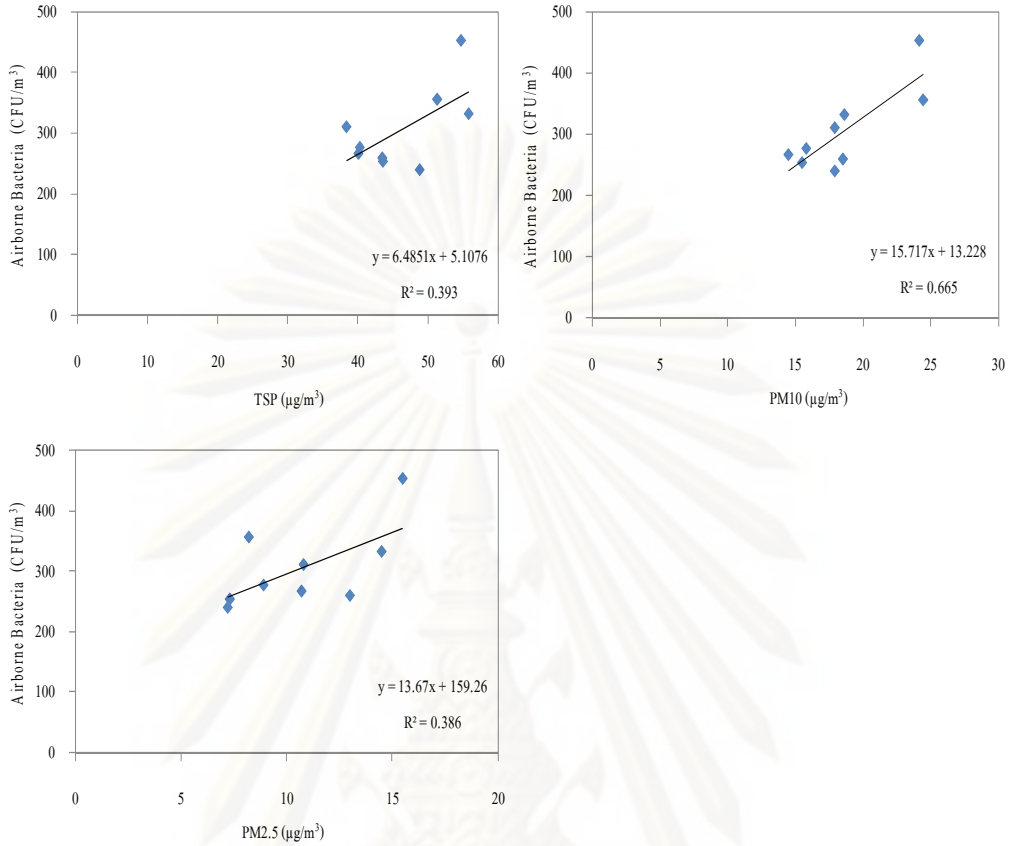
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)

จากรูปที่ 4.35 ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว พบว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศค่อนข้างมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ($R^2 = 0.721$ และ $R^2 = 0.638$) แต่ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญ ($R^2 = 0.456$)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศค่อนข้างมีความสัมพันธ์โดยตรงฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญ ($R^2 = 0.665$) และปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($R^2 = 0.393$ และ $R^2 = 0.386$) ดังรูปที่ 4.36

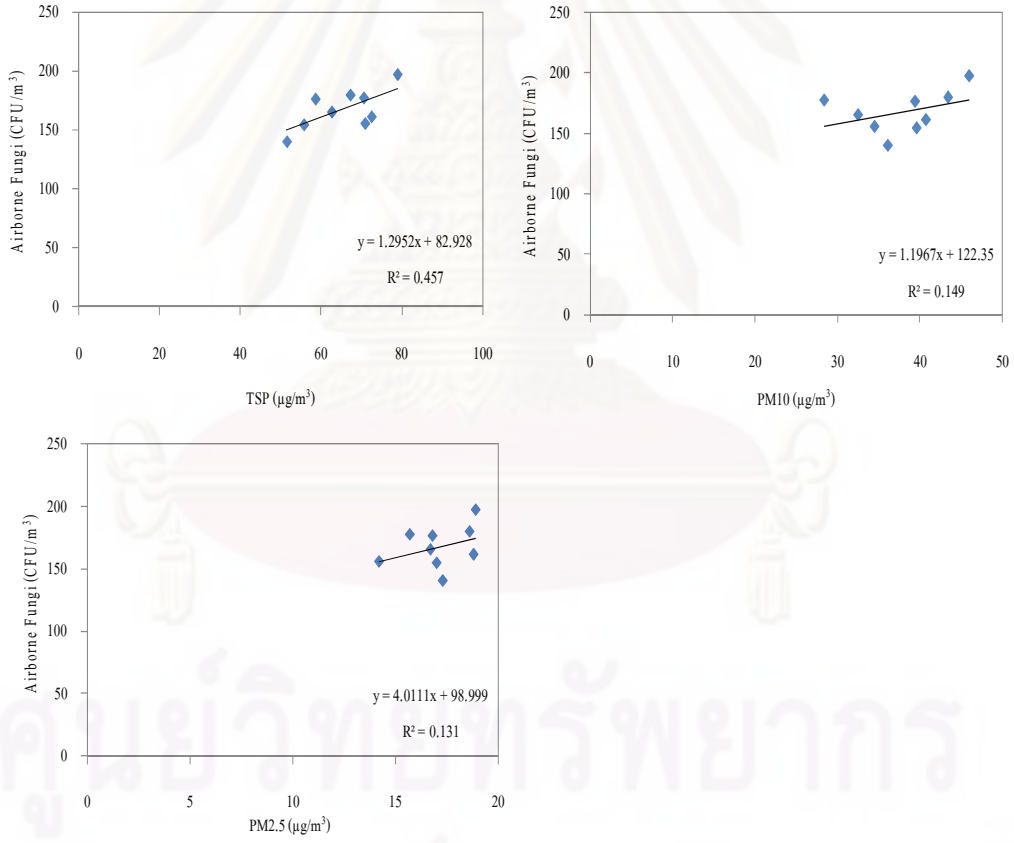


รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละออง ภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)

เมื่อทำการพิจารณาการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดต่างๆ และปริมาณของเชื้อแบคทีเรียภายในห้อง พบว่า เมื่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองมีค่าเพิ่มขึ้น จะเห็นว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายในห้องส่วนใหญ่เป็นฝุ่นละอองที่มาจากการฟุ้งกระจายเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ เช่น การเดินไป-มาของคนภายในห้อง การเปิดพัดลม และการทำกิจกรรมเกี่ยวกับการรักษาผู้ป่วย เป็นต้น ซึ่งคนภายในห้องและกิจกรรมดังกล่าวอาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจายและแพร่การกระจายของทั้งฝุ่นละออง เช่น ฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่เกิดจากการฟุ้งกระจายเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้อง (ปุญญานิช บริเวธานันท์, 2549) และคนภายในห้องยังเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของเชื้อแบคทีเรียในอากาศ (Obbard และ Lim, 2002) เช่น แบคทีเรียที่มาจากลมหายใจ การไอ การจามและผิวหนัง เป็นต้น และนอกจากนั้นเชื้อแบคทีเรียในอากาศจะเคลื่อนที่ไปในอากาศโดยการเกาะติดไปกับฝุ่นละอองละอองไอ และสารแขวนลอยในอากาศ (ทวี จิตไมตรี, 2529)

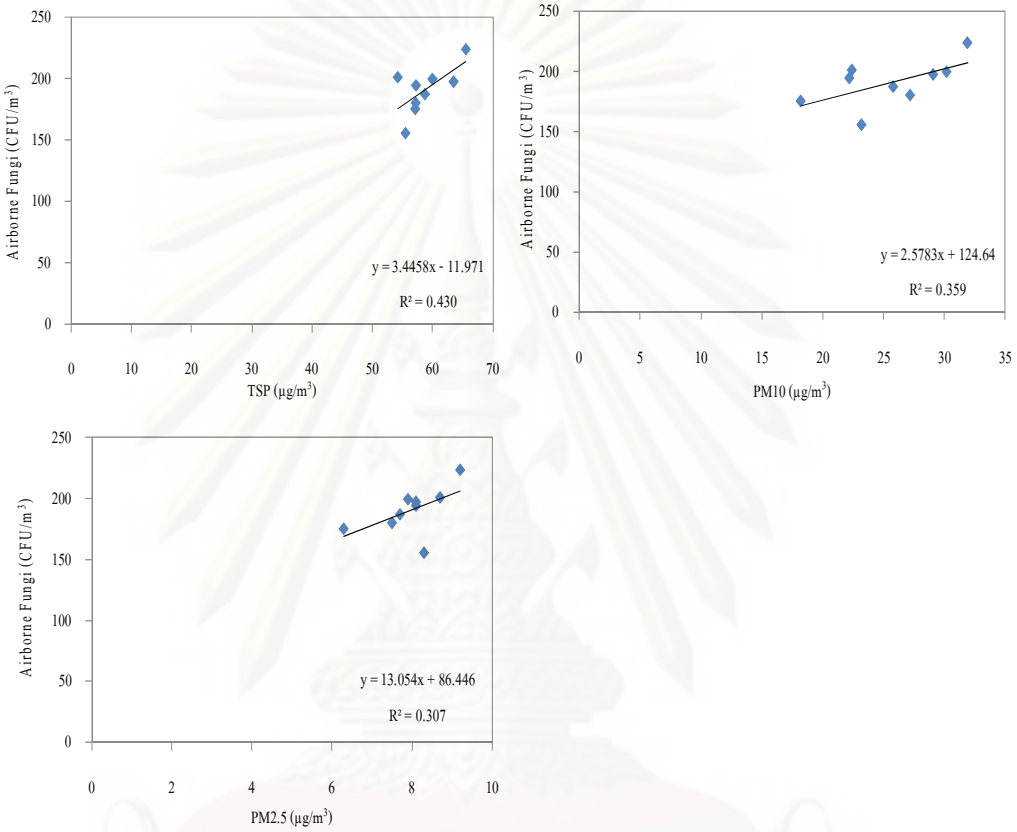
4.14 ปริมาณเชื้อราในอากาศและความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้อง

จากสมมุติฐานเดียวกันกับเชื้อแบคทีเรียในอากาศ โดยที่แหล่งกำเนิดของเชื้อราภายในห้องมาจาก บริเวณที่มีสภาวะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราภายในห้อง เช่น บริเวณห้องน้ำ บริเวณเครื่องปรับอากาศหรือแผ่นกรองของเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น และเชื้อราสามารถปล่อยสปอร์ให้แพร่กระจายในอากาศเพื่อเป็นการสืบพันธุ์ ดังนั้นจึงมีสปอร์ของเชื้อราที่อาจจะตกอยู่ที่พื้นห้องหรือเกาะตามผ้าม่าน ผ้าปูที่นอน เป็นต้น จากผลการศึกษาห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ พบว่า ปริมาณเชื้อราในอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.457, R^2 = 0.149 และ R^2 = 0.131) ดังรูปที่ 4.37



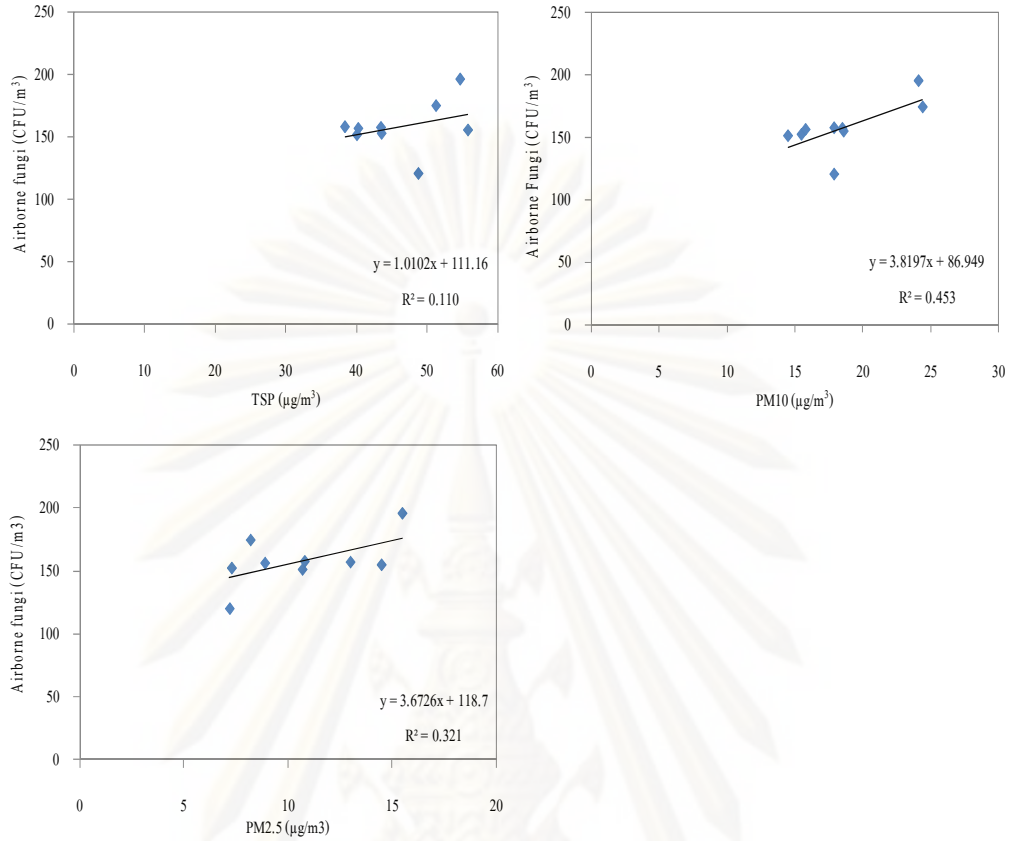
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อราในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว พบว่า ปริมาณของเชื้อราในอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญ ($R^2 = 0.430$, $R^2 = 0.359$ และ $R^2 = 0.307$) ดังรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อราในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบเดี่ยว)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า ปริมาณของเชื้อราในอากาศมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญ ($R^2 = 0.110$, $R^2 = 0.453$ และ $R^2 = 0.321$) ดังรูปที่ 4.39



รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อราในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางกล (ห้องปรับอากาศแบบรวม)

จากผลการศึกษาระหว่างเชื้อราในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้อง พบว่าเมื่อฝุ่นละอองในอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นจะเห็นว่าปริมาณของเชื้อราในอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายในห้องส่วนใหญ่เป็นฝุ่นละอองที่มาจากการฟุ้งกระจายเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ เช่น การเดินไป-มาของคนภายในห้อง การเปิดพัดลม และการทำกิจกรรมเกี่ยวกับการรักษาผู้ป่วย เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวอาจทำให้เกิดการแพร่การกระจายหรือฟุ้งกระจายของเชื้อราในอากาศได้ (Kowalski, 2006:439) รวมทั้งการสั่นหรือเคลื่อนไหวของวัสดุที่มีเชื้อราเกาะอยู่ก็จะทำให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อราได้ (Gorny และคณะ, 2001) เช่น ผ้าม่าน เสื้อผ้า และผ้าปูที่นอน เป็นต้น นอกจากนั้นเชื้อราในอากาศยังสามารถเกาะติดไปกับฝุ่นละออง ละอองไอ และสารแขวนลอยในอากาศได้ (ทวี จิตไมตรี, 2529) และพบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเชื้อราและฝุ่นละอองมากกว่าห้องที่ใช้การระบายอากาศแบบอื่น เนื่องจากเป็นห้องปิดทำให้ฝุ่นละอองและเชื้อราที่เกิดขึ้นไม่สามารถแพร่กระจายออกสู่ภายนอกห้องได้เช่นเดียวกับเชื้อแบคทีเรียในอากาศ

เมื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองกับปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ในอากาศ พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองมีอัตราการเพิ่มขึ้นต่อปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศมากกว่าปริมาณของเชื้อราในอากาศ เนื่องจากฝุ่นละอองที่เพิ่มขึ้นภายในห้องส่วนใหญ่เป็นฝุ่นละอองที่เกิดจากการฟุ้งการกระจายเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้อง (ปุญญานิช บริเวธานันท์, 2549) และคนภายในห้องก็เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของเชื้อแบคทีเรียในอากาศ (Obbard และ Lim, 2002) เช่น แบคทีเรียที่มาจากลมหายใจ การไอ การจามและผิวหนัง เป็นต้น ส่วนกิจกรรมของคนภายในห้องเป็นเพียงการส่งผลทางอ้อมต่อการฟุ้งกระจายของเชื้อราในอากาศที่เกิดขึ้น (Kowalski, 2006:439)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณภาพอากาศภายในหอผู้ป่วยของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ได้แก่ ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม โดยทำการเก็บตัวอย่างของปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ และตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศ รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ อัตราการระบายอากาศ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความหนาแน่นของคนภายในห้อง ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการศึกษาอัตราแลกเปลี่ยนอากาศ พบว่า ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีอัตราแลกเปลี่ยนอากาศมากที่สุด (Sig. = 0.000) รองมาคือห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมซึ่งเป็นห้องที่มีช่องอากาศเข้าและออกของระบบปรับอากาศภายในห้อง ทำให้มีการหมุนเวียนอากาศจากภายในห้องออกสู่ภายนอกห้องและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นห้องปิดทำให้มีการถ่ายเทอากาศน้อย ซึ่งการถ่ายเทอากาศมาจากการเปิด-ปิดประตูเป็นหลัก

ผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ได้แก่ ฝุ่นละอองรวม (TSP) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) บริเวณภายนอก พบว่า ความเข้มข้นของ TSP ภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.046) และความเข้มข้นของ PM10 และ PM2.5 ภายนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.016 และSig. = 0.000) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ภายในห้อง พบว่า ภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น TSP, PM10 และ PM2.5 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.000, Sig. = 0.000 และSig. = 0.000) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายนอกและภายในห้อง พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นฝุ่นละอองภายนอกห้องมีค่ามากกว่าภายในห้องและห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีสัดส่วนของ PM10/TSP มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.000) เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ พบว่า

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าสัดส่วน PM2.5/TSP และ PM2.5/PM10 มากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.000 และSig. = 0.000)

การศึกษาปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งแบบเดี่ยวและแบบรวมมีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศมากกว่าห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.021 และSig. = 0.004) และปริมาณของเชื้อแบคทีเรียภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าไม่แตกต่างกับห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig.= 0.378) นอกจากนั้นพบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราภายนอกห้องอาจส่งผลต่อปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราภายในห้องได้ เช่น ห้องที่มีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศบริเวณภายนอกมาก จะมีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องมากด้วย รวมทั้งเมื่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองเพิ่มขึ้น ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเทียบปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องกับค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลก พบว่า ห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีค่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราเกินมาตรฐาน 2.4 และ 3.3 เท่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยวมีค่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราเกินมาตรฐาน 3.3 และ 3.8 เท่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราเกินมาตรฐาน 3 และ 3.3 เท่า

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละตัวแปร พบว่า เมื่อความหนาแน่นของคนภายในห้องเพิ่มจะมีแนวโน้มความเข้มข้นของฝุ่นละออง ปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้องส่งผลให้ฝุ่นละอองเพิ่มขึ้น โดยที่ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของภายในห้องอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่ออัตราแลกเปลี่ยนอากาศห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติเพิ่มขึ้นพบว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศลดลง ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งแบบเดี่ยวและแบบรวม พบว่า เมื่ออัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศเป็นห้องปิด ซึ่งมีช่องระบายอากาศออกจากห้องน้อย ดังนั้นอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจึงขึ้นอยู่กับการเปิด-ปิดประตูเป็นหลัก ซึ่งเมื่อมีการเปิด-ปิดประตูทำให้ฝุ่นละออง เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศจากภายนอกห้องที่มีค่าสูงกว่าเข้ามาภายในห้องได้ โดยเฉพาะห้องที่ใช้ระบบปรับ

อากาศแบบเดี่ยว พบว่า อัตราแลกเปลี่ยนอากาศอากาศค่อนข้างมีความสัมพันธ์กับปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศอย่างมีนัยสำคัญ (R^2>0.5)

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

(1) ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพหรือความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการบำบัดคุณภาพอากาศ เช่น เครื่องฟอกอากาศแบบต่างๆ เครื่องปรับอากาศที่มีแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง เป็นต้น

(2) ควรทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายนอกอาคารควบคู่ไปกับการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคาร

(3) ควรมีการจำแนกชนิดเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในการทดลอง เพื่อหาเชื้อที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนภายในอาคาร

(4) ควรมีการเพิ่มจำนวนตัวอย่างให้มากขึ้น โดยพิจารณาหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมก่อนทำการเก็บตัวอย่าง เพื่อจะให้ได้ผลทางสถิติที่ชัดเจนมากขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงพยาบาล

(1) ควรมีการปรับปรุงระบบระบายอากาศภายในห้องที่มีอัตราการระบายอากาศที่ไม่ได้มาตรฐาน เช่น ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ เพิ่มช่องระบายอากาศ เป็นต้น

(2) ควรมีการเพิ่มความถี่ในการทำความสะอาด เช่น การทำความสะอาดพื้นห้อง การซักผ้าม่าน และการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

(3) ควรมีการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศหรือติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่มีแผงกรองประสิทธิภาพสูงในแผนกที่มีความเสี่ยงสูง

(4) ควรมีการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายนอกห้องและบริเวณทางเดินระหว่างห้อง เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของมลพิษอากาศจากภายนอกห้องเข้าสู่ภายในห้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์. 2540. เชื้อแบคทีเรียในอากาศที่ทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจในย่านชุมชนของกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์. 2548. ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลและการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอยแก่น.

จักรพันธ์ ภวังคะรัตน์. 2551. ระบบปรับอากาศสำหรับโรงพยาบาล [ออนไลน์].แหล่งที่มา: http://www.thaihvac.com/articles/knowledge.php?id=60[15พฤษภาคม 2551]

จิราภรณ์ ประธรรมโย, พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภารดี ช่วยบำรุง. 2550. ความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราในอากาศที่เก็บโดยวิธี Open plate และ Andersen Impactor ในโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง. วารสารสาธารณสุขศาสตร์ 37:100-111.

จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมพูศักดิ์ พูลเกษ. 2547. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารและกลุ่มอาการเจ็บป่วยของพนักงานในสำนักงานของโรงพยาบาล กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี. วารสารสาธารณสุขศาสตร์ 34:180-189.

ฆริกา คุ้มไทย. 2545. แบคทีเรียในอากาศบริเวณที่มีการสัญจรหนาแน่นของกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุลีวัลย์ ธัญญศิรินนท์, พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภารดี ช่วยบำรุง. 2551. การเปรียบเทียบเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศระหว่าง Andersen Impactor ชนิด 6 ชั้นและชนิดชั้นเดียว. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 13:45-54.

ณรงค์ ณ เชียงใหม่. 2539. การจัดการสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์โอเดียน.

ณัฐพงศ์ แหละหมัน. 2548. อัตราชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานภายในโรงพยาบาลที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพอ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัติฐพงษ์ เด่นจักรวาฬ. 2548. การกระจายของฝุ่นและเชื้อราบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวี จิตไมตรี. 2529. แบคทีเรียทั่วไปและปฏิบัติการสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์ เอส.ดี.เพรส.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2548. จุลชีววิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปุญญานิช บริเวธานันท์. 2549. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและเชื้อราในอากาศของโรงพยาบาลในเขตปริมณฑล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปิยะพงษ์ ชุมศรี, พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภารดี ช่วยบำรุง. 2550. ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้งานของแผงกรองหน้ากากกรองอากาศกับปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศของโรงพยาบาล. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย 21:79-91.

พวงเพชร วุฒิคุณาภรณ์. 2547. ระบบระบายอากาศและวัณโรคในบุคลากรทางการแพทย์ในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. 2532. การฝึกปฏิบัติงานอาชีวอนามัย ความปลอดภัย และเออร์กอนอมิคส์เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการตรวจสอบการทำงานของระบบระบายอากาศ หน่วยที่ 1-8. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

ยุพรัตน์ หลิมมงคล, กัลยา หาญพิชาญชัย และภารดี ช่วยบำรุง. 2552. ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเก็บตัวอย่างละอองชีวภาพด้วยแอนเดอร์เซนอิมแพคเตอร์ แบบชนิดชั้นเดียวของฟาร์มไก่ไข่.การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 8.

วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. 2549. การระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์ธรรมสาร.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. 2547. ข้อแนะนำเฉพาะกาลสำหรับการออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศและระบายอากาศของสถานพยาบาล [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.EIT.or.th[15พฤษภาคม 2551].

วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, นิตยา มหาผล และธีระ เกรอต. 2542. มลภาวะอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมานชัย เลิศกมลวิทย์. 2543.การหาปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก (PM2.5, PM10-2.5, PM10) และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นในบรรยากาศ ภายในอาคารและฝุ่นที่บุคคลได้รับ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สหสาขาวิชาสภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมชัย บวรกิตติ. 2542. เวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม ฉบับเฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษามหาราชา. กรุงเทพมหานคร. เรือนแก้วการพิมพ์.

อรุบล โชติพงษ์. 2549. การศึกษาอัตราส่วนความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ภายในและภายนอกอาคาร. วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม 28:74-94.

อิสยา จันทร์วิทยานุชิต. 2548. การวินิจฉัยโรคติดเชื้อแบคทีเรียทางการแพทย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ. 2543. ระดับฝุ่นขนาดเล็ก 2.5 และ 10 ไมครอนในอากาศจังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่วารสาร 39:95-100.

ภาษาอังกฤษ

ASTM. 2006. Standard test method for determining air change in a single zone by means of a tracer gas dilution. E741. pp.209-225. Washington DC.

ASHRAE. 1999. ASHRAE Standard 62-1999: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta,GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineering, Inc.

Bardana E.J. and Montanaro, A. 2004. Indoor air qualiy and health. New York. Marcel Dekker.

Baron, P.A. and Willeke, K. 2001. Aerosol measurement. principle, technic and application. 2nd edition Canada. John Wiley and sons.

CDC.2003. Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. Alanta: Centers for Disease Control.

Chuaybamroong, P., Choomseer, P. and Sribenjalux, P. 2008. Comparison between hospital single air unit and central air unit for ventilation performances and airborne microbes. Aerosol and Air Quality Research 8: 28-36

Gorny, R.L., Reponen, T., Grinshgun, S.A. and Willeke, K. 2001. Source strength of fungal spore aerosolization from moldy building material. Atmospheric Environment 35:4853-4862.

Kim K.Y. and Kim C.N. 2007. Airborne microbiological characteristics in public buildings of Korea, Building and environment 42: 2188-2196.

Kowalski, W.J. 2006. Aerobiological Engineering Handbook. New York. Mc Graw Hill.

Lee, J.H. and Jo, W.K. 2006. Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high-rise apartment buildings. Journal of Environmental research 101:11-17.

Li, C.S. and Hou, P.A. 2002. Bioaerosol characteristics in hospital clean rooms. The Science of the Total Environmental 305:169-176.

Obbard, J.P. and Lim, S.F. 2003. Airborne concentration of bacteria in a hospital environment in Singapore. Water, air and soil pollution 144:333-341.

Ross, C., Menezes, J.R., Svidzinski, T., Albino, U. and Andrade, G. 2004. Studied on fungal and bacterial population of air-conditioned environment. Brazilian archives of biology and technology 47:827-835.

U.S. EPA. 1995. The inside story [Online]. Available from: http://epa.gov/iaq/pubs/insidest.html[15 May 2008].

U.S. EPA. 2008. An Introduction to Indoor Air Quality [Online]. Available from: http://www.epa.gov/iaq/ia-intro.html[15 May 2008].

WHO. 2005. Indoor air pollution and health [Online]. Available from: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/[20 May 2008].

WHO. 2008. Indoor air pollution [Online]. Available from: http://www.who.int/indoorair/en/ [20 May 2008].

Zhao Y., Chen B., Guo Y., Peng F. and Zhao J. 2004. Indoor air environment of residential buildings in Dalian, China. Energy and Building 36: 1235-1239.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.
การทดลองเบื้องต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์และความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศระหว่างการเก็บตัวอย่างโดยแบ่งพื้นที่เป็น 4 จุดภายในห้องและการเก็บตัวอย่างบริเวณกึ่งกลางห้อง และทำการหาความแตกต่างโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ T-Test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยผลการศึกษา พบว่า ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราไม่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.576 และ Sig. = 0.276)

ตารางที่ ก.1 ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศของค่าเฉลี่ยการเก็บตัวอย่าง 4 จุด

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยของปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ (โคโลนี/ลบ.ม.)	
	เชื้อแบคทีเรียในอากาศ	เชื้อราในอากาศ
1	317.2	137.3
2	238.5	122.7
3	251.5	146.6
4	150.5	171.9
5	242.3	177.2
6	177.4	161.4
7	156.2	147.2
8	142.2	178.6
9	146.8	181.4
10	519.4	165.4
11	244.2	170.9
12	410.5	200.2
13	233.6	230.5
14	241.3	171.9
15	286.6	120.5
16	385.5	186.1
17	418.5	167.3
18	253.6	217.8
ค่าเฉลี่ย	267.5	169.7
ค่าความแปรปรวน	106.3	29.0

ตารางที่ ก.2 ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศของการเก็บตัวอย่างกลางห้อง

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยของปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ (โคโลนี/ลบ.ม.)	
	เชื้อแบคทีเรียในอากาศ	เชื้อราในอากาศ
1	335.1	197.5
2	238.5	165.4
3	251.5	154.6
4	210.5	177.5
5	230.8	155.7
6	251.1	179.9
7	170.4	176.5
8	253.3	161.4
9	185.4	140.2
10	519.4	223.8
11	344.1	201.1
12	426.4	197.5
13	233.5	175.4
14	241.5	155.7
15	286.6	180.3
16	351.1	199.7
17	285.6	194.5
18	330.1	187.3
ค่าเฉลี่ย	285.8	179.1
ค่าความแปรปรวน	87.1	21.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการเก็บตัวอย่างโดยแบ่งพื้นที่เป็น 4 จุดภายในห้อง และการเก็บตัวอย่างบริเวณกึ่งกลางห้องของความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Sig. = 0.475, Sig. = 0.717 และ Sig. = 0.910)

ตารางที่ ก.3 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองของค่าเฉลี่ยการเก็บตัวอย่าง 4 จุด

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละออง (มคก./ลบ.ม.)		
	ฝุ่นละอองรวม	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน
1	110.0	68.6	53.5
2	47.1	25.3	12.6
3	90.5	40.7	12.9
4	81.4	35.9	13.5
5	60.5	30.3	12.8
6	61.3	31.9	13.3
7	81.9	31.6	18.7
8	45.7	20.4	9.6
9	61.2	28.4	15.1
10	62.3	30.7	8.1
11	51.3	20.1	7.2
12	69.5	30.5	8.4
13	54.6	24.1	7.5
14	55.5	22.2	7.4
15	58.5	26.2	7.6
16	69.7	31.2	8.2
17	58.1	26.1	7.6
18	54.2	25.6	7.5
ค่าเฉลี่ย	**65.2**	**30.5**	**12.9**
ค่าความแปรปรวน	**16.5**	**10.9**	**10.7**

ตารางที่ ก.4 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองของการเก็บตัวอย่างกลางห้อง

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละออง (มคก./ลบ.ม.)		
	ฝุ่นละอองรวม	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน
1	78.9	45.9	18.9
2	62.6	32.5	16.7
3	55.7	39.6	17.0
4	70.6	28.4	15.7
5	70.9	34.5	14.2
6	67.3	43.4	18.6
7	58.6	39.4	16.8
8	72.5	40.7	18.8
9	51.5	36.1	17.3
10	65.5	31.9	9.2
11	54.3	22.4	8.7
12	63.4	29.1	8.1
13	57.1	18.2	6.3
14	55.6	23.2	8.3
15	57.2	27.2	7.5
16	59.9	30.2	7.9
17	57.3	22.2	8.1
18	58.8	25.8	7.7
ค่าเฉลี่ย	**62.1**	**31.7**	**12.5**
ค่าความแปรปรวน	**7.4**	**8.0**	**4.8**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลการทดลองอัตราแลกเปลี่ยนอากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข.1 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเวลาของห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ

	ห้องที่ 1		ห้องที่ 2		ห้องที่ 3	
เวลา (นาที)	CO_2 (ppm)	$lnCO_2$	CO_2(ppm)	$lnCO_2$	CO_2(ppm)	$lnCO_2$
1	950	6.86	940	6.85	970	6.88
2	630	6.45	700	6.55	680	6.52
3	510	6.23	480	6.17	540	6.29
4	380	5.94	410	6.02	350	5.86
5	315	5.75	330	5.80	335	5.81

ตาราง ข.2 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเวลาของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว

	ห้องที่ 1		ห้องที่ 2		ห้องที่ 3	
เวลา (นาที)	CO_2 (ppm)	$lnCO_2$	CO_2(ppm)	$lnCO_2$	CO_2(ppm)	$lnCO_2$
1	910	6.81	890	6.79	930	6.84
2	900	6.80	870	6.77	910	6.81
3	880	6.78	840	6.73	890	6.79
4	870	6.77	800	6.68	850	6.75
5	810	6.70	790	6.67	820	6.71
6	750	6.62	750	6.62	790	6.67
7	715	6.57	700	6.55	740	6.61
8	670	6.51	690	6.54	715	6.57
9	650	6.48	670	6.51	660	6.49
10	600	6.40	655	6.48	630	6.45
11	580	6.36	630	6.45	600	6.40
12	560	6.33	590	6.38	595	6.39
13	535	6.28	550	6.31	570	6.35
14	500	6.21	535	6.28	550	6.31
15	480	6.17	500	6.21	520	6.25

ตาราง ข.3 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเวลาของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

	ห้องที่ 1		ห้องที่ 2		ห้องที่ 3	
เวลา (นาที)	CO_2 (ppm)	$lnCO_2$	CO_2(ppm)	$lnCO_2$	CO_2(ppm)	$lnCO_2$
1	880	6.78	850	6.75	900	6.80
2	860	6.76	820	6.71	870	6.77
3	830	6.72	800	6.68	850	6.75
4	800	6.68	775	6.65	815	6.70
5	770	6.65	755	6.63	760	6.63
6	735	6.60	710	6.57	720	6.58
7	680	6.52	650	6.48	700	6.55
8	640	6.46	610	6.41	670	6.51
9	600	6.40	570	6.35	640	6.46
10	590	6.38	545	6.30	600	6.40
11	550	6.31	500	6.21	560	6.33
12	540	6.29	470	6.15	530	6.27
13	490	6.19	430	6.06	470	6.15
14	470	6.15	415	6.03	450	6.11
15	450	6.11	390	5.97	415	6.03

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ปัจจัยทางกายภาพภายนอกห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ-บริเวณทางเดินหน้าห้อง (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น)

วัน เดือน ปี	เวลา	อุณหภูมิ (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (ม./วินาที)
28 พฤษภาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	31.57	68.00	0.45
	11.30 น. - 13.00 น.	32.50	62.00	0.35
	13.30 น. - 15.00 น.	33.10	67.00	0.31
8 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	29.60	63.00	0.44
	11.30 น. - 13.00 น.	32.50	58.00	0.27
	13.30 น. - 15.00 น.	31.73	56.00	0.31
18 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	32.50	58.00	0.44
	11.30 น. - 13.00 น.	32.50	65.00	0.61
	13.30 น. - 15.00 น.	32.40	68.00	0.46
ค่าเฉลี่ย	-	**32.04**	**62.78**	**0.41**
ค่าความแปรปรวน	-	**1.02**	**4.60**	**0.11**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.2 ปัจจัยทางกายภาพภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติ (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น)

วัน เดือน ปี	เวลา	อุณหภูมิ (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (ม./วินาที)	จำนวนคนภายในห้อง (คน)	พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)	ความหนาแน่นของคนภายในห้อง (คน/ตร.ม.)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ($ชม^{-1}$)
28 พฤษภาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	31.57	56.70	0.21	19	191.25	0.30	13.78
	11.30 น. - 13.00 น.	32.50	59.14	0.27	16	191.25	0.25	13.78
	13.30 น. - 15.00 น.	33.10	64.50	0.29	18	191.25	0.28	13.78
8 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	29.60	52.25	0.35	14	283.80	0.15	13.16
	11.30 น. - 13.00 น.	32.50	54.45	0.42	11	283.80	0.12	13.16
	13.30 น. - 15.00 น.	31.73	56.70	0.34	24	283.80	0.25	13.16
18 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	30.43	57.13	0.39	2	35.19	0.17	15.54
	11.30 น. - 13.00 น.	31.73	56.10	0.36	2	35.19	0.17	15.54
	13.30 น. - 15.00 น.	32.20	55.10	0.51	1	35.19	0.09	15.54
ค่าเฉลี่ย	-	**31.71**	**56.90**	**0.35**	**11.89**	**170.08**	**0.20**	**14.16**
ค่าความแปรปรวน	-	**1.09**	**3.44**	**0.09**	**8.45**	**108.82**	**0.08**	**1.07**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.3 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและปริมาณเชื้อแบคทีเรีย เชื้อราในอากาศ บริเวณภายนอกห้อง –บริเวณทางเดินหน้าห้อง (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น)

วัน เดือน ปี	เวลา	ฝุ่นละอองรวม (TSP)	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10)	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)	PM10/TSP	PM2.5/TSP	PM2.5/PM10
28 พฤษภาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	58.7	39.7	18.1	0.68	0.31	0.46
	11.30 น. - 13.00 น.	88.6	46.8	25.7	0.53	0.29	0.55
	13.30 น. - 15.00 น.	60.3	35.6	21.6	0.59	0.36	0.61
8 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	66.6	35.4	17.1	0.53	0.26	0.48
	11.30 น. - 13.00 น.	59.7	33.5	16.8	0.56	0.28	0.50
	13.30 น. - 15.00 น.	85.4	40.6	18.5	0.48	0.22	0.46
18 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	66.6	38.4	20.5	0.58	0.31	0.53
	11.30 น. - 13.00 น.	63.8	34.6	16.8	0.54	0.26	0.49
	13.30 น. - 15.00 น.	68.4	37.8	18.2	0.56	0.26	0.48
ค่าเฉลี่ย	-	**68.7**	**38.0**	**19.3**	**0.56**	**0.28**	**0.51**
ค่าความแปรปรวน	-	**10.9**	**4.1**	**2.9**	**0.05**	**0.04**	**0.05**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.4 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อขนาดใหญ่ บริเวณภายในห้อง (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น)

วัน เดือน ปี	เวลา	ฝุ่นละอองรวม (TSP)	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10)	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)	PM10/TSP	PM2.5/TSP	PM2.5/PM10
28 พฤษภาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	78.9	45.9	18.9	0.58	0.24	0.41
	11.30 น. - 13.00 น.	62.6	32.5	16.7	0.52	0.27	0.51
	13.30 น. - 15.00 น.	55.7	39.6	17.0	0.71	0.31	0.43
8 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	70.6	28.4	15.7	0.40	0.22	0.55
	11.30 น. - 13.00 น.	70.9	34.5	14.2	0.49	0.20	0.41
	13.30 น. - 15.00 น.	67.3	43.4	18.6	0.65	0.28	0.43
18 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	58.6	39.4	16.8	0.67	0.29	0.43
	11.30 น. - 13.00 น.	72.5	40.7	18.8	0.56	0.26	0.46
	13.30 น. - 15.00 น.	51.5	26.1	17.3	0.51	0.34	0.66
ค่าเฉลี่ย	-	**65.4**	**36.7**	**17.1**	**0.57**	**0.27**	**0.48**
ค่าความแปรปรวน	-	**8.9**	**6.8**	**1.6**	**0.10**	**0.04**	**0.08**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.5 ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา บริเวณภายนอกห้องและภายในห้อง (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น)

วัน เดือน ปี	เวลา	บริเวณภายนอกห้อง		บริเวณภายในห้อง	
		เชื้อแบคทีเรียในอากาศ	เชื้อราในอากาศ	เชื้อแบคทีเรียในอากาศ	เชื้อราในอากาศ
28 พฤษภาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	312.1	288.6	335.6	197.5
	11.30 น. - 13.00 น.	253.3	206.1	235.6	165.4
	13.30 น. - 15.00 น.	276.7	272.6	253.3	154.6
8 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	335.7	295.5	212.1	177.5
	11.30 น. - 13.00 น.	182.5	153.5	235.7	155.7
	13.30 น. - 15.00 น.	194.4	177.2	253.3	179.9
18 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	335.7	295.5	170.8	160.3
	11.30 น. - 13.00 น.	335.7	123.8	253.4	161.4
	13.30 น. - 15.00 น.	276.8	159.0	188.4	140.2
ค่าเฉลี่ย	-	**278.1**	**219.0**	**237.6**	**165.8**
ค่าความแปรปรวน	-	**59.0**	**69.2**	**47.3**	**16.9**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.6 ปริมาณแบคทีเรียแยกตามการย่อยสลายเม็ดเลือด บริเวณภายนอกห้อง –บริเวณทางเดินหน้าห้อง (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น)

วัน เดือน ปี	เวลา	Alpha- hemolysis gram-positive cocci	Beta- hemolysis gram-positive cocci	Gamma- hemolysis gram-negative cocci	Gamma- hemolysis gram-positive cocci	Gamma- hemolysis gram-positive bacilli
28 พฤษภาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	11.8	58.9	41.2	164.9	35.3
	11.30 น. - 13.00 น.	11.8	76.6	ไม่พบ	141.3	23.6
	13.30 น. - 15.00 น.	41.2	35.3	35.3	153.1	11.8
8 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	41.2	47.1	23.6	176.7	47.1
	11.30 น. - 13.00 น.	ไม่พบ	41.2	11.8	94.2	35.3
	13.30 น. - 15.00 น.	ไม่พบ	76.6	23.6	82.4	11.8
18 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	64.8	ไม่พบ	11.8	212	47.1
	11.30 น. - 13.00 น.	47.1	64.8	47.1	176.7	ไม่พบ
	13.30 น. - 15.00 น.	17.7	82.4	ไม่พบ	176.7	ไม่พบ
ค่าเฉลี่ย	-	**33.7**	**60.4**	**27.8**	**153.1**	**30.3**
ค่าความแปรปรวน	-	**20.0**	**11.7**	**17.7**	**24.3**	**11.9**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.7 ปริมาณแบคทีเรียแยกตามการย่อยสลายเม็ดเลือด บริเวณภายในห้อง (หอพักผู้ป่วยหลิมซีลั่น)

วัน เดือน ปี	เวลา	Alpha- hemolysis gram-positive cocci	Beta- hemolysis gram-positive cocci	Gamma- hemolysis gram-negative cocci	Gamma- hemolysis gram-positive cocci	Gamma- hemolysis gram-positive bacilli
28 พฤษภาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	35.3	100.1	23.6	141.3	35.3
	11.30 น. - 13.00 น.	23.6	58.9	11.8	106.0	35.3
	13.30 น. - 15.00 น.	23.6	76.6	ไม่พบ	117.8	35.3
8 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	ไม่พบ	64.8	11.8	135.5	ไม่พบ
	11.30 น. - 13.00 น.	47.1	82.5	23.6	70.7	11.8
	13.30 น. - 15.00 น.	23.6	76.6	ไม่พบ	141.3	11.8
18 มิถุนายน 2552	9.30 น. - 11.00 น.	ไม่พบ	ไม่พบ	11.8	159	ไม่พบ
	11.30 น. - 13.00 น.	23.6	76.6	11.8	117.8	23.6
	13.30 น. - 15.00 น.	29.4	64.8	ไม่พบ	94.2	ไม่พบ
ค่าเฉลี่ย	-	**29.5**	**75.1**	**15.7**	**120.4**	**25.5**
ค่าความแปรปรวน	-	**8.9**	**12.9**	**6.1**	**27.33**	**11.6**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.8 ปัจจัยทางกายภาพภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว-บริเวณทางเดินหน้าห้อง (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม)

วัน เดือน ปี	เวลา	อุณหภูมิ (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (ม./วินาที)
1 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	29.80	46.50	0.15
	11.30 น. - 13.00 น.	31.25	57.00	0.12
	13.30 น. - 15.00 น.	31.30	53.50	0.13
11 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	29.25	41.00	0.10
	11.30 น. - 13.00 น.	29.15	51.00	0.09
	13.30 น. - 15.00 น.	29.30	55.00	0.13
21 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	30.10	68.00	0.14
	11.30 น. - 13.00 น.	30.10	68.00	0.14
	13.30 น. - 15.00 น.	31.40	52.00	0.11
ค่าเฉลี่ย	-	**30.18**	**54.67**	**0.12**
ค่าความแปรปรวน	-	**0.92**	**8.92**	**0.02**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.9 ปัจจัยทางกายภาพภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม)

วัน เดือน ปี	เวลา	อุณหภูมิ (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (ม./วินาที)	จำนวนคนภายในห้อง (คน)	พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)	ความหนาแน่นของคนภายในห้อง (คน/ตร.ม.)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ($ชม^{-1}$)
1 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	31.57	56.70	0.21	19	91.35	30.45	2.56
	11.30 น. - 13.00 น.	32.5	59.14	0.27	16	91.35	30.45	2.56
	13.30 น. - 15.00 น.	33.10	64.50	0.29	18	91.35	30.45	2.56
11 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	29.60	52.25	0.35	14	104.31	34.77	2.28
	11.30 น. - 13.00 น.	32.50	54.45	0.42	11	104.31	34.77	2.28
	13.30 น. - 15.00 น.	31.73	56.70	0.34	24	104.31	34.77	2.28
21 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	30.43	57.13	0.39	2	111.60	37.20	2.35
	11.30 น. - 13.00 น.	31.73	56.10	0.36	2	111.60	37.20	2.35
	13.30 น. - 15.00 น.	32.20	55.10	0.51	1	111.60	37.20	2.35
ค่าเฉลี่ย	-	**31.71**	**56.91**	**0.35**	**11.89**	**102.42**	**34.14**	**2.4**
ค่าความแปรปรวน	-	**1.09**	**3.44**	**0.09**	**8.45**	**8.88**	**2.96**	**0.13**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.10 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อขนาดใหญ่ บริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว –บริเวณทางเดินหน้าห้อง (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม)

วัน เดือน ปี	เวลา	ฝุ่นละอองรวม (TSP)	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10)	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)	PM10/TSP	PM2.5/TSP	PM2.5/PM10
1 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	68.9	27.3	8.4	0.40	0.12	0.31
	11.30 น. - 13.00 น.	73.7	32.1	10.1	0.44	0.14	0.31
	13.30 น. - 15.00 น.	78.2	30.7	8.3	0.39	0.11	0.27
11 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	134.0	51.4	14.9	0.38	0.11	0.29
	11.30 น. - 13.00 น.	91.0	41.1	10.5	0.45	0.11	0.25
	13.30 น. - 15.00 น.	85.0	43.1	11.5	0.51	0.14	0.27
21 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	58.1	27.6	12.4	0.47	0.21	0.45
	11.30 น. - 13.00 น.	66.5	32.7	16.2	0.49	0.24	0.50
	13.30 น. - 15.00 น.	87.2	32.1	13.0	0.37	0.15	0.41
ค่าเฉลี่ย	-	**82.5**	**35.4**	**11.7**	**0.43**	**0.15**	**0.34**
ค่าความแปรปรวน	-	**22.1**	**8.1**	**2.7**	**0.05**	**0.05**	**0.09**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.11 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อขนาดใหญ่ บริเวณภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม)

วัน เดือน ปี	เวลา	ฝุ่นละอองรวม (TSP)	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10)	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)	PM10/TSP	PM2.5/TSP	PM2.5/PM10
1 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	65.5	31.9	9.2	0.49	0.14	0.29
	11.30 น. - 13.00 น.	54.3	22.4	8.7	0.41	0.16	0.39
	13.30 น. - 15.00 น.	63.4	29.1	8.1	0.46	0.13	0.28
11 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	57.1	18.2	6.3	0.32	0.11	0.35
	11.30 น. - 13.00 น.	55.6	23.2	8.3	0.42	0.15	0.36
	13.30 น. - 15.00 น.	57.2	27.2	7.5	0.48	0.13	0.28
21 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	59.9	30.2	7.9	0.50	0.13	0.26
	11.30 น. - 13.00 น.	57.3	22.2	8.1	0.39	0.14	0.36
	13.30 น. - 15.00 น.	58.8	25.8	7.7	0.44	0.13	0.30
ค่าเฉลี่ย	-	**58.8**	**25.6**	**7.9**	**0.43**	**0.14**	**0.32**
ค่าความแปรปรวน	-	**3.6**	**4.4**	**0.81**	**0.06**	**0.01**	**0.05**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.12 ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา บริเวณภายนอกห้องและภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม)

วัน เดือน ปี	เวลา	บริเวณภายนอกห้อง		บริเวณภายในห้อง	
		เชื้อแบคทีเรียในอากาศ	เชื้อราในอากาศ	เชื้อแบคทีเรียในอากาศ	เชื้อราในอากาศ
1 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	276.7	159.0	518.3	223.8
	11.30 น. - 13.00 น.	530.0	170.8	347.4	201.1
	13.30 น. - 15.00 น.	665.6	265.0	430.0	197.5
11 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	518.3	366.7	235.6	175.4
	11.30 น. - 13.00 น.	589.0	310.9	235.7	155.7
	13.30 น. - 15.00 น.	494.7	242.2	288.6	180.3
21 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	223.8	147.2	347.4	199.7
	11.30 น. - 13.00 น.	430.0	265.0	253.4	194.5
	13.30 น. - 15.00 น.	188.5	182.6	329.8	187.3
ค่าเฉลี่ย	-	**435.2**	**234.4**	**331.8**	**190.6**
ค่าความแปรปรวน	-	**168.4**	**75.3**	**94.5**	**19.1**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.13 ปริมาณแบคทีเรียแยกตามการย่อยสลายเม็ดเลือด บริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว –บริเวณทางเดินหน้าห้อง (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม)

วัน เดือน ปี	เวลา	Alpha- hemolysis gram-positive cocci	Beta- hemolysis gram-positive cocci	Gamma- hemolysis gram-negative cocci	Gamma- hemolysis gram-positive cocci	Gamma- hemolysis gram-positive bacilli
1 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	29.4	70.7	ไม่พบ	141.3	35.3
	11.30 น. - 13.00 น.	23.6	94.2	35.3	318	58.9
	13.30 น. - 15.00 น.	47.1	123.7	58.9	412.3	23.6
11 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	ไม่พบ	ไม่พบ	47.1	447.6	23.6
	11.30 น. - 13.00 น.	ไม่พบ	82.4	70.7	412.3	23.6
	13.30 น. - 15.00 น.	ไม่พบ	58.9	35.3	341.6	58.9
21 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	23.6	58.9	ไม่พบ	141.3	ไม่พบ
	11.30 น. - 13.00 น.	23.6	88.3	23.6	270.9	23.6
	13.30 น. - 15.00 น.	35.3	23.6	11.8	94.2	23.6
ค่าเฉลี่ย	-	**30.4**	**75.1**	**40.4**	**286.6**	**33.9**
ค่าความแปรปรวน	-	**9.4**	**29.7**	**20.2**	**132.7**	**15.9**

ตารางที่ ค.14 ปริมาณแบคทีเรียแยกตามการย่อยสลายเม็ดเลือด บริเวณภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดี่ยว (หอพักผู้ป่วยสวัสดิ์-ล้อม)

วัน เดือน ปี	เวลา	Alpha- hemolysis gram-positive cocci	Beta- hemolysis gram-positive cocci	Gamma- hemolysis gram-negative cocci	Gamma- hemolysis gram-positive cocci	Gamma- hemolysis gram-positive bacilli
1 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	53.0	153.1	53	235.6	23.6
	11.30 น. - 13.00 น.	35.3	88.3	35.3	188.5	ไม่พบ
	13.30 น. - 15.00 น.	41.2	129.6	11.8	176.7	70.7
11 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	23.6	70.7	ไม่พบ	106.0	35.3
	11.30 น. - 13.00 น.	47.1	82.5	23.6	70.7	11.8
	13.30 น. - 15.00 น.	29.5	88.3	ไม่พบ	147.2	23.6
21 กรกฎาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	35.3	76.6	35.3	164.9	35.3
	11.30 น. - 13.00 น.	ไม่พบ	82.5	23.6	123.7	23.6
	13.30 น. - 15.00 น.	47.1	117.8	ไม่พบ	117.8	47.1
ค่าเฉลี่ย	-	**39.0**	**98.8**	**30.4**	**147.9**	**33.9**
ค่าความแปรปรวน	-	**9.9**	**28.1**	**14.1**	**49.6**	**18.3**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.15 ปัจจัยทางกายภาพภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม-บริเวณทางเดินหน้าห้อง (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)

วัน เดือน ปี	เวลา	อุณหภูมิ (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (ม./วินาที)
4 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	24.90	40.40	0.27
	11.30 น. - 13.00 น.	24.70	43.10	0.27
	13.30 น. - 15.00 น.	24.60	42.50	0.27
14 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	25.45	46.30	0.18
	11.30 น. - 13.00 น.	25.64	43.0	0.50
	13.30 น. - 15.00 น.	25.30	44.60	0.20
24 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	24.50	45.80	0.18
	11.30 น. - 13.00 น.	24.67	42.60	0.50
	13.30 น. - 15.00 น.	24.80	43.50	0.20
ค่าเฉลี่ย	-	**24.95**	**43.53**	**0.29**
ค่าความแปรปรวน	-	**0.41**	**1.81**	**0.13**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.16 ปัจจัยทางกายภาพภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)

วัน เดือน ปี	เวลา	อุณหภูมิ (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (ม./วินาที)	จำนวนคนภายในห้อง (คน)	พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)	ความหนาแน่นของคนภายในห้อง (คน/ตร.ม.)	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ($ชม^{-1}$)
4 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	24.3	35.5	0.03	2	103.35	0.06	2.73
	11.30 น. - 13.00 น.	23.3	33.1	0.01	2	103.35	0.06	2.73
	13.30 น. - 15.00 น.	23.6	37.0	0.02	4	103.35	0.12	2.73
14 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	24.15	36.4	0.01	2	38.28	0.16	3.15
	11.30 น. - 13.00 น.	24.35	32.0	0.02	2	38.28	0.16	3.15
	13.30 น. - 15.00 น.	23.95	33.0	0.01	3	38.28	0.24	3.15
24 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	23.6	38.1	0.01	4	38.28	0.32	3.08
	11.30 น. - 13.00 น.	23.65	36.0	0.02	2	38.28	0.16	3.08
	13.30 น. - 15.00 น.	23.55	35.1	0.03	2	38.28	0.16	3.08
ค่าเฉลี่ย	-	**23.83**	35.13	**0.02**	**2.56**	**59.97**	**0.16**	**2.99**
ค่าความแปรปรวน	-	**0.37**	2.04	**0.01**	**0.88**	**32.535**	**0.08**	**0.19**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.17 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อขนาดใหญ่ บริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม –บริเวณทางเดินหน้าห้อง (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)

วัน เดือน ปี	เวลา	ฝุ่นละอองรวม (TSP)	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10)	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)	PM10/TSP	PM2.5/TSP	PM2.5/PM10
4 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	59.3	36.5	16.5	0.62	0.29	0.45
	11.30 น. - 13.00 น.	69.4	23.4	18.5	0.34	0.27	0.79
	13.30 น. - 15.00 น.	73.5	25.4	16.5	0.35	0.22	0.65
14 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	67.8	29.8	18.2	0.44	0.27	0.61
	11.30 น. - 13.00 น.	61.2	29.8	17.6	0.49	0.29	0.59
	13.30 น. - 15.00 น.	57.2	33.2	21.2	0.58	0.37	0.64
24 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	63.1	29.8	18.2	0.47	0.29	0.61
	11.30 น. - 13.00 น.	65.3	25.4	18.5	0.39	0.28	0.73
	13.30 น. - 15.00 น.	70.5	33.2	21.2	0.47	0.30	0.64
ค่าเฉลี่ย	-	**65.3**	**29.6**	**18.5**	**0.46**	**0.29**	**0.63**
ค่าความแปรปรวน	-	**5.5**	**4.3**	**1.7**	**0.1**	**0.04**	**0.09**

ตารางที่ ค.18 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและสัดส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อขนาดใหญ่ บริเวณภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)

วัน เดือน ปี	เวลา	ฝุ่นละอองรวม (TSP)	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10)	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)	PM10/TSP	PM2.5/TSP	PM2.5/PM10
4 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	43.6	15.5	7.3	0.36	0.17	0.47
	11.30 น. - 13.00 น.	40.1	14.5	10.7	0.36	0.27	0.74
	13.30 น. - 15.00 น.	40.3	15.8	8.9	0.39	0.22	0.56
14 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	51.3	24.4	8.2	0.48	0.16	0.34
	11.30 น. - 13.00 น.	38.4	17.9	10.8	0.47	0.28	0.60
	13.30 น. - 15.00 น.	55.8	18.6	14.5	0.33	0.26	0.78
24 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	54.7	24.1	15.5	0.44	0.28	0.64
	11.30 น. - 13.00 น.	43.5	18.5	13.0	0.43	0.3	0.70
	13.30 น. - 15.00 น.	48.8	17.9	7.2	0.37	0.15	0.40
ค่าเฉลี่ย	-	**46.3**	**18.6**	**10.7**	**0.41**	**0.23**	**0.58**
ค่าความแปรปรวน	-	**6.2**	**3.5**	**3.1**	**0.05**	**0.06**	**0.15**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.19 ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา บริเวณภายนอกห้องและภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)

วัน เดือน ปี	เวลา	บริเวณภายนอกห้อง		บริเวณภายในห้อง	
		เชื้อแบคทีเรียในอากาศ	เชื้อราในอากาศ	เชื้อแบคทีเรียในอากาศ	เชื้อราในอากาศ
4 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	288.6	188.5	253.3	152.5
	11.30 น. - 13.00 น.	288.6	241.5	270.9	151.4
	13.30 น. - 15.00 น.	300.5	159.0	276.9	156.4
14 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	459.4	265.0	353.3	174.6
	11.30 น. - 13.00 น.	329.8	206.1	306.3	157.8
	13.30 น. - 15.00 น.	382.7	194.4	335.6	155.1
24 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	435.8	200.2	453.5	195.7
	11.30 น. - 13.00 น.	288.6	235.6	259.1	157.2
	13.30 น. - 15.00 น.	329.8	247.4	235.5	120.5
ค่าเฉลี่ย	-	**344.9**	**215.3**	**304.9**	**157.9**
ค่าความแปรปรวน	-	**65.9**	**33.9**	**67.9**	**19.9**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.20 ปริมาณแบคทีเรียแยกตามการย่อยสลายเม็ดเลือด บริเวณภายนอกห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม –บริเวณทางเดินหน้าห้อง (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)

วัน เดือน ปี	เวลา	Alpha- hemolysis gram-positive cocci	Beta- hemolysis gram-positive cocci	Gamma- hemolysis gram-negative cocci	Gamma- hemolysis gram-positive cocci	Gamma- hemolysis gram-positive bacilli
4 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	35.3	53	11.8	176.7	11.8
	11.30 น. - 13.00 น.	23.6	70.7	23.6	141.3	29.4
	13.30 น. - 15.00 น.	29.5	82.5	58.9	129.6	ไม่พบ
14 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	70.7	35.3	47.1	294.5	11.8
	11.30 น. - 13.00 น.	35.3	58.9	35.3	176.7	23.6
	13.30 น. - 15.00 น.	11.8	100.1	35.3	200.2	35.3
24 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	47.1	82.5	35.3	270.9	ไม่พบ
	11.30 น. - 13.00 น.	41.2	47.1	23.6	164.9	11.8
	13.30 น. - 15.00 น.	ไม่พบ	117.8	47.1	153.1	11.8
ค่าเฉลี่ย	-	**36.8**	**71.9**	**35.3**	**189.8**	**19.4**
ค่าความแปรปรวน	-	**17.5**	**26.5**	**14.4**	**56.9**	**10.0**

ตารางที่ ค.21 ปริมาณแบคทีเรียแยกตามการย่อยสลายเม็ดเลือด บริเวณภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (ตึก ภปร.ชั้น 8 และชั้น 13)

วัน เดือน ปี	เวลา	Alpha- hemolysis gram-positive cocci	Beta- hemolysis gram-positive cocci	Gamma- hemolysis gram-negative cocci	Gamma- hemolysis gram-positive cocci	Gamma- hemolysis gram-positive bacilli
4 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	23.6	76.6	23.6	94.2	35.3
	11.30 น. - 13.00 น.	ไม่พบ	82.5	35.3	117.8	35.3
	13.30 น. - 15.00 น.	29.5	82.5	23.6	94.2	47.1
14 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	35.3	106.0	58.9	141.3	11.8
	11.30 น. - 13.00 น.	58.9	106.0	ไม่พบ	117.8	23.6
	13.30 น. - 15.00 น.	35.3	100.1	ไม่พบ	164.9	35.3
24 สิงหาคม 2552	9.30 น. - 11.00 น.	47.1	100.1	23.6	223.8	58.9
	11.30 น. - 13.00 น.	ไม่พบ	94.2	35.3	117.8	11.8
	13.30 น. - 15.00 น.	35.3	ไม่พบ	ไม่พบ	153.1	47.1
ค่าเฉลี่ย	-	**29.4**	**83.1**	**33.4**	**136.1**	**34.0**
ค่าความแปรปรวน	-	**19.5**	**32.9**	**13.8**	**40.8**	**16.1**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายศรัญญู คำภาบุตร เกิดเมื่อวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อปีการศึกษา 2549 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย