

ความแปรปรวนของจำนวนเชื้อราในอากาศกับการระบายอากาศและสภาวะอากาศภายในห้องของ  
โรงพยาบาลกลาง



นางสาวกุลธิดา เลิศเชาวฤทธิ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VARIABILITY OF FUNGI WITH VENTILATION AND INDOOR AIR CONDITIONS IN  
KLANG HOSPITAL



Miss Kulthida Lertchaowayuth

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ความแปรปรวนของจำนวนเชื้อราในอากาศกับการระบาย

อากาศและสภาวะอากาศภายในห้องของโรงพยาบาลกลาง

โดย

นางสาวกุลธิดา เลิศเชาวยุทธ

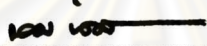
สาขาวิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์

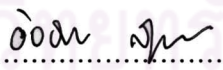
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

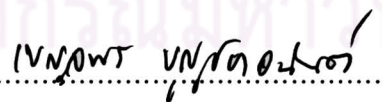
  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.รเรศ ศรีสถิตย์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. อัจฉริยา สุริยะวงศ์)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. เบญจพร บุญชยาอนันต์)

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

กฤติดา เลิศเชาวฤทธิ์ : ความแปรปรวนของจำนวนเชื้อราในอากาศกับการระบายอากาศ และสถานะอากาศภายในห้องของโรงพยาบาลกลาง (VARIABILITY OF FUNGI WITH VENTILATION AND INDOOR AIR CONDITIONS IN KLANG HOSPITAL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, 127 หน้า.

การศึกษานี้ทำการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ พร้อมทั้งฝุ่นละอองและจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศของห้องภายในโรงพยาบาลซึ่งใช้วิธีระบายอากาศแตกต่างกัน ได้แก่ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม และห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพิจารณาลักษณะกิจกรรมซึ่งแบ่งออกเป็น 6 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมบริหารงานทั่วไป แผนกผู้ป่วยนอก แผนกผู้ป่วยใน ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ ห้องพักแพทย์ และห้องพักพยาบาล โดยทำการเก็บตัวอย่างเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศแบบขั้นเดียว (Single Stage Bio-Impactor) ที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt Extract Agar ในขณะเดียวกันทำการวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน พร้อมทั้งบันทึกกิจกรรมและจำนวนคนภายในห้อง

การศึกษา พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศมากที่สุด และมีค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนมากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.019$  และ  $p = 0.021$ ) รวมทั้งมีจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศมากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.000$ ) และเมื่อพิจารณาตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม พบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและ 2.5 ไมครอนพบสูงสุดที่แผนกผู้ป่วยในของห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ส่วนจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศพบสูงสุดที่แผนกผู้ป่วยในที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติเช่นกัน จากการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของคน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

ภาควิชา..... วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....

ลายมือชื่อนิติศ..... กฤติดา เลิศเชาวฤทธิ์.....

สาขาวิชา..... วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... อ.อ.อ.อ.

ปีการศึกษา..... 2553.....

## 5170227121 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORDS : INDOOR AIR QUALITY / VENTILATION RATE / TOTAL FUNGI /  
*ASPERGILLUS SP.*

KULTHIDA LERTCHAOWAYUTH : VARIABILITY OF FUNGI WITH  
VENTILATION AND INDOOR AIR CONDITIONS IN KLANG HOSPITAL.  
THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WONGPUN LIMPASENI, 127 pp.

This study carried out measurement of temperature, relative humidity, wind velocity and ventilation rate together with concentrations of particulate matter and airborne fungi and *Aspergillus sp.* in Klang hospital with split type air conditioning, central air conditioning and natural ventilation system. Airborne fungi and *Aspergillus sp.* were sampled by Single Stage Bio-Impactors. Nutrient used for cultivating airborne fungi and *Aspergillus sp.* were Malt Extract Agar (MEA). At the time of sampling, PM10, PM2.5, activities and density of people in the room were recorded.

The results showed that natural ventilated rooms had the highest temperature, relative humidity, wind velocity and air change rate. The PM10 and PM2.5 concentrations in natural ventilated rooms were higher than mechanical ventilated rooms (split type air conditioning and central air conditioning system) ( $p = 0.019$  and  $p = 0.021$ ) as well as airborne fungi and *Aspergillus sp.* were higher in natural ventilated rooms ( $p = 0.000$  and  $p = 0.000$ ). In regards to ventilation system and activities, it was found that PM10 and PM 2.5 were highest in in-patient wards with natural ventilation. Airborne fungi and *Aspergillus sp.* were also highest in in-patient wards with natural ventilation. The study found no relationship between airborne fungi and *Aspergillus sp.* with temperature, relative humidity, wind velocity, density of people, PM 2.5 and PM10.

Department : Environmental Engineering

Student's Signature Kulthida Lertchaowayuth

Field of Study : Environmental Engineering

Advisor's Signature Wongpun Limpaseni

Academic Year : 2010

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสณีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ทุกขั้นตอน ตลอดจนสนับสนุนทุนในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชเรศ ศรีสถิตย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาวดี ช่วยบำรุง อาจารย์ ดร. อัจฉริยา สุริยะวงศ์ และอาจารย์ ดร. เบญจพร บุญชยาอนันต์ ที่กรุณาใช้เวลาในการสอบวิทยานิพนธ์นี้และให้คำแนะนำอันเป็นแนวทางที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรของโรงพยาบาลกลางที่ช่วยแนะนำและอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างจนกระทั่งสำเร็จมาด้วยดี

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์และภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย รวมทั้งการให้ความรู้และการแนะนำในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้องที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์นี้ด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจ จนทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สำเร็จด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

|   | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....                             | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....                          | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ .....                             | ฉ    |
| สารบัญ .....                                      | ช    |
| สารบัญตาราง .....                                 | ญ    |
| สารบัญภาพ .....                                   | ฑ    |
| บทที่ 1 บทนำ.....                                 | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....           | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....                  | 4    |
| 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....                        | 5    |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                | 5    |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....       | 6    |
| 2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร.....                    | 6    |
| 2.2 แหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคาร.....       | 7    |
| 2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร.....    | 9    |
| 2.3.1 สารปนเปื้อนหรือมลพิษอากาศที่พบในอาคาร.....  | 9    |
| 2.3.2 ปัจจัยทางกายภาพ.....                        | 13   |
| 2.3.3 การระบายอากาศ.....                          | 14   |
| 2.3.4 การฟอกอากาศ.....                            | 18   |
| 2.3.5 ระบบปรับอากาศ.....                          | 19   |
| 2.4 ผลกระทบต่อร่างกาย.....                        | 27   |
| 2.4.1 สาเหตุของการเกิดโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล..... | 28   |
| 2.4.2 กลไกการแพร่กระจายของเชื้อที่สำคัญ.....      | 29   |
| 2.5 เชื้อรา.....                                  | 30   |
| 2.5.1 สันฐานวิทยา.....                            | 30   |
| 2.5.2 การสืบพันธุ์ของรา.....                      | 31   |
| 2.5.3 สปอร์.....                                  | 31   |

| บทที่  | หน้า |
|--|------|
| 2.5.4 โรคที่เกิดจากเชื้อรา.....  | 33   |
| 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....   | 35   |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....  | 40   |
| 3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี.....  | 40   |
| 3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง.....                                | 40   |
| 3.1.2 สารเคมี.....   | 40   |
| 3.2 สถานที่เก็บตัวอย่างและจุดในการเก็บตัวอย่าง.....                      | 40   |
| 3.2.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง.....   | 40   |
| 3.2.2 จุดเก็บตัวอย่าง.....   | 46   |
| 3.3 การดำเนินการทดลอง.....   | 47   |
| 3.3.1 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ.....                                       | 47   |
| 3.3.2 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศ.....                                | 48   |
| 3.3.3 จำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา <i>Aspergillus sp.</i> ในอากาศ.....      | 49   |
| 3.3.4 ตำรวจปัจจัยอื่นๆ.....  | 49   |
| 3.4 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย.....  | 50   |
| 3.4.1 ตัวแปรอิสระ.....   | 50   |
| 3.4.2 ตัวแปรตาม.....   | 50   |
| 3.5 วิเคราะห์ผลการศึกษา.....   | 51   |
| 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....                                      | 51   |
| บทที่ 4 ผลการศึกษา.....  | 53   |
| 4.1 ปัจจัยทางกายภาพ.....   | 53   |
| 4.1.1 ปัจจัยทางกายภาพจำแนกตามระบบระบายอากาศ.....                         | 53   |
| 4.1.2 ปัจจัยทางกายภาพจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม.....         | 54   |
| 4.2 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ.....   | 56   |
| 4.2.1 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศ.....                 | 56   |
| 4.2.2 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม..... | 57   |
| 4.3 ความเข้มข้นฝุ่นละออง.....  | 58   |
| 4.3.1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามระบบระบายอากาศ.....                    | 58   |



| บทที่  | ฉ<br>หน้า |
|--|-----------|
| 4.3.2 ความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะ<br>กิจกรรม.....                                      | 59        |
| 4.3.3 ความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามฤดูกาล.....  | 61        |
| 4.4 จำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> ในอากาศ.....   | 62        |
| 4.4.1 จำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> ในอากาศจำแนกตามระบบ<br>ระบายอากาศ.....                         | 62        |
| 4.4.2 จำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> ในอากาศจำแนกตามระบบ<br>ระบายอากาศลักษณะกิจกรรม.....            | 63        |
| 4.4.3 จำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> ในอากาศจำแนกตามฤดูกาล.....                                     | 65        |
| 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> ....                          | 67        |
| 4.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ กับจำนวนเชื้อรา<br>รวมและ <i>Aspergillus sp.</i> .....      | 67        |
| 4.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับจำนวนเชื้อรารวมและ<br><i>Aspergillus sp.</i> .....                       | 68        |
| 4.5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคนภายในห้องกับจำนวน<br>เชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> .....       | 68        |
| 4.5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนกับจำนวน<br>เชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> ..... | 69        |
| 4.5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนกับจำนวน<br>เชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> .....  | 69        |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....   | 71        |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง.....  | 71        |
| 5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต.....   | 74        |
| 5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงพยาบาล.....   | 74        |
| รายการอ้างอิง.....   | 75        |
| ภาคผนวก.....   | 80        |
| ภาคผนวก ก. ข้อมูลปัจจัยทางกายภาพจำแนกตามระบบระบายอากาศ.....  | 81        |
| ภาคผนวก ข. ข้อมูลคุณภาพอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศ.....  | 93        |
| ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและกราฟความสัมพันธ์.....  | 105       |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....  | 127       |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| 2.1 ชนิดและแหล่งกำเนิดของมลพิษภายในอาคาร.....  | 8    |
| 2.2 อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องสำหรับห้องต่างๆ ในโรงพยาบาล.....  | 17   |
| 2.3 อัตราการนำเข้าอากาศจากภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้อง และความ<br>ดันสัมพัทธ์สำหรับห้องต่างๆ ภายในโรงพยาบาล..... | 18   |
| 2.4 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร.....   | 29   |
| 2.5 เกณฑ์แนะนำปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในอากาศภายในอาคารขององค์การอนามัยโลก...   | 32   |
| 3.1 จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีการใช้<br>ระบบปรับอากาศแบบแยก.....                        | 41   |
| 3.2 จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีการใช้<br>ระบบปรับอากาศแบบรวม.....                        | 45   |
| 3.3 จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีการระบาย<br>อากาศแบบธรรมชาติ.....                         | 45   |
| 4.1 ค่าเฉลี่ยปัจจัยทางกายภาพจำแนกตามระบบระบายอากาศ.....  | 54   |
| 4.2 ค่าเฉลี่ยปัจจัยทางกายภาพจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม.....  | 55   |
| 4.3 ค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศ.....  | 56   |
| 4.4 ค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะ<br>กิจกรรม.....  | 57   |
| 4.5 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามระบบระบายอากาศ.....   | 58   |
| 4.6 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรม.....  | 61   |
| 4.7 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามฤดูกาล.....   | 62   |
| 4.8 ค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> ในอากาศจำแนกตามระบบระบาย<br>อากาศ.....                              | 63   |
| 4.9 ค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> ในอากาศจำแนกตามระบบระบาย<br>อากาศและลักษณะกิจกรรม.....              | 65   |
| 4.10 ค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> ในอากาศจำแนกตามฤดูกาล.....   | 66   |
| 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> ในอากาศกับอุณหภูมิ.....                                  | 67   |
| 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus sp.</i> ในอากาศและความชื้น<br>สัมพัทธ์.....                      | 67   |

| ตารางที่  | หน้า |
|---|------|
| 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus</i> sp. ในอากาศกับความเร็วลม..                                    | 68   |
| 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus</i> sp. ในอากาศกับความหนาแน่นของคน.....                           | 68   |
| 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus</i> sp. ในอากาศกับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน..... | 69   |
| 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อรารวมและ <i>Aspergillus</i> sp. ในอากาศกับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน.....  | 70   |
| ก.1 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 1.....  | 82   |
| ก.2 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 2.....  | 85   |
| ก.3 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมครั้งที่ 1.....  | 88   |
| ก.4 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมครั้งที่ 2.....  | 88   |
| ก.5 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมที่มี HEPA ครั้งที่ 1.....                                   | 89   |
| ก.6 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมที่มี HEPA ครั้งที่ 2.....                                   | 89   |
| ก.7 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ครั้งที่ 1.....   | 90   |
| ก.8 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ครั้งที่ 2.....   | 91   |
| ก.9 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพบริเวณภายนอกอาคาร.....   | 92   |
| ข.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 1.....  | 94   |
| ข.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 2.....  | 97   |
| ข.3 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมครั้งที่ 1 .....   | 100  |
| ข.4 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมครั้งที่ 2.....  | 100  |
| ข.5 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมที่มี HEPA ครั้งที่ 1.....                                   | 101  |
| ข.6 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมที่มี HEPA ครั้งที่ 2.....                                   | 101  |
| ข.7 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ครั้งที่ 1 .....  | 102  |

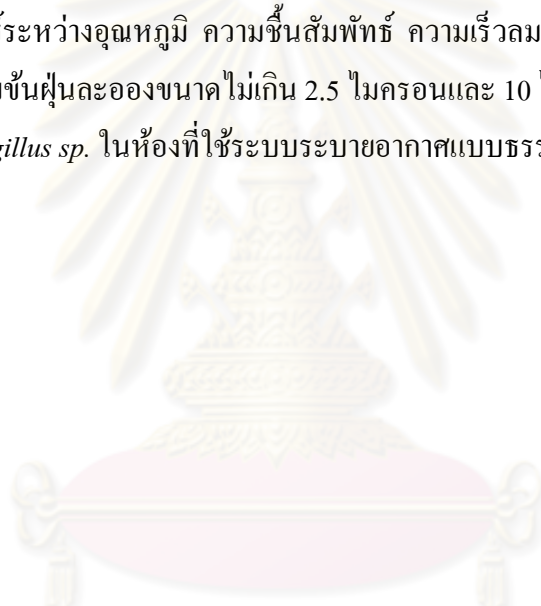
| ตารางที่  | หน้า |
|---|------|
| ข.8 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ<br>ครั้งที่ 2.....  | 103  |
| ข.9 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณภายนอกอาคาร.....   | 104  |
| ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตาม<br>ระบบระบายอากาศ.....  | 106  |
| ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของกิจกรรมที่<br>ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก.....   | 107  |
| ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของห้องพัก<br>แพทย์ที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวม.....   | 107  |
| ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่<br>เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จำแนกตามระบบระบาย<br>อากาศ.....                                  | 108  |
| ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่<br>เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของกิจกรรมที่ใช้ระบบปรับ<br>อากาศแบบแยก.....                      | 109  |
| ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่<br>เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของกิจกรรมที่ใช้ระบบปรับ<br>อากาศแบบรวม.....                      | 111  |
| ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่<br>เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของแผนกผู้ป่วยในและ<br>ห้องพักแพทย์ที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม..... | 112  |
| ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่<br>เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของกิจกรรมที่ใช้ระบบ<br>ระบายอากาศแบบธรรมชาติ.....                | 112  |
| ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่<br>เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในและภายนอกอาคาร...  | 113  |
| ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่<br>เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จำแนกตามฤดูกาล.....   | 113  |
| ค.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อราวมและเชื้อรา<br><i>Aspergillus sp.</i> จำแนกตามระบบระบายอากาศ.....  | 114  |

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา<br><i>Aspergillus sp.</i> ของกิจกรรมที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก.....       | 115  |
| ค.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา<br><i>Aspergillus sp.</i> ของกิจกรรมที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม.....       | 117  |
| ค.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา<br><i>Aspergillus sp.</i> ของกิจกรรมที่ใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ..... | 118  |
| ค.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา<br><i>Aspergillus sp.</i> ภายในและภายนอกอาคาร.....                       | 119  |
| ค.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา<br><i>Aspergillus sp.</i> จำแนกตามฤดูกาล.....                            | 120  |

## สารบัญภาพ

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 2.1 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ.....   | 16   |
| 2.2 การระบายอากาศเชิงกล.....  | 17   |
| 2.3 การลดความชื้นโดยอากาศสัมผัสกับอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดน้ำค้างที่ผิวอีแวปโปเรเตอร์  | 20   |
| 2.4 กระบวนการของเครื่องกรองอากาศไฟฟ้าสถิต.....  | 21   |
| 2.5 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างและลักษณะการติดตั้ง.....   | 22   |
| 2.6 แพนคอยล์ยูนิตรูปแบบต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....   | 23   |
| 2.7 เครื่องปรับอากาศแบบตู้ตั้ง.....   | 24   |
| 2.8 เครื่องปรับอากาศแบบเพื่อกิจ.....  | 25   |
| 2.9 เครื่องปรับอากาศแบบซีลเลอร์.....  | 25   |
| 2.10 วงจรระบบปรับอากาศแบบซีลเลอร์.....  | 26   |
| 2.11 โครงสร้างของเชื้อรา.....   | 30   |
| 2.12 เชื้อรา <i>Aspergillus sp.</i> .....   | 33   |
| 3.1 ตัวอย่างจุดตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ฝุ่นละออง เชื้อราวม และ <i>Aspergillus sp.</i> ภายในห้อง (ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายพยาบาล ตึกอนุสรณ์ 100 ปี ชั้น 19).....                               | 47   |
| 3.2 Indoor air quality meter (TSI, Inc., model Q-Track 7565).....   | 48   |
| 3.3 Real Time: Portable Dust Monitor.....   | 48   |
| 3.4 Bio Impactor .....  | 49   |
| 3.5 Air velocity meter ชนิด hot-wire anemometer (TSI, Inc., model 9555).....  | 50   |
| 3.6 แผนภูมิการดำเนินงานวิจัย.....   | 52   |
| ค.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของ คน ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนกับจำนวน เชื้อราวมในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก.....                       | 121  |
| ค.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของ คน ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนกับจำนวน เชื้อรา <i>Aspergillus sp.</i> ในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก..... | 122  |

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| ค.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของ<br>คน ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนกับจำนวน<br>เชื้อรารวมในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม.....                            | 123  |
| ค.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของ<br>คน ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนกับจำนวน<br>เชื้อรา <i>Aspergillus sp.</i> ในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม.....       | 124  |
| ค.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของ<br>คน ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนกับจำนวน<br>เชื้อรารวมในห้องที่ใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ.....                      | 125  |
| ค.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของ<br>คน ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนกับจำนวน<br>เชื้อรา <i>Aspergillus sp.</i> ในห้องที่ใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ..... | 126  |



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศต่างๆ ทั่วโลกเริ่มให้ความสนใจต่อการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality : IAQ) กันเป็นอย่างมาก องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency : U.S. EPA) รายงานว่า ระดับมลพิษอากาศภายในอาคารต่างๆ เช่น ในสถานที่ทำงาน ในบ้าน หรือแม้กระทั่งในโรงเรียน มีสูงกว่าภายนอกอาคารถึง 2-5 เท่า หรืออาจสูงกว่านั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารที่สร้างใหม่ และพบว่ามลพิษอากาศมีผลกระทบต่อปัญหาสุขภาพทั้งทางร่างกายและจิตใจของมนุษย์ ทั้งนี้เนื่องจากมนุษย์ส่วนใหญ่จะใช้เวลาร้อยละ 80-90 อยู่ในอาคาร ซึ่งอาจเป็นที่อยู่อาศัยและเป็นสำนักงานสำหรับทำงานร่วมกัน โดยอาจจะใช้เวลาอยู่ในอาคารวันละไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง ไม่ว่าจะเป็นเด็ก ผู้ใหญ่ ผู้สูงอายุ และยิ่งไปกว่านั้นคือ ผู้ป่วยที่ต้องนอนพักรักษาตัวอยู่ในห้องตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อมองถึงอันตรายที่จะได้รับย่อมไม่ต้องสงสัยเลยว่าผู้ที่ใช้เวลาอยู่ในอาคารนานกว่าจะเป็นผู้ที่ได้รับอันตรายมากกว่า (จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ, 2544)

แหล่งของมลพิษอากาศที่ก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารนั้นมีจำนวนมากขึ้นและซับซ้อนขึ้น เช่น อาคารที่ปิดมิดชิดเพื่อลดการรั่วไหลของความร้อนหรือความเย็น ซึ่งเป็นการประหยัดพลังงาน ทำให้การแลกเปลี่ยนอากาศภายในและภายนอกลดลง จากการศึกษาของ Chuaybamroong และคณะ (2008) พบว่า ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมเมื่ออัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องมีปริมาณลดลง และการศึกษาของศรัณยู คำภาบุตร และคณะ (2552) ซึ่งพบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติจะมีอัตราการระบายอากาศสูงกว่าห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวม โดยห้องที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงจะมีปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศต่ำ นอกจากนี้การใช้อุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงาน เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องโทรสาร เครื่องพิมพ์ดีด เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องปรับอากาศ พรมปูพื้น ฝ้ากันความร้อน เป็นต้น สามารถปล่อยสารพิษออกสู่อากาศได้ในขณะที่มีการใช้งาน สารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาด อาจระเหยกลายเป็นไอปนเปื้อนอยู่ในห้องหรือสำนักงาน แหล่งของสารพิษยังมาจากยาฆ่าแมลง น้ำยาทำความสะอาด ควันบุหรี่ เป็นต้น นอกจากนี้ก็ยังมีอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ ฝุ่นละอองแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส เป็นต้น มลพิษอากาศเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อระบบการหายใจ ระบบไหลเวียนของโลหิตและหัวใจ ระบบประสาท ระบบการทำงานของไต ทำให้ภูมิ



ด้านทานของร่างกายลดต่ำลงและยังเป็นสาเหตุของการก่อมะเร็งในมนุษย์ด้วย (ณัฐพงศ์ และหมั่น, 2548)

ในปัจจุบันปัญหาด้านคุณภาพอากาศภายในอาคารได้ส่งผลกระทบต่อผู้ที่อาศัยและทำงานในอาคารปิดมากขึ้น โดยประสบปัญหาในกลุ่มอาการหนึ่งๆที่เรียกว่า “Sick Building Syndrome” (SBS) หรือ อาการป่วยเหตุอาคาร ซึ่ง U.S. EPA ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นสถานการณ์ที่คนทำงานในอาคารเกิดความผิดปกติทางสุขภาพหรือส่งผลกระทบต่อภาวะในการทำงานเนื่องจากหลายสาเหตุ อาการที่พบ คือ คัดจมูก น้ำมูกไหล เคืองตา ไอ แน่นหน้าอก อ่อนล้า ปวดศีรษะ แต่ไม่มีลักษณะเฉพาะของโรค และจะหายเมื่อออกจากอาคาร (วิกรม เสงคิสิริ และ สติธร เทพตระการพร, 2548) และผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวอาจเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ ได้แก่ โรคมะเร็งของระบบทางเดินหายใจ โรคถุงลมโป่งพอง โรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ โรคภูมิแพ้ทางอากาศ (อูษณีย์ วิณิชเขตคานวน, 2543) โดยมลพิษอากาศภายในอาคารทำให้คนทั่วโลกเสียชีวิตเนื่องจากโรคมะเร็งปอด โรคระบบทางเดินหายใจ และโรคหัวใจ ประมาณ 1.6 ล้านคนต่อปี (World Health Organization : WHO, 2005) และสถาบันความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติ (National Institute for Occupational Safety and Health : NIOSH) ได้ทำการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาในช่วงปี 1970 จากเรื่องร้องเรียนเกี่ยวกับคุณภาพอากาศในอาคารจำนวน 1,100 เรื่อง พบว่า สาเหตุของคุณภาพอากาศในอาคารมีดังนี้ คือ 50% เนื่องมาจากการระบายอากาศภายในอาคารไม่เพียงพอ เช่น มีอากาศจากภายนอกเข้ามาในอาคารน้อยเกินไป หรือการกระจายตัวของอากาศภายในอาคารไม่ดี อุณหภูมิ ความชื้นไม่เหมาะสม และมีแหล่งของสารปนเปื้อนอยู่ในระบบระบายอากาศ และ 30% เนื่องจากมีสารปนเปื้อนอยู่ในอาคาร เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์ ไอระเหยของสารทำละลาย ฝุ่นจุลชีพ และ 10% เนื่องมาจากมลพิษจากภายนอกอาคาร เช่น การจราจร ละอองเกสร ควัน ฝุ่นจากการก่อสร้าง เป็นต้น นอกจากนี้องค์การอนามัยโลก (WHO) คาดว่าร้อยละ 30 ของอาคารทั่วโลกอาจมีปัญหาด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยเฉพาะในห้องทำงานที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ที่เรียกว่า เครื่องปรับอากาศแบบรวม (Central Air Conditioning System) ซึ่งแหล่งน้ำในหอลดอุณหภูมิ (Cooling Tower) ของเครื่องปรับอากาศแบบรวมที่ไม่ได้รับการบำรุงรักษาที่ถูกต้องจะมีจุลินทรีย์เจริญเติบโตสะสมอยู่เมื่อถูกสูดเข้าไปในทางเดินหายใจของคน อาจทำให้เกิดโรคได้ โดยในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า พนักงานที่ทำงานในสำนักงาน 27 ล้านคน มีสถิติการเจ็บป่วย 1.1 ล้านคนใน 1 ปี ซึ่งมีสาเหตุมาจากการได้รับเชื้อจุลินทรีย์ที่สะสมอยู่ตามเครื่องปรับอากาศ เครื่องทำความร้อน พรมปูพื้น และบริเวณที่อับชื้น สภาพแวดล้อมที่พอเหมาะทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ, 2544) จากการศึกษาของ Hamada และ Fujita (2002) พบว่า ระบบปรับอากาศขณะที่มีการใช้งาน จะทำให้เกิดหยดน้ำและความชื้นขึ้นภายใน

อุปกรณ์ของระบบปรับอากาศเอง ทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อราซึ่งมักจะเจริญเติบโตอยู่บนตัวกรอง นอกจากนี้แล้วฝุ่นที่ติดอยู่บนตัวกรองยังสามารถเก็บสะสมความชื้นและทำให้เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้อีกด้วย

สำหรับคุณภาพอากาศในโรงพยาบาลซึ่งเป็นอาคารสาธารณะที่มีการปฏิบัติงานของพนักงานแล้ว ยังมีคนทั่วไปเข้าไปใช้บริการจำนวนมาก มักจะพบปัญหาหมอกพิษอากาศที่สำคัญ คือ เชื้อโรคต่างๆ ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส และโปรโตซัว ซึ่งมีขนาดเล็กมากตั้งแต่ 0.02-100 ไมโครเมตร เชื้อโรคในอากาศส่วนใหญ่อยู่นิเวศของละอองก๊าซ ฝุ่น บางครั้งปนเปื้อนมากับเสมหะหรือน้ำมูกที่ปล่อยออกมาจากคน เชื้อโรคมีลักษณะการแพร่กระจายจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่งโดยการพัดพาของลม เชื้อโรคที่มีขนาดเล็กจะมีระยะทางการแพร่กระจายไกลกว่าเชื้อโรคที่มีขนาดใหญ่ โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีความเร็วลมสูง อัตราการแพร่กระจายของเชื้อโรคในอากาศจะมากขึ้นตามไปด้วย โดยปกติแล้วเชื้อโรคสามารถลอยอยู่ในอากาศได้นาน 3-4 วันหรืออาจอยู่ได้นานเป็นเดือนเมื่อห้องมีสภาพอากาศที่เหมาะสม Mohr (2002) (อ้างถึงในคาร์ณี จาริมิตร และคณะ, 2549) พบว่า ปัจจัยทางสภาพอากาศที่ส่งเสริมให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อโรค ได้แก่ ความชื้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการเจริญเติบโตของเชื้อโรค เชื้อโรคแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตที่ระดับความชื้นแตกต่างกัน เชื้อราจะเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความชื้นสูง ซึ่งตรงกับข้อมูลของ American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) ที่ทำการรวบรวมงานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ของความชื้นที่ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนของเชื้อโรคประเภทต่างๆ พบว่า เชื้อโรคเกือบทุกประเภทมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุดในช่วงความชื้นร้อยละ 40-60 นอกจากความชื้นแล้วอุณหภูมิยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ เชื้อโรคที่ก่อโรคในคนส่วนใหญ่มักจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 25-40 องศาเซลเซียส และเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส โดย ASHRAE พบว่า การออกแบบสภาพอากาศที่ทำให้เชื้อโรคเจริญเติบโตได้ช้าควรอยู่ในช่วง 20-23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 35-55 นอกจากนั้นแล้วปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อโรคภายในอาคารประกอบด้วย 7 ปัจจัย ได้แก่ 1) วัสดุและเครื่องใช้สำนักงานที่มีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้น จากข้อมูลของสำนักอนามัยและสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย ที่ทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงแรมแห่งหนึ่ง พบว่าห้องพักที่ใช้วัสดุตกแต่งและเฟอร์นิเจอร์ประเภทผ้า กระดาษ พรม ไม้ จะพบปริมาณเชื้อโรคสูงถึง 350 โคลิฟอร์มต่อลูกบาศก์เมตร 2) สภาพแวดล้อมภายในที่เป็นซอกมุม ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดคราบสกปรกได้ง่ายและทำความสะอาดยาก จึงอาจเป็นสาเหตุของการสะสมของฝุ่นและเป็นแหล่งกำเนิดเชื้อโรคประเภทต่างๆ ได้ 3) อากาศที่มีความชื้นสูง 4) การทำความสะอาดพื้นที่ภายในอาคารไม่เพียงพอ 5) ปัญหาจากงานระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นระบบที่พบการสะสมของเชื้อโรคมากที่สุด โดยพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการสะสมของเชื้อโรคในระบบปรับอากาศ คือ แผงกรองอากาศที่มี

ตำแหน่งอยู่ใกล้กับแผงคอยล์เย็น พื้นที่ที่พบปัญหาหอรองลงมา คือ ถาดน้ำทิ้ง 6) การประหยัดพลังงาน อาจส่งเสริมให้เกิดการสะสมของเชื้อโรครภายในอาคาร เช่น การปิดช่องนำอากาศเข้าหรือปิดพัดลมระบายอากาศ และ 7) การทำความสะอาดและการติดตั้งอุปกรณ์ที่ผิดวิธี (ดารณี จาริมิตร และคณะ, 2549) โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบปรับอากาศซึ่งช่วยให้ผู้ที่อยู่อาศัยหรือปฏิบัติงานในอาคารเกิดความรู้สึกสะอึกสะอื้นสบาย แต่หากขาดการดูแลที่ดีก็จะเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย เชื้อรา และโปรโตซัวได้ (Ross และคณะ, 2004) จากการศึกษาของฉัตรฐพงษ์ เต๋นจักรวาท (2548) และปญญาณีช บริเวรณันท์ (2549) พบว่า เชื้อราที่พบมากที่สุด ในอากาศภายในโรงพยาบาล ได้แก่ *Aspergillus sp.* ซึ่งเชื้อราชนิดนี้สามารถพบได้ทุกหนทุกแห่ง รวมทั้งระบบปรับอากาศ โดยคนจะได้รับเชื้อจากการสูดหายใจเอาสปอร์ของราเข้าไปและจะก่อให้เกิดโรค Aspergillosis ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ป่วยที่มีร่างกายอ่อนแออยู่แล้วมีโอกาเสี่ยงในการติดเชื้อมากขึ้น รวมไปถึงแพทย์ พยาบาล เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานภายในโรงพยาบาลจะได้รับสัมผัสกับมลพิษอากาศเหล่านี้และก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาความแปรปรวนของเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศและวิธีการระบายอากาศ รวมทั้งปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนเชื้อราในอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความหนาแน่นของคน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบระบบระบายอากาศให้ได้ตามมาตรฐาน เพื่อควบคุมจำนวนเชื้อราในอากาศไม่ให้เกินค่าที่กำหนดที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่ในโรงพยาบาลและนำไปสู่การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาความแปรปรวนของจำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศโดยจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม
2. ตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนภายในห้องโดยจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศภายในห้องที่มีการระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติและทางกล ได้แก่ ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความหนาแน่นของคน

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทำการเก็บตัวอย่างในโรงพยาบาลกลาง โดยพิจารณาห้องที่ใช้เก็บตัวอย่างตามระบบระบายอากาศแบบเชิงกล (ระบบปรับอากาศแบบแยกและระบบปรับอากาศแบบรวม) และระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ และลักษณะกิจกรรม ดังนี้

- กลุ่มที่หนึ่ง ห้องที่มีระบบปรับอากาศแบบแยก จำนวน 79 ห้อง โดยแบ่งเป็น
  - กิจกรรมบริหารงานทั่วไป จำนวน 21 ห้อง
  - แผนกผู้ป่วยใน จำนวน 11 ห้อง
  - แผนกผู้ป่วยนอก จำนวน 25 ห้อง
  - ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ จำนวน 18 ห้อง
  - ห้องพักแพทย์ จำนวน 4 ห้อง
- กลุ่มที่สอง ห้องที่มีระบบปรับอากาศแบบรวม จำนวน 8 ห้อง โดยแบ่งเป็น
  - แผนกผู้ป่วยใน จำนวน 4 ห้อง
  - ห้องพักแพทย์ จำนวน 4 ห้อง
- กลุ่มที่สาม ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ จำนวน 26 ห้อง โดยแบ่งเป็น
  - แผนกผู้ป่วยใน จำนวน 10 ห้อง
  - ห้องพักพยาบาล จำนวน 16 ห้อง

2. ช่วงเวลาในการตรวจวัด ทำการตรวจวัด 2 ครั้ง คือ ฤดูฝน (เดือนกันยายน 2552) และ ฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ 2553)

3. พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด ได้แก่ เชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

4. สภาพแวดล้อมในขณะที่ทำการตรวจวัด จะทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องแต่ละห้องตามสภาพการใช้งานจริง

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการระบายอากาศภายในโรงพยาบาล
2. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการคุณภาพอากาศและปรับปรุงคุณภาพชีวิตของเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานใน โรงพยาบาลและผู้ป่วยที่มารับการรักษา

## บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร

อากาศที่อยู่รอบๆ ตัวเราเป็นสิ่งจำเป็นอย่างหนึ่งสำหรับการดำรงชีวิต มนุษย์ต้องหายใจเอาอากาศที่อยู่รอบๆ ตัว เพื่อเติมออกซิเจนให้กับเลือดนำไปเลี้ยงเซลล์ของอวัยวะทั่วร่างกาย ดังนั้นถ้าขาดอากาศหายใจมนุษย์ก็ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น สภาวะธรรมชาติที่เคยเป็นในสมัยก่อนได้แปรเปลี่ยนไปอย่างมาก ทำให้อากาศในอาคารบ้านเรือนที่อยู่อาศัยจึงอาจถูกปนเปื้อนด้วยสารมลพิษ โดยในแต่ละวันมนุษย์ต้องหายใจเอาอากาศเข้าสู่ปอดประมาณ 10,000 - 15,000 ลิตร และจะมีสารพิษต่างๆ ปะปนเข้าสู่ร่างกายมากน้อยต่างกัน (จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ, 2544) มลพิษอากาศโดยทั่วไปอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือมนุษย์เป็นผู้สร้างขึ้น ไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบของฝุ่นละออง ก๊าซ ไอ หรือก๊าซ รวมทั้งการปนเปื้อนของเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ทางอากาศ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อรา ซึ่งเป็นตัวการสำคัญต่อการแพร่กระจายของโรคติดต่อชนิดต่างๆ ดังนั้นการควบคุมสิ่งแวดล้อมเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ขนาดเล็กดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญ (ทรงยศ ภารดี, 2551)

มลพิษอากาศที่เกิดขึ้นภายในอาคารกำลังเป็นที่สนใจและมีความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากมนุษย์ใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ในอาคาร ซึ่งอาจจะเป็นที่พักอาศัยหรือในสำนักงานประมาณร้อยละ 80-90 มลพิษในอาคารเกิดจากควันบุหรี่ ควันจากการหุงต้ม (คาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์) ไอระเหยจากสารที่ฉาบเฟอร์นิเจอร์ (ฟอร์มัลดีไฮด์) พรม ฝ้าผ้าม่าน ฉนวนกันความร้อน เครื่องถ่ายเอกสาร น้ำยาทำความสะอาดพื้น สีทาผนัง กาว น้ำหอมปรับอากาศ ยาฆ่าแมลง ฝุ่นละออง และเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ล้วนทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารลดลง และสามารถทำอันตรายต่อร่างกายได้เช่นเดียวกับมลพิษภายนอกอาคาร หรือสะสมทำอันตรายแก่ร่างกายเป็นระยะเวลาที่ยาวนานได้ (จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ, 2544)

คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor air quality) หมายถึง สภาวะการณ์ที่อากาศภายในอาคารอาจมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ต่อทรัพย์สินของมนุษย์หรือต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบๆ อาคารนั้น หากปริมาณสิ่งปนเปื้อนต่ำกว่าระดับที่อาจก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าว ก็ถือว่าคุณภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในระดับดี เหมาะสำหรับการอยู่อาศัย แต่ถ้าปริมาณสิ่งปนเปื้อนเท่ากับหรือสูงกว่าระดับที่ก่อให้เกิดปัญหา ก็ถือว่าคุณภาพอากาศในบริเวณนั้นไม่ดี ไม่เหมาะแก่การอยู่อาศัย (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ, 2551) คุณภาพอากาศโดยรวมภายในอาคารจะครอบคลุมสิ่งแวดล้อมด้านกายภาพ (ความชื้น อุณหภูมิ) ด้านเคมี (สารระเหยอินทรีย์รวม ฟอรัมาลดีไฮด์

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โอโซน ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่นละออง) และด้านชีวภาพ (เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย) ในอาคารของโรงพยาบาล (ณัฐพงศ์ แผละหมั่น, 2548)

อาคารที่ไม่ได้เป็นที่พักอาศัย เช่น โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า โรงพยาบาล สำนักงาน ส่วนใหญ่ได้รับการออกแบบระบบไหลเวียนอากาศภายในให้อุณหภูมิและความชื้นอยู่ในสภาพพอเหมาะ และได้มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อให้อากาศเย็นสบาย โดยระบบนี้จะนำเอาอากาศจากภายนอกเข้ามาหมุนเวียนภายในห้องเพื่อที่จะรักษาระดับออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ให้เหมาะสม ซึ่ง The American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) ได้กำหนดมาตรฐานการระบายอากาศสำหรับพื้นที่ที่มีคนอยู่อาศัย 5 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อผู้อาศัย 1 คน (จิตรพรรณ ภูยาภักดีภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ, 2544)

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้การรับสัมผัสมลพิษอากาศภายในอาคารแตกต่างจากอากาศภายนอก คือ ระยะเวลาในการสัมผัส กลุ่มประชากร ความเข้มข้น และชนิดของมลพิษ เป็นที่ยอมรับมานานแล้ว และมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ยืนยันว่าอากาศภายในอาคารสามารถเกิดภาวะสะสมมลพิษได้มากกว่าภายนอกอาคาร นอกจากนี้คนเราใช้เวลาร้อยละ 89 ในอาคาร ร้อยละ 6 ในยานพาหนะ และอีกร้อยละ 5 นอกอาคาร จึงมีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสมลพิษในอาคารมากกว่าจากบรรยากาศภายนอก จากการศึกษาภาคสนามพบว่าอากาศภายในบ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน และอาคารเรียน ปนเปื้อนก๊าซและอนุภาคหลายชนิด ที่อาจมีความเข้มข้นมากพอที่จะก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยทั้งชนิดเฉียบพลันและเรื้อรังต่อผู้ที่รับสัมผัสซึ่งมีเป็นจำนวนมาก ระยะเวลาในการรับสัมผัสจะแตกต่างกัน ตั้งแต่ประมาณ 8 ชั่วโมงต่อวันภายในสถานที่ทำงาน อาคารพาณิชย์ และสถาบันการศึกษา ถึงประมาณ 6-24 ชั่วโมงต่อวันภายในที่พักอาศัย นอกจากระยะเวลาการรับสัมผัสภายในอาคารจะยาวนานแล้ว กลุ่มประชากรที่รับสัมผัสมลพิษยังมีความหลากหลายตั้งแต่เด็กทารกจนถึงผู้สูงอายุ ผู้มีสุขภาพแข็งแรงจนกระทั่งผู้ป่วยที่อ่อนแอ (Jacobson, 2002; Godish, 2004 อ้างถึงในบุญญาธิช บริเวรณันท์, 2549)

## 2.2 แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศภายในอาคาร

ภายในอาคารมีแหล่งกำเนิดมลพิษหลายชนิดที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2.1) มลพิษอาจเกิดจากกิจกรรมการเผาไหม้จากการประกอบอาหาร เครื่องทำความร้อน และการสูบบุหรี่ มลพิษบางชนิดเกิดจากวัสดุและอุปกรณ์ตกแต่งอาคาร เช่น ฉนวนกันความร้อนชนิดที่มีแอสเบสตอสเป็นส่วนประกอบ พรหมที่เปียกชื้น เฟอร์นิเจอร์ไม้ มลพิษจากผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ภายในอาคาร เช่น ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด หรือสเปรย์ปรับอากาศ มลพิษจากระบบปรับอากาศ ความชื้น และมลพิษจากภายนอกอาคาร ความสำคัญของแหล่งกำเนิดมลพิษขึ้นกับความเข้มข้นและชนิดของ

มลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมา นอกจากนี้อายุการใช้งาน และการบำรุงรักษายังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการปลดปล่อยมลพิษอีกด้วย

ลักษณะการปลดปล่อยมลพิษของแหล่งกำเนิดอาจแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แหล่งกำเนิดที่ปลดปล่อยมลพิษอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เช่น วัสดุก่อสร้าง และอุปกรณ์ตกแต่งอาคาร และแหล่งกำเนิดที่ปลดปล่อยมลพิษเป็นครั้งคราว โดยขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เช่น การสูบบุหรี่ การประกอบอาหาร การตกแต่งอาคารใหม่ และการใช้สเปรย์ปรับอากาศ หรือ ยาฆ่าแมลง (U.S. EPA, 1995)

ตารางที่ 2.1 ชนิดและแหล่งกำเนิดของมลพิษภายในอาคาร

| ชนิดมลพิษ                            | แหล่งกำเนิด   | ผลกระทบต่อสุขภาพ                        |
|--------------------------------------|---|---|
| แอสเบสตอส                            | ฉนวนกันความร้อน แผ่นไวนิล และผลิตภัณฑ์ซีเมนต์                       | ระคายเคืองผิวหนัง มะเร็งปอด             |
| ละอองชีวภาพ (bioaerosol)             | ผู้ป่วยติดเชื้อ จุลชีพในระบบปรับอากาศ บริเวณที่เปียกชื้น            | โรคติดเชื้อ โรคภูมิแพ้ และโรคหอบหืด     |
| คาร์บอนไดออกไซด์                     | ยานพาหนะ เตาประกอบอาหาร เตาผิง ควันบุหรี่ และมนุษย์                 | วิงเวียน ปวดศีรษะ คลื่นไส้              |
| คาร์บอนมอนอกไซด์                     | ยานพาหนะ เตาประกอบอาหาร เตาผิง ควันบุหรี่ และเครื่องทำความร้อน      | วิงเวียน ปวดศีรษะ คลื่นไส้เสียชีวิต     |
| ฟอร์มาลดีไฮด์                        | โฟมกันไฟ ไม้อัด ฝ้าเพดาน วงกบประตู และโครงสร้างอื่นๆ                | ระคายเคืองผิวหนัง สารก่อมะเร็ง          |
| ฝุ่นละอองขนาดเล็ก                    | เตาผิง ควันบุหรี่ ฝุ่นละอองจากภายนอก การเผาไหม้ต่างๆ เช่น การเผาขยะ | ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ สารก่อมะเร็ง |
| ก๊าซเรดอน (Rn)                       | ระเหยจากดินและซึมเข้าอาคาร  | มะเร็งปอด                               |
| ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO <sub>2</sub> ) | เครื่องทำความร้อน เตาประกอบอาหาร ยานพาหนะ                           | ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ              |
| ยาฆ่าแมลง                            | การใช้ทั้งภายใน-ภายนอกอาคาร   | สารก่อมะเร็ง                            |
| โอโซน (O <sub>3</sub> )              | เครื่องถ่ายเอกสาร ชุดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อากาศภายนอก                 | ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ              |

ตารางที่ 2.1 ชนิดและแหล่งกำเนิดของมลพิษภายในอาคาร (ต่อ)

| ชนิดมลพิษ   | แหล่งกำเนิด   | ผลกระทบต่อสุขภาพ               |
|---|---|--------------------------------|
| ซัลเฟอร์ไดออกไซด์<br>(SO <sub>2</sub> )                     | การเผาไหม้ถ่านหินและน้ำมันในเครื่องทำ<br>ความร้อน และจากภายนอก                      | ระคายเคืองระบบ<br>ทางเดินหายใจ |
| ฝุ่นโลหะ<br>- สารหนู (As)<br>- แคดเมียม (Cd)<br>- ปรอท (Hg) | ควันบุหรี่ ยาฆ่าแมลง ยาเบื่อหนู<br>ควันบุหรี่ ยาฆ่ารา<br>การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล | เป็นพิษ สารก่อมะเร็ง           |
| สารอินทรีย์ระเหยง่าย<br>(VOCs)                              | ควันบุหรี่ การประกอบอาหาร สีทาผนัง<br>น้ำยาทำความสะอาด พรม เฟอร์นิเจอร์<br>ฯลฯ      | สารก่อมะเร็ง                   |

ที่มา : Botkin and Keller, 2003

## 2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร

### 2.3.1 สารปนเปื้อนหรือมลพิษอากาศที่พบในอาคาร

สารปนเปื้อนหรือมลพิษที่มักพบเป็นต้นเหตุของปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

#### (1) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ (Combustion product)

เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในอาคาร เช่น เครื่องทำความร้อน การหุงต้มอาหาร การจุดเตาผิง การจุดธูปเทียน ควันจากท่อไอเสีย และการรั่วของท่อระบายควันในอาคาร ทำให้สารมลพิษตกค้างอยู่ภายในอาคาร และแหล่งต่างๆ เหล่านี้มีการปล่อยมลพิษ เช่น ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารฟอร์มัลดีไฮด์ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย และอนุภาคต่างๆ ได้แก่ เขม่า ไขมันน้ำมัน ฝุ่นสารอินทรีย์ และผงถ่าน นอกจากนั้นเตาที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง เช่น โพรเพนจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และอนุภาคแขวนลอยในอากาศ (สมชัย บวรกิตติ, 2542)

#### (2) สารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compound, VOC)

คือ สารที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนอย่างน้อยหนึ่งอะตอมโมเลกุล สารอินทรีย์ระเหยยังถูกแบ่งย่อยออกเป็นสารระเหย (Volatile Organic Compounds) สารกึ่งระเหย (Semi-



Volatile Organic Compounds) และสารไม่ระเหย (Non-Volatile Organic Compounds) แหล่งกำเนิดสำคัญของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคาร คือ วัสดุและสิ่งต่างๆ ที่ใช้ภายในอาคาร รวมทั้งกิจกรรมบางชนิด โดยสารอินทรีย์ระเหยจะระเหยออกมาจากวัสดุและสารต่างๆ เช่น อุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องถ่ายเอกสาร สีทาห้อง ไม้อัด สารเคลือบเงาไม้ กาว สารทำละลาย เฟอร์นิเจอร์ พรม น้ำยาฆ่าเชื้อโรค น้ำยาทำความสะอาดพื้นห้องน้ำ น้ำยารีดผ้าเรียบ สเปรย์ฉีดผม ควันบุหรี เป็นต้น แหล่งกำเนิดแต่ละชนิดจะทำให้เกิดสารอินทรีย์ระเหยได้หลายตัว เช่น ควันบุหรี มีไอระเหยของแอลกอฮอล์ อะซิโตน เบนซีน ฟอร์มาลดีไฮด์ ฟีนอล แอมโมเนีย และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ทำให้ความเข้มข้นและชนิดของสารที่พบในอาคารหรือห้องต่างๆ มีความแตกต่างและหลากหลาย ผลกระทบต่อสุขภาพของสารอินทรีย์ระเหยโดยรวมคือ ทำให้เกิดการระคายเคืองทางเดินหายใจ ปวดศีรษะ คอแห้ง คลื่นไส้ อาเจียน มึนงง เมื่อยล้า (ณัฐพงศ์ แผละหมั่น, 2548)

### (3) ฟอร์มาลดีไฮด์

เป็นแก๊สที่ไม่มีสี มีกลิ่นรุนแรง ถูกใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเคมี ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารมลพิษสำคัญเกี่ยวกับคุณภาพอากาศในอาคาร เนื่องจากสารนี้ได้ถูกนำมาใช้กับวัสดุก่อสร้างและสิ่งตกแต่งภายในอาคาร วัสดุที่เป็นแหล่งที่มาของฟอร์มาลดีไฮด์ที่สำคัญ ได้แก่ ไม้อัด และผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้อัด โฟมที่ใช้เป็นฉนวนกันความร้อน แผ่นฉนวนกันความร้อน ฝ้าเพดาน แผ่นยิปซัม ผลิตภัณฑ์กระดาษ ใฟเบอร์กลาส ฝ้าผ้า พรมปูพื้น เลื่อน้ำมัน ฟอร์มาลดีไฮด์ยังถูกใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิว เฟอร์นิเจอร์ ไม้-ตู้ต่างๆ แหล่งอื่นของฟอร์มาลดีไฮด์ยังเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ควันบุหรี น้ำมันเชื้อเพลิง เตาก๊าซ เตาน้ำมันก๊าด นอกจากนั้นฟอร์มาลดีไฮด์ยังใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อโรคในสถานที่ซึ่งต้องการความสะอาด เช่นภายในโรงพยาบาลอีกด้วย ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารก่อให้เกิดอาการระคายเคืองเยื่อต่างๆ ภายในร่างกาย ทำให้เกิดการระคายเคืองตา ผิวหนัง และทางเดินหายใจส่วนต้น ส่วนผลแบบเรื้อรังจะทำให้เกิดผลต่อระบบประสาท ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ เมื่อยล้า นอนไม่หลับ เกิดอาการภูมิแพ้ หอบหืด และที่สำคัญอาจทำให้เกิดโรคมะเร็ง (จิตรพรรณ ภูยาภักดิ์ภพ และ ชมภูศักดิ์ พูลเกษ, 2544) อาคารที่ปลอดภัยควรมีสารฟอร์มาลดีไฮด์อยู่ในช่วงของ 0.04-0.1 ส่วนในล้านส่วน (สมชัย บวรกิตติและคณะ, 2542: 671-688)

### (4) เรดอน (Radon)

เป็นก๊าซกัมมันตรังสี เกิดจากการเสื่อมสลายของแร่เรเดียม (Radium) และยูเรเนียม (Uranium) อยู่ในดิน หินตามธรรมชาติ เมื่อเรดอนเสื่อมสลายจะให้ไอโซโทปของแก๊ส เรียกว่า ผลผลิตเรดอน เมื่อจับอยู่กับอนุภาคเล็กๆ ที่แขวนลอยในอากาศและถูกหายใจเข้าไปในปอด จะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งปอดได้ แหล่งกำเนิดของเรดอนมักจะอยู่ตามเหมือง ในอุโมงค์ในดิน และวัสดุอาคารที่มีเรเดียมปะปน ระดับเรดอนและผลผลิตจากการสลายตัวของเรดอนที่

ขึ้นมาจากใต้ดินเข้าสู่ภายในอาคารนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเรดอนที่มีในดินบริเวณนั้นๆ ก๊าซเรดอนที่เกิดขึ้นจากดินจะเข้าสู่ภายในอาคารทางฐานรากของอาคารโดยการซึมผ่านและอาศัยแรงดันบรรยากาศที่แตกต่างกันระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ทำให้เรดอนสามารถผ่านรอยต่อ รอยแยกของพื้นและผนัง ดังนั้นถ้ามีการระบายอากาศที่ดี ปริมาณก๊าซเรดอนที่มีอยู่ในอากาศภายในห้องก็จะน้อยลง เพราะถูกถ่ายเทออกไปสู่อากาศภายนอกห้องได้หมดทุกๆ ชั่วโมง แต่ถ้าไม่มีการระบายอากาศเลย ก๊าซเรดอนก็จะสะสมอยู่ภายในห้อง และทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่อยู่อาศัยภายในตัวอาคารนั้น นอกจากนี้ก๊าซเรดอนยังสามารถละลายน้ำได้ดี จึงเข้าสู่ภายในอาคารได้ทางน้ำใต้ดินที่นำไปใช้ในครัวเรือน (สมชัย บวรกิตติ, 2542)

(5) อนุภาคที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้ (Respirable Particulates) (จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ, 2544)

อันตรายของอนุภาคเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ อนุภาคขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 4 ไมครอน เมื่อหายใจเข้าไปจะผ่านทางเดินหายใจ ผ่านเนื้อเยื่อในปอดไปฝังตัวอยู่ในถุงลมปอด การฝังตัวของอนุภาคฝุ่นละอองขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละออง รูปร่าง ความหนาแน่น ความเป็นกรดด่าง และความสามารถในการละลายน้ำ ประสิทธิภาพในการฝังตัวของฝุ่นละอองยังแตกต่างกันในคนที่สูบบุหรี่ ไม่สูบบุหรี่ คนที่เป็นโรคปอด หลังจากฝุ่นละอองได้เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจแล้วกลไกของร่างกายในการกำจัดฝุ่นละอองเหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งของทางเดินหายใจ บริเวณจมูก ลำคอ และหลอดลมส่วนต้นจะมีขนาดเล็กๆ คอยโบกพัด และกำจัดฝุ่นละอองภายในระยะเวลา 1 วัน บริเวณถุงลมในปอดใช้เวลาในการกำจัดฝุ่นละอองเป็นอาทิตย์หรือเป็นเดือน ขนาดของฝุ่นละอองที่มีความสามารถในการฝังตัวบริเวณถุงลมปอดมากที่สุด คือ 0.1-2.5 ไมครอน ซึ่งจะมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์มาก เพราะฝุ่นละอองพวกนี้สามารถทำให้เกิดอาการไอ จาม หลอดลมอักเสบเรื้อรัง หอบหืด ศีรษะ ผนัง (2536) และ Godish (1985) (อ้างถึงในจิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ, 2544) ได้มีการศึกษาทางระบาดวิทยาถึงความสัมพันธ์ของระดับอนุภาคฝุ่นละอองและผลต่อสุขภาพร่างกาย ซึ่งอาจสรุปได้ว่า

- อัตราการตายเพิ่มขึ้นที่ระดับความเข้มข้นฝุ่นละอองประมาณ 1,000 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- เกิดโรคหลอดลมอักเสบที่ระดับความเข้มข้นฝุ่นละอองประมาณ 250-500 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของปอดในเด็กที่ระดับความเข้มข้นฝุ่นละอองประมาณ 200-420 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ในสหรัฐอเมริกา พบว่า ผู้ที่ได้รับฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจและโรคปอด และการเสียชีวิตก่อนวัยอัน

ควรโดยเฉพาะผู้ปวยสูงอายุ ผู้ปวยโรคหัวใจ โรคหืดหอบ และเด็กจะมีอัตราเสี่ยงสูงกว่าคนปกติ ซึ่งจากการศึกษาฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร พบว่า เมื่อระดับฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเพิ่มขึ้นถึง 30 ไมครอนต่อลูกบาศก์เมตร จะพบการตายด้วยโรกระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นร้อยละ 7-20 และการตายด้วยโรกระบบหลอดเลือดหัวใจเพิ่มขึ้นร้อยละ 2-5 ส่วนกลุ่มผู้ใหญ่ที่อาศัยและทำงานภายในร้านค้าที่ไม่ได้ใช้เครื่องปรับอากาศ อาจมีอาการระบบทางเดินหายใจแบบเฉียบพลัน ได้แก่ อาการป่วยที่ระบบทางเดินหายใจส่วนบนและส่วนล่างเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 26 และ 20 ตามลำดับ ขณะที่กลุ่มที่ทำงานในห้องปรับอากาศจะมีการเพิ่มขึ้นของอาการป่วยที่ระบบทางเดินหายใจส่วนบนและส่วนล่างร้อยละ 9 และ 5 ตามลำดับ ส่วนในเด็กเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 และ 7 ตามลำดับ (อุษณีย์ วิณิชเขตคานวน, 2543: 95-100)

Ammen และคณะ (อ้างอิงในจิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ, 2544) ได้สรุปผลของ Respirable particles ต่อสุขภาพไว้ดังนี้ คือ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อต่างๆ รวมทั้งบริเวณปลายประสาท รบกวนการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต ทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจ โรคหัวใจและหลอดเลือด ลดกลไกการป้องกันโรค ระบบภูมิคุ้มกันบกพร่อง เซลล์บริเวณปอดเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและเป็นสารก่อมะเร็ง

ระดับของอนุภาคฝุ่นละอองในอาคารจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกิจกรรมในอาคาร เช่น การสูบบุหรี่ การประกอบอาหาร การใช้เตาหุงอาหาร เครื่องทำความร้อน เครื่องกรองอากาศ เครื่องระบายอากาศ แต่สิ่งที่ทำให้เกิด respirable dust มากที่สุด คือ ควันบุหรี่

#### (6) ควันบุหรี่ (Tobacco smoke)

ควันบุหรี่ในอากาศภายในห้องเป็นละอองลอย ประกอบด้วยสารมากมายหลายชนิด อาจอยู่ในรูปของแก๊ส ไอ และอนุภาคแขวนลอยในอากาศ ซึ่งเกิดจากควันบุหรี่ที่ผู้สูบนั้น ฟันกลับออกมาและจากการเผาไหม้ของมวนบุหรี่ ผู้ที่ไม่สูบบุหรี่แต่หายใจนำอากาศที่ปนเปื้อนด้วยควันบุหรี่เข้าไป นอกจากจะได้รับความร้ายเช่นเดียวกับผู้สูบบุหรี่แล้วยังได้รับความรำคาญต่อกลิ่น เกิดความเครียดต่อจิตใจ ระคายเคืองตา จมูก และคอ ทำให้ไอ เด็กเป็นโรคหุ้่น้ำหนักบ่่อยขึ้น มีอาการโรคหอบจากพยาธิสภาพทางเดินอากาศหายใจขนาดเล็กในผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ (สมชัย บวรกิตติ, 2542)

#### (7) กลิ่น (Odors)

สารเคมีบางอย่างมีกลิ่นเหม็นฉุน ทำให้เกิดความไม่สะดวกสบายและระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ กลิ่นเป็นมลพิษอากาศที่กำจัดได้ยากที่สุด เป็นส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิด แม้ว่าจะมีอยู่ในระดับต่ำแต่ระบบระบายอากาศก็ยากที่จะกำจัดกลิ่นให้หมดไป สังเกตได้จากห้องที่มีคนอยู่มากมีการสูบบุหรี่เป็นประจำและมีการระบายอากาศน้อย กลิ่นเหล่านั้นจะติดอยู่ตามเสื้อผ้า พรหมเป็นเวลานาน การกำจัดกลิ่นภายในอาคารมักใช้การระบายอากาศ เครื่องฟอกอากาศ และตัวดูดซับกลิ่น (วนิดา จินศาสตร์, 2551)

### (8) ละอองลอยชีวภาพ (Bioaerosol)

ละอองลอยชีวภาพโดยทั่วไปมีขนาดประมาณ 0.02-100 ไมครอน (Heikkinen และคณะ, 2005) จัดเป็นมลพิษในอาคารที่เป็นสิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่กับเราได้ยาวนานมาก เช่น เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบปรับอากาศ ไรฝุ่น เชื้อรา และไวรัส เป็นต้น ซึ่งมักก่อให้เกิดอาการโรคภูมิแพ้ของระบบทางเดินหายใจ เรียกว่า สารก่อภูมิแพ้ในอากาศ (aeroallergen) ชีวสารภายในอาคารทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ระบบการหายใจ เช่น โรคโพรงจมูกอักเสบ ภูมิแพ้ โรคปอดอักเสบภูมิไวเกิน จุลชีพจะก่อให้เกิดกลุ่มอาการต่างๆ ตั้งแต่ไม่สบายเล็กน้อย ครั่นเนื้อครั่นตัว จนถึงโรคติดเชื้อในทางเดินหายใจในระดับต่างๆ เช่น หวัด ไซ้หวัดใหญ่ วัณโรค เป็นต้น (วนิดา จินศาสตร์, 2551) สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะเป็นสาเหตุของปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารได้นั้นจะต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น มีแหล่งน้ำขังในระบบระบายอากาศ (เช่น ถาดรองน้ำ ฯลฯ) มีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพ เป็นต้น การมีสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้จุลชีพแบ่งตัวเพิ่มจำนวนลอยปะปนอยู่ในอากาศ และเคลื่อนที่ไปสู่ห้องต่างๆ ภายในอาคารโดยผ่านระบบปรับอากาศ เมื่อคนหายใจเอาจุลชีพที่แขวนลอยในอากาศเหล่านี้เข้าไปในร่างกาย ก็จะทำให้เกิดโรคและอาการเจ็บป่วยตามมา (ณัฐพงศ์ แผละหมั่น, 2548) จากการศึกษาทางระบาดวิทยาเกี่ยวกับเชื้อจุลินทรีย์ที่แพร่กระจายในบรรยากาศภายในสำนักงานซึ่งมีระบบระบายอากาศ การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศไม่ดี ทำให้เป็นแหล่งกำเนิดของเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา ทำให้พนักงานเกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ เช่น ไซ้หวัด ไซ้หวัดใหญ่ ปอดบวม ดังนั้นในสำนักงานซึ่งห้องทำงานแต่ละห้องเป็นระบบปิด ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ทำให้เป็นแหล่งกำเนิดของจุลินทรีย์ (จิตรพรรณ ภูยาภักดิ์ภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ, 2544)

### 2.3.2 ปัจจัยทางกายภาพ (ณัฐพงศ์ แผละหมั่น, 2548)

ปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร ได้แก่

- ความชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงกว่า 70% พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ในสิ่งแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงที่ต่ำกว่า 20% จะทำให้เกิดอาการทางผิวหนังและเยื่อเมือก และระคายเคืองได้ ซึ่งมีรายงานว่าทำให้เกิดอาการระคายเคืองตา นอกจากนี้ยังพบว่าอาการอักเสบนั้นมีความสัมพันธ์กับความชื้น ความแห้งของอากาศ และอัตราการเคลื่อนไหวของอากาศในบริเวณนั้นด้วย Environmental Protection Agency (EPA) ของสหรัฐอเมริกาได้เสนอแนะค่าความชื้นสัมพัทธ์ควรอยู่ในช่วง 45-50% และ The American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) ได้เสนอแนะว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศควรต่ำกว่า 60%

ความชื้นสัมพัทธ์จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความชื้นในอากาศและความชื้นในวัสดุก่อสร้างอาคาร ความชื้นภายในอาคารมีแหล่งกำเนิดหลัก 4 ประการ คือ (Bornehag และคณะ, 2001)

(1) แหล่งกำเนิดจากภายนอก เช่น ฝนซึ่งจะเข้ามาตามรอยแยกของโครงสร้างอาคารหรือความชื้นจากพื้นดิน

(2) แหล่งกำเนิดภายในอาคาร ได้แก่ ความชื้นที่มาจากผู้ใช้อาคารและกิจกรรมภายในอาคาร เช่น การประกอบอาหาร การอาบน้ำ จากลมหายใจมนุษย์ และเครื่องทำความชื้น เป็นต้น

(3) ความชื้นจากวัสดุก่อสร้าง เช่น ความชื้นในพื้นที่คอนกรีต และระยะเวลาในการก่อสร้าง เนื่องจากวัสดุก่อสร้างไม่สามารถป้องกันความชื้นได้

(4) อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เช่น ท่อน้ำรั่ว

- **อุณหภูมิ** อุณหภูมิที่ทำให้คนรู้สึกสะดวกสบายนั้น พบว่าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ถึงคุณภาพอากาศภายในอาคาร ช่วงของอุณหภูมิที่ทำให้คนรู้สึกสะดวกสบายที่กำหนดโดย The American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) ตาม ASHRAE 55-1981 (ASHRAE, 1981) คือ อุณหภูมิ 20-26 องศาเซลเซียส (68-79 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมของผู้ที่ใช้อาคาร เสื้อผ้าที่สวมใส่ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อุณหภูมิที่สูงกว่าในช่วงที่แนะนำ พบว่ามีผลต่อการคายหรือปล่อยออกของสารอินทรีย์ระเหยจากวัสดุหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในปริมาณที่มากขึ้น

นอกจากสารปนเปื้อนที่พบในอาคารและปัจจัยทางกายภาพแล้วนั้น การระบายอากาศ การฟอกอากาศ และระบบปรับอากาศก็เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารเช่นกัน

### 2.3.3 การระบายอากาศ

การระบายอากาศ หมายถึง การจัดการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนดให้ไหลไปในทิศทางและความเร็วที่ต้องการ ดังนั้นการระบายอากาศจึงสามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศอันไม่พึงประสงค์ เช่น มลพิษ ความร้อน ความชื้น กลิ่นรบกวน ควัน และอื่นๆ ซึ่งปะปนอยู่ในอากาศให้ออกไปจากที่ปฏิบัติงาน ในขณะที่เดียวกันก็สามารถดำเนินการให้อากาศบริสุทธิ์หรืออากาศที่มีสมบัติที่ต้องการไหลเข้ามาในสถานที่ทำงานนั้นได้ ดังนั้นการระบายอากาศจึงเป็นวิธีการที่ใช้ได้ผลยิ่งวิธีหนึ่งในการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพ และ/หรือลดปัญหาความเดือดร้อนรำคาญซึ่งอาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานในอาคาร (วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ และคณะ, 2553)

- **ประโยชน์ของการระบายอากาศ** (วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ และคณะ, 2553)

(1) การระบายอากาศสามารถควบคุมระดับสิ่งปนเปื้อนในอากาศ เช่น ฝุ่นละออง ไอสารเคมี ก๊าซ ควัน ฯลฯ ในห้องปฏิบัติงานให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ ซึ่งสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้

เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายก็จะมีอาการในอวัยวะต่างๆ จนถึงระดับที่ทำให้คนเจ็บป่วยหรือไม่สบายได้ ถ้ามีระบบการระบายอากาศที่ดีสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้จะถูกลดลงได้ในระดับที่ปลอดภัยอย่างรวดเร็ว

(2) การระบายอากาศที่ดียังสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในระดับที่รู้สึกสบายได้ เพราะความร้อนและความชื้นถ้าไม่เหมาะสมจะทำให้รู้สึกหงุดหงิด อึดอัด และไม่สามารถทำงานได้

การศึกษาของ The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) พบว่าร้อยละ 53 ของปัญหาคุณภาพอากาศในอาคารมีสาเหตุมาจากการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ (Godish, 2004) การระบายอากาศจะช่วยเจือจางระดับมลพิษในพื้นที่อาคารด้วยอากาศจากภายนอกที่มีระดับมลพิษต่ำกว่า โดยส่วนใหญ่ปัญหาการระบายอากาศไม่เพียงพอเกิดจาก

(1) การนำอากาศภายนอกเข้าไปในอาคารไม่เพียงพอ

(2) การกระจาย และการผสมผสานอากาศภายในอาคารไม่เพียงพอ เช่น ภายในห้องโถงใหญ่ การระบายอากาศจะดีกว่าห้องที่ถูกกั้นเป็นสัดส่วน (ชัชวาล จันทรวิจิตร, 2542)

#### - กระบวนการระบายอากาศ

อาจแบ่งได้ดังนี้ คือ การแทรกของอากาศผ่านทางรอยแยกของอาคาร (infiltration and exfiltration) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (natural ventilation) และการระบายอากาศเชิงกล (mechanical ventilation) (Godish, 2004)

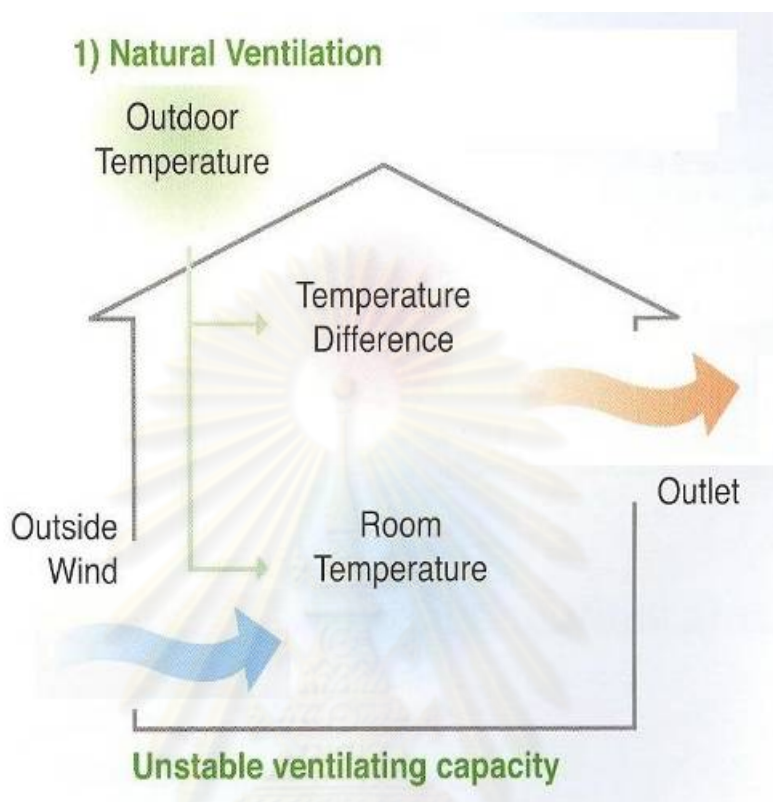
(1) การแทรกผ่านรอยแยกอาคาร (exfiltration and infiltration)

โครงสร้างของอาคารทุกหนทุกแห่งมีหลายช่องทางที่ยอมให้อากาศแทรกซึมเข้าและออก ไม่ว่าจะเป็นรอยแตกของอาคาร ช่องว่างระหว่างวงกบประตู หน้าต่าง และฐานของอาคาร ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแทรกผ่านของอากาศตามรอยแยก คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร และความเร็วลม อากาศจะระบายได้ดีในวันที่อากาศภายในและภายนอกมีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก และลมแรง และอากาศจะถ่ายเทได้น้อยในวันที่ลมสงบ และอุณหภูมิภายในและภายนอกมีความแตกต่างกันน้อย เนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันส่งผลให้มีความดันอากาศภายในและภายนอกอาคารไม่เท่ากัน เกิดการถ่ายเทอากาศออกจากอาคาร การระบายอากาศชนิดนี้เกิดกับอาคารทุกแห่ง แต่จะมีบทบาทมากในอาคารปิด โดยเฉพาะอาคารที่ไม่มีการระบายอากาศชนิดอื่น เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยไม่มีพัดลมดูดอากาศ

(2) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (natural ventilation)

การระบายอากาศแบบธรรมชาติเกิดจากการเปิดหน้าต่าง หรือประตู เกิดช่องเปิดที่ยอมให้อากาศจากภายนอกเข้าไปหมุนเวียนในอาคารและเจือจางมลพิษ อัตราการระบายอากาศแบบธรรมชาติขึ้นอยู่กับปริมาณและตำแหน่งของหน้าต่าง หรือประตู และปัจจัยด้าน

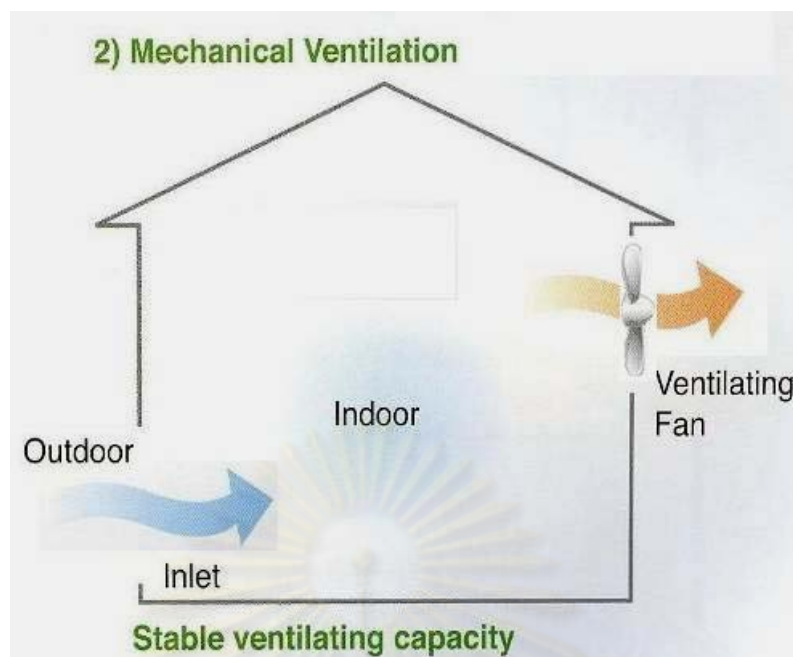
สิ่งแวดล้อม คือ อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม ส่วนมากแล้วการระบายอากาศแบบธรรมชาติ จะควบคู่ไปกับการใช้พัดลมชนิดต่างๆ ในอาคารเพื่อลดอุณหภูมิในห้อง ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural Ventilation)

### (3) การระบายอากาศเชิงกล (mechanical ventilation)

การระบายอากาศเชิงกลนิยมใช้กันแพร่หลาย เพื่อควบคุมปริมาณสารปนเปื้อน ทั้งในอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ อาคารพาณิชย์ และอาคารสถาบันการศึกษา โดยอาจแบ่งเป็นการระบายอากาศของทั้งอาคาร หรือเฉพาะพื้นที่บางส่วน การระบายอากาศเชิงกลมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อเจือจางและกำจัดของเสียจากมนุษย์ซึ่งเป็นต้นเหตุของกลิ่นไม่พึงประสงค์ และยังสามารถเจือจางระดับมลพิษในอาคาร โดยเมื่อปริมาตรอากาศหมุนเวียนเป็น 2 เท่าของปริมาตรอากาศภายในอาคาร ระดับมลพิษจะลดลงร้อยละ 50 ประสิทธิภาพการเจือจางสิ่งปนเปื้อนในอาคารจะดีที่สุดกับมลพิษที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว เช่น การสูบบุหรี่ แต่ประสิทธิภาพจะลดลงกับมลพิษที่ถูกปลดปล่อยอย่างต่อเนื่องจากการแพร่ ส่วนการระบายอากาศเฉพาะพื้นที่บางส่วนนั้นใช้กับแหล่งกำเนิดที่ระบุได้แน่นอน ปลดปล่อยมลพิษปริมาณมาก และปลดปล่อยเฉพาะพื้นที่ นิยมใช้ควบคุมกลิ่นจากห้องน้ำ ควบคุมมลพิษจากการเผาไหม้ และกลิ่นจากห้องครัว หรือลดกลิ่นและก๊าซจากห้องปฏิบัติการของสถาบันการศึกษา ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การระบายอากาศเชิงกล (Mechanical Ventilation)

ในปัจจุบันมาตรฐานสำหรับระบบปรับอากาศและระบายอากาศในสถานพยาบาลในประเทศไทย คือ มาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ร่วมกับสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย ได้มีข้อเสนอแนะเฉพาะกาล (Interim Guideline) สำหรับอัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องต่างๆ ในโรงพยาบาล เมื่อวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2547 (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องสำหรับห้องต่างๆ ในโรงพยาบาล

| ลำดับ | สถานที่                         | อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง |
|-------|---------------------------------|---|
| 1     | หออภิบาลผู้ป่วยหนัก (ICU)       | 6   |
| 2     | ห้องตรวจรักษาผู้ป่วย            | 6   |
| 3     | ห้องฉุกเฉิน (Trauma Room)       | 12  |
| 4     | บริเวณพักคอยสำหรับผู้ป่วยนอก    | 12  |
| 5     | ห้องพักผู้ป่วย                  | 6   |
| 6     | ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ | 12  |
| 7     | ห้องปฏิบัติการ (Laboratory)     | 6   |

ที่มา : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2547



นอกจากนี้วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้กำหนดค่าอัตราการนำเข้าอากาศจากภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศ และความดันสัมพัทธ์ที่เหมาะสมสำหรับห้องต่างๆ ภายในโรงพยาบาลไว้ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อัตราการนำเข้าอากาศจากภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้อง และความดันสัมพัทธ์สำหรับห้องต่างๆ ภายในโรงพยาบาล

| ลำดับ | สถานที่  | อัตราการนำเข้าอากาศ<br>ภายนอกไม่น้อยกว่า<br>จำนวนเท่าของปริมาตร<br>ห้องต่อ 1 ชั่วโมง | อัตราการหมุนเวียนอากาศ<br>ภายในห้องไม่น้อยกว่า<br>จำนวนเท่าของปริมาตร<br>ห้องต่อ 1 ชั่วโมง | ความดัน<br>สัมพัทธ์<br>กับพื้นที่<br>ข้างเคียง |
|-------|--|--|--|--|
| 1     | ห้องผ่าตัด   | 5  | 25   | สูงกว่า  |
| 2     | ห้องคลอด   | 5  | 25   | สูงกว่า  |
| 3     | ห้องNursery  | 5  | 12   | สูงกว่า  |
| 4     | หออภิบาลผู้ป่วยหนัก                                    | 2  | 6  | สูงกว่า  |
| 5     | ห้องตรวจรักษาผู้ป่วย                                   | 2  | 6  | สูงกว่า  |
| 6     | ห้องฉุกเฉิน  | 5  | 12   | สูงกว่า  |
| 7     | บริเวณพักคอยสำหรับ<br>แผนกผู้ป่วยนอกและ<br>ห้องฉุกเฉิน | 2  | 12   | ต่ำกว่า  |
| 8     | ห้องพักรักษาผู้ป่วย                                    | 2  | 6  | สูงกว่า  |
| 9     | ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อ                                | 2  | 12   | ต่ำกว่า  |
| 10    | ห้องแยกผู้ป่วย<br>ปลอดเชื้อทางอากาศ                    | 2  | 12   | สูงกว่า  |
| 11    | ห้องปฏิบัติการ   | 2  | 6  | ต่ำกว่า  |
| 12    | ห้องชันสูตรศพ  | 2  | 12   | ต่ำกว่า  |

ที่มา: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2551

#### 2.3.4 การฟอกอากาศ

ระบบฟอกอากาศถูกออกแบบมาเพื่อลดปริมาณสารปนเปื้อนในอาคารในรูปของฝุ่นละอองหรือก๊าซ ประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศขึ้นกับความสามารถในการกรองมลพิษออกจากอากาศ และปริมาณอากาศที่ผ่านระบบหรือแผ่นกรองอากาศประกอบกัน จึงไม่ควร

เลือกใช้เครื่องที่กรองมลพิษได้มากแต่มีอัตราการไหลอากาศต่ำหรือเครื่องที่มีอัตราการไหลอากาศสูงแต่กรองมลพิษได้น้อย นอกจากนี้ประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศขึ้นกับการบำรุงรักษาตามคู่มือการใช้งานอย่างเคร่งครัด เช่น การเปลี่ยนแผ่นกรอง หรือทำความสะอาดตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ (U.S. EPA, 1995)

### 2.3.5 ระบบปรับอากาศ

วัตถุประสงค์ของการปรับอากาศ คือ เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศให้เป็นที่ไปตามความต้องการของผู้อยู่อาศัยในอาคาร

- อุปกรณ์หลักของเครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศทุกประเภทประกอบด้วยอุปกรณ์ชิ้นส่วนหลัก 4 อย่าง คือ

(1) อุปกรณ์จ่ายสารทำความเย็น (Metering Devices) มีหน้าที่ป้องกันการไหลย้อนกลับของสารทำความเย็นซึ่งเป็นของเหลวอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำในปริมาณที่เหมาะสมเข้าสู่อีวาเพอเรเตอร์ (Evaporator)

(2) อีวาเพอเรเตอร์ (Evaporator) หรือคูลเลอร์ (Cooler) เป็นส่วนที่สารทำความเย็นเหลวอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำรับความร้อนจากอากาศภายในอาคาร ทำให้อากาศมีอุณหภูมิลดลง และสารทำความเย็นเหลวระเหยกลายเป็นไอ

(3) คอมเพรสเซอร์ (Compressor) มีหน้าที่ดูดเอาไอสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำจากอีวาเพอเรเตอร์หรือคูลเลอร์เข้ามาแล้วอัดออกไปเป็นไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้น เพื่อส่งต่อไปยังคอนเดนเซอร์ (Condenser)

(4) คอนเดนเซอร์ (Condenser) เป็นส่วนที่ระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศออกสู่บรรยากาศภายนอก ทำให้ไอสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงจากคอมเพรสเซอร์กลั่นตัวเป็นของเหลว เพื่อป้อนให้แก่อุปกรณ์จ่ายสารทำความเย็นอีกครั้งหนึ่ง (สถาบันจัดการและอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542)

เครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องใช้ที่ใช้งานอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลานานแล้ว ซึ่งสามารถใช้ได้ในทุกสภาพภูมิอากาศ กระบวนการปรับอากาศจึงมีเงื่อนไขหลายอย่าง ความสามารถของเครื่องปรับอากาศ คือ สามารถปรับสภาวะอากาศตามที่ร่างกายมนุษย์ต้องการ ซึ่งมีมากกว่าการลดอุณหภูมิ กล่าวโดยง่ายการปรับอากาศ คือ การรักษาสภาวะอากาศภายในพื้นที่ว่างหรือห้องหนึ่งๆ ให้ผู้ที่อาศัยอยู่รู้สึกสบาย โดยผ่านกระบวนการดังต่อไปนี้ (สุธิกานต์ วงษ์เสถียร, 2548)

## (1) การควบคุมอุณหภูมิ

อุณหภูมิที่จะต้องปรับนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้อาศัยและบรรยากาศของสถานที่นั้นๆ การปรับอุณหภูมิจึงมีทั้งการทำความร้อนและการทำความเย็น โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 24-26 องศาเซลเซียส

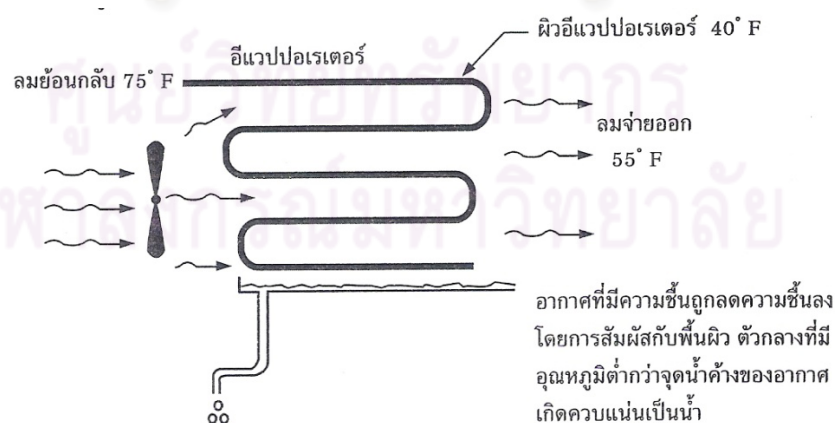
การทำความเย็นเป็นวิธีที่แพร่หลายมากที่สุด การทำความเย็นแบบอัดไอเป็นวิธีที่ถูกใช้มากที่สุด โดยความร้อนภายในห้องปรับอากาศจะถูกดูดออกไป เพื่อระเหยสารทำความเย็นในอีวาเพอเรเตอร์และถูกถ่ายเททิ้งออกไปสู่บรรยากาศหรือน้ำตัวกลาง โดยการควบแน่นกลายเป็นของเหลวของสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์

## (2) การควบคุมความชื้น

ในบางพื้นที่ของโลกที่ภูมิอากาศมีความแห้ง จำเป็นจะต้องเพิ่มความชื้นภายในห้องปรับอากาศเพื่อความสบายของผู้อาศัย ตัวอย่างหนึ่งของการเพิ่มความชื้นก็คือ การฉีดน้ำเป็นละอองภายในห้องส่งลม จากนั้นพัดลมจะพาความชื้นไปสู่ส่วนปรับอากาศ

การลดความชื้นในห้องปรับอากาศเป็นกระบวนการโดยทั่วไปของการทำความเย็น การลดความชื้นลงจะวัดค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity : RH) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างความชื้นจริงในขณะนั้นกับความชื้นอิ่มตัวของอากาศ ในการทำความเย็นและลดความชื้นนั้นจะปรับความชื้นอยู่ระหว่าง 50-55%RH โดยความชื้นในระดับนี้จะเหมาะสมกับร่างกายของคนเรา เพราะจะทำให้รู้สึกสบาย

กระบวนการลดความชื้นนั้นมีทั้งการใช้วิธีเคมี คือ ใช้สารเคมีที่ดูดซับความชื้นและลดความชื้นโดยให้อากาศย้อนกลับไหลผ่านอีวาเพอเรเตอร์ที่มีอุณหภูมิที่ผิวต่ำเป็นจุดน้ำค้าง ความชื้นในอากาศจึงควบแน่นเป็นน้ำถ่ายเททิ้งออกไปสู่ภายนอก ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การลดความชื้น โดยอากาศสัมผัสกับอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดน้ำค้างที่ผิวอีวาโปเรเตอร์

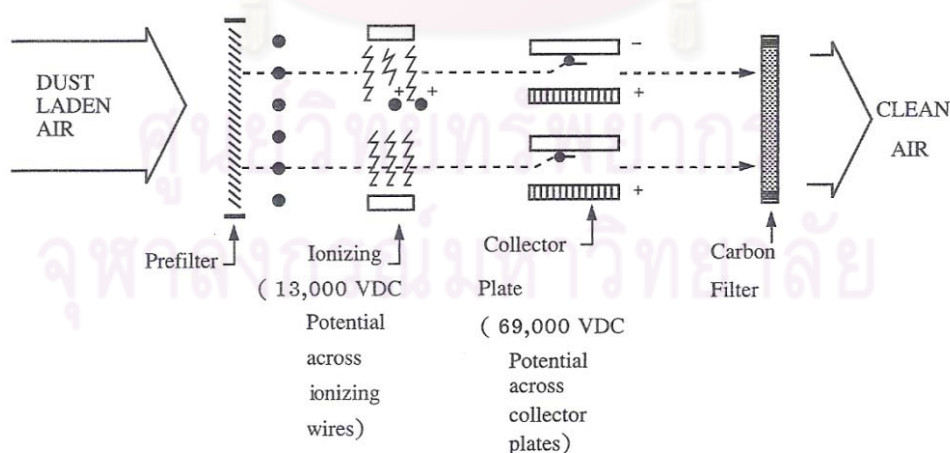
(ที่มา : สุทธิกานต์ วงษ์เสถียร, 2548)

### (3) การควบคุมความสะอาดและความบริสุทธิ์ของอากาศ

อากาศภายในห้องปรับอากาศจะสะอาด ปราศจากเชื้อโรค และกลิ่นต่างๆ จะบริสุทธิ์เพียงพอต่อการอาศัยอยู่ของคนได้นั้น จะต้องทำใน 2 เงื่อนไข คือ การทำให้อากาศภายในห้องสะอาดและการถ่ายเทอากาศบริสุทธิ์ (กว่า) จากภายนอกห้องเข้ามาแทนที่อากาศภายในห้อง

การทำความสะอาดหรือการกรองอากาศในห้องปรับอากาศนั้นจะต้องใช้อุปกรณ์กรองอากาศ ซึ่งมีทั้งชนิดที่ติดอยู่กับเครื่องปรับอากาศและเครื่องกรองเฉพาะ ความสามารถในการกรองอากาศขึ้นอยู่กับวัสดุและการออกแบบแผ่นกรองอากาศตั้งแต่แผ่นกรองแห้ง (Dry Filter) ซึ่งทำมาจากวัสดุประเภทไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) หรือวัสดุประเภทผ้า คาร์บอน ระบบปรับอากาศที่ใช้ท่อส่งลมจะใช้ชนิด Viscous Filter ที่มีความเหนียวและสามารถดักฝุ่นละอองได้ดี ซึ่งมีทั้งที่เป็นผ้าและโลหะ

เครื่องกรองอากาศระบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Air Filter) ถูกนำมาใช้งานเป็นเวลาหลายปีมาแล้ว ได้มีการพัฒนาขึ้นเรื่อยๆ ทั้งในเรื่องสมรรถนะ และขนาดกะทัดรัดขึ้น มีทั้งชนิดที่ติดตั้งอยู่กับแฟนคอยล์ ท่อส่งลม และเป็นเครื่องกรองเฉพาะ หลักการทำงาน คือ อากาศจะผ่านแผ่นกรองขั้นแรกหรือ Prefilter เพื่อกรองฝุ่นละอองขนาดใหญ่ก่อน จากนั้นอากาศจะผ่านกระบวนการสร้างประจุ ฝุ่นละอองขนาดเล็กจะถูกประจุให้เป็นประจุบวกและไหลผ่านแผ่นกรองที่เป็นอนุกรมของขั้วบวกและลบสลับกัน ฝุ่นละอองที่เป็นประจุบวกจะถูกผลักโดยแผ่นกรองขั้วบวก และถูกดูดโดยแผ่นขั้วลบ (Collector Plate) ขั้นสุดท้ายอากาศจะผ่านแผ่นกรองคาร์บอน (Carbon Filter) หรือ Charcoal Filter เพื่อขจัดกลิ่น ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กระบวนการของเครื่องกรองอากาศไฟฟ้าสถิต

(ที่มา : สุทธิกานต์ วงษ์เสถียร, 2548)

การนำอากาศภายนอกเข้าสู่ห้องปรับอากาศ โดยหลักการสำหรับห้องทั่วไป จะต้องมีการแลกเปลี่ยนอากาศไม่น้อยกว่า 5 ลิตรต่อนาที สำหรับห้องที่มีอากาศเสียมาก เช่น ห้องที่มีการสูบบุหรี่ หรือโรงพยาบาล จะต้องมีการแลกเปลี่ยนอากาศไม่น้อยกว่า 20 ลิตรต่อนาที ในทางปฏิบัติห้องที่มีขนาดเล็กจะไม่คำนึงถึงข้อนี้มากนัก ด้วยเหตุผลของความประหยัดโดยถือว่าการเปิดและปิดประตูแต่ละครั้งจะเกิดการแลกเปลี่ยนอากาศจำนวนมาก แต่ห้องขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เพื่อแลกเปลี่ยนอากาศเพิ่มเติม โดยใช้พัดลมดูดอากาศ

#### (4) ควบคุมการไหลเวียนของอากาศ

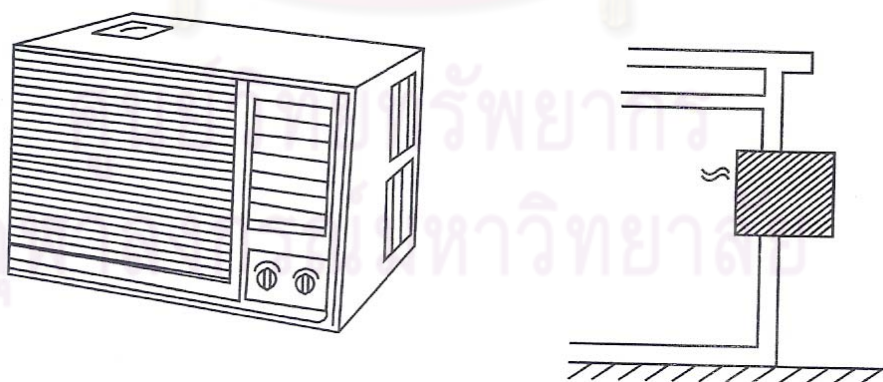
ควรเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับห้อง และปรับหน้ากากช่องจ่ายลมให้อากาศสามารถกระจายได้ทั่วทั้งห้อง หลีกเลี่ยงลมที่เป่าโดนคนตรงๆ และอย่าให้มีบริเวณที่มีลมนิ่ง โดยระบบที่ใช้ท่อส่งลมนั้นถือว่าดีที่สุด เนื่องจากหน้ากากส่งจ่ายลมสามารถกระจายได้ทั่วทุกจุด

#### - ประเภทของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศเมื่อจำแนกตามการถ่ายเทความร้อน จะแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ถ่ายเทความร้อนด้วยอากาศ และชนิดที่ถ่ายเทความร้อนด้วยน้ำ ทั้งสองชนิดนี้เมื่อนำมาจำแนกตามลักษณะโครงสร้างจะสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายชนิด ดังนี้

##### (1) เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window type air conditioner)

เป็นระบบที่มีขนาดเล็ก ส่วนประกอบทั้งหมดอยู่ในโครงลูกบาศก์ ติดตั้งที่ช่องหน้าต่างหรือช่องที่ทำขึ้นเฉพาะ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างและลักษณะการติดตั้ง

(ที่มา : สุทธิกานต์ วงษ์เสถียร, 2548)

## (2) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type air conditioner)

ระบบนี้จะแยกส่วนประกอบออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่อยู่ภายในห้องที่เรียกว่า แฟนคอยล์ยูนิต (Fan coil unit) หรือ Indoor unit ภายในมีอีวาเพอเรเตอร์ มิเตอร์รีจดีไวซ์ และชุดควบคุมการทำงาน อีกส่วนหนึ่งอยู่นอกห้อง เรียกว่า คอนเดนซิงยูนิต (Condensing unit) หรือ Outdoor unit ภายในประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์เป็นส่วนประกอบหลัก

แฟนคอยล์ยูนิตนั้นผู้ผลิตจะผลิตออกมาหลายลักษณะ ได้แก่ แบบตั้งพื้นหรือแขวนเพดาน แบบติดผนัง แบบฝังเหนือฝ้าเพดานต่างระดับ และแบบฝังแนวเดียวกับฝ้าเพดาน ดังรูปที่ 2.6

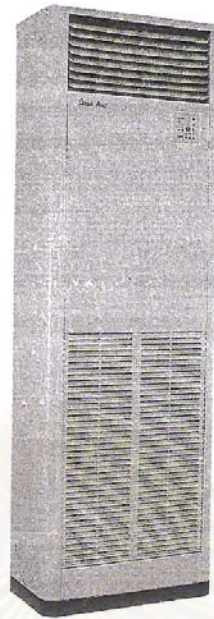


รูปที่ 2.6 แฟนคอยล์ยูนิตรูปแบบต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน  
(ที่มา : สุทธิกานต์ วงษ์เสถียร, 2548)

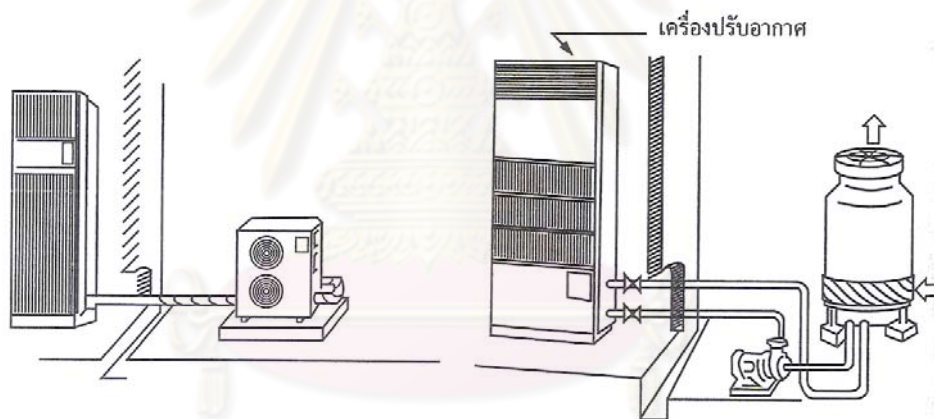
## (3) เครื่องปรับอากาศแบบตู้ตั้ง จำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

- ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ส่วนที่อยู่ภายในห้องจะประกอบไปด้วยคอมเพรสเซอร์ อีวาเพอเรเตอร์ มิเตอร์รีจดีไวซ์ และชุดเทอร์โมสตัท สำหรับส่วนที่อยู่นอกห้องจะมีเพียงคอนเดนเซอร์เท่านั้น

- ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ เนื่องจากคอนเดนเซอร์เป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ จึงต้องใช้หอลดอุณหภูมิ (Cooling tower) เป็นส่วนระบายความร้อนออกไป ดังรูปที่



(ก) เครื่องปรับอากาศตู้ตั้ง

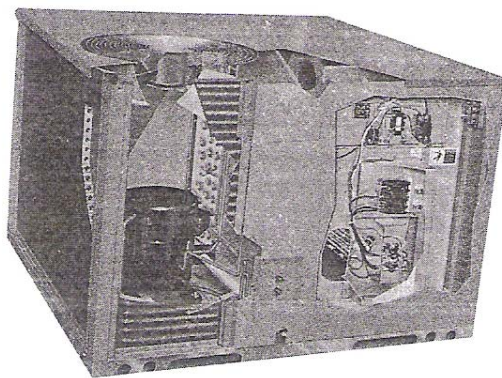


(ข) ระบายความร้อนด้วยอากาศ (ค) ระบายความร้อนด้วยน้ำพร้อมหอหล่อเย็น

รูปที่ 2.7 เครื่องปรับอากาศแบบตู้ตั้ง  
(ที่มา : สุธิกานต์ วงษ์เสถียร, 2548)

#### (4) เครื่องปรับอากาศแบบแพ็คเกจ (Package air conditioner)

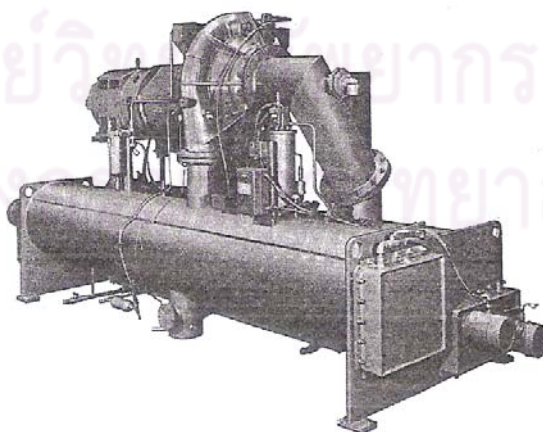
จัดอยู่ในกลุ่มหน่วยเดี่ยวเหมือนชนิดหน้าต่างและชนิดตู้ตั้ง ส่วนประกอบทั้งหมดถูกติดตั้งอยู่ในโครงเครื่องเดียวกัน ดังรูปที่ 2.8 แต่มีขนาดใหญ่กว่าและจัดอยู่ในระบบส่วนกลาง (Central System) คือ จากเครื่องสามารถจ่ายความเย็นออกไปได้หลายๆ ห้องโดยผ่านท่อส่งลม



รูปที่ 2.8 เครื่องปรับอากาศแบบเพื่อกอง  
(ที่มา : สุธิกานต์ วงษ์เสถียร, 2548)

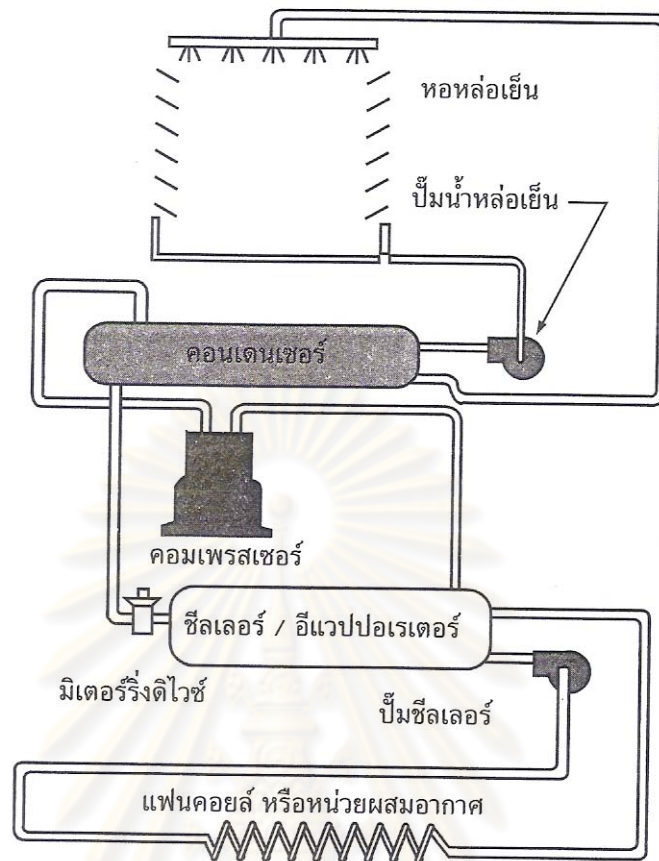
(5) เครื่องปรับอากาศแบบчилเลอร์ (Chiller air conditioner)

ระบบนี้ใช้น้ำระบายความร้อนทั้งหมด ดังรูปที่ 2.9 อีวาเพอเรเตอร์และคอนเดนเซอร์ของระบบปรับอากาศчилเลอร์เป็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ น้ำที่นำมาหล่อเย็นให้กับคอนเดนเซอร์จะถูกพาไปถ่ายเทความร้อนออกให้กับบรรยากาศที่หอลดอุณหภูมิ (Cooling tower) และวนกลับมาสู่คอนเดนเซอร์เป็นวงจรปิดของน้ำหล่อเย็น ส่วนอีวาเพอเรเตอร์จะมีวงจรน้ำчилเลอร์ โดยนำมาผ่านอีวาเพอเรเตอร์จนกลายเป็นน้ำเย็น จากนั้นจะส่งน้ำนี้ไปสู่ชุดท่อน้ำเย็น (Chilled water coil) ซึ่งอาจเข้าสู่ห้องปรับอากาศโดยตรงหรือแฟนคอยล์ยูนิตหรือนำน้ำเย็นไปที่หน่วยผสมอากาศ (Air handling unit) ก่อน และส่งความเย็นออกไปโดยท่อส่งลม (Air duct) ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.9 เครื่องปรับอากาศแบบчилเลอร์  
(ที่มา : สุธิกานต์ วงษ์เสถียร, 2548)





รูปที่ 2.10 วงจรระบบปรับอากาศแบบซีลเลอร์  
(ที่มา : สุทธิกานต์ วงษ์เสถียร, 2548)

ในบ้านเรือนที่อยู่อาศัยทั่วไปหรือในอาคารขนาดเล็ก เครื่องปรับอากาศที่ใช้ก็เป็นขนาดเล็กเช่นกัน โดยเครื่องจะถูกติดตั้งแยกกันในแต่ละห้อง ซึ่งมีทั้งเครื่องปรับอากาศชนิดติดหน้าต่างและชนิดแยกส่วน หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศทั้งสองชนิดจะคล้ายคลึงกัน แต่แบบแยกส่วนไม่สามารถดึงอากาศจากภายนอกเข้ามาเพิ่มเติมในห้องได้ อากาศในห้องจึงเป็นอากาศเดิมๆ หมุนเวียนไปผ่านคอยล์เย็น แล้วพ่นออกมาใหม่เป็นอากาศเย็น เครื่องปรับอากาศจึงไม่ได้ทำให้อากาศสะอาดบริสุทธิ์ขึ้น เพียงแต่ทำให้ผู้ที่อยู่ในห้องเย็นสบายขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้เพราะแผงกรองฝุ่นละอองที่ติดตั้งไว้ภายในเครื่องสามารถกรองได้เฉพาะฝุ่นละอองขนาดใหญ่ จะไม่สามารถกรองฝอยละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการไอหรือจามของผู้ที่ป่วยเป็นโรกระบบทางเดินหายใจที่อยู่ในห้องได้ นอกจากนั้นขณะที่เครื่องปรับอากาศทำงานฝอยละอองดังกล่าวยังล่องลอยอยู่ในห้องนานกว่าปกติ เพราะอากาศจะมีการหมุนเวียนอยู่ในห้องตลอดเวลา โอกาสที่ผู้ร่วมห้องเดียวกันจะติดเชื้อมาก่อนข้างมีสูง หากฝอยละอองดังกล่าวมีเชื้อโรคปะปนอยู่ด้วย

สำหรับตึกหรืออาคารสาธารณะขนาดใหญ่ เช่น โรงแรม ศูนย์การค้า โรงพยาบาล ฯลฯ เครื่องปรับอากาศที่ใช้จะมีขนาดใหญ่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ หลายส่วน สามารถส่งความเย็นตามท่อไปสู่ห้องต่างๆ ได้หลายห้อง เรียกว่า เครื่องปรับอากาศแบบรวม (Central Air-Conditioning System) โดยอากาศเย็นที่ออกมาจากเพดานห้องต่างๆ ถูกส่งมาตามท่อจากหน่วยควบคุมความเย็น (AHU : Air Handling Unit) ซึ่งก็เป็นอากาศภายในอาคารหรือภายในห้องต่างๆ ที่ถูกดูดกลับผ่านเข้าไปในคอยล์เย็นหรือท่อน้ำเย็นในหน่วยควบคุมความเย็นนั่นเอง จึงเห็นได้ว่าในระบบปรับอากาศแบบรวมหากห้องใดห้องหนึ่งมีมลพิษเกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นกลิ่นเหม็น ควันบุหรี่ ฝุ่นละออง ฝอยละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการไอหรือจามของผู้ที่ป่วย มลพิษดังกล่าวจะสามารถแพร่กระจายไปสู่ห้องอื่นๆ ที่รับความเย็นจากหน่วยควบคุมความเย็นเดียวกันได้

ในระบบปรับอากาศแบบรวม จำเป็นจะต้องมีการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศภายในห้อง ทั้งนี้เพื่อทดแทนอากาศภายในห้อง ซึ่งถูกระบายออกไปเนื่องจากมีมลพิษสะสมมากขึ้น และเพื่อคงปริมาณออกซิเจนในห้องให้ใกล้เคียงกับอากาศภายนอกด้วย สำหรับปากท่อรับอากาศดีส่วนมากจะถูกติดตั้งไว้ในระดับสูงและไม่อยู่ในทิศทางของลมที่จะพัดเอาฝุ่นละอองเข้าไป โดยเฉพาะละอองน้ำที่เกิดจากการระเหยความร้อนของหอลดอุณหภูมิของระบบปรับอากาศแบบรวม ซึ่งมักจะติดตั้งอยู่บนฝ้าหรือระเบียงของอาคาร ทั้งนี้เพราะน้ำในหอลดอุณหภูมิที่ไม่ได้รับการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง จะมีเชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตอยู่เป็นจำนวนมาก ถ้าหากสูดเข้าไปในทางเดินหายใจของคน อาจทำให้เกิดโรคได้ ในขณะที่หอลดอุณหภูมิทำงานจะมีฝอยละอองน้ำเกิดขึ้นจากการที่สายน้ำตกลงกระทบกับสิ่งกีดขวางและถูกพัดพาออกไปสู่ภายนอกทางปล่องระบายลม โดยทั่วไปหอลดอุณหภูมิจะถูกติดตั้งอยู่บนที่สูง เช่น หลังคาตึกหรือฝ้าของอาคารขนาดใหญ่ ละอองน้ำที่ถูกพัดพาออกมาบางส่วนจะลอยตามกระแสลมออกไปสู่บรรยากาศเบื้องบน บางส่วนจะลอยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงหรือตกลงมาเบื้องล่างบริเวณรอบๆ ตัวตึกหรืออาคาร ถ้าปากท่อรับอากาศดีของอาคารนั้นๆ หรือของอาคารใกล้เคียงที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมอยู่ในทิศทางลม จึงเป็นไปได้ที่ละอองน้ำจะถูกพัดพาเข้าไปในอาคาร หรือละอองน้ำอาจเข้าไปในตัวอาคารทางหน้าต่างที่เปิดทิ้งไว้ก็ได้ หากน้ำในหอลดอุณหภูมิมียูเชื้อจุลินทรีย์ เชื้อก็จะติดไปกับละอองน้ำได้ คนที่พักอาศัยหรือทำงานอยู่ภายในอาคาร จึงมีโอกาสสัมผัสและสูดหายใจเอาละอองน้ำที่มีเชื้อจุลินทรีย์ปะปนเข้าไปยังทางเดินหายใจและเข้าไปสู่ถุงลมปอดได้ ทำให้เกิดโรคต่างๆ ได้ (จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ, 2544)

#### 2.4 ผลกระทบต่อร่างกาย

ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารส่วนใหญ่ไม่สามารถทำให้ผู้ที่อยู่ในอาคารเสียชีวิตได้ แต่อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น ปวดศีรษะ คัดจมูก ฝืนคัน ซึ่งสามารถส่งผลต่อ

ประสิทธิภาพในการทำงาน และอาจเป็นสาเหตุของการขาดงานบ่อยๆ โดย U.S. EPA (2008) สรุปผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศภายในอาคารเป็น 2 ลักษณะ ประกอบด้วย

(1) ผลกระทบต่อร่างกายแบบฉับพลัน (immediate effects) เมื่อร่างกายสัมผัสกับมลพิษอากาศจะทำให้เกิดอาการต่างๆ แบบฉับพลัน เช่น ระคายเคืองตา จมูก และลำคอ ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ เมื่อยล้า เป็นต้น ซึ่งเป็นอาการที่เกิดขึ้นในระยะสั้นและมลพิษบางตัวสามารถทำให้เกิดโรคหืด โรคภูมิแพ้ได้อีกด้วย ปัจจัยหลักสองประการที่มีผลต่อการตอบสนองต่อมลพิษ คือ อายุ และสุขภาพของผู้รับมลพิษ อาการป่วยจากมลพิษอากาศจะมีอาการคล้ายกับการเป็นไข้หรือการติดเชื้อไวรัสทั่วไป จึงเป็นการยากที่จะวินิจฉัยว่าอาการป่วยนั้นมีสาเหตุจากมลพิษอากาศภายในอาคาร

(2) ผลกระทบต่อร่างกายในระยะยาว (long-term effects) การที่ร่างกายสัมผัสกับมลพิษเป็นเวลานานหรือซ้ำๆ จะส่งผลให้เกิดโรกระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจ โรคมะเร็ง และอาจทำให้เสียชีวิตได้ และเนื่องจากเป็นผลกระทบต่อร่างกายในระยะยาวจึงไม่มีคนเห็นความสำคัญของผลกระทบต่อสุขภาพ ถ้าไม่มีการแสดงอาการของโรคนั้น

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงพยาบาลซึ่งมีผู้ป่วยจำนวนมากที่มีร่างกายอ่อนแอ เมื่อได้รับผลกระทบจากมลพิษอากาศทำให้ร่างกายเกิดผลกระทบอย่างมาก และเป็นสาเหตุของโรคที่เรียกว่า โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล (Nosocomial infection) โดยเป็นโรคติดเชื้อที่เกิดขึ้นจากการได้รับเชื้อขณะผู้ป่วยได้รับการตรวจหรือเข้ารับรักษาตัวในโรงพยาบาล (อิสยา จันทรวิทยานุชิต, 2548)

#### 2.4.1 สาเหตุของการเกิดโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล

โรคติดเชื้อในโรงพยาบาลส่วนใหญ่มีสาเหตุจาก แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัสในโรงพยาบาล การติดเชื้อจากสิ่งเหล่านี้มีหลายปัจจัย ได้แก่

##### (1) เชื้อก่อโรค (Pathogen)

เชื้อก่อโรคที่เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อประจำถิ่นหรือเชื้อที่พบในร่างกายของผู้ป่วย (Colonization) มีส่วนน้อยที่มาจากผู้ป่วยคนอื่นหรือจากบุคลากรทางการแพทย์หรือจากสิ่งแวดล้อม ส่วนชนิดของจุลินทรีย์พบว่าจะเกิดจากเชื้อแบคทีเรียเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาเกิดจากเชื้อไวรัส เชื้อรา และปรสิตตามลำดับ

##### (2) ผู้ติดเชื้อ (Host)

ผู้ที่ติดเชื้อส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาล แต่อาจเป็นบุคลากรทางการแพทย์ก็ได้ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการติดเชื้อ คือ สภาวะภูมิคุ้มกันโรคของผู้ติดเชื้อ โดยพบว่าผู้ที่มีภูมิคุ้มกันโรคต่ำเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดการติดเชื้อ เช่น เด็กเล็ก ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกถ่ายไขกระดูก ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัด เป็นต้น

### (3) สิ่งแวดล้อม (Environment)

สิ่งแวดล้อมจะครอบคลุมถึงอาคาร สถานที่ เครื่องมือเครื่องใช้ทางการแพทย์ บุคลากรทางการแพทย์ ญาติผู้ป่วยที่มาเยี่ยม รวมทั้งสุขอนามัยของโรงพยาบาล ได้แก่ น้ำดื่ม น้ำใช้ ย่อมจะมีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่ทำให้มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อได้ (ทวี จิตไมตรี, 2529)

#### 2.4.2 กลไกการแพร่กระจายของเชื้อที่สำคัญ ได้แก่

(1) การสัมผัส เป็นกลไกที่สำคัญที่สุดที่เกิดจากการจับต้องผู้ป่วยโดยตรง หรือการสัมผัสที่เกิดจากการใช้เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ พาหะที่สำคัญที่สุดในการนำเชื้อสู่ผู้ป่วย คือ มือของบุคลากร เครื่องมือเครื่องใช้ทางการแพทย์ที่ไม่ได้รับการกำจัดเชื้อที่ถูกต้องก็ทำให้มีการแพร่เชื้อได้ง่าย

(2) การแพร่ทางอากาศ เชื้อโรคออกจากผู้ป่วยโดยการไอ จาม หรือแพร่กระจายออกไปทางผิวหนัง หรือจากสิ่งที่มีเชื้อโรคปนอยู่ เช่น หนองที่เปื้อนตามเตียงหรือพื้น เป็นต้น เชื้อจะลอยไปในอากาศไปสู่ผู้ป่วยอื่นได้ หอผู้ป่วยที่ไม่มีการระบายอากาศที่ดี ย่อมมีโอกาสทำให้เกิดการติดเชื้อโดยวิธีนี้ได้ง่าย (สมหวัง คำนวิจิตร, 2537)

สำหรับเกณฑ์มาตรฐานของดัชนีคุณภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งสามารถยอมรับได้ สำหรับมนุษย์ผู้อาศัยหรือผู้ใช้อาคาร เพื่อมิให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร

| ปัจจัยคุณภาพอากาศ                        | ค่ามาตรฐาน                  | มาตรฐานอ้างอิง       |
|--|-----------------------------|----------------------|
| อุณหภูมิ                                 | 23-26 °C                    | - ASHRAE Standard 55 |
| ความชื้นสัมพัทธ์                         | 30-60%                      | - ASHRAE Standard 62 |
| ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์                    | 1,000 ppm                   | - ASHRAE Standard 62 |
| ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์                     | 9 ppm (8 ชั่วโมง)           | - ASHRAE Standard 62 |
| ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) | 15 µg/m <sup>3</sup> (1 ปี) | - ASHRAE Standard 62 |
| ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM 10)   | 50 µg/m <sup>3</sup> (1 ปี) | - ASHRAE Standard 62 |
| เชื้อรา                                  | 50 CFU/m <sup>3</sup>       | - WHO (1998)         |
| เชื้อแบคทีเรีย                           | 100 CFU/m <sup>3</sup>      | - WHO (1998)         |

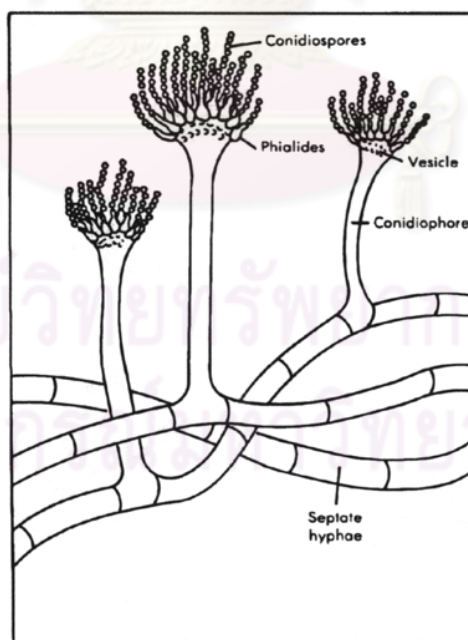
ที่มา : กรมควบคุมโรค, 2551

## 2.5 เชื้อรา

### 2.5.1 สัณฐานวิทยา

ราเป็นจุลชีพแบบยูคาริโอต (Eukaryotic) ไม่มีคลอโรพลาสต์ รามีทั้งชนิดเป็นแบบเซลล์เดี่ยว (Unicellular) เช่น ยีสต์ และหลายเซลล์ (Multicellular) เรียงเป็นเส้นใย (Hypha) กลุ่มของเส้นใย เรียกว่า ไมซีเลียม (Mycelium) เส้นใยทั่วไปมีความกว้าง 5-10 ไมโครเมตร และมีความยาวมาก ประกอบด้วยผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ และช่องว่างภายในที่บรรจุโปรโทพลาสซึม เยื่อหุ้มเป็นเยื่อ 2 ชั้นล้อมรอบโปรโทพลาสซึม ผนังเซลล์ประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) หรือไคติน ในราชั้นต่ำผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส เส้นใยแบ่งเป็น 3 แบบ คือ ไม่มีผนังกั้น มีผนังกั้นและมีนิวเคลียสอันเดียว และมีผนังกั้นและมีนิวเคลียสหลายอัน

รานอกจากจะมีรูปร่างเป็นเส้นใยและเป็นเซลล์เดี่ยวแล้ว บางชนิดยังมีรูปร่างสองแบบ (dimorphism) คือ ถ้าเจริญในดินหรือในอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้องจะมีรูปร่างเป็นเส้นใย แต่ถ้าเจริญที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หรือในร่างกายโฮสต์จะมีรูปร่างเป็นเซลล์เดี่ยวแบบยีสต์ ได้แก่ ราที่ทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น กลาก เกื้อย และที่ทำให้เกิดโรคกับมนุษย์ เป็นต้น (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2547)



รูปที่ 2.11 โครงสร้างของเชื้อรา  
(ที่มา : New Jersey Mold Inspection)

## 2.5.2 การสืบพันธุ์ของรา

รามีการสืบพันธุ์ 2 แบบ คือ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยราจะมีการสร้างสปอร์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการสืบพันธุ์ (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2547)

## 2.5.3 สปอร์ (นิวัต เสนาะเมือง, 2543)

สปอร์ของเชื้อราโดยทั่วไปมีขนาด 1-100 ไมครอน (Heikkinen และคณะ, 2005) โดยสปอร์ทำหน้าที่สำคัญ 2 ประการ คือ เป็นหน่วยแพร่กระจายและเพื่อการอยู่รอด โดยส่วนใหญ่ราแต่ละชนิดสร้างสปอร์ได้มากกว่า 1 แบบ เป็นไปได้ว่าสปอร์แต่ละแบบนี้ทำหน้าที่แตกต่างกัน ลักษณะของสปอร์เพื่อการแพร่กระจาย ต้องแยกออกจากเส้นใยแม่ได้ง่าย และมักจะมีกลไกพิเศษในการแยกตัว มีการสร้างเป็นจำนวนมาก แต่มักมีขนาดเล็ก มีรูปร่างหลากหลาย ส่วนลักษณะของสปอร์เพื่อการอยู่รอด มักติดแน่นอยู่กับเส้นใยแม่ มีการสร้างจำนวนไม่มาก แต่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ สามารถอยู่รอดในสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี ผนังค่อนข้างหนา มีรูปร่างหลากหลาย

### - การแพร่กระจายของสปอร์

ส่วนใหญ่ราแพร่กระจายโดยอาศัยกลไกที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม เช่น โดยกระแสลม กระแสน้ำ แมลง พืช และสัตว์ใหญ่หลายชนิด

(1) สปอร์ที่แพร่โดยลม ส่วนใหญ่สปอร์แพร่โดยวิธีนี้ ราที่พบในอากาศบ่อยๆ เช่น *Cladosporium* และ *Alternaria*

(2) การลอยตัวขึ้นของอากาศร้อน ลมม้วนตัวขึ้น อากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นพร้อมกับพาเอาสปอร์ลอยขึ้นตามแนวตั้งสู่อากาศ ลมที่พัดผ่านวัตถุ เช่น พุ่มไม้ จะก่อให้เกิดการม้วนตัวแล้วห้อนเอาสปอร์ให้ลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน หลังจากที่สปอร์ที่ลอยตัวขึ้นแล้ว การเคลื่อนไหวของสปอร์จะไม่ลอยตัวเป็นเส้นตรง อาจขึ้นหรือลงเฉียงเป็นมุม และความเข้มข้นของสปอร์ก็จะแตกต่างกันออกไปในทิศทางจางลงเรื่อยๆ

(3) การกระจายโดยอาศัยการกระเด็นของน้ำฝน หยดเล็กๆ ของน้ำฝนที่กระเด็นหลังจากกระทบพื้นอาจไปไกลถึง 1 เมตร หยดฝนหลายๆ หยดสามารถพาสปอร์ไปไกลเกินกว่าจะคาดหมายได้ เช่น สปอร์ของรา *Cellotrichum*

(4) การกระจายโดยน้ำ ชูโอสปอร์ของราหลายชนิดสามารถว่ายน้ำไปได้ไกลๆ ตามน้ำที่เคลือบบนผิวพืชหรือผิวดิน ชูโอสปอร์ของรา *Phytophthora* ว่ายน้ำไปเองหรือน้ำพาไหลไป บางส่วนน้ำจะพาให้กระจายออกไป

(5) แพร่กระจายไปกับสัตว์ เช่น แมลงนำรา *Ophiostoma ulmi* ไปยังพืชต้นใหม่ รา *Claviceps* และ *Puccinia graminis* สร้างสารเหนียวต่อแมลงให้มาเกาะแล้วพาสปอร์ไป และรา *Pilobolus*, *Basidiobolus* ติดไปในท้องของสัตว์แล้วถ่ายออกมาพร้อมกับมูลสัตว์

(6) ติดไปกับเมล็ดพันธุ์พืช โดยเฉพาะราสาเหตุโรคพืชหลายชนิดสามารถติดไปกับเมล็ดพันธุ์ได้

โดยเชื้อราจะมีชนิดที่ก่อโรคและไม่ก่อโรค หรือจัดเป็นพวก Saprophytes (หลังเอนไซม์ออกมาภายนอกเซลล์ เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และซับซ้อนให้ได้เป็นโมเลกุลที่เล็กที่สุดแล้วจึงดูดซับเข้าไปภายในเซลล์) ซึ่งบางชนิดก็อาจทำให้เกิดโรคฉวยโอกาสได้ (Opportunistic organism) คือ สามารถทำให้เกิดโรคได้ในคนที่มีร่างกายอ่อนแอ เช่น โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ Aspergillosis ที่เกิดจากเชื้อ *Aspergillus sp.* โดยผู้ป่วยได้รับเชื้อเข้าไปโดยการหายใจ การกิน และการสัมผัส เป็นต้น ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะสำหรับจำนวนเชื้อราในอากาศภายในอาคาร ดังตารางที่ 2.5 (กฤษณิยา ศังขจันทรานนท์ และคณะ, 2549)

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์แนะนำปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคารขององค์การอนามัยโลก

| สิ่งปนเปื้อน | ค่าที่ยอมรับได้สำหรับ<br>คุณภาพอากาศในอาคาร | หน่วย              |
|--------------|---|--------------------|
| แบคทีเรีย    | 100   | CFU/m <sup>3</sup> |
| เชื้อรา      | 50  | CFU/m <sup>3</sup> |

ที่มา : กฤษณิยา ศังขจันทรานนท์ และคณะ, 2549

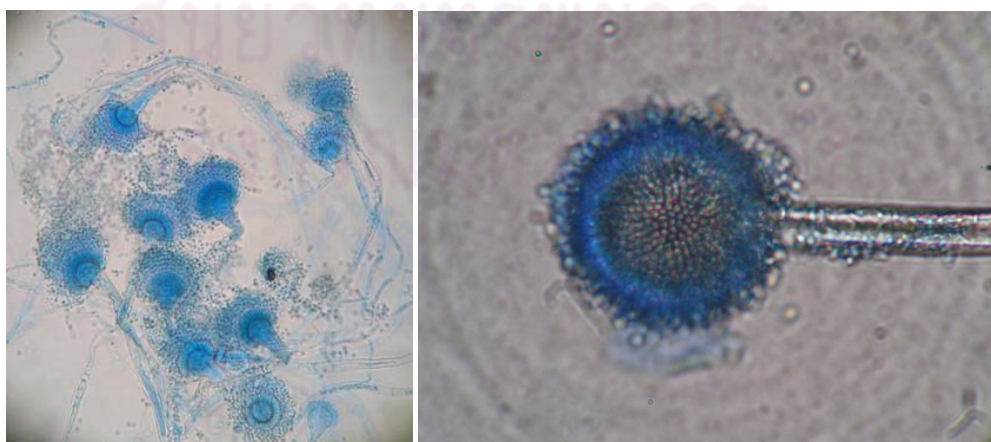
เชื้อราบางชนิดที่ทำให้เกิดโรคในคนและสัตว์ สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างกลับไปกลับมาในทั้งสองแบบนี้ (คือ mold หรือ hyphae รูปร่างเป็นเส้น และ yeast รูปร่างกลมหรือรูปไข่) ตามสภาวะแวดล้อมและอุณหภูมิที่เจริญอยู่ เรียกเชื้อราพวกนี้ว่า dimorphic fungi ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญที่แสดงว่าเป็น Pathogenic fungi เชื้อราที่ทำให้เกิดโรคที่พบบ่อยในสำนักงาน คือ *Aspergillus sp.* ทำให้เกิดโรค Aspergillosis (จิตรพรรณ ภูษาภักดิ์ภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ, 2544)

## 2.5.4 โรคที่เกิดจากเชื้อรา

### - โรคปอดอักเสบจากเชื้อรา (Siamhealth, 2003)

เชื้อที่เป็นสาเหตุ คือ เชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อในร่างกายได้หลายระบบ ได้แก่ หู ตา จมูก และปอด การติดเชื้อราที่บางคนเชื้อจะลุกลามไปยังกระดูก สมอง เยื่อหุ้มสมอง เชื้อราชนิดนี้ติดต่อโดยการหายใจเอาสปอร์เข้าไปในปอดทำให้เกิดการติดเชื้อที่ปอด แม้ว่าสปอร์ของราชนิดนี้จะมิอยู่ในอากาศ แต่คนปกติเมื่อหายใจได้รับเชื้อรานี้มักจะไมเกิดโรค แต่สำหรับคนที่ภูมิคุ้มกันไม่ดี เช่น ได้รับเคมีบำบัด ได้รับยา steroid หรือผู้ที่ใส่เครื่องช่วยหายใจ หรือโรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง เมื่อได้รับเชื้อนี้จะทำให้เกิดการติดเชื้อที่ปอด ทำให้ผู้ที่ภูมิคุ้มกันไม่ดีเมื่อติดเชื้อนี้มักจะเสียชีวิต

เชื้อรา *Aspergillus* รูปร่างเป็นแบบแท่ง มีลักษณะที่สำคัญ คือ มีการแตกแขนงเป็นมุม 45 องศา เป็นเชื้อราที่พบได้ทุกหนแห่งโดยเฉพาะในดิน น้ำ เศษใบไม้ที่หมักหมม และยังพบได้ตามระบบปรับอากาศ เนื่องจากเชื้อรา *Aspergillus* เป็นเชื้อที่กระจายอยู่ทั่วไปและเป็นเชื้อที่คนเราสามารถสัมผัสได้ตลอดเวลาโดยที่ไม่รู้ตัว จึงมีโอกาสเกิดโรคติดเชื้อได้ง่าย เชื้อรา *Aspergillus* จึงจัดว่าเป็นเชื้อที่อันตรายชนิดหนึ่งที่สามารถก่อให้เกิดโรคได้โดยไม่รู้ตัว เชื้อรา *Aspergillus* ที่เป็นสาเหตุของโรคที่รุนแรงที่สุด ได้แก่ *A. fumigatus* และ *A. flavus* ร่างกายจะได้รับเชื้อนี้โดยการหายใจเอาสปอร์เข้าไป โดยสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus* มีขนาด 2-5 ไมครอน แต่บางคนก็เกิดการติดเชื้อราในหู โดยทั่วไปภูมิต้านทานของร่างกายสามารถที่จะกำจัดเชื้อนี้ออกจากร่างกาย หากร่างกายไม่สามารถกำจัดเชื้อนี้ออกจากร่างกายก็จะทำให้เกิดการติดเชื้อได้หลายรูปแบบดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.12 เชื้อรา *Aspergillus* sp.



**Allergic bronchopulmonary aspergillosis (ABPA)** การวินิจฉัยทำได้ยากเนื่องจากอาการของผู้ป่วยเหมือนอาการไข้หวัดหรือหอบหืดที่ผู้ป่วยเป็นอยู่ นอกจากนั้นยังสามารถพบเชื้อนี้อาศัยอยู่ในทางเดินหายใจของคนปกติ การวินิจฉัยสามารถทำได้โดยการส่องกล้องเข้าไปในปอดแล้วใช้น้ำล้าง เอาเชื้อไปส่งตรวจหรือจากการใช้ตัดชิ้นเนื้อส่งตรวจ พบการติดเชื้อในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดโดยเฉพาะผู้ที่ได้รับประทุษยา steroid เป็นเวลานาน หรือเป็นโรค cystic fibrosis การติดเชื้อนี้ไม่รุนแรง ผู้ป่วยมักจะมีอาการดังนี้ สำหรับคนที่เป็นหอบหืดมักจะมีอาการหอบเพิ่ม เป็นไข้ ครั่นเนื้อครั่นตัว ไอ ไอมีเสมหะปนเลือด น้ำหนักลด หายใจหอบ บางรายมีอาการไซนัสอักเสบร่วมด้วย

**Aspergilloma** หมายถึง การติดเชื้อราในปอด โดยเชื้อราก่อตัวเป็นก้อนในปอด การติดเชื้อชนิดนี้มักจะเกิดบนแผลเป็นของผู้ป่วยที่เคยเป็นวัณโรคหรือมีพังศืดที่ปอด ผู้ป่วยมักจะไม่มีอาการ พบได้จากการเอกซเรย์ปอด หากมีอาการจะไอมีเสมหะมีเลือด บางรายอาจจะเลือดออกมากจนถึงกับเสียชีวิต

**Invasive fungal infection** หมายถึง การติดเชื้อราที่แพร่กระจายไปยังอวัยวะต่างๆ ของร่างกายตามหลอดเลือด ในระยะนี้ผลการรักษามักจะไม่ได้ผล Invasive fungal infection ผู้ป่วยที่มีระบบภูมิคุ้มกันไม่ดี มีอัตราการเสียชีวิตสูง อาการที่สำคัญ คือ ประมาณร้อยละ 25-30% จะไม่มีอาการ ส่วนใหญ่จะเป็นปอดบวม มีไข้ แน่นหน้าอก ไอเล็กน้อย บางรายอาจจะมีอาการเจ็บหน้าอกเนื่องจากปอดแตก มีลมรั่วในปอด ในรายที่เป็นรุนแรงปัสสาวะจะมีเลือดปน บางรายปัสสาวะออกน้อย การติดเชื้ออาจจะแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่น เช่น กระดูก สมอง

ปัจจัยเสี่ยงของการติดเชื้อ Invasive Aspergillosis ได้แก่ ผู้ที่มีเม็ดเลือดขาวต่ำ มีการเปลี่ยนแปลง ปลูกถ่ายไขกระดูก สภาวะที่มีเชื้อ Aspergillus มาก ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้งเครื่องกรองอากาศที่มีแผ่นกรอง HEPA filters จัดระบบไหลเวียนของอากาศในห้อง การป้องกันนี้เหมาะสำหรับหน่วยงานที่มีผู้ป่วยมากๆ

#### - โรคภูมิแพ้ (มนตรี ตูจันดา, 2552)

โรคภูมิแพ้เป็นโรคที่เกิดขึ้นจากการที่ร่างกายได้รับสารบางอย่างและเกิดการตอบสนองผิดไปจากคนทั่วไป ทำให้เกิดโรคและอาการต่างๆ ขึ้น เช่น คนทั่วไปที่สูดฝุ่นละอองภายในบ้าน ซึ่งมีไรฝุ่นจะไม่เกิดอาการผิดปกติ แต่ถ้าผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้สูดเอาฝุ่นละอองเข้าไปจะเกิดอาการน้ำมูกไหล คันจมูก คันตา หรือมีอาการหอบเกิดขึ้น โรคภูมิแพ้มีหลายโรค เกิดขึ้นได้หลายระบบ เช่น

- เกิดขึ้นในระบบการหายใจ มีอาการตั้งแต่ น้ำมูกไหล จาม คันจมูก คัดจมูก (คนทั่วไปมักเรียก โรคแพ้ากาศ) หรืออาจมีอาการรุนแรง เช่น ไอ มีเสมหะมาก มีอาการหอบ ซึ่ง

เป็นอาการของโรคหืด บางคนอาจเป็นทั้งโรคหืดและโรคแพ้อากาศ สาเหตุของโรคภูมิแพ้ของระบบการหายใจนี้ส่วนมากเกิดจากสารก่อภูมิแพ้ในอากาศ เช่น ไรฝุ่นในบ้าน เชื้อราในอากาศ เศษและขี้แมลงสาบ ขนสัตว์เลี้ยง เช่น แมว สุนัข

- เกิดขึ้นที่ผิวหนัง เช่น อาการลมพิษ หรือผื่นภูมิแพ้ในเด็ก หรือผื่นแพ้จากการสัมผัส สาเหตุใหญ่ของลมพิษมักเป็นอาหารและยา

- เกิดขึ้นในระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ อาการปวดท้อง อาเจียน ท้องร่วง สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการแพ้อาหาร

โรคภูมิแพ้มีสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ

(1) กรรมพันธุ์ เช่น โรคหืด โรคแพ้อากาศ โรคภูมิแพ้บางอย่างสาเหตุจากพันธุกรรมไม่ค่อยเป็นปัจจัยสำคัญมากนัก เช่น ลมพิษ แพ้อาหาร แพ้ยา หรือแพ้จากการสัมผัส เช่น แพ้เครื่องประดับ แพ้เครื่องสำอาง เป็นต้น

(2) สิ่งแวดล้อม เป็นปัจจัยสำคัญมาก เพราะสารก่อภูมิแพ้ที่จะเข้าสู่ร่างกายเกิดจากสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็นสารก่อภูมิแพ้ที่เข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ หรือจากการรับประทาน หรือจากการสัมผัส สารก่อภูมิแพ้บางอย่างสังเกตได้ยากเพราะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เช่น เกสรดอกไม้ เชื้อราในอากาศ หรือไรฝุ่นในบ้าน ซึ่งมีมากตามที่นอน หมอน โซฟาห้องรับแขก พรม ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยร่วมที่ทำให้เกิดอาการของโรคภูมิแพ้ได้ง่ายขึ้นหรือมีอาการรุนแรงขึ้น เช่น อากาศหนาว อากาศเปลี่ยนแปลง มลพิษอากาศจากควันรถ ควันจากโรงงานอุตสาหกรรม ฝุ่นละอองตามท้องถนน ภายในบ้าน หรือในสำนักงานก็มีควันทนุหรีเป็นตุ้มการสำคัญ

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันประเทศไทยได้คำนึงถึงความสำคัญเกี่ยวกับปัญหาจุลินทรีย์ในอากาศในโรงพยาบาลเพิ่มขึ้น โดยที่ผ่านมามีการศึกษาวิจัยต่างๆ จำนวนมาก เช่น

บุญญาณิช บริเวรณันท์ (2549) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองและเชื้อราในอากาศของโรงพยาบาลในเขตปริมณฑลจำนวน 19 แห่งในเขตจังหวัดนนทบุรี ปทุมธานี และสมุทรปราการ โดยทำการเก็บตัวอย่างในแผนกต่างๆ ได้แก่ แผนกฉุกเฉิน แผนกผู้ป่วยนอก หน่วยจ่ายกลาง หอผู้ป่วย หอผู้ป่วยวิกฤติด้านอายุรกรรม และแผนกบริหารงานทั่วไป พบว่าแหล่งกำเนิดหลักของฝุ่นละออง คือ กิจกรรมภายในโรงพยาบาล โดยความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรพบสูงสุดที่แผนกหน่วยจ่ายกลาง ส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตรพบสูงสุดที่แผนกฉุกเฉิน ส่วนการศึกษาเชื้อราในอากาศภายในโรงพยาบาลนั้น พบว่า แผนกฉุกเฉินมีจำนวนเชื้อราสูงที่สุด ส่วนหอผู้ป่วยวิกฤติ ด้านอายุรกรรม

มีปริมาณต่ำที่สุด เชื้อราที่พบเป็นเชื้อราที่มีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม สามารถทำให้เกิดโรคแบบฉวยโอกาสกับผู้ที่มิสุขภาพอ่อนแอ และมีความสัมพันธ์กับการทำให้เกิดโรคหอบหืดได้ โดยเชื้อราที่พบมากที่สุด ได้แก่ *Aspergillus sp.* และ *Penicillium sp.* และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศกับจำนวนเชื้อรา และความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองกับจำนวนเชื้อรา พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำ

ณัฏฐพงษ์ เด่นจักรวาท (2548) ทำการศึกษาการกระจายของฝุ่นละอองและเชื้อราบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยทำการเก็บตัวอย่างใน 5 แผนกของโรงพยาบาล ได้แก่ แผนกฉุกเฉิน แผนกผู้ป่วยใน แผนกผู้ป่วยนอก แผนกห้องปฏิบัติการ และแผนกบริหารทั่วไป พบว่า แผนกผู้ป่วยในมีอัตราการระบายอากาศสูงที่สุด ซึ่งมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ รองลงมา คือ แผนกฉุกเฉิน แผนกห้องปฏิบัติการ แผนกผู้ป่วยนอก และแผนกบริหารทั่วไป ส่วนความเข้มข้นฝุ่นละอองเฉลี่ย พบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 15 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่แผนกผู้ป่วยใน สำหรับการศึกษาจำนวนเชื้อรา พบว่า แผนกที่มีจำนวนเชื้อราเฉลี่ยมากที่สุด คือ แผนกผู้ป่วยใน รองลงมา คือ แผนกฉุกเฉิน แผนกผู้ป่วยนอก แผนกห้องปฏิบัติการ และแผนกบริหารงานทั่วไป เมื่อพิจารณาชนิดของเชื้อรา พบว่า พบเชื้อรา *Aspergillus sp.* มากที่สุด

กฤษณิยา ศังขจันทรานนท์ และคณะ (2549) ศึกษาถึงชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลและการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ โดยทำการเก็บตัวอย่าง 10 จุดในโรงพยาบาลขนาด 700 เตียง ในจังหวัดขอนแก่น ด้วยเครื่องมือ 3 ชนิด คือ Andersen Impactor, BioSampler และ Open plate พบว่า Anderson Impactor และ Open plate ให้ผลใกล้เคียงกันทั้งชนิดและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ แต่ Andersen Impactor ใช้ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศเพียง 10-20 นาที ส่วน Open plate ต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บนานถึง 2 ชั่วโมง จึงจะครอบคลุมจำนวนชนิดและปริมาณใกล้เคียงกับ Andersen Impactor ได้ ในส่วนของ BioSampler นั้นพบเชื้อจุลินทรีย์น้อยมาก และในการศึกษาโดยใช้ Andersen Impactor พบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศทั้งหมด 11 Genus แบ่งเป็นเชื้อแบคทีเรีย 7 Genus และเชื้อรา 4 Genus เชื้อแบคทีเรียที่พบมากเป็น 5 อันดับแรก คือ *Staphylococcus* รองลงมา คือ *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *NFB* และ *Bacillus* ส่วนเชื้อราที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ *Aspergillus*, *Penicillium* และ *Curvularia* จากการเก็บตัวอย่าง

Chuaybamroong และคณะ (2008) เปรียบเทียบการระบายอากาศและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก (Single air unit) และแบบรวม (Central air unit) ภายในโรงพยาบาล พบว่า เมื่ออัตราการระบายอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก

เพิ่มขึ้น 1.2 เท่า ส่งผลให้ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศลดลง 1.2-1.3 เท่า และเมื่ออัตราการระบายอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมเพิ่มขึ้น 3.5 เท่า ส่งผลให้ปริมาณแบคทีเรียในอากาศลดลง 1.6-2.1 เท่า และจำนวนเชื้อราในอากาศลดลง 1.4 เท่า นอกจากนี้บริเวณที่อากาศมีความเร็วลมสูงจะมีปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศในบริเวณนั้นต่ำกว่าบริเวณที่อากาศมีความเร็วลมต่ำ และในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกที่ไม่มีแผงกรองอากาศมีปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศมากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมที่มีแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง แสดงว่านอกจากการระบายอากาศแล้วประสิทธิภาพของแผงกรองอากาศก็มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องด้วย

ปิยะพงษ์ ชุมศรี และคณะ (2550) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้งานของแผงหน้ากากกรองอากาศกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศของโรงพยาบาล โดยทำการเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อ *Staphylococcus sp.* เชื้อราทั้งหมด และเชื้อ *Aspergillus sp.* ในอากาศในห้องผู้ป่วยทารกแรกเกิดระยะวิกฤติ (Nursery Intensive Care Unit : NICU) และห้องผู้ป่วยเด็กระยะวิกฤติ (Pediatric Intensive Care Unit : PICU) ของโรงพยาบาลรัฐขนาด 814 เตียง ด้วยเครื่องมือ Andersen Impactor นาน 3 เดือน ในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม 2549 พบว่าระยะเวลาการใช้งานของแผงหน้ากากกรองอากาศในห้อง NICU และ PICU อยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของเดือน โดยพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้น 2-8 เท่า เชื้อ *Staphylococcus sp.* เพิ่มขึ้น 3-8 เท่า เชื้อราทั้งหมดเพิ่มขึ้น 2.5-6 เท่า และเชื้อ *Aspergillus sp.* เพิ่มขึ้น 1.4-7 เท่า จากเวลาเริ่มต้นหลังการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศในแต่ละเดือน

ส่วนในต่างประเทศก็มีการศึกษาปัญหาของจุลินทรีย์ในอากาศในโรงพยาบาลเช่นเดียวกัน

Sautour และคณะ (2007) ทำการศึกษาระบบปรับอากาศของเชื้อรารายในโรงพยาบาลในช่วงระหว่างที่มีการก่อสร้างตึก ทำการเก็บตัวอย่างอากาศภายในแผนกเจาะเลือดผู้ใหญ่ โดยใช้ Portable Air System Impactor และเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นผิวสัมผัสโดยใช้ Sabouraud plates พบว่าความเข้มข้นเชื้อราในอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $4.2 \text{ cfu/m}^3$  และบริเวณพื้นผิวสัมผัสมีค่าเฉลี่ย  $1.7 \text{ cfu/plate}$  โดยในช่วงระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม 2005 ก่อนการก่อสร้างตึก มีจำนวนเชื้อราต่ำอยู่ในช่วง  $3.0$  ถึง  $5.3 \text{ cfu/m}^3$  ในอากาศ และ  $1$  ถึง  $1.5 \text{ cfu/plate}$  สำหรับตัวอย่างพื้นผิวสัมผัส ในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ 2006 ซึ่งเป็นช่วงแรกของการก่อสร้างมีจำนวนเชื้อราภายในแผนกเพิ่มขึ้นเป็น  $9.5$  ถึง  $9.8 \text{ cfu/m}^3$  หลังจากนั้นจึงค่อยๆ มีปริมาณลดลงในเดือนเมษายน จนเหลือประมาณ  $5 \text{ cfu/m}^3$  เชื้อราที่พบมากในตัวอย่างอากาศ ได้แก่ *Penicillium sp.* (27%), *Aspergillus sp.* (25%) ตามด้วย *Bjerkandera sp.* (12%) และ *Alternaria sp.* (7%) ส่วนตัวอย่างจากพื้นผิวสัมผัสพบ *Penicillium sp.* (19%), *Alternaria sp.* (3%) และ *Aspergillus sp.* (<2%)

Sautour และคณะ (2009) ทำการศึกษาข้อมูลการแพร่กระจายของเชื้อราในอากาศตามฤดูกาลต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมภายใน (ห้องเจาะเลือดเด็กและผู้ใหญ่) และภายนอกที่โรงพยาบาลประเทศฝรั่งเศส โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 1 ปี (ตั้งแต่วันที่ 22 กันยายน 2549-21 กันยายน 2550) พบว่า ในช่วงระหว่างเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างมีจำนวนเชื้อราในตัวอย่างอากาศภายนอกเฉลี่ย  $122.1 \text{ cfu/m}^3$  โดยเชื้อราสายพันธุ์ที่เด่น คือ *Cladosporium* sp. (55%) จำนวนเชื้อราจากตัวอย่างอากาศภายนอกในฤดูใบไม้ร่วง ( $168 \text{ cfu/m}^3$ ) ฤดูใบไม้ผลิ ( $110 \text{ cfu/m}^3$ ) และฤดูร้อน ( $138 \text{ cfu/m}^3$ ) มีปริมาณมากกว่าในฤดูหนาว ( $49 \text{ cfu/m}^3$ ) ส่วนตัวอย่างอากาศภายในห้องเจาะเลือดเด็กและผู้ใหญ่มีจำนวนเชื้อราเฉลี่ย  $3.9$  และ  $4.1 \text{ cfu/m}^3$  ตามลำดับ เชื้อราสายพันธุ์ที่เด่น คือ *Penicillium* sp. (23-25%), *Aspergillus* sp. (15-23%) และ *Bjerkandera adusta* (11-13%) จำนวนเชื้อราจากตัวอย่างอากาศภายในห้องเจาะเลือดทั้งสองในฤดูหนาว ( $2.7-3.1 \text{ cfu/m}^3$ ) มีปริมาณต่ำกว่าฤดูร้อน ( $4.2-5.0 \text{ cfu/m}^3$ ) นอกจากนี้ยังพบว่าในสิ่งแวดล้อมภายนอกในช่วงฤดูหนาวมีการแพร่กระจายของ *Penicillium* sp. และ *Aspergillus* sp. มาก ขณะที่ระดับของ *Cladosporium* sp. ต่ำที่สุด ส่วนในห้องเจาะเลือดทั้งสองนั้น *Aspergillus* sp. มีปริมาณคงที่ (เกือบ 20%) *Bjerkandera adusta* มีมากในฤดูหนาว (เกือบ 30%) *Penicillium* sp. มีปริมาณสูงที่สุดในฤดูใบไม้ร่วง ขณะที่ *Cladosporium* sp. มีปริมาณสูงสุดในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน

Li และ Hou (2003) ทำการศึกษาลักษณะของละอองจุลชีพภายในห้องที่ควบคุมความสะอาดในโรงพยาบาล โดยทำการเก็บตัวอย่างละอองจุลชีพที่มีขนาด 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1 และ 5 ไมครอนในหอผู้ป่วยวิกฤต (ICU) แผนกปลูกถ่ายไขกระดูก (BMT) และห้องผ่าตัด (OR) พบว่า มีละอองจุลชีพภายในหอผู้ป่วยวิกฤตและห้องผ่าตัด และระดับความเข้มข้นของละอองจุลชีพมีความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นที่ได้ออกแบบไว้ในห้องที่มีความสะอาดระดับ 10,000 (จำนวนอนุภาคขนาดตั้งแต่ 0.5 ไมครอนขึ้นไป ที่นับได้ต้องมีไม่เกิน 10,000 อนุภาคต่อลูกบาศก์ฟุต หรือ 353,000 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร) และ 100,000 (จำนวนอนุภาคขนาดตั้งแต่ 0.5 ไมครอนขึ้นไป ที่นับได้ต้องมีไม่เกิน 100,000 อนุภาคต่อลูกบาศก์ฟุต หรือ 3,530,000 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร) ไม่พบละอองจุลชีพในห้องที่มีความสะอาดระดับ 100 (จำนวนอนุภาคขนาดตั้งแต่ 0.5 ไมครอนขึ้นไป ที่นับได้ต้องมีไม่เกิน 100 อนุภาคต่อลูกบาศก์ฟุต หรือ 3,530 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร) โดยในห้องผ่าตัดนั้นความเข้มข้นของละอองจุลชีพอาจแปรผันตามจำนวนคนในห้องผ่าตัดและกิจกรรมภายในห้อง

Ross และคณะ (2004) ทำการศึกษาปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศของอาคารที่มีการใช้ระบบปรับอากาศ ได้แก่ ห้องประชุม โรงพยาบาล บริษัท และศูนย์การค้า ในประเทศ

บราซิล โดยทำการศึกษาในฤดูหนาวของปี 2001 พบว่า โรงพยาบาลมีจำนวนเชื้อราในอากาศเท่ากับ 194 โคลินิต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าเกินค่าที่องค์การอนามัยโลกกำหนดเกือบ 4 เท่า โดยองค์การอนามัยโลกกำหนดให้มีค่าได้ไม่เกิน 50 โคลินิต่อลูกบาศก์เมตร จึงอาจส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยที่มีสุขภาพอ่อนแออยู่แล้วได้ เชื้อราที่พบมากที่สุด คือ *Penicillium sp.* รองลงมา คือ *Aspergillus sp.*, *Epicoccum sp.* และ *Alternaria sp.* ตามลำดับ ส่วนปริมาณของแบคทีเรียในอากาศภายในโรงพยาบาลมีค่าเท่ากับ 54.60 โคลินิต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าไม่เกินค่าที่องค์การอนามัยโลกกำหนด คือ 100 โคลินิต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ยังพบว่า ปัจจัยจากภายนอกอาคาร กิจกรรมและจำนวนของผู้อาศัยภายในอาคารเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### บทที่ 3

#### ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

##### 3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

- (1) เครื่องเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศแบบชั้นเดียว (Single Stage Impactor) บริษัท SKC, Inc., Model Standard Biostage
- (2) เครื่องวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองแบบต่อเนื่อง (Real time: Portable Dust Monitoring) Grimm version 1.100 models 1.108 บริษัท Grimm Aerosol Technik GmbH & Co. KG.
- (3) เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Indoor air quality meter) บริษัท TSI, Inc., model Q-Trak 7565
- (4) เครื่องวัดความเร็วลม (Air velocity meter) บริษัท TSI, Inc., model TA45
- (5) ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) บริษัท Memmert model INE 800
- (6) กล้องจุลทรรศน์ (Compounds Microscope) บริษัท Olympus model CH 30

##### 3.1.2 สารเคมี

- (1) อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Malt Extract Agar (MEA) บริษัท Difco™
- (2) 70% Isopropyl alcohol
- (3) ถังก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- (4) Lactophenol cotton blue

#### 3.2 สถานที่เก็บตัวอย่างและจุดในการเก็บตัวอย่าง

##### 3.2.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

ทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในแผนกต่างๆ ของโรงพยาบาลกลาง สังกัดสำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร โดยพิจารณาจุดเก็บตัวอย่างตามระบบระบายอากาศ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ ระบบปรับอากาศแบบแยก (ตารางที่ 3.1) ระบบปรับอากาศแบบรวม (ตารางที่ 3.2) และระบบอากาศแบบธรรมชาติ (ตารางที่ 3.3) นอกจากนั้นยังพิจารณาตามลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาล ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ (1) กิจกรรมบริหารงานทั่วไป (2) แผนกผู้ป่วยใน (3) แผนกผู้ป่วยนอก (4) ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ (5) ห้องพักรักษา และ (6) ห้องพักรักษาพยาบาล โดยเก็บตัวอย่างเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ รวมทั้งตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ฝุ่นขนาดละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน อุณหภูมิ

ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของคน และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ซึ่งมีห้องที่สามารถทำการตรวจวัดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศได้ ครั้งที่ 1 จำนวน 40 ห้อง และครั้งที่ 2 จำนวน 55 ห้อง นอกจากนี้ยังได้ทำการตรวจวัดภายนอกอาคาร ได้แก่ บริเวณคาเฟ่ชั้น 21 ลานจอดเฮลิคอปเตอร์ บริเวณรับ-ส่งผู้ป่วยชั้น 2 ระเบียงแผนกศัลยกรรมกระดูกชายชั้น 9 และชั้น 10 อาคารอนุสรณ์ 100 ปี ระเบียงหอพักพยาบาลอาคารเอื้อประชาชั้น 7, 8, 9 และ 10 บริเวณข้างอาคารเอื้อประชา และลานออกกำลังกาย

ตารางที่ 3.1 จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก

| พื้นที่         | ตึก/ชั้น  | บริเวณจุดตรวจวัด                    | ACH ครั้งที่ 1 | ACH ครั้งที่ 2 |
|-----------------|---|-------------------------------------|----------------|----------------|
| บริหารงานทั่วไป | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องผู้อำนวยการ                | โถงรับแขก                           | -              | -              |
|                 |   | ห้องธุรการ                          | -              | -              |
|                 |   | ห้องผู้อำนวยการ รพ.                 | ✓              | ✓              |
|                 |   | ห้องรองผู้อำนวยการ                  | ✓              | ✓              |
|                 | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ฝ่ายการเงิน<br>ชั้น 19         | ห้องเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน1         | -              | -              |
|                 |   | ห้องเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน2         | -              | -              |
|                 |   | ห้องถ่ายเอกสาร                      | -              | ✓              |
|                 |   | ห้องหัวหน้าฝ่ายการเงิน              | -              | ✓              |
|                 | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ฝ่ายบริหารงานทั่วไป<br>ชั้น 19 | ห้องเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารงานทั่วไป1 | -              | -              |
|                 |   | ห้องเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารงานทั่วไป2 | -              | -              |
|                 |   | ห้องหัวหน้าฝ่ายบริหารงานทั่วไป      | ✓              | ✓              |
|                 | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ฝ่ายการพยาบาล<br>ชั้น 19       | ห้องทำงานฝ่ายการพยาบาล              | -              | -              |
|                 |   | ห้องหัวหน้าฝ่ายการพยาบาล            | ✓              | ✓              |
|                 |   | ห้องประชุมฝ่ายการพยาบาล             | ✓              | ✓              |
|                 |   | ห้องรับประทานอาหาร                  | ✓              | ✓              |
|                 | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องประชุม                     | ห้องประชุมผู้บริหาร 1               | ✓              | ✓              |
|                 |   | ห้องประชุมในดิงเกล                  | ✓              | ✓              |

หมายเหตุ ✓ = ทำการตรวจวัด

- = ไม่ได้ทำการตรวจวัด



ตารางที่ 3.1 จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีการใช้ระบบ  
ปรับอากาศแบบแยก (ต่อ)

| พื้นที่         | ตึก/ชั้น   | บริเวณจุดตรวจวัด         | ACH<br>ครั้งที่ 1 | ACH<br>ครั้งที่ 2 |
|-----------------|--|--------------------------|-------------------|-------------------|
| บริหารงานทั่วไป | ตึกเอื้อประชา<br>ฝ้ายพัสดุ<br>ชั้น 2             | ทางเดินหน้าห้องฝ้ายพัสดุ | -                 | -                 |
|                 |  | ห้องสอบราคา              | ✓                 | ✓                 |
|                 |  | ห้องคลังพัสดุ            | -                 | ✓                 |
|                 |  | ห้องสำนักงานฝ้ายพัสดุ    | -                 | ✓                 |
| แผนกผู้ป่วยนอก  | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>แผนกฉุกเฉิน<br>ชั้น 1       | รถตรวจแผนกฉุกเฉิน        | -                 | -                 |
|                 |  | ห้องตรวจแผนกฉุกเฉิน      | ✓                 | ✓                 |
|                 |  | ห้องสังเกตอาการ          | ✓                 | ✓                 |
|                 | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>แผนกอายุรกรรม<br>ชั้น 2     | รถตรวจแผนกอายุรกรรม 1    | -                 | -                 |
|                 |  | ห้องตรวจอายุรกรรม 7      | -                 | -                 |
|                 |  | ห้องตรวจอายุรกรรม 6      | -                 | -                 |
|                 |  | รถตรวจแผนกอายุรกรรม 2    | -                 | -                 |
|                 | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>แผนกสปสข.<br>ชั้น 2         | รถตรวจแผนกสปสข. 1        | -                 | -                 |
|                 |  | รถตรวจแผนกสปสข. 2        | -                 | -                 |
|                 |  | ห้องตรวจ                 | -                 | -                 |
|                 |  | ห้องทำแผล                | ✓                 | ✓                 |
|                 | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องจ่ายยา<br>ชั้น 2        | บริเวณรอจ่ายยา 1         | -                 | -                 |
|                 |  | บริเวณรอจ่ายยา 2         | -                 | -                 |
|                 |  | ห้องเจาะเลือดหมายเลข 22  | ✓                 | ✓                 |
|                 |  | ห้องจ่ายยา               | -                 | -                 |
|                 | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>แผนกหู ตา คอ จมูก<br>ชั้น 3 | บริเวณรถตรวจ 1           | -                 | -                 |
|                 |  | บริเวณรถตรวจ 2           | -                 | -                 |
|                 |  | ห้องตรวจหมายเลข 7        | -                 | -                 |
|                 |  | ห้องตรวจหมายเลข 5        | -                 | -                 |

หมายเหตุ ✓ = ทำการตรวจวัด

- = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ 3.1 จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีการใช้ระบบ  
ปรับอากาศแบบแยก (ต่อ)

| พื้นที่        | ตึก/ชั้น  | บริเวณจุดตรวจวัด                              | ACH<br>ครั้งที่ 1 | ACH<br>ครั้งที่ 2 |
|----------------|---|---|-------------------|-------------------|
| แผนกผู้ป่วยนอก | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>แผนกสูติคนารี<br>ชั้น 3        | บริเวณรอตรวจ 1                                | -                 | -                 |
|                |   | บริเวณรอตรวจ 2                                | -                 | -                 |
|                |   | ห้องตรวจหมายเลข 5                             | -                 | -                 |
|                |   | ห้องตรวจหมายเลข 6                             | -                 | -                 |
|                | แผนกทันตกรรม  | แผนกทันตกรรม                                  | -                 | -                 |
| ห้องนวด        | ห้องนวด   | ✓   | ✓                 |                   |
| แผนกผู้ป่วยใน  | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องคลอด ชั้น 7                | ห้องพักฟื้นหลังคลอด                           | -                 | -                 |
|                |   | ห้องคลอดพิเศษ                                 | -                 | -                 |
|                | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี ชั้น 10                           | ห้องทำงานพยาบาลแผนกศัลยกรรม<br>กระดูกชายสามัญ | -                 | ✓                 |
|                |   |   | -                 | ✓                 |
|                | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ชั้น 14                        | ห้องทำงานพยาบาลแผนก<br>อายุรกรรมชายสามัญ      | -                 | ✓                 |
|                |   |   | -                 | ✓                 |
|                | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องพักผู้ป่วยพิเศษ<br>ชั้น 15 | ห้อง 1501                                     | -                 | ✓                 |
|                |   | ห้อง 1503                                     | -                 | ✓                 |
|                |   | ห้อง 1506                                     | -                 | ✓                 |
|                |   | ลานเอนกพยาบาล                                 | -                 | ✓                 |
|                | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องปลอดเชื้อ<br>ชั้น 17       | ห้องทำงานพยาบาล                               | -                 | -                 |
| ห้อง 1707      |   | -   | -                 |                   |
| ห้อง 1710      |   | -   | -                 |                   |
| ห้องพักแพทย์   | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องพักแพทย์<br>ชั้น 18        | ห้องพักแพทย์ 18/1                             | ✓                 | ✓                 |
|                |   | ห้องพักแพทย์ 18/8 (VIP)                       | ✓                 | ✓                 |
|                |   | ห้องพักนักศึกษาแพทย์ 4                        | ✓                 | ✓                 |
|                |   | ห้องพักแพทย์ใช้ทุน 2                          | ✓                 | ✓                 |

หมายเหตุ ✓ = ทำการตรวจวัด

- = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ 3.1 จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีการใช้ระบบ  
ปรับอากาศแบบแยก (ต่อ)

| พื้นที่                 | ตึก/ชั้น   | บริเวณจุดตรวจวัด                  | ACH<br>ครั้งที่ 1 | ACH<br>ครั้งที่ 2 |
|-------------------------|--|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องเอกซเรย์<br>ชั้นใต้ดิน    | ห้องที่ 7 ห้องตรวจอัลตราซาวด์     | -                 | -                 |
|                         |  | ห้องที่ 9 ห้องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ | -                 | -                 |
|                         |  | ห้องล้างฟิล์ม                     | -                 | -                 |
|                         |  | ห้องเอกซเรย์                      | -                 | -                 |
|                         |  | บริเวณจุดตรวจวัด                  | -                 | -                 |
|                         | MRI  | บริเวณจุดตรวจวัด                  | -                 | -                 |
|                         |  | ห้องทำงานเจ้าหน้าที่              | ✓                 | ✓                 |
|                         |  | ห้องอิเล็กทรอนิกส์                | -                 | -                 |
|                         |  | บริเวณโถงทางเดิน                  | -                 | -                 |
|                         | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องปรุรงยา<br>ชั้นใต้ดิน     | ห้องปรุรงยา บริเวณทางเดิน         | ✓                 | ✓                 |
|                         |  | ห้องผลิตยา                        | ✓                 | ✓                 |
|                         |  | ห้องธุรการ แผนกปรุรงยา            | ✓                 | ✓                 |
|                         |  | ห้องคลังเวชภัณฑ์ แผนกปรุรงยา      | ✓                 | ✓                 |
|                         | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องชั้นสูตรโรคกลาง<br>ชั้น 4 | ห้องภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก        | -                 | ✓                 |
|                         |  | ห้องงานเคมีคลินิก 1               | -                 | -                 |
|                         |  | ห้องงานเคมีคลินิก 2               | -                 | -                 |
|                         |  | ห้องงานเคมีคลินิก 3               | -                 | -                 |
|                         | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี                                  | ห้องพยาธิวิทยา                    | -                 | ✓                 |

หมายเหตุ ✓ = ทำการตรวจวัด

- = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีการใช้ระบบ  
ปรับอากาศแบบรวม

| พื้นที่       | ตึก/ชั้น                                     | บริเวณจุดตรวจวัด | ACH<br>ครั้งที่ 1 | ACH<br>ครั้งที่ 2 |
|---------------|--|------------------|-------------------|-------------------|
| แผนกผู้ป่วยใน | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องผ่าตัด              | จุดรับถ่ายคนไข้  | -                 | -                 |
|               |  | ห้องพักฟื้น      | -                 | -                 |
|               | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องคลอด ชั้น 7         | ห้องคลอด 1       | -                 | -                 |
|               |  | ห้องรอกคลอด      | -                 | -                 |
| ห้องพักแพทย์  | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ห้องพักแพทย์<br>ชั้น 12 | ห้อง common room | -                 | ✓                 |
|               |  | ห้องพักแพทย์ 1   | ✓                 | ✓                 |
|               |  | ห้องพักแพทย์ 2   | -                 | ✓                 |
|               |  | ห้องพักแพทย์ 3   | -                 | ✓                 |

หมายเหตุ ✓ = ทำการตรวจวัด - = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ 3.3 จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีการระบาย  
อากาศแบบธรรมชาติ

| พื้นที่       | ตึก/ชั้น  | บริเวณจุดตรวจวัด          | ACH<br>ครั้งที่ 1 | ACH<br>ครั้งที่ 2 |
|---------------|---|---------------------------|-------------------|-------------------|
| แผนกผู้ป่วยใน | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>อายุรกรรมหญิงสามัญ<br>ชั้น 9       | บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | -                 | -                 |
|               |   | บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | -                 | -                 |
|               |   | บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3 | -                 | -                 |
|               |   | บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 4 | -                 | -                 |
|               | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>ศัลยกรรมกระดูกชาย<br>สามัญ ชั้น 10 | บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | -                 | -                 |
|               |   | บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | -                 | -                 |
|               |   | บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3 | -                 | -                 |
|               | ตึกอนุสรณ์ 100 ปี<br>อายุรกรรมชายสามัญ<br>ชั้น 14       | บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | -                 | -                 |
|               |   | บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | -                 | -                 |
|               |   | ห้องผู้ป่วยวันโรค         | -                 | -                 |

หมายเหตุ ✓ = ทำการตรวจวัด - = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ 3.3 จุดตรวจวัดคุณภาพอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ (ต่อ)

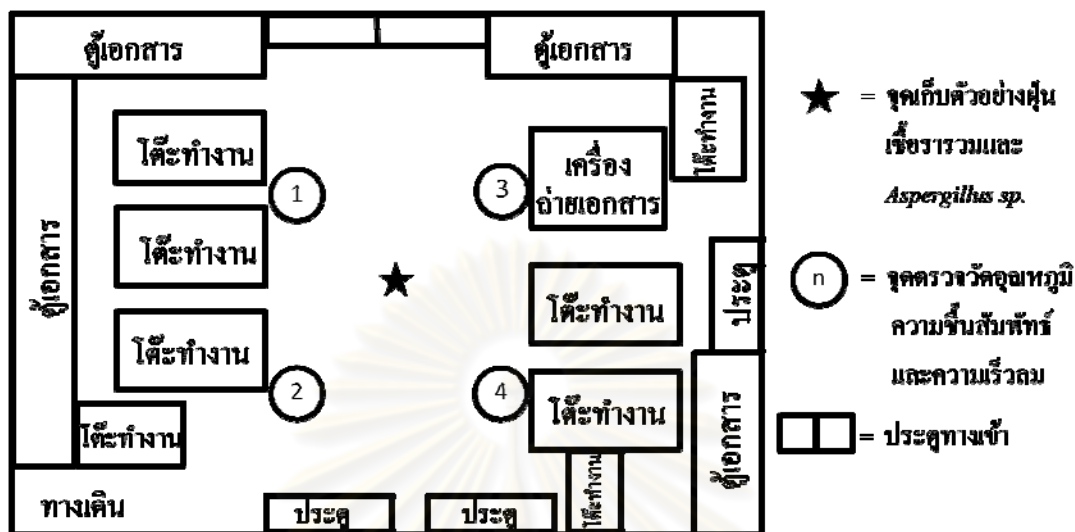
| พื้นที่       | ตึก/ชั้น                               | บริเวณจุดตรวจวัด | ACH ครั้งที่ 1 | ACH ครั้งที่ 2 |
|---------------|--|------------------|----------------|----------------|
| ห้องพักพยาบาล | ตึกเอื้อประชา<br>ห้องพยาบาล<br>ชั้น 7  | ห้อง common room | ✓              | ✓              |
|               |  | ห้อง rest room   | ✓              | ✓              |
|               |  | ห้อง 0719        | ✓              | ✓              |
|               |  | ห้อง 0704        | ✓              | ✓              |
|               | ตึกเอื้อประชา<br>ห้องพยาบาล<br>ชั้น 8  | ห้อง common room | ✓              | ✓              |
|               |  | ห้อง rest room   | ✓              | ✓              |
|               |  | ห้อง 0802        | ✓              | ✓              |
|               |  | ห้อง 0817        | ✓              | ✓              |
|               | ตึกเอื้อประชา<br>ห้องพยาบาล<br>ชั้น 9  | ห้อง 0904        | ✓              | ✓              |
|               |  | ห้อง common room | ✓              | ✓              |
|               |  | ห้อง 0903        | ✓              | ✓              |
|               |  | ห้อง 0905        | ✓              | ✓              |
|               | ตึกเอื้อประชา<br>ห้องพยาบาล<br>ชั้น 10 | ห้อง 1001        | ✓              | ✓              |
|               |  | ห้อง 1002        | ✓              | ✓              |
|               |  | ห้อง 1004        | ✓              | ✓              |
|               |  | ห้อง common room | ✓              | ✓              |

หมายเหตุ ✓ = ทำการตรวจวัด - = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

### 3.2.2 จุดเก็บตัวอย่าง

ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ในแต่ละห้องที่ทำการศึกษา โดยแบ่งพื้นที่ห้องเป็น 4 ส่วนและทำการตรวจวัดบริเวณตำแหน่งกึ่งกลางในแต่ละส่วน สำหรับเชื้อราวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ทำการตรวจวัดบริเวณจุดกึ่งกลางห้อง ดังรูป 3.1 จากการศึกษาของศรีบุญ คำภา บุตร (2552) ซึ่งทดลองเปรียบเทียบหาความแตกต่างของจำนวนเชื้อราและความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศระหว่างการเก็บตัวอย่างโดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 จุดภายในห้อง และการเก็บตัวอย่างบริเวณกึ่งกลางห้อง พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อราและความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่

เกิน 10 ไมครอนและ 2.5 ไมครอนในอากาศระหว่างการเก็บตัวอย่าง โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 จุด ภายในห้องกับบริเวณกึ่งกลางห้อง มีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างจุดตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ฝุ่นละออง เชื้อราวม และ *Aspergillus sp.* ภายในห้อง (ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายพยาบาล ตึกอนุสรณ์ 100 ปี ชั้น 19)

### 3.3 การดำเนินการศึกษา

#### 3.3.1 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ

การศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (ทำการตรวจวัดเฉพาะห้องที่สามารถปิดประตู หน้าต่างได้เท่านั้น) โดยมีขั้นตอนในการตรวจวัดดังนี้

(1) วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ที่มีอยู่เดิมภายในห้อง โดยใช้เครื่อง Indoor air quality meter (TSI, Inc., model Q-Trak 7565) ดังรูปที่ 3.2 ตำแหน่งที่ตั้งเครื่องควรวางอยู่สูงจากระดับพื้นระยะ 1-1.5 เมตร (Breathing Zone)

(2) เมื่อได้ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่เดิมภายในห้องแล้ว ทำการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้อง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง แล้วใช้พัดลมเป่าให้ก๊าซกระจายตัวไปทั่วๆ ห้อง โดยใช้ถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งกำเนิด จนความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเท่ากับ 700 ส่วนในล้านส่วน แล้วทำการหยุดปล่อยก๊าซ

(3) วัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทุก 5 นาที เป็นเวลา 15 นาที

(4) นำค่าการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเวลาไปคำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ โดยใช้สูตรคำนวณตาม ASTM E741 ดังนี้

$$\text{Air Exchange rate (A)} = \frac{1}{\Delta t} (\ln C_0 - \ln C_t)$$

โดยที่ A คือ อัตราแลกเปลี่ยนอากาศ ( $\text{hr}^{-1}$ )

$\Delta t$  คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจวัดตั้งแต่เริ่มต้นจนยุติ

$C_0$  คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เวลาเริ่มต้น

$C_t$  คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เวลาสุดท้าย



รูปที่ 3.2 Indoor air quality meter (TSI, Inc., model Q-Trak 7565)

### 3.3.2 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศ

(1) วัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน โดยเครื่องวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองแบบ Real Time: Portable Dust Monitor (ชนิด GRIMM version 1.100 models 1.108 ประเทศเยอรมนี) ดังรูปที่ 3.3 ที่อัตราดูดอากาศ 1.2 ลิตรต่อนาที โดยตรวจวัดแบบต่อเนื่อง (continuous measurement) ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้มข้นฝุ่นละอองราย 1 นาที แสดงผลผ่านทางคอมพิวเตอร์

(2) ตั้งเครื่องวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองให้สูงจากพื้นระยะ 1-1.5 เมตร โดยวัด ณ จุดเดียวกับการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ



รูปที่ 3.3 Real Time: Portable Dust Monitor

### 3.3.3 จำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศ

- (1) เตรียมเครื่องมือเก็บตัวอย่าง ทำการฆ่าเชื้อ Bio Impactor (ดังรูปที่ 3.4) โดยการเช็ดด้วย 70% Isopropyl alcohol
- (2) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Malt Extract Agar (MEA) ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ (Petri Dish) แล้วนำไปใส่ในเครื่อง Bio Impactor
- (3) นำ Bio Impactor ที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วไปตั้งในห้องที่ต้องการเก็บตัวอย่าง โดยตั้งเครื่องสูงจากระดับพื้นดิน 1-1.5 เมตร
- (4) ดูอากาศผ่านเครื่อง Bio Impactor ด้วยอัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 10 นาทีและเมื่อมีการเปลี่ยนจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อต้องทำความสะอาด Bio Impactor โดยการเช็ดด้วย 70% Isopropyl alcohol
- (5) นำจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการเก็บตัวอย่างแล้วไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง และทำการนับจำนวนโคโลนี
- (6) ทำการเขี่ยเชื้อจากโคโลนีที่ปรากฏบนจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อไปวางบนสไลด์หยดด้วยสี Lactophenol cotton blue จากนั้นนำไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อคุณลักษณะสัณฐานของเชื้อรา *Aspergillus sp.*



รูปที่ 3.4 Bio Impactor

### 3.3.4 ตำรวจปัจจัยอื่นๆ

วัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ในแต่ละห้องที่ทำการศึกษา โดยใช้เครื่อง Indoor air quality meter (TSI, Inc., model Q-Trak 7565) ดังรูปที่ 3.2 และใช้ Air velocity meter ชนิด hot-wire anemometer (TSI, Inc., model 9555) สำหรับวัดความเร็วลมดังรูปที่ 3.5 โดยตำแหน่งที่ตั้งเครื่อง Indoor air quality meter และ Air velocity meter ควรอยู่สูงจากระดับพื้น 1-1.5 เมตร ข้อมูลที่ได้จะสามารถระบุจุดอับอากาศ รวมทั้งเก็บข้อมูลของจำนวนคน และกิจกรรมภายในห้องใน



ในช่วงเดียวกันกับการเก็บตัวอย่าง และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของการระบายอากาศ ลักษณะและขนาดของห้อง



รูปที่ 3.5 Air velocity meter ชนิด hot-wire anemometer (TSI, Inc., model 9555)

### 3.4 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

#### 3.4.1 ตัวแปรอิสระ

- ระบบระบายอากาศ ได้แก่ การระบายอากาศแบบธรรมชาติ และการระบายอากาศแบบเชิงกล (ระบบปรับอากาศแบบแยกและระบบปรับอากาศแบบรวม)
- ลักษณะกิจกรรมภายในห้อง ได้แก่ กิจกรรมบริหารงานทั่วไป แผนกผู้ป่วยใน แผนกผู้ป่วยนอก ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ ห้องฟักแพทย์ และห้องฟักยาบาล

#### 3.4.2 ตัวแปรตาม

- (1) ความเข้มข้นฝุ่นละอองในอากาศ
- (2) จำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ
- (3) อุณหภูมิ
- (4) ความชื้นสัมพัทธ์
- (5) ความเร็วลม
- (6) อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ

### 3.5 วิเคราะห์ผลการศึกษา

(1) ศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความหนาแน่นของคน

(2) เปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน จำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศภายในห้องที่มีระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรมแตกต่างกัน

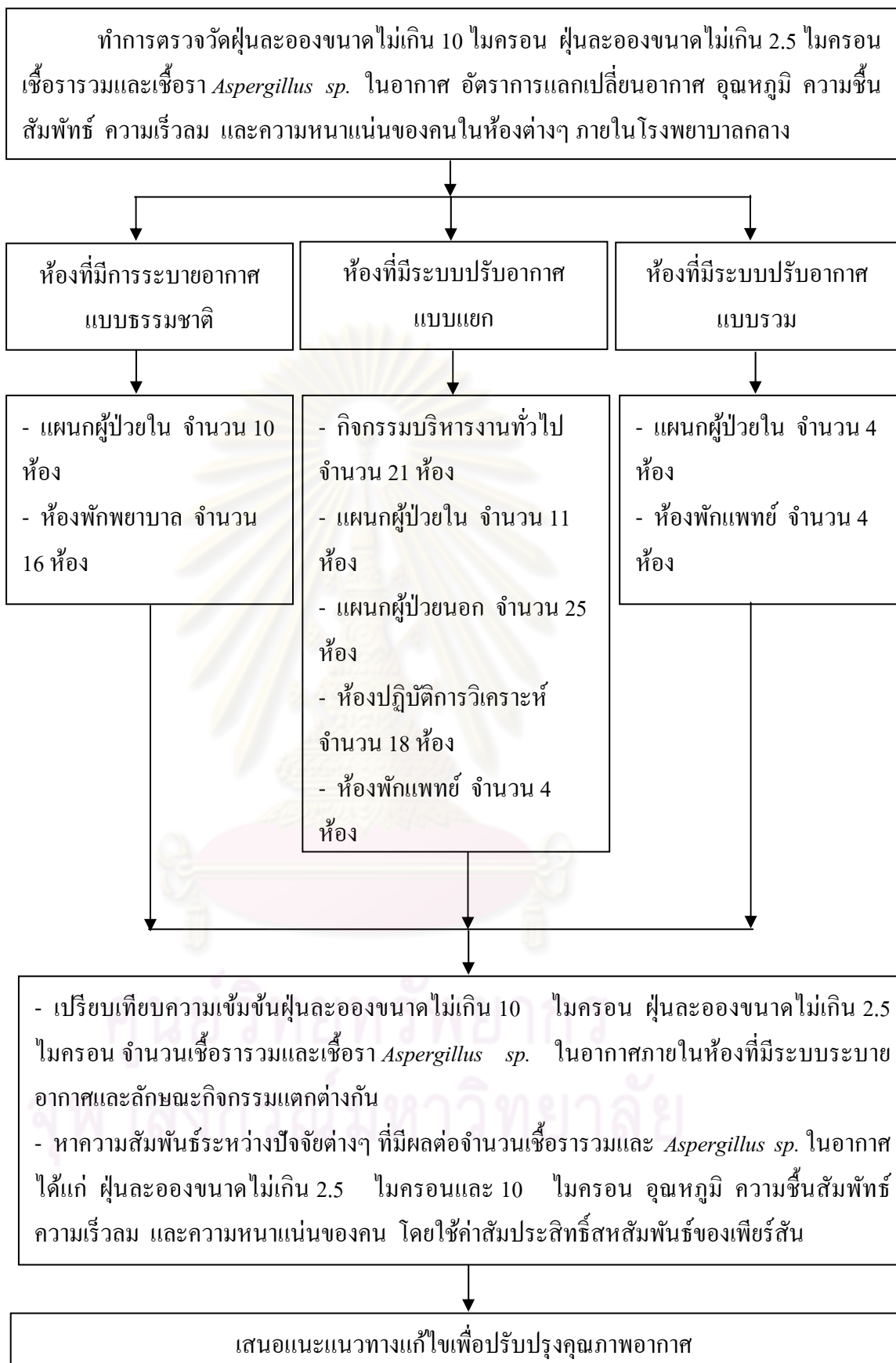
(3) หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อจำนวนเชื้อรารวมและจำนวนเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

### 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.6.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลทั่วไป เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.6.2 สถิติเชิงวิเคราะห์ (Analytical statistics) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และเปรียบเทียบความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน จำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศภายในห้องที่มีระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรมแตกต่างกันโดยใช้ ANOVA กรณีที่ความแปรปรวนของข้อมูลไม่เท่ากันใช้ Robust Tests of Equality of Means ของ Welch

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.6 แผนภูมิการดำเนินงานวิจัย

## บทที่ 4 ผลการศึกษา

### 4.1 ปัจจัยทางกายภาพ

#### 4.1.1 ปัจจัยทางกายภาพจำแนกตามระบบระบายอากาศ

การศึกษานี้ได้ศึกษาถึงปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมภายในห้อง โดยผลการศึกษา พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในห้องสูงที่สุดเท่ากับ  $31\pm 1$  องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นห้องที่ไม่มีการปรับอากาศ อุณหภูมิภายในห้องจึงอาจขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอก ( $32\pm 1$  องศาเซลเซียส) ส่วนห้องที่มีการระบายอากาศด้วยวิธีทางกล ซึ่งมีการใช้เครื่องปรับอากาศภายในห้องเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เป็นที่ไปตามความต้องการของผู้ใช้ห้อง ทำให้อุณหภูมิภายในห้องมีค่าต่ำกว่าห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ  $25\pm 2$  องศาเซลเซียสและห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ  $26\pm 2$  องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering (ASHRAE 55-1992) ที่กำหนดให้อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศควรมีค่าอยู่ในช่วง 23-26 องศาเซลเซียส

ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดเท่ากับ  $68\pm 9\%$  รองลงมา ได้แก่ ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ( $67\pm 6\%$ ) และห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก ( $62\pm 8\%$ ) เมื่อเทียบกับมาตรฐานของ ASHRAE 62-2007 ซึ่งกำหนดให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปรับอากาศควรอยู่ในช่วง 30-60 % พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมมีค่าเกินมาตรฐาน (ดังตารางที่ 4.1) อาจเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยเป็นแบบร้อนชื้น ทำให้การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้เป็นที่ไปตามเกณฑ์มาตรฐานจึงทำได้ค่อนข้างยาก รวมทั้งภายในห้องมีแหล่งที่ทำให้เกิดความชื้น เช่น ห้องน้ำ อ่างล้างมือ หรือระบบปรับอากาศขาดการดูแลรักษาที่ดีทำให้ขาดประสิทธิภาพในการควบคุมความชื้นและมาตรการในการประหยัดพลังงาน เป็นต้น

สำหรับผลการตรวจวัดความเร็วลม พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ  $0.11\pm 0.15$  เมตรต่อวินาที เนื่องจากเป็นห้องเปิด ทำให้อากาศภายในห้องเป็นลมที่พัดพามาจากภายนอก รวมถึงการเปิดพัดลมติดเพดานและพัดลมตั้งโต๊ะ รองลงมา ได้แก่ ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก ( $0.06\pm 0.11$  เมตรต่อวินาที) เนื่องจากลมภายในห้องเกิดจากพัดลมเครื่องปรับอากาศและการเปิดพัดลมติดเพดานหรือพัดลมตั้งโต๊ะในบางช่วงเวลา

และห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าเฉลี่ยความเร็วลมน้อยที่สุด ( $0.05 \pm 0.07$  เมตรต่อวินาที) เนื่องจากลมภายในห้องเกิดจากพัดลมของเครื่องปรับอากาศผ่านช่องอากาศในฝ้าเพดาน

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยปัจจัยทางกายภาพจำแนกตามระบบระบายอากาศ

| ปัจจัยทางกายภาพ      | ระบายอากาศทางกล            |                           | ระบายอากาศทางธรรมชาติ<br>(n=52) | ภายนอกอาคาร<br>(n=11) |
|----------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------|
|                      | ปรับอากาศแบบแยก<br>(n=158) | ปรับอากาศแบบรวม<br>(n=16) |                                 |                       |
| อุณหภูมิ (°C)        | 25±2                       | 26±2                      | 31±1                            | 32±1                  |
| ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | 62±8                       | 68±9                      | 67±6                            | 61±8                  |
| ความเร็วลม (m/s)     | 0.06±0.11                  | 0.05±0.07                 | 0.11±0.15                       | 0.32±0.35             |

#### 4.1.2 ผลการศึกษาปัจจัยทางกายภาพจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม

เมื่อพิจารณาตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก ประกอบด้วยกิจกรรมบริหารงานทั่วไป แผนกผู้ป่วยนอก แผนกผู้ป่วยใน ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ และห้องพักแพทย์ (2) ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม ได้แก่ แผนกผู้ป่วยใน และห้องพักแพทย์ และ (3) ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ได้แก่ แผนกผู้ป่วยใน และห้องพักพยาบาล

จากการศึกษา พบว่า แต่ละกิจกรรมของห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมนั้น มีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกันและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ ASHRAE คือ 23-26 องศาเซลเซียส ยกเว้นแผนกผู้ป่วยในที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีค่าเฉลี่ยสูงสุดและเกินมาตรฐานเล็กน้อย ( $27 \pm 2$  องศาเซลเซียส) ซึ่งอาจมีการตั้งอุณหภูมิให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ป่วย ส่วนแผนกผู้ป่วยในและห้องพักพยาบาลที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากัน คือ  $31 \pm 1$  องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 4.2

ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า แผนกผู้ป่วยในที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมและแบบแยกนั้น มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์สูงเท่ากับ  $72 \pm 8\%$  และ  $67 \pm 10\%$  ตามลำดับ เนื่องจากภายในห้องมีแหล่งที่ทำให้เกิดความชื้น เช่น ห้องน้ำ อ่างล้างมือ หรือระบบปรับอากาศขาดประสิทธิภาพในการควบคุมความชื้น ส่วนห้องพักพยาบาลที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์สูงเช่นกันโดยตรวจวัดได้  $68 \pm 7\%$  เนื่องจากภายในห้องมีสิ่งของเครื่องใช้จำนวนมาก ซึ่งอาจจะเป็นแหล่งสะสมความชื้น นอกจากนี้ยังมีการตากผ้าและทำอาหารภายในห้อง จึงส่งผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องด้วย

สำหรับผลการตรวจวัดความเร็วลม พบว่า ห้องพักพยาบาล มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากเป็นห้องเปิด ทำให้ลมจากภายนอกพัดเข้ามาภายในห้อง รวมทั้งมีการเปิดพัดลมติดเพดานและพัดลมตั้งโต๊ะทำให้ความเร็วลมภายในห้องมีค่าสูง ส่วนกิจกรรมบริหารงานทั่วไปซึ่งใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงเช่นกัน โดยตรวจวัดได้เท่ากับ  $0.11 \pm 0.16$  เมตรต่อวินาที เนื่องจากลมที่พัดออกมาจากเครื่องปรับอากาศมักจะถูกรบกวนแบบให้พัดเข้าสู่ตัวคนทำให้ความเร็วลมสูง

ความหนาแน่นของคน พบว่า แผนกผู้ป่วยนอกมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของคนสูงที่สุดเท่ากับ  $0.865 \pm 0.898$  คนต่อตารางเมตร (ตารางที่ 4.2) เนื่องจากมีผู้ป่วยเข้าไปใช้บริการเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณรอตรวจของทุกแผนก บริเวณรอรับยา รวมถึงห้องตรวจรักษา ซึ่งจะมีผู้ป่วย ญาติผู้ป่วย และเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ที่เข้าไปทำการตรวจรักษา รองลงมาได้แก่ แผนกผู้ป่วยในซึ่งมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ เนื่องจากเป็นห้องพักผู้ป่วยรวม มีจำนวนเตียงมาก รวมทั้งมีญาติผู้ป่วยเข้ามาเยี่ยม และมีแพทย์ พยาบาลมาทำการตรวจรักษา จึงส่งผลให้ความหนาแน่นของคนภายในห้องมีค่าสูง

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยปัจจัยทางกายภาพจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม

| ระบบระบายอากาศ           | กิจกรรม                    | ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |                      |                          |                             |
|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                          |                            | อุณหภูมิ (C)                  | ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | ความเร็วลม (เมตร/วินาที) | ความหนาแน่นของคน (คน/ตร.ม.) |
| ปรับอากาศแบบแยก (เชิงกล) | บริหารงานทั่วไป (n=42)     | 25±2                          | 56±7                 | 0.11±0.16                | 0.162±0.095                 |
|                          | แผนกผู้ป่วยนอก (n=50)      | 26±1                          | 65±5                 | 0.07±0.08                | 0.865±0.898                 |
|                          | แผนกผู้ป่วยใน (n=22)       | 27±2                          | 67±10                | 0.04±0.06                | 0.282±0.171                 |
|                          | ปฏิบัติการวิเคราะห์ (n=36) | 24±2                          | 59±6                 | 0.01±0.03                | 0.260±0.210                 |
|                          | ห้องพักแพทย์ (n=8)         | 25±1                          | 64±9                 | 0.08±0.04                | 0.115±0.047                 |
| ปรับอากาศแบบรวม (เชิงกล) | แผนกผู้ป่วยใน (n=8)        | 26±1                          | 72±8                 | 0.04±0.08                | 0.187±0.136                 |
|                          | ห้องพักแพทย์ (n=8)         | 26±2                          | 64±8                 | 0.07±0.05                | 0.090±0.027                 |
| แบบธรรมชาติ              | แผนกผู้ป่วยใน (n=20)       | 31±1                          | 66±5                 | 0.09±0.11                | 0.425±0.110                 |
|                          | ห้องพักพยาบาล (n=32)       | 31±1                          | 68±7                 | 0.12±0.17                | 0.149±0.112                 |
| ภายนอกอาคาร (n=11)       |                            | 32±1                          | 61±8                 | 0.32±0.35                | NA                          |

\*หมายเหตุ NA (Not Analyzed) = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

## 4.2 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ

### 4.2.1 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศ

ระบบปรับอากาศเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการระบายอากาศภายในอาคาร โดยระบบปรับอากาศแบบแยกซึ่งนิยมใช้ในโรงพยาบาล อาคารสำนักงาน และที่พักอาศัย ส่งผลให้การระบายอากาศต่ำ เนื่องจากอากาศจะหมุนเวียนอยู่ภายในห้องโดยไม่มีการถ่ายเทออกสู่ภายนอก (บุญญา นิช บริเวรณันท์, 2549) ซึ่งจากการศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีระบบระบายอากาศต่างกัน พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเฉลี่ยสูงสุด คือ  $10.19 \pm 6.07$  ต่อชั่วโมง เนื่องจากห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีการระบายอากาศโดยการเปิดประตู หน้าต่าง ทำให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูง รองลงมา คือ ห้องที่มีระบบปรับอากาศแบบรวม และห้องที่มีระบบปรับอากาศแบบแยก ซึ่งมีลักษณะเป็นห้องปิด ทำให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่ำกว่าห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยมีค่าเท่ากับ  $3.42 \pm 0.62$  และ  $2.65 \pm 1.78$  ต่อชั่วโมงตามลำดับ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศ

| ระบบระบายอากาศ                          | อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (ต่อชั่วโมง) $\pm$<br>ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|---|---|
| เชิงกล – ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (n=58) | $2.65 \pm 1.78$   |
| เชิงกล – ระบบปรับอากาศแบบรวม (n=5)      | $3.42 \pm 0.62$   |
| ระบายอากาศทางธรรมชาติ (n=32)            | $10.19 \pm 6.07$  |

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีระบบระบายอากาศต่างกัน พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.000$  ตามลำดับ) เนื่องจากห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีการเปิดประตู-หน้าต่าง รวมทั้งมีการเปิดพัดลมเพดานหรือพัดลมตั้งโต๊ะ ทำให้มีการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องกับภายนอกห้องสูง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของบุญญา นิช บริเวรณันท์ (2549) ที่พบว่าห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงกว่าห้องที่มีระบบปรับอากาศแบบรวมและแบบแยกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$ ) ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมและแบบแยกมีค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.123$ )

#### 4.2.2 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม

เมื่อจำแนกห้องตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม พบว่า ห้องพักพยาบาล ซึ่งมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $10.19 \pm 6.07$  ต่อชั่วโมง เนื่องจากห้องพักพยาบาลมีการระบายอากาศโดยการเปิดประตู หน้าต่าง ทำให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูง รองลงมา คือ แผนกผู้ป่วยนอกที่มีระบบปรับอากาศแบบแยก และห้องพักแพทย์ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม มีค่าเท่ากับ  $3.82 \pm 2.53$  และ  $3.42 \pm 0.62$  ต่อชั่วโมงตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม

| ระบบระบายอากาศ           | กิจกรรม                        | ค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|--------------------------|--------------------------------|--|
| ปรับอากาศแบบแยก (เชิงกล) | บริหารงานทั่วไป (n=22)         | 2.91±2.00  |
|                          | ผู้ป่วยนอก (n=10)              | 3.82±2.53  |
|                          | ผู้ป่วยใน (n=6)                | 2.26±1.08  |
|                          | ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ (n=12) | 1.74±0.61  |
|                          | ห้องพักแพทย์ (n=8)             | 2.10±0.54  |
| ปรับอากาศแบบรวม (เชิงกล) | ห้องพักแพทย์ (n=5)             | 3.42±0.62  |
| แบบธรรมชาติ              | ห้องพักพยาบาล (n=32)           | 10.19±6.07   |

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่มีระบบปรับอากาศแบบแยก พบว่า กิจกรรมทั้ง 5 ประเภทที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกนั้นมีค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.054$ ) เนื่องจากอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศแต่ละห้องขึ้นอยู่กับระบบระบายอากาศเป็นปัจจัยหลัก นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในกิจกรรมห้องพักแพทย์ ซึ่งมีการใช้ทั้งระบบปรับอากาศแบบแยก (n=8) และระบบปรับอากาศแบบรวม (n=5) พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.002$ ) เนื่องจากระบบปรับอากาศแบบรวมมีการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาแลกเปลี่ยนกับอากาศภายในห้อง ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกนั้นจะไม่มี การนำอากาศจากภายนอกเข้ามาแลกเปลี่ยนกับอากาศภายใน แต่จะเป็นการ



หมุนเวียนอากาศภายในห้องเท่านั้น ดังนั้นการแลกเปลี่ยนอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกจึงมักจะมาจากการเปิด-ปิดประตู

### 4.3 ความเข้มข้นฝุ่นละออง

#### 4.3.1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามระบบระบายอากาศ

การศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละออง ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM 10) ของห้องที่ใช้การระบายอากาศแตกต่างกัน โดยฝุ่นละอองอาจมาจากทั้งแหล่งภายนอกและภายในอาคาร จากภายนอกสามารถเข้าสู่อาคารทางช่องหรือรอยต่อของประตู หน้าต่าง และอาจเข้ามาพร้อมกับอากาศภายนอกที่เข้าสู่อาคารผ่านทางระบบปรับอากาศ สำหรับแหล่งภายในอาคารอาจมาจากฝุ่นที่อยู่ตามกองหนังสือ เอกสาร หรือพื้นผิวที่ขาด การทำความสะอาด ระดับของฝุ่นละอองภายในอาคารจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำภายในอาคาร เช่น การสูบบุหรี่ การทำความสะอาด การเปิดพัดลม และการเคลื่อนไหวกองคนภายในห้อง เป็นต้น ก่อให้เกิดจากการปั่นป่วนของอากาศภายในห้อง ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง (สร้อยสุดา เกสรทอง, 2549)

ผลจากการศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนพบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สุดเมื่อเทียบกับการระบายอากาศเชิงกลซึ่งมีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวม โดยมีค่าเท่ากับ  $16.1 \pm 7.6$  และ  $31.2 \pm 15.6$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ส่วนห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $12.5 \pm 8.3$  และ  $24.5 \pm 16.2$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมนั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $14.3 \pm 7.0$  และ  $23.6 \pm 7.1$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามระบบระบายอากาศ

| ความเข้มข้นฝุ่นละออง                | ระบายอากาศทางกล            |                           | ระบายอากาศทางธรรมชาติ<br>(n=52) |
|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|
|                                     | ปรับอากาศแบบแยก<br>(n=158) | ปรับอากาศแบบรวม<br>(n=16) |                                 |
| PM 2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | $12.5 \pm 8.3$             | $14.3 \pm 7.0$            | $16.1 \pm 7.6$                  |
| PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  | $24.5 \pm 16.2$            | $23.6 \pm 7.1$            | $31.2 \pm 15.6$                 |
| สัดส่วน PM 2.5/PM 10                | $0.53 \pm 0.16$            | $0.59 \pm 0.15$           | $0.52 \pm 0.09$                 |

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนภายในห้องที่มีระบบระบายอากาศต่างกัน พบว่า ห้องที่ใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.021$  และ  $p = 0.019$  ตามลำดับ) เนื่องจากห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ เป็นห้องเปิด ลมจากภายนอกพัดพาฝุ่นละอองจากภายนอกเข้ามาภายในห้องได้ รวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ภายในห้อง เช่น การเปิดพัดลมก่อให้เกิดการปั่นป่วนของอากาศภายในห้องส่งผลต่อการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองที่ตกอยู่บนพื้นห้อง เป็นต้น ทำให้ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีความเข้มข้นฝุ่นละอองสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ รวมทั้งห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศนั้น ภายในเครื่องปรับอากาศจะมีระบบกรองอากาศก่อนที่อากาศนั้นจะถูกปล่อยออกมาภายในห้อง จึงช่วยลดความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของศรีบุญ คำภาบุตร (2552) พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนภายในห้องที่ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.000$ ) และเมื่อพิจารณาเฉพาะห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ พบว่า ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.601$  และ  $p = 0.910$ )

#### 4.3.2 ผลการศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนเมื่อจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรมดังตารางที่ 4.6 พบว่า กิจกรรมทั้ง 5 ประเภทที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกนั้นมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.000$ ) โดยแผนกผู้ป่วยนอกมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนสูงกว่าห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$ ) ส่วนกิจกรรมอื่นๆ ไม่พบความแตกต่าง สำหรับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่า แผนกผู้ป่วยนอกมีค่าสูงกว่ากิจกรรมบริหารงานทั่วไป ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ และห้องพักรักษาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.025$ ,  $p = 0.000$  และ  $p = 0.000$ ) เนื่องจากแผนกผู้ป่วยนอกมีผู้ป่วยเข้าไปใช้บริการเป็นจำนวนมาก เช่น บริเวณรอตรวจของแต่ละแผนก บริเวณรอจ่ายยา และห้องตรวจ เป็นต้น ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองซึ่งติดมากับเสื้อผ้าและรองเท้าของผู้ที่เข้ามาภายในอาคาร

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า แผนกผู้ป่วยในที่มีระบบกรองอากาศแบบประสิทธิภาพสูง (HEPA) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่ำกว่า แผนกผู้ป่วยในและห้องพักแพทย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.002$  และ  $p = 0.001$  ตามลำดับ) ส่วนความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่า แผนกผู้ป่วยในที่มีระบบกรองอากาศแบบประสิทธิภาพสูงมีค่าต่ำกว่าแผนกผู้ป่วยในและห้องพักแพทย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.001$  ตามลำดับ) เนื่องจากระบบกรองอากาศแบบประสิทธิภาพสูงสามารถกรองอนุภาคที่มีขนาด 0.3 ไมครอนได้ถึง 99.97% (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2551) จึงส่งผลให้แผนกผู้ป่วยในที่มีการใช้ระบบกรองอากาศแบบพิเศษ เช่น ห้องผ่าตัด มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองต่ำกว่าแผนกผู้ป่วยในและห้องพักแพทย์ แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแผนกผู้ป่วยในและห้องพักแพทย์ พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.188$  และ  $p = 0.083$  ตามลำดับ)

ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนในแผนกผู้ป่วยในและห้องพักพยาบาลมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.412$  และ  $p = 0.380$  ตามลำดับ) เนื่องจากลักษณะห้องของกิจกรรมทั้ง 2 มีลักษณะเป็นห้องเปิด ทำให้ฝุ่นละอองจากภายนอกพัดเข้ามาภายในห้อง รวมทั้งการใช้พัดลมภายในห้องส่งผลต่อการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง ทำให้ค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองในแผนกผู้ป่วยในและห้องพักพยาบาลมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (ตารางที่ 4.6) พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.202$  และ  $p = 0.051$  ตามลำดับ) เนื่องจากฝุ่นละอองจากภายนอกอาจพัดพาเข้าสู่ภายในอาคารหรือติดตัวคนที่เข้าไปในอาคาร ประกอบกับกิจกรรมต่างๆ เช่น การเดิน การเปิดพัดลม ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนภายในและภายนอกอาคารไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรม

| ระบบ<br>ระบายอากาศ              | กิจกรรม                        | ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |                        |                       |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                                 |                                | PM 10<br>(มคก./ลบ.ม.)         | PM 2.5<br>(มคก./ลบ.ม.) | สัดส่วน<br>PM2.5/PM10 |
| ปรับอากาศ<br>แบบแยก<br>(เชิงกล) | บริหารงานทั่วไป (n=42)         | 21.5±17.8                     | 11.5±8.0               | 0.55±0.12             |
|                                 | ผู้ป่วยนอก (n=50)              | 32.3±15.7                     | 15.2±8.2               | 0.48±0.11             |
|                                 | ผู้ป่วยใน (n=22)               | 26.1±15.1                     | 16.7±12.7              | 0.61±0.13             |
|                                 | ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ (n=36) | 18.0±12.7                     | 8.4±5.5                | 0.53±0.24             |
|                                 | ห้องพักแพทย์ (n=8)             | 15.8±6.7                      | 9.1±5.4                | 0.55±0.11             |
| ปรับอากาศ<br>แบบรวม<br>(เชิงกล) | ผู้ป่วยใน (n=8)                | 26.7±7.3                      | 16.6±8.1               | 0.61±0.20             |
|                                 | ผู้ป่วยในมี HEPA (n=8)         | 5.6±6.2                       | 1.6±2.9                | 0.31±0.19             |
|                                 | ห้องพักแพทย์ (n=8)             | 20.5±5.9                      | 11.9±5.2               | 0.56±0.09             |
| แบบธรรมชาติ                     | ผู้ป่วยใน (n=20)               | 33.6±12.2                     | 17.2±6.5               | 0.52±0.11             |
|                                 | ห้องพักพยาบาล (n=32)           | 29.6±17.4                     | 15.4±8.3               | 0.55±0.08             |
| ภายในอาคาร                      | (n=234)                        | 25.3±16.0                     | 13.0±8.4               | 0.52±0.15             |
| ภายนอกอาคาร                     | (n=11)                         | 33.9±10.7                     | 19.3±7.7               | 0.56±0.09             |

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาสัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในห้อง (ตารางที่ 4.6) พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.31-0.61 ซึ่งจากงานวิจัยของสมานชัย เลิศกมลวิทย์ (2543) พบว่า สัดส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศทั่วไปของกรุงเทพมหานครมีค่าอยู่ในช่วง 0.60-0.74 ซึ่งมีสัดส่วนสูงกว่าสัดส่วนที่ตรวจวัดได้ เนื่องจากการปิดกั้นของอาคารจึงทำให้ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกอาคาร เช่น จากไอเสียรถยนต์จากการจราจร เป็นต้น สามารถแพร่กระจายเข้ามาภายในอาคารได้น้อย

#### 4.3.3 ความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามฤดูกาล

ผลการศึกษา พบว่า ในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงฤดูฝน โดยมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนเท่ากับ 17.4±7.8 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน 31.3±14.1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ดังตารางที่ 4.7) เนื่องจากฝุ่นละอองใน

บรรยากาศในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูฝน รวมทั้งสภาพอากาศที่แห้งแล้งทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองได้มากกว่าในช่วงฤดูฝนที่สภาพอากาศมีความชื้นสูง จากการตรวจวัดบริเวณภายนอกอาคารในช่วงฤดูฝนพบความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนเท่ากับ 11.9 และ 20.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ส่วนช่วงฤดูแล้งมีความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนเท่ากับ 12.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนเท่ากับ 25.6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามฤดูกาล

| ช่วงเวลาตรวจวัด           | ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละออง±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |  |
|---------------------------|---|--|
|                           | PM 2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (n=117)       | PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (n=117) |
| ฤดูฝน (กันยายน 2552)      | 8.7±6.4   | 19.2±15.6                                  |
| ฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ 2553) | 17.4±7.8  | 31.3±14.1                                  |

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนจำแนกตามฤดูกาล พบว่า ในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนสูงกว่าช่วงฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.000$ )

#### 4.4 จำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศ

##### 4.4.1 จำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศ

จากการศึกษาจำนวนเชื้อรารวมในอากาศ พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ยของเชื้อรารวมในอากาศสูงที่สุด  $100 \pm 68$  โคลิโคนิตต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ เป็นห้องเปิด จึงอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อราจากอากาศภายนอกเข้ามาภายในห้องได้ รองลงมา ได้แก่ ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก  $65 \pm 54$  โคลิโคนิตต่อลูกบาศก์เมตร และห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม  $42 \pm 18$  โคลิโคนิตต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ โดยห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศนั้นแหล่งกำเนิดของเชื้อรามักจะเป็นแผงกรองอากาศภายในเครื่องปรับอากาศ คอยล์เย็น ถาดรองน้ำทิ้ง เป็นต้น

ผลการศึกษาเชื้อรา *Aspergillus sp.* พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเช่นกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $17 \pm 11$  โคลิโคนิตต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา ได้แก่ ห้องที่

ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $11 \pm 11$  โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ  $6 \pm 5$  โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศ

| ปริมาณเชื้อรา                                | ระบายอากาศทางกล            |                           | ระบายอากาศทางธรรมชาติ<br>(n=52) |
|--|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|
|  | ปรับอากาศแบบแยก<br>(n=158) | ปรับอากาศแบบรวม<br>(n=16) |                                 |
| เชื้อราวม (CFU/m <sup>3</sup> )              | 65±54                      | 42±18                     | 100±68                          |
| <i>Aspergillus sp.</i> (CFU/m <sup>3</sup> ) | 11±11                      | 6±5                       | 17±11                           |

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศ พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* สูงกว่าห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.000$ ) นอกจากนี้ยังพบว่า ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีค่าเฉลี่ยเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศสูงกว่าห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม ( $p = 0.002$  และ  $p = 0.013$ ) เนื่องจากห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมจะมีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาแลกเปลี่ยนกับอากาศภายในห้อง โดยอากาศจากภายนอกที่นำมาแลกเปลี่ยนนั้นจะผ่านการกรองก่อน ส่วนห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกนั้นจะไม่มีมีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาแลกเปลี่ยนกับอากาศภายในห้อง อากาศจากภายนอกที่เข้ามาจะเข้ามาทางรอยต่อของประตูหน้าต่าง รวมถึงการเปิด-ปิดประตู ซึ่งอากาศไม่ได้ผ่านการกรองก่อน ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (Wu และคณะ, 2005)

#### 4.4.2 จำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศภายในห้องที่มีการจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม พบว่า กิจกรรมทั้ง 5 ประเภทซึ่งใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีค่าเฉลี่ยเชื้อราวมในอากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$ ) โดยพบว่า แพนกผู้ป่วยนอกและแพนกผู้ป่วยในมีจำนวนเชื้อราวมสูงกว่าห้องพักแพทย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.045$  ตามลำดับ) เนื่องจากภายในห้องอาจมีแหล่งกำเนิดความชื้นต่างๆ เช่น ห้องน้ำ อ่างล้างมือ หรือระบบปรับ

อากาศที่เกิดการชำรุด ซึ่งจากการตรวจวัดในบางห้องจะพบร่อนน้ำรั่วบริเวณฝ้าเพดานที่มีระบบปรับอากาศแบบฝังเพดานติดอยู่ ส่วนเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในแต่ละกิจกรรมมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.492$ )

ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า แพนกผู้ป่วยในที่มีระบบกรองอากาศแบบประสิทธิภาพสูง (HEPA) มีค่าเฉลี่ยเชื้อรารวมในอากาศน้อยกว่าแพนกผู้ป่วยในและห้องพักแพทย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.001$  และ  $p = 0.002$  ตามลำดับ) เนื่องจากระบบกรองอากาศแบบประสิทธิภาพสูงสามารถกรองอนุภาคที่มีขนาด 0.3 ไมครอนได้ถึง 99.97% ส่งผลให้จำนวนเชื้อรารวมในห้องที่มีการใช้ระบบกรองอากาศแบบประสิทธิภาพสูงมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าแพนกผู้ป่วยในและห้องพักแพทย์ เช่นเดียวกับจำนวนเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในห้องที่มีการใช้ระบบกรองอากาศประสิทธิภาพสูงจะมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าห้องพักแพทย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.031$ )

ส่วนค่าเฉลี่ยเชื้อรารวมในอากาศและ *Aspergillus sp.* ของห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ พบว่า กิจกรรมทั้ง 2 ประเภทมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.179$  และ  $p = 0.100$  ตามลำดับ) เนื่องจากห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ เป็นห้องเปิด ทำให้ได้รับอิทธิพลของอากาศจากภายนอกที่อาจมีการปนเปื้อนของเชื้อรา ซึ่งอากาศจากภายนอกที่มีการปนเปื้อนของเชื้อราจัดเป็นแหล่งที่มาของเชื้อราภายในอาคารที่สำคัญ โดยอากาศที่มีการปนเปื้อนของเชื้อราเมื่อถูกพัดพาเข้าสู่ภายในอาคาร จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อราภายในอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อภายในอาคารมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา จะทำให้จำนวนเชื้อราภายในอาคารมีจำนวนมากขึ้น (Baron และ Willeke, 2001) ดังตารางที่ 4.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม

| ระบบระบายอากาศ     | กิจกรรม                        | ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน    |  |
|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|--|
|                    |                                | เชื้อรารวม (CFU/m <sup>3</sup> ) | <i>Aspergillus sp.</i> (CFU/m <sup>3</sup> ) |
| ปรับอากาศ          | บริหารงานทั่วไป (n=42)         | 57±39                            | 11±13  |
| แบบแยก (เชิงกล)    | ผู้ป่วยนอก (n=50)              | 70±35                            | 10±8   |
|                    | ผู้ป่วยใน (n=22)               | 101±99                           | 14±9   |
|                    | ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ (n=36) | 52±47                            | 11±15  |
|                    | ห้องพักแพทย์ (n=8)             | 35±14                            | 6±5  |
| ปรับอากาศ          | ผู้ป่วยใน (n=8)                | 40±16                            | 6±7  |
| แบบรวม (เชิงกล)    | ผู้ป่วยในมี HEPA (n=8)         | 6±11                             | 1±1  |
|                    | ห้องพักแพทย์ (n=8)             | 45±20                            | 5±4  |
| แบบธรรมชาติ        | ผู้ป่วยใน (n=20)               | 118±88                           | 20±13  |
|                    | ห้องพักพยาบาล (n=32)           | 88±50                            | 15±9   |
| ภายในอาคาร (n=234) |                                | 69±58                            | 11±11  |
| ภายนอกอาคาร (n=11) |                                | 77±46                            | 24±22  |

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (ตารางที่ 4.9) พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.977$  และ  $p = 0.199$  ตามลำดับ) เนื่องจากอากาศจากภายนอกอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อราเมื่ออากาศถูกพัดพาเข้าสู่ภายในอาคาร จึงทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อราภายในอาคาร รวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ของผู้ใช้อาคารจะส่งผลทางอ้อมต่อการฟุ้งกระจายของสปอร์ของเชื้อราได้ (Kowalski, 2006:439) ทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศภายในและภายนอกอาคารไม่แตกต่างกัน

#### 4.4.3 จำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศจำแนกตามฤดูกาล

ความแปรปรวนของสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาลส่งผลต่อจำนวนเชื้อราในอากาศ โดยเชื้อราประเภทที่ก่อให้เกิดอาการภูมิแพ้ เช่น *Alternaria sp.*, *Cladosporium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* และ *Furasium sp.* มักจะมีสปอร์ที่แห้ง และสามารถปลดปล่อยสปอร์ได้ดีในสภาพอากาศที่แห้งและลมแรง แต่เชื้อราบางชนิดต้องการสภาพอากาศที่ชื้นหรือฝนตกจึงจะ



สามารถปลดปล่อยสปอร์ได้ (Kalyoncu, 2010) Topbas และคณะ (2006) พบว่า เชื้อรา *Aspergillus sp.* จะพบมากในช่วงฤดูใบไม้ร่วงและฤดูร้อน Mei Kuo และคณะ (1994) พบว่า ภายในอาคารในช่วงฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วงจะพบเชื้อรา *Penicillium sp.* มากที่สุด ขณะที่ *Aspergillus sp.* และ *Cladosporium sp.* ก็สามารถพบได้บ่อย ส่วนอากาศภายนอกจะพบเชื้อรา *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, และ *Cladosporium sp.* มากที่สุดในช่วงฤดูใบไม้ร่วง ฤดูร้อน และฤดูใบไม้ผลิ

ผลการศึกษา พบว่า ในช่วงฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศเท่ากับ  $84 \pm 70$  และ  $11 \pm 11$  โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* เฉลี่ยเท่ากับ  $56 \pm 38$  และ  $14 \pm 12$  โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศจำแนกตามฤดูกาล

| ช่วงเวลาตรวจวัด           | ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                      |   |
|---------------------------|--|---|
|                           | เชื้อรารวมในอากาศ (CFU/m <sup>3</sup> )<br>(n=117) | <i>Aspergillus sp.</i> (CFU/m <sup>3</sup> )<br>(n=117) |
| ฤดูฝน (กันยายน 2552)      | 84±70  | 11±11   |
| ฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ 2553) | 56±38  | 14±12   |

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศจำแนกตามฤดูกาล พบว่า ในช่วงฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมในอากาศสูงกว่าช่วงฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$ ) และในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศสูงกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.032$ ) เนื่องจากเชื้อราแต่ละชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีความชื้นแตกต่างกัน โดยเชื้อรา *Aspergillus sp.* สามารถเจริญเติบโตและดำรงชีวิตอยู่ในสภาพอากาศที่แห้งแล้งได้นานเป็นเดือน (Warris และคณะ, 2001)

#### 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.*

##### 4.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์กับจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.*

จากผลการศึกษา (ตารางที่ 4.11 และ 4.12) พบว่า ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก แบบรวม และห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ จำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศไม่พบความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Krajewska และคณะ (2009) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์กับจำนวนเชื้อราวมในอากาศเช่นกัน เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องแต่ละห้องตามสภาพการใช้งานจริง ไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ซึ่งอาจส่งผลต่อจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศ เช่น ความหนาแน่นของคน กิจกรรมต่างๆ ภายในห้อง ความเร็วลม และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ เป็นต้น จึงทำให้ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจน

ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศกับอุณหภูมิ

| ระบบระบายอากาศ          | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) |                                    |
|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
|                         | เชื้อราวมในอากาศกับอุณหภูมิ   | <i>Aspergillus sp.</i> กับอุณหภูมิ |
| ทางกล – ปรับอากาศแบบแยก | 0.205                         | 0.143                              |
| ทางกล – ปรับอากาศแบบรวม | 0.082                         | 0.149                              |
| ทางธรรมชาติ             | 0.280                         | 0.132                              |

ตารางที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์

| ระบบระบายอากาศ          | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)       |  |
|-------------------------|-------------------------------------|--|
|                         | เชื้อราวมในอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์ | <i>Aspergillus sp.</i> กับความชื้นสัมพัทธ์ |
| ทางกล – ปรับอากาศแบบแยก | 0.204                               | 0.035                                      |
| ทางกล – ปรับอากาศแบบรวม | 0.487                               | 0.241                                      |
| ทางธรรมชาติ             | 0.586                               | 0.208                                      |

#### 4.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.*

ผลการศึกษากายในห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก แบบรวม และห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับจำนวนเชื้อราวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศกับความเร็วลม

| ระบบระบายอากาศ          | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)     |  |
|-------------------------|-----------------------------------|--|
|                         | เชื้อราวมในอากาศกับ<br>ความเร็วลม | <i>Aspergillus sp.</i> กับ<br>ความเร็วลม |
| ทางกล – ปรับอากาศแบบแยก | 0.126                             | 0.031                                    |
| ทางกล – ปรับอากาศแบบรวม | -0.064                            | -0.488                                   |
| ทางธรรมชาติ             | 0.232                             | 0.140                                    |

#### 4.5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคนภายในห้องกับจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.*

จากผลการศึกษากายในห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก แบบรวม และห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคนและจำนวนเชื้อราวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศกับความหนาแน่นของคน

| ระบบระบายอากาศ          | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)           |  |
|-------------------------|---|--|
|                         | เชื้อราวมในอากาศกับ<br>ความหนาแน่นของคน | <i>Aspergillus sp.</i> กับ<br>ความหนาแน่นของคน |
| ทางกล – ปรับอากาศแบบแยก | 0.185                                   | 0.088  |
| ทางกล – ปรับอากาศแบบรวม | 0.546                                   | 0.315  |
| ทางธรรมชาติ             | 0.189                                   | 0.232  |

#### 4.5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนกับจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.*

จากผลการศึกษาภายในห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก แบบรวม และห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อราวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศกับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ดังตารางที่ 4.15 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Li และ Hou (2003) และปญญาณีช บริเวธานันท์ (2549) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองกับจำนวนเชื้อราวมในอากาศ

ตารางที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศกับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน

| ระบบระบายอากาศ          | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)                                 |  |
|-------------------------|---|--|
|                         | เชื้อราวมในอากาศกับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน | <i>Aspergillus sp.</i> กับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน |
| ทางกล – ปรับอากาศแบบแยก | 0.051   | 0.207  |
| ทางกล – ปรับอากาศแบบรวม | 0.214   | 0.513  |
| ทางธรรมชาติ             | -0.628  | -0.235   |

#### 4.5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและจำนวนเชื้อราวมและ *Aspergillus sp.*

จากผลการศึกษาภายในห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก แบบรวม และห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อราวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศกับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ดังตารางที่ 4.16 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Li และ Hou (2003) และปญญาณีช บริเวธานันท์ (2549) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองกับจำนวนเชื้อราวมในอากาศ

ตารางที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศกับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

| ระบบระบายอากาศ          | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)                                 |   |
|-------------------------|---|---|
|                         | เชื้อรารวมในอากาศกับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน | <i>Aspergillus sp.</i> กับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน |
| ทางกล – ปรับอากาศแบบแยก | 0.119   | 0.193   |
| ทางกล – ปรับอากาศแบบรวม | 0.304   | 0.585   |
| ทางธรรมชาติ             | -0.431  | -0.425  |

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่อาจมีผลต่อจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของคน ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งไม่พบความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ เหล่านี้กับจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนเชื้อราภายในห้องนอกจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้น เช่น การทำความสะอาดห้อง การทำความสะอาดหน้ากากและแผงกรองอากาศของเครื่องปรับอากาศ รวมถึงการใช้พัดลมระบายอากาศและเครื่องฟอกอากาศ ส่งผลให้ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างปัจจัยต่างๆ กับจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.*

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลกลาง ซึ่งสามารถแบ่งห้องออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม และห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ นอกจากนี้ยังแบ่งตามลักษณะกิจกรรมออกเป็น 5 กิจกรรม ได้แก่ (1) กิจกรรมบริหารงานทั่วไป (2) แผนกผู้ป่วยนอก (3) แผนกผู้ป่วยใน (4) ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ (5) ห้องพักแพทย์ และ (6) ห้องพักรักษา โดยตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองและทำการเก็บตัวอย่างของจำนวนเชื้อราวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ และความหนาแน่นของคนภายในห้อง ซึ่งผลการศึกษสามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการศึกษาอุณหภูมิ พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีอุณหภูมิสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม และห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก เนื่องจากห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีลักษณะเป็นห้องเปิด อุณหภูมิภายในห้องจึงขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอกห้องด้วย ส่วนห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศจะมีเครื่องปรับอากาศเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ห้อง ทำให้อุณหภูมิของห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศมีค่าต่ำกว่าห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ และมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานที่ ASHRAE กำหนด คือ 23-26 องศาเซลเซียส และเมื่อจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรมนั้น พบว่า แผนกผู้ป่วยในที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเกินเล็กน้อย ส่วนแผนกผู้ป่วยในและห้องพักรักษาที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาตินั้นมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสูง

ผลการศึกษาความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด รองลงมา ได้แก่ ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ และห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก และเมื่อพิจารณาตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม พบว่า แผนกผู้ป่วยนอก ผู้ป่วยใน ห้องพักแพทย์ และห้องพักรักษา มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์เกินมาตรฐาน เนื่องจากภายในห้องอาจมีแหล่งกำเนิดความชื้น เช่น ห้องน้ำ อ่างล้างมือ หรือระบบปรับอากาศขาดการดูแลรักษาที่ดี รวมถึงมาตรการในการประหยัดพลังงาน ทำให้ขาดประสิทธิภาพในการควบคุมความชื้น

ผลการศึกษาความเร็วลม พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีความเร็วลมสูงที่สุด เนื่องจากเป็นห้องเปิด ทำให้ลมภายในห้องเป็นลมที่พัดมาจากภายนอก รวมถึงการเปิดพัดลมติดเพดานและพัดลมตั้งโต๊ะ รองลงมา ได้แก่ ห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก โดยลมภายในห้องเกิดจากพัดลมเครื่องปรับอากาศและการเปิดพัดลมติดเพดานหรือพัดลมตั้งโต๊ะในบางช่วงเวลา และห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าเฉลี่ยความเร็วลมต่ำสุด นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรมยังพบว่า ห้องพักพยาบาลซึ่งมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยความเร็วลมสูงที่สุด

ผลการศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมและแบบแยกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.000$  ตามลำดับ) เนื่องจากห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีการระบายอากาศโดยการเปิดประตู-หน้าต่าง รวมถึงการเปิดพัดลมติดเพดานหรือพัดลมตั้งโต๊ะซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศให้สูงขึ้น เมื่อพิจารณาตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม พบว่า ห้องพักพยาบาลซึ่งมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงที่สุด

ผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub> สูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.021$  และ  $p = 0.019$  ตามลำดับ) เนื่องจากห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ เป็นห้องเปิด ลมจากภายนอกพัดพาฝุ่นละอองจากภายนอกเข้ามาภายในห้องได้ รวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ภายในห้อง เช่น การเปิดพัดลม ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองที่ตกอยู่บนพื้นห้อง เป็นต้น ทำให้ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีความเข้มข้นฝุ่นละอองสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ ซึ่งมีลักษณะเป็นห้องปิด รวมทั้งห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศนั้น ภายในเครื่องปรับอากาศจะมีระบบกรองอากาศก่อนที่อากาศนั้นจะถูกปล่อยออกมาภายในห้อง จึงช่วยลดความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องได้ เมื่อแยกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรมจะพบความเข้มข้น PM<sub>2.5</sub> สูงสุดที่แผนกผู้ป่วยในของห้องทั้ง 3 แบบและ PM<sub>10</sub> สูงสุดที่แผนกผู้ป่วยนอกของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก และแผนกผู้ป่วยในของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมและห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยห้องที่มีระบบระบายอากาศชนิดเดียวกัน ความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้องแตกต่างกันตามลักษณะกิจกรรม แต่ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีความเข้มข้นฝุ่นละอองไม่แตกต่างกันทั้งแผนกผู้ป่วยในและห้องพักพยาบาล เนื่องจากลักษณะห้องเป็นห้องเปิดจึงได้รับอิทธิพลของ

ฝุ่นละอองภายนอกมากกว่า และเมื่อเปรียบเทียบตามฤดูกาล พบว่า ในช่วงฤดูแล้งมีความเข้มข้น PM2.5 และ PM10 สูงกว่าในช่วงฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.000$  ตามลำดับ) เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศช่วงฤดูแล้งมีปริมาณสูงกว่าช่วงฤดูฝน นอกจากนั้นการเปรียบเทียบสัดส่วน PM2.5/PM10 พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.31-0.61 เนื่องจากอาคารของโรงพยาบาลกลางเป็นอาคารปิด ทำให้ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกสามารถแพร่กระจายเข้าสู่ภายในอาคารได้น้อย

การศึกษาจำนวนของเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศ พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* สูงกว่าห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.000$ ) เมื่อพิจารณาตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรม พบว่า แพนกผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยในซึ่งใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีจำนวนเชื้อรารวมในอากาศสูงกว่าห้องพักแพทย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.045$  ตามลำดับ) แต่จำนวนเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในแต่ละกิจกรรมไม่แตกต่างกัน ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม แพนกผู้ป่วยในที่มีระบบกรองอากาศพิเศษ (HEPA) มีจำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* น้อยกว่าแพนกผู้ป่วยในที่ไม่มี HEPA และห้องพักแพทย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$  และ  $p = 0.013$ ) ส่วนกิจกรรมที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ไม่แตกต่างกัน นอกจากนั้นยังได้เปรียบเทียบจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศตามฤดูกาล พบว่า ในช่วงฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อรารวมในอากาศสูงกว่าช่วงฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.000$ ) ส่วนเชื้อรา *Aspergillus sp.* ในอากาศในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p = 0.032$ )

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ กับจำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของคน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ เหล่านี้กับจำนวนเชื้อรารวมและ *Aspergillus sp.* ในอากาศ เนื่องจากอาจมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ภายในห้อง เช่น การทำความสะอาดห้อง การทำความสะอาดหน้ากากและแผงกรองอากาศของเครื่องปรับอากาศ รวมถึงการใช้พัดลมระบายอากาศและเครื่องฟอกอากาศ เป็นต้น ทำให้ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างปัจจัยต่างๆ กับจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.*



## 5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

(1) จากการศึกษาที่ทำการศึกษาในสถานที่ทำงานจริง จึงส่งผลให้ค่าที่ได้จากการศึกษามีความแปรปรวนสูง เนื่องจากไม่สามารถควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่ผู้วิจัยไม่ได้สนใจศึกษาได้ ควรมีการศึกษาในสถานที่จำลองเพื่อให้ได้แนวโน้มและผลกระทบจากปัจจัยที่ต้องการศึกษาได้ชัดเจนขึ้น

(2) ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพหรือความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการบำบัดคุณภาพอากาศ เช่น เครื่องฟอกอากาศแบบต่างๆ เครื่องปรับอากาศที่มีแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง เป็นต้น

(3) ควรมีการจำแนกชนิดเชื้อราอื่นๆ นอกจาก *Aspergillus sp.* ในการทดลอง เพื่อหาชนิดและจำนวนเชื้อราที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนภายในอาคาร

## 5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงพยาบาล

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า แพนกที่มีความเสี่ยงสูงสุด คือ แพนกผู้ป่วยใน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอน จำนวนเชื้อรา รวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* สูงสุด ทำให้ผู้ป่วยมีโอกาสได้รับสัมผัสมลพิษอากาศเหล่านี้มากขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไข ดังนี้

(1) สำหรับห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ซึ่งเป็นห้องเปิด อาจมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศดีแต่อาจเพิ่มฝุ่นละอองภายในห้อง วิธีควบคุมฝุ่นละอองควรติดตั้งระบบปรับอากาศเพื่อลดผลกระทบของฝุ่นละอองจากภายนอกอาคาร ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ ควรมีช่องนำอากาศเข้าและระบายอากาศออก รวมทั้งใช้แผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง หรือติดตั้งเครื่องฟอกอากาศหรือหลอดยูวีเพื่อช่วยในการฆ่าเชื้อโรค

(2) ติดตั้งพัดลมระบายอากาศบริเวณห้องน้ำ เพื่อช่วยลดความชื้นและลดจำนวนเชื้อราภายในห้องลงได้

(3) ตรวจสอบระบบปรับอากาศว่ามีน้ำรั่วซึมบริเวณใดบ้างและทำการซ่อมแซม

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กฤษณียา สังขจันทรานนท์, เนติณี ไชยเอื้อย, พัทธน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภรณ์ ช่วยบำรุง. 2549. ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลและการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ. วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม 29 (ตุลาคม-ธันวาคม)[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: [http://advisor.anamai.moph.go.th/294/HEALTH\\_Vol 29No4\\_12.pdf](http://advisor.anamai.moph.go.th/294/HEALTH_Vol 29No4_12.pdf) [7 สิงหาคม 2552]
- กรมควบคุมโรค, สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. 2551. คู่มือการประเมินความเสี่ยงจากการทำงานของบุคลากรในโรงพยาบาล. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.203.157.168.7/cdc/ncd/indexncd/index.php>. [19 มิถุนายน 2552]
- จิตรพรรณ ภูษาภักดิ์ภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ. 2544. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารและกลุ่มอาการเจ็บป่วยของพนักงานที่ทำงานในสำนักงานของโรงพยาบาลในจังหวัดชลบุรี. ชลบุรี : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ชัชวาล จันทรวิจิตร. 2542. กลุ่มอาการอาคารป่วย. ตำราอาชีพเวชศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: เจ เอส เค การพิมพ์.
- ณัฐพงษ์ แผละหมั่น. 2548. อัตราชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานภายในอาคารของโรงพยาบาลที่มีการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม. คณะแพทยศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐพงษ์ เด่นจักรวาท. 2548. การกระจายของฝุ่นและเชื้อราบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดารณี จาริมิตร, อรรถน์ เศรษฐบุตร, ชนิกานต์ ยิ้มประยูร และเฉลิมวัฒน์ ดันตสวัสดิ์. 2549. โรคระบบทางเดินหายใจ: ความเสี่ยงร้ายแรงจากการออกแบบและจัดการอาคารสำนักงานที่ไม่เหมาะสม. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 4: 3-17.
- ทวี จิตไมตรี. 2529. แบคทีเรียทั่วไปและปฏิบัติการสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์ เอส.ดี.เพรส.
- ทรงยศ ภรณ์. 2551. การควบคุมสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ. ใน ชุดวิชา 54114 สุขศาสตร์อุตสาหกรรม. นนทบุรี: คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- นิวัฒน์ เสนาะเมือง. 2543. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับรพ. ขอนแก่น: โรงพิมพ์พระธรรมจันทร์.

- นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2547. จุดชีววิทยาทั่วไป. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปิยะพงษ์ ชุมศรี, พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภรดี ช่วยบำรุง. 2550. ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้งานของแผงหน้ากากกรองอากาศกับปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศของโรงพยาบาล. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย 21:79-91.
- บุญญาธิช บริเวธานันท์. 2549. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองและเชื้อราในอากาศของโรงพยาบาลในเขตปริมณฑล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มนตรี คู่จินดา. 2552. โรคมึนแพ้คืออะไร [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.bloggang.com> [26 กรกฎาคม 2552].
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. 2551. เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรม: ประเมิน หน่วยที่ 11-15. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, ฤชากร จิรกาลวสาน, ภรดี ช่วยบำรุง, นกนัย อาชวาคม, วิบูลย์ลักษณ์ ฟังรัมย์, สุรัตน์ บัวเลิศ และพรรณวดี สุวัติกะ. 2553. คู่มือการศึกษาและประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล.
- วนิดา จินศาสตร์. 2551. มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิกรม เสงคิสิริ และสลิสร เทพตระการพร. 2548. กลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิด. วารสารการส่งเสริมสุขภาพ และอนามัยสิ่งแวดล้อม 28 (มกราคม-มีนาคม): 32-40.
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ร่วมกับสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. 2547. ข้อเสนอแนะเฉพาะกาลสำหรับการออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศและระบายอากาศของสถานพยาบาล [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: [www.EIT.or.th](http://www.EIT.or.th) [9 กรกฎาคม 2552].
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ร่วมกับสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. 2551. มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โกลบอล กราฟฟิค.
- ศรีัญญ คำภาบุตร, วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ และสรันยา เสงพระพรหม. 2552. อัตราการระบายอากาศฝุ่นละออง และปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในโรงพยาบาล. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และการจัดการสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศรัญญู คำภาบุตร. 2552. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในโรงพยาบาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันจัดการและอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2542. ระบบปรับอากาศ. วารสารโลกพลังงาน 2 (เมษายน-มิถุนายน 2542) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal.php> [29 กรกฎาคม 2552].

สมชัย บวรกิตติ. 2542. อากาศพิษในอาคาร. เวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์.

สมชัย บวรกิตติ, ไพรัช ศรีไสว และชัชวาล จันทวีจิตร. 2542. อาคารป่วย. เวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์.

สมหวัง คำนวิจิตร. 2537. โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล. ประสบการณ์ด้านการติดเชื้อในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: สมาคมโรคติดเชื้อแห่งประเทศไทย.

สมานชัย เลิศกมลวิทย์. 2543. การหาปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก ( $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10-2.5}$ ,  $PM_{10}$ ) และความสัมพัทธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นในบรรยากาศ ภายในอาคาร และฝุ่นที่บุคคลได้รับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สร้อยสุดา เกสรทอง. 2549. SBS โรคจากการทำงานในเด็ก. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไกล่หมอ.

สุทธิกานต์ วงษ์เสถียร. 2548. เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศสำหรับที่พักอาศัย อาคารสำนักงาน อาคารทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี: พี เอ็น เค แอนด์ สกายพริ้นติ้ง.

อิสยา จันทรวิธานุชิต. 2548. การวินิจฉัยโรคติดเชื้อแบคทีเรียทางการแพทย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

### ภาษาอังกฤษ

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1981. ASHRAE Standard 55-1981: Thermal Environmental Condition for Human Occupancy. Atlanta, GA.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1992. ASHRAE Standard 55-1992: Thermal Environmental Condition for Human Occupancy. Atlanta, GA.

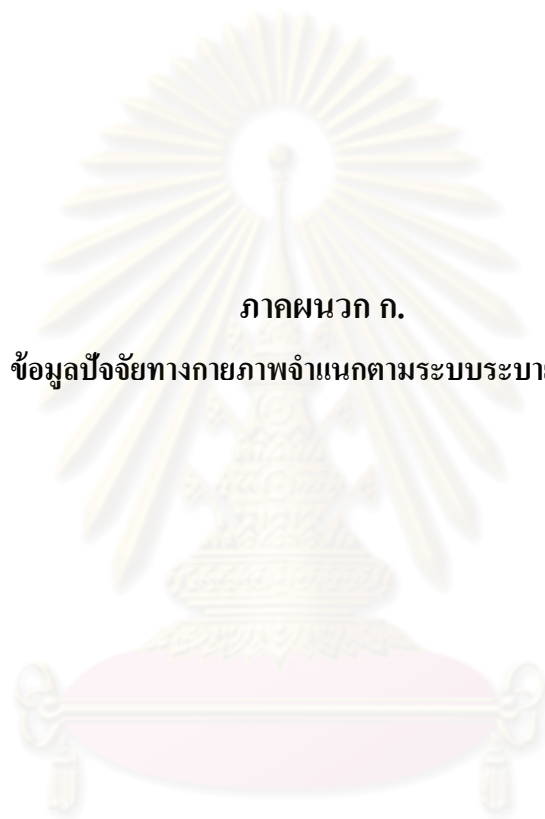
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. 2007. ASHRAE Standard 62-2007: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta, GA.
- Baron, P.A. and Willeke, K. 2001. Aerosol measurement. principle, technic and application. 2<sup>nd</sup> edition Canada. John Wiley and sons.
- Bornehag, C. G., Blomquist, G., Gyntelberg, F., Jarvhokm, B., Malmberg, P., Nordvall, L., Nielsen, A., Pershagen, G. and Sundell, J. 2001. Dampness in buildings and health. Indoor air. 11: 72-86.
- Botkin, D. B. and Keller, E. A. 2003. Environmental Science: Earth as a living planet. USA: John Wiley and Sons.
- 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.
- Godish, T. 2004. Air Quality. Florida: Lewis Publishing.
- Hamada, N. and Fujita, T. 2002. Effect of air-conditioner on fungal contamination. Atmospheric Environment. 36: 5443-5448.
- Heikkinen, M., Hjelmroos-Koski, M., Haggblom, M. and Macher, J. 2005. Chapter thirteen: Bioaerosols. Aerosols Handbook. New York: CRC Press.
- Jacobson, M. Z. 2002. Atmospheric Pollution: History, Science and Regulation. New York: Cambridge University Press.
- Kalyoncu, F. 2010. Relationship between airborne fungal allergens and meteorological factors in Manisa City, Turkey. Environ Monit Assess. 165: 553-558.
- Kowalski, W.J. 2006. Aerobiological Engineering Handbook. New York. Mc Graw Hill.
- Krajewska, K.E., Lukaszuk, C., Hatzopulu, A., Bousmoukilia, S., Terovitou, Ch., Amanatidou, A. and Danilidis, D. 2009. Indoor air studies of fungi contamination at the Department of Pulmonology and Internal Medicine in Kavala Hospital in Greece. Advances in Medical Sciences. 54(2): 264-268.
- Li, C. S. and Hou, P. A. 2003. Bioaerosol characteristics in hospital clean rooms. The Science of The Total Environment. 305: 169-176.
- Mei Kuo, Y. and Li, C.S. 1994. Seasonal fungus prevalence inside and outside of domestic environments in the subtropical climate. Atmospheric Environment. 28: 3125-3130.

- 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.
- Sautour, M., Sixt, N., Dalle, F., L'Ollivier, C., Calinon, C., Fourquenot, V., Thibaut, C., Jury, H., Lafon, I., Aho, S., Couillault, G., Vagner, O., Cuiseneir, B., Besancenot, J-P., Caillot, D. and Bonnin, A. 2007. Prospective survey of indoor fungal contamination in hospital during a period of Building construction. Hospital Infection. 67: 367-373.
- Sautour, M., Sixt, N., Dalle, F., L'Ollivier, C., Fourquenot, V., Calinon, C., Paul, K., Valvin, S., Maurel, A., Aho, S., Couillault, G., Cachia, C., Vagner, O., Cuiseneir, B., Caillot, D. and Bonnin, A. 2009. Profiles and seasonal distribution of airborne fungi in indoor and outdoor environments at a French hospital. Science of The Total Environment. 407: 3766-3771.
- Siamhealth. 2003. การติดเชื้อ Aspergillosis [Online]. Available from: [http://www.siamhealth.net/public\\_html/Disease/infectious/aspergillosis/aspergillosis.htm](http://www.siamhealth.net/public_html/Disease/infectious/aspergillosis/aspergillosis.htm) [2009, July 26].
- Topbas, M., Tosun, I., Can, G., Kaklikkaya, N. and Aydin, F. 2006. Identification and seasonal distribution of airborne fungal in urban outdoor air in an eastern black sea Turkish town. Med Sci. 36: 31-36
- United States Environmental Protection Agency. 1995. The inside story: A guide to indoor air quality. Washington DC: EPA.
- United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 2008. An Introduction to Indoor Air Quality [Online]. Available from: <http://www.epa.gov/iaq/ia-intro.html> [2009, June 30].
- Warris, A., Voss, A. and Verweij, P.E. 2001. Hospital sources of Aspergillus species: New routes of transmission?. Rev Iberoam Micol. 18: 156-162.
- World Health Organization (WHO). 2005. Indoor air pollution and health [Online]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/> [2009, June 30].
- Wu, P. C., Li, Y. Y., Chiang, C. M., Huang, C. Y., Lee, C. C. and Su, H. J., 2005. Changing microbial concentrations are associated with ventilation performance in Taiwan's air-conditioned office building. Indoor air. 15:19-26.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.

ข้อมูลปัจจัยทางกายภาพจำแนกตามระบบระบายอากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ก.1 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 1

| บริเวณจุดตรวจวัด                     | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความ<br>ชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ความหนาแน่น<br>ของคน<br>(คน/ตร.ม.) |
|--------------------------------------|------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|
| โถงรับแขก                            | 24               | 59                          | 0.06                | 0.132                              |
| ห้องธุรการ                           | 24               | 52                          | 0.08                | 0.167                              |
| ห้องผู้อำนวยการ รพ.                  | 25               | 56                          | 0.73                | 0.160                              |
| ห้องรองผู้อำนวยการ รพ.               | 24               | 53                          | 0.18                | 0.198                              |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน      | 23               | 53                          | 0.06                | 0.143                              |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน      | 25               | 50                          | 0.04                | 0.143                              |
| ห้องถ่ายเอกสาร                       | 25               | 50                          | 0.05                | 0.214                              |
| ห้องหัวหน้าฝ่ายการเงิน               | 26               | 54                          | 0.05                | 0.171                              |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป | 23               | 52                          | 0.11                | 0.303                              |
| ห้องหัวหน้าฝ่ายบริหารงานทั่วไป       | 22               | 52                          | 0.06                | 0.129                              |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป | 24               | 51                          | 0.02                | 0.343                              |
| บริเวณห้องทำงานฝ่ายการพยาบาล         | 24               | 60                          | 0.16                | 0.042                              |
| ห้องหัวหน้าฝ่ายการพยาบาล             | 23               | 68                          | 0.46                | 0.220                              |
| ห้องประชุมฝ่ายการพยาบาล              | 30               | 59                          | 0.01                | 0.019                              |
| ห้องรับประทานอาหารฝ่ายการพยาบาล      | 28               | 53                          | 0.01                | 0.218                              |
| ห้องประชุมผู้บริหาร 1                | 29               | 46                          | ND                  | 0.057                              |
| ห้องประชุมไนติงเกล                   | 24               | 56                          | 0.25                | 0.026                              |
| ห้องพักรักษา 18/1                    | 27               | 72                          | 0.04                | 0.175                              |
| ห้องพักรักษา 18/8 (VIP)              | 25               | 64                          | 0.05                | 0.104                              |
| ห้องพักรักษา 4                       | 24               | 73                          | 0.10                | 0.138                              |
| ห้องพักรักษา 9                       | 26               | 64                          | 0.09                | 0.138                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกฉุกเฉิน              | 29               | 71                          | 0.10                | 0.484                              |
| ห้องตรวจแผนกฉุกเฉิน                  | 26               | 60                          | 0.06                | 0.096                              |
| ห้องสังเกตอาการ                      | 26               | 70                          | 0.14                | 0.054                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกอายุรกรรม            | 27               | 76                          | ND                  | 0.236                              |
| ห้องตรวจอายุรกรรม 7                  | 26               | 66                          | ND                  | 0.246                              |
| ห้องตรวจอายุรกรรม 6                  | 26               | 63                          | 0.03                | 0.246                              |

ตารางที่ ก.1 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 1 (ต่อ)

| บริเวณจุดตรวจวัด               | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ความหนาแน่น<br>ของคน<br>(คน/ตร.ม.) |
|--------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------------|
| บริเวณรอตรวจแผนกอายุรกรรม      | 27               | 76                      | 0.10                | 2.241                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกสพสข.          | 28               | 64                      | ND                  | 3.571                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกสพสข.          | 27               | 65                      | 0.03                | 1.786                              |
| ห้องตรวจ                       | 26               | 58                      | 0.14                | 0.352                              |
| ห้องทำแผล                      | 25               | 61                      | 0.02                | 0.352                              |
| บริเวณรอจ่ายยา                 | 26               | 65                      | 0.01                | 1.674                              |
| บริเวณรอจ่ายยา                 | 24               | 63                      | 0.14                | 1.228                              |
| ห้องเจาะเลือด 22               | 25               | 54                      | 0.05                | 0.261                              |
| ห้องจ่ายยา                     | 24               | 57                      | 0.13                | 0.380                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกหู ตา คอ จมูก  | 27               | 60                      | 0.01                | 3.021                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกหู ตา คอ จมูก  | 27               | 61                      | 0.10                | 1.511                              |
| ห้องตรวจหมายเลข 7              | 26               | 56                      | 0.10                | 0.521                              |
| ห้องตรวจหมายเลข 5              | 25               | 59                      | 0.02                | 0.496                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกสูตินารี       | 24               | 69                      | 0.30                | 1.091                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกสูตินารี       | 25               | 69                      | 0.17                | 1.675                              |
| ห้องตรวจหมายเลข 5              | 25               | 75                      | ND                  | 0.475                              |
| ห้องตรวจหมายเลข 6              | 24               | 71                      | ND                  | 0.475                              |
| แผนกทันตกรรม                   | 23               | 67                      | 0.04                | 0.253                              |
| ห้องนวด                        | 26               | 55                      | 0.07                | 0.092                              |
| ห้องพักฟื้นหลังคลอด            | 29               | 70                      | 0.02                | 0.148                              |
| ห้องคลอดพิเศษ                  | 26               | 57                      | ND                  | 0.370                              |
| ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม) | 27               | 57                      | 0.13                | 0.333                              |
| ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม) | 27               | 60                      | 0.08                | 0.333                              |
| ห้อง 1501                      | 28               | 85                      | 0.01                | 0.148                              |
| ห้อง 1503                      | 29               | 77                      | 0.02                | 0.148                              |
| ห้อง 1506                      | 24               | 59                      | 0.01                | 0.148                              |
| เคาน์เตอร์พยาบาล               | 28               | 86                      | 0.02                | 0.712                              |

ตารางที่ ก.1 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 1 (ต่อ)

| บริเวณจุดตรวจวัด                  | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ความหนาแน่น<br>ของคน<br>(คน/ตร.ม.) |
|-----------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------------|
| ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)    | 25               | 72                      | ND                  | 0.245                              |
| ห้อง 1707                         | 28               | 75                      | ND                  | 0.148                              |
| ห้อง 1710                         | 29               | 74                      | ND                  | 0.148                              |
| ห้องที่ 7 ห้องตรวจอัลตราซาวด์     | 21               | 63                      | ND                  | 0.148                              |
| ห้องที่ 9 ห้องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ | 23               | 78                      | 0.01                | 0.095                              |
| ห้องล้างฟิล์ม                     | 25               | 66                      | ND                  | 0.185                              |
| ห้องตรวจ X-Ray                    | 23               | 64                      | 0.05                | 0.185                              |
| บริเวณคนไข้รอตรวจ                 | 27               | 65                      | ND                  | 0.036                              |
| บริเวณหน้าโซฟา                    | 24               | 54                      | ND                  | 0.110                              |
| ห้องเจ้าหน้าที่                   | 22               | 60                      | 0.10                | 0.200                              |
| ห้องอิเล็กทรอนิกส์                | 21               | 60                      | 0.12                | 0.103                              |
| บริเวณโถงทางเดิน                  | 22               | 67                      | 0.07                | 0.220                              |
| ห้องปฐมพยาบาล บริเวณทางเดิน       | 25               | 58                      | 0.07                | 0.397                              |
| ห้องผลิตยา แผนกปฐมพยาบาล          | 25               | 54                      | ND                  | 0.397                              |
| ห้องธุรการแผนกปฐมพยาบาล           | 23               | 61                      | 0.04                | 0.333                              |
| ห้องคลังเวชภัณฑ์ แผนกปฐมพยาบาล    | 24               | 65                      | ND                  | 0.212                              |
| ห้องภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก        | 25               | 57                      | ND                  | 0.120                              |
| ห้องงานเคมีคลินิก 1               | 24               | 57                      | ND                  | 0.600                              |
| ห้องงานเคมีคลินิก 2               | 24               | 54                      | ND                  | 1.198                              |
| ห้องงานเคมีคลินิก 3               | 24               | 53                      | ND                  | 0.319                              |
| ห้องพยาธิวิทยา                    | 25               | 49                      | 0.03                | 0.096                              |
| บริเวณทางเดินหน้าห้องฟ้ายัพัสตุ   | 31               | 66                      | 0.14                | 0.111                              |
| ห้องสอบราคา                       | 31               | 66                      | 0.04                | 0.278                              |
| ห้องคลังฟ้ายัพัสตุ                | 27               | 65                      | 0.03                | 0.090                              |
| ห้องสำนักงานฟ้ายัพัสตุ            | 25               | 69                      | 0.10                | 0.153                              |

\*หมายเหตุ ND (Not detected) = ตรวจวัดไม่พบ

ตารางที่ ก.2 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 2

| บริเวณจุดตรวจวัด                     | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความ<br>ชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ความหนาแน่น<br>ของคน<br>(คน/ตร.ม.) |
|--------------------------------------|------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|
| โถงรับแขก                            | 29               | 76                          | ND                  | 0.353                              |
| ห้องธุรการ                           | 24               | 63                          | 0.22                | 0.334                              |
| ห้องผู้อำนวยการ รพ.                  | 27               | 61                          | 0.70                | 0.106                              |
| ห้องรองผู้อำนวยการ รพ.               | 23               | 61                          | 0.12                | 0.198                              |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน      | 25               | 44                          | 0.06                | 0.119                              |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน      | 26               | 42                          | ND                  | 0.024                              |
| ห้องถ่ายเอกสาร                       | 26               | 53                          | ND                  | 0.143                              |
| ห้องหัวหน้าฝ่ายการเงิน               | 22               | 57                          | ND                  | 0.085                              |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป | 24               | 58                          | 0.03                | 0.233                              |
| ห้องหัวหน้าฝ่ายบริหารงานทั่วไป       | 23               | 52                          | 0.01                | 0.172                              |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป | 25               | 51                          | 0.05                | 0.377                              |
| บริเวณห้องทำงานฝ่ายการพยาบาล         | 26               | 52                          | 0.17                | 0.111                              |
| ห้องหัวหน้าฝ่ายการพยาบาล             | 26               | 56                          | 0.04                | 0.220                              |
| ห้องประชุมฝ่ายการพยาบาล              | 24               | 48                          | 0.06                | 0.029                              |
| ห้องรับประทานอาหารฝ่ายการพยาบาล      | 31               | 64                          | 0.17                | 0.272                              |
| ห้องประชุมผู้บริหาร 1                | 25               | 57                          | 0.23                | 0.057                              |
| ห้องประชุมไนติงเกล                   | 24               | 63                          | 0.09                | 0.026                              |
| ห้องพักรักษา 18/1                    | 25               | 64                          | 0.01                | 0.088                              |
| ห้องพักรักษา 18/8 (VIP)              | 25               | 46                          | 0.10                | 0.052                              |
| ห้องพักรักษา 4                       | 25               | 67                          | 0.12                | 0.166                              |
| ห้องพักรักษา 9                       | 24               | 59                          | 0.11                | 0.055                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกฉุกเฉิน              | 27               | 64                          | 0.05                | 0.569                              |
| ห้องตรวจแผนกฉุกเฉิน                  | 24               | 59                          | 0.06                | 0.120                              |
| ห้องสังเกตอาการ                      | 24               | 62                          | 0.02                | 0.065                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกอายุรกรรม            | 27               | 65                          | 0.06                | 0.236                              |
| ห้องตรวจอายุรกรรม 7                  | 26               | 62                          | ND                  | 0.246                              |
| ห้องตรวจอายุรกรรม 6                  | 25               | 66                          | ND                  | 0.493                              |

ตารางที่ ก.2 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 2 (ต่อ)

| บริเวณจุดตรวจวัด               | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความ<br>ชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ความหนาแน่น<br>ของคน<br>(คน/ตร.ม.) |
|--------------------------------|------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|
| บริเวณรอตรวจแผนกอายุรกรรม      | 26               | 63                          | 0.04                | 2.358                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกสปช.           | 28               | 58                          | 0.18                | 2.232                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกสปช.           | 28               | 61                          | 0.13                | 2.679                              |
| ห้องตรวจ                       | 26               | 59                          | 0.13                | 0.352                              |
| ห้องทำแผล                      | 26               | 66                          | ND                  | 0.352                              |
| บริเวณรอจ่ายยา                 | 25               | 66                          | 0.17                | 1.395                              |
| บริเวณรอจ่ายยา                 | 25               | 67                          | 0.15                | 2.121                              |
| ห้องเจาะเลือด 22               | 24               | 66                          | 0.05                | 0.392                              |
| ห้องจ่ายยา                     | 23               | 59                          | 0.01                | 0.570                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกหู ตา คอ จมูก  | 27               | 70                          | 0.24                | 2.568                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกหู ตา คอ จมูก  | 26               | 70                          | 0.36                | 0.906                              |
| ห้องตรวจหมายเลข 7              | 27               | 69                          | 0.05                | 0.347                              |
| ห้องตรวจหมายเลข 5              | 25               | 70                          | 0.02                | 0.198                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกสูตินารี       | 25               | 61                          | 0.02                | 0.661                              |
| บริเวณรอตรวจแผนกสูตินารี       | 25               | 66                          | 0.10                | 0.132                              |
| ห้องตรวจหมายเลข 5              | 24               | 66                          | 0.02                | 0.475                              |
| ห้องตรวจหมายเลข 6              | 24               | 65                          | 0.03                | 0.633                              |
| แผนกทันตกรรม                   | 25               | 75                          | ND                  | 0.253                              |
| ห้องนวด                        | 26               | 67                          | 0.01                | 0.092                              |
| ห้องพักฟื้นหลังคลอด            | 24               | 55                          | 0.03                | 0.148                              |
| ห้องคลอดพิเศษ                  | 25               | 58                          | ND                  | 0.185                              |
| ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม) | 25               | 70                          | 0.19                | 0.400                              |
| ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม) | 26               | 70                          | 0.16                | 0.467                              |
| ห้อง 1501                      | 28               | 59                          | 0.11                | 0.370                              |
| ห้อง 1503                      | 26               | 51                          | ND                  | 0.444                              |
| ห้อง 1506                      | 26               | 66                          | ND                  | 0.148                              |
| เคาน์เตอร์พยาบาล               | 26               | 78                          | ND                  | 0.356                              |

ตารางที่ ก.2 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 2 (ต่อ)

| บริเวณจุดตรวจวัด                  | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ความหนาแน่น<br>ของคน<br>(คน/ตร.ม.) |
|-----------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------------|
| ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)    | 27               | 64                      | 0.02                | 0.654                              |
| ห้อง 1707                         | 29               | 77                      | ND                  | 0.148                              |
| ห้อง 1710                         | 29               | 75                      | 0.07                | 0.370                              |
| ห้องที่ 7 ห้องตรวจอัลตราซาวด์     | 25               | 56                      | ND                  | 0.148                              |
| ห้องที่ 9 ห้องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ | 24               | 51                      | ND                  | 0.095                              |
| ห้องล้างฟิล์ม                     | 24               | 67                      | ND                  | 0.185                              |
| ห้องตรวจ X-Ray                    | 24               | 65                      | ND                  | 0.370                              |
| บริเวณคนไข้รอตรวจ                 | 26               | 61                      | ND                  | 0.036                              |
| บริเวณหน้าโซฟา                    | 22               | 64                      | ND                  | 0.192                              |
| ห้องเจ้าหน้าที่                   | 19               | 61                      | ND                  | 0.150                              |
| ห้องอิเล็กทรอนิกส์                | 24               | 55                      | ND                  | 0.258                              |
| บริเวณโถงทางเดิน                  | 26               | 61                      | ND                  | 0.165                              |
| ห้องปฐมพยาบาล บริเวณทางเดิน       | 25               | 58                      | 0.04                | 0.397                              |
| ห้องผลิตยา แผนกปฐมพยาบาล          | 25               | 55                      | ND                  | 0.265                              |
| ห้องธุรการแผนกปฐมพยาบาล           | 23               | 59                      | ND                  | 0.444                              |
| ห้องคลังเวชภัณฑ์ แผนกปฐมพยาบาล    | 24               | 63                      | ND                  | 0.530                              |
| ห้องภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก        | 27               | 49                      | ND                  | 0.240                              |
| ห้องงานเคมีคลินิก 1               | 26               | 57                      | ND                  | 0.200                              |
| ห้องงานเคมีคลินิก 2               | 25               | 56                      | ND                  | 0.240                              |
| ห้องงานเคมีคลินิก 3               | 25               | 56                      | ND                  | 0.399                              |
| ห้องพยาธิวิทยา                    | 24               | 53                      | ND                  | 0.109                              |
| บริเวณทางเดินหน้าห้องฟาย์พัสดุ    | 28               | 52                      | ND                  | 0.167                              |
| ห้องสอบราคา                       | 24               | 49                      | ND                  | 0.185                              |
| ห้องคลังพัสดุ                     | 27               | 58                      | ND                  | 0.135                              |
| ห้องสำนักงานฟาย์พัสดุ             | 25               | 53                      | ND                  | 0.139                              |

\*หมายเหตุ ND (Not detected) = ตรวจวัดไม่พบ

ตารางที่ ก.3 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมครั้งที่ 1

| บริเวณจุดตรวจวัด | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ความหนาแน่นของคน<br>(คน/ตร.ม.) |
|------------------|------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|
| ห้อง common room | 26               | 55                      | 0.02                | 0.053                          |
| ห้องพักแพทย์ 1   | 28               | 70                      | 0.10                | 0.125                          |
| ห้องพักแพทย์ 2   | 27               | 62                      | 0.12                | 0.091                          |
| ห้องพักแพทย์ 3   | 27               | 69                      | 0.08                | 0.091                          |
| จุดรับถ่ายคนไข้  | 25               | 87                      | ND                  | 0.165                          |
| ห้องพักฟื้น      | 25               | 73                      | 0.08                | 0.148                          |
| ห้องคลอด 1       | 29               | 72                      | ND                  | 0.133                          |
| ห้องรอคลอด       | 26               | 70                      | 0.23                | 0.400                          |

\*หมายเหตุ ND (Not detected) = ตรวจวัดไม่พบ

ตารางที่ ก.4 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมครั้งที่ 2

| บริเวณจุดตรวจวัด | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ความหนาแน่นของคน<br>(คน/ตร.ม.) |
|------------------|------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|
| ห้อง common room | 26               | 53                      | 0.02                | 0.053                          |
| ห้องพักแพทย์ 1   | 23               | 68                      | 0.04                | 0.125                          |
| ห้องพักแพทย์ 2   | 28               | 75                      | 0.03                | 0.091                          |
| ห้องพักแพทย์ 3   | 24               | 60                      | 0.14                | 0.091                          |
| จุดรับถ่ายคนไข้  | 26               | 69                      | ND                  | 0.066                          |
| ห้องพักฟื้น      | 25               | 74                      | ND                  | 0.074                          |
| ห้องคลอด 1       | 26               | 59                      | ND                  | 0.107                          |
| ห้องรอคลอด       | 26               | 69                      | ND                  | 0.400                          |

\*หมายเหตุ ND (Not detected) = ตรวจวัดไม่พบ

ตารางที่ ก.5 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมที่มี HEPA ครั้งที่ 1

| บริเวณจุดตรวจวัด    | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ความหนาแน่นของคน<br>(คน/ตร.ม.) |
|---------------------|------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|
| ห้องผ่าตัด 1        | 21               | 51                      | ND                  | 0.267                          |
| ห้องผ่าตัด 14       | 26               | 53                      | ND                  | 0.247                          |
| ห้องผ่าตัด 5        | 25               | 88                      | ND                  | 0.148                          |
| ห้องพักรักษาผู้ป่วย | 27               | 69                      | ND                  | 0.148                          |

\*หมายเหตุ ND (Not detected) = ตรวจวัดไม่พบ

ตารางที่ ก.6 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมที่มี HEPA ครั้งที่ 2

| บริเวณจุดตรวจวัด    | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ความหนาแน่นของคน<br>(คน/ตร.ม.) |
|---------------------|------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|
| ห้องผ่าตัด 1        | 21               | 59                      | ND                  | 0.107                          |
| ห้องผ่าตัด 14       | 24               | 61                      | ND                  | 0.099                          |
| ห้องผ่าตัด 5        | 23               | 50                      | ND                  | 0.099                          |
| ห้องพักรักษาผู้ป่วย | 25               | 67                      | ND                  | 0.148                          |

\*หมายเหตุ ND (Not detected) = ตรวจวัดไม่พบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ก.7 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติครั้งที่ 1

| บริเวณจุดตรวจวัด          | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความ<br>ชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ความหนาแน่น<br>ของคน<br>(คน/ตร.ม.) |
|---------------------------|------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | 31               | 66                          | ND                  | 0.494                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | 31               | 66                          | ND                  | 0.494                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3 | 31               | 62                          | ND                  | 0.494                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 4 | 31               | 62                          | 0.09                | 0.253                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | 31               | 71                          | 0.14                | 0.494                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | 31               | 72                          | 0.16                | 0.494                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3 | 31               | 71                          | 0.06                | 0.494                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | 30               | 70                          | 0.42                | 0.432                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | 31               | 71                          | 0.10                | 0.370                              |
| ห้องผู้ป่วยวิม โรค        | 32               | 72                          | ND                  | 0.633                              |
| ห้อง common room          | 30               | 74                          | 0.26                | 0.163                              |
| ห้อง rest room            | 30               | 74                          | 0.02                | 0.196                              |
| ห้อง 0719                 | 28               | 83                          | 0.29                | 0.208                              |
| ห้อง 0704                 | 30               | 79                          | 0.02                | 0.146                              |
| ห้อง common room          | 30               | 71                          | 0.31                | 0.079                              |
| ห้อง rest room            | 30               | 67                          | 0.11                | 0.083                              |
| ห้อง 0802                 | 30               | 66                          | 0.04                | 0.083                              |
| ห้อง 0817                 | 30               | 66                          | 0.13                | 0.347                              |
| ห้อง 0904                 | 30               | 45                          | 0.05                | 0.117                              |
| ห้อง common room          | 30               | 70                          | 0.06                | 0.132                              |
| ห้อง 0903                 | 30               | 70                          | 0.09                | 0.111                              |
| ห้อง 0905                 | 30               | 69                          | 0.18                | 0.111                              |
| ห้อง 1001                 | 29               | 72                          | 0.18                | 0.111                              |
| ห้อง 1002                 | 30               | 69                          | 0.17                | 0.111                              |
| ห้อง 1004                 | 30               | 69                          | 0.14                | 0.111                              |
| ห้อง common room ชั้น 10  | 32               | 65                          | 0.18                | 0.111                              |

\*หมายเหตุ ND (Not detected) = ตรวจวัดไม่พบ

ตารางที่ ก.8 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติครั้งที่ 2

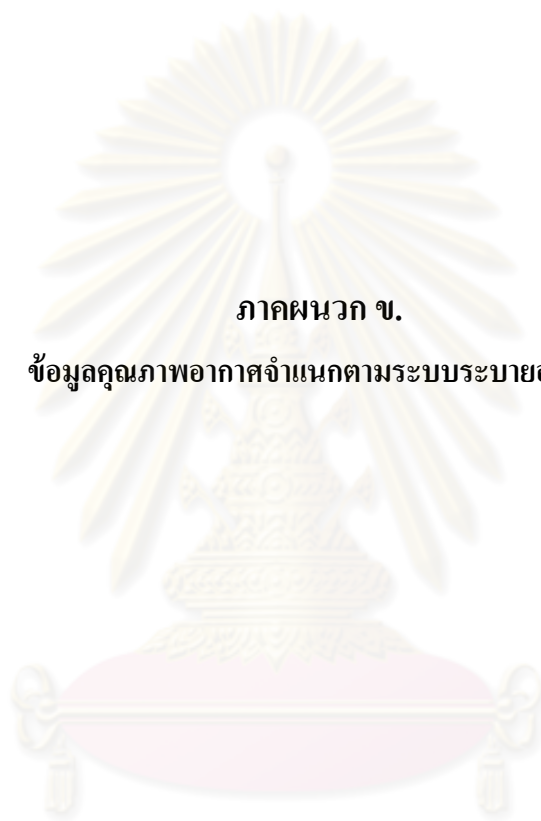
| บริเวณจุดตรวจวัด          | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) | ความหนาแน่น<br>ของคน<br>(คน/ตร.ม.) |
|---------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------------|
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | 30               | 59                      | 0.03                | 0.494                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | 31               | 58                      | 0.02                | 0.494                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3 | 31               | 57                      | 0.11                | 0.494                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 4 | 30               | 60                      | 0.01                | 0.253                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | 30               | 68                      | 0.05                | 0.247                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | 30               | 66                      | ND                  | 0.494                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3 | 29               | 74                      | 0.06                | 0.247                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | 31               | 63                      | 0.17                | 0.432                              |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | 31               | 63                      | 0.28                | 0.370                              |
| ห้องผู้ป่วยวิม โรค        | 32               | 63                      | 0.11                | 0.316                              |
| ห้อง common room          | 30               | 73                      | ND                  | 0.131                              |
| ห้อง rest room            | 31               | 64                      | ND                  | 0.098                              |
| ห้อง 0719                 | 30               | 71                      | ND                  | 0.208                              |
| ห้อง 0704                 | 31               | 66                      | 0.84                | 0.117                              |
| ห้อง common room          | 31               | 71                      | ND                  | 0.132                              |
| ห้อง rest room            | 31               | 67                      | ND                  | 0.111                              |
| ห้อง 0802                 | 32               | 67                      | 0.18                | 0.167                              |
| ห้อง 0817                 | 31               | 68                      | 0.21                | 0.694                              |
| ห้อง 0904                 | 31               | 70                      | ND                  | 0.117                              |
| ห้อง common room          | 31               | 54                      | ND                  | 0.106                              |
| ห้อง 0903                 | 31               | 67                      | ND                  | 0.111                              |
| ห้อง 0905                 | 32               | 62                      | 0.36                | 0.111                              |
| ห้อง 1001                 | 31               | 74                      | ND                  | 0.111                              |
| ห้อง 1002                 | 32               | 67                      | ND                  | 0.111                              |
| ห้อง 1004                 | 31               | 69                      | 0.17                | 0.111                              |
| ห้อง common room ชั้น 10  | 31               | 73                      | ND                  | 0.111                              |

\*หมายเหตุ ND (Not detected) = ตรวจวัดไม่พบ

ตารางที่ ก.9 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพบริเวณภายนอกอาคาร

| บริเวณจุดตรวจวัด                            | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความชื้นสัมพัทธ์<br>(%) | ความเร็วลม<br>(m/s) |
|---|------------------|-------------------------|---------------------|
| ศาลฟ้าชั้น 21                               | 33               | 54                      | 1.1                 |
| ศาลฟ้า ลานจอดเฮลิคอปเตอร์                   | 35               | 47                      | 0.85                |
| ระเบียงแผนกศัลยกรรมกระดูกชาย ชั้น 10        | 31               | 65                      | 0.11                |
| ระเบียงแผนกศัลยกรรมกระดูกชาย ชั้น 9         | 32               | 54                      | 0.17                |
| จุดรับ-ส่งผู้ป่วยชั้น 2 อาคารอนุสรณ์ 100 ปี | 33               | 54                      | 0.37                |
| ระเบียงหอพักพยาบาล ชั้น 7                   | 33               | 65                      | 0.10                |
| ระเบียงหอพักพยาบาล ชั้น 8                   | 32               | 65                      | 0.20                |
| ระเบียงหอพักพยาบาล ชั้น 9                   | 32               | 69                      | 0.10                |
| ระเบียงหอพักพยาบาล ชั้น 10                  | 32               | 70                      | 0.10                |
| ลานออกกำลังกาย                              | 31               | 69                      | 0.43                |
| ข้างอาคารเอื้อประชา                         | 32               | 60                      | 0.37                |

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข.

ข้อมูลคุณภาพอากาศจำแนกตามระบบระบายอากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 1

| บริเวณจุดตรวจวัด                     | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACH<br>( $\text{hr}^{-1}$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| โถงรับแขก                            | 7.4                                   | 15.4                                 | N/A                         | 138                                | 20   |
| ห้องธุรการ                           | 4.1                                   | 8.5                                  | N/A                         | 75                                 | 7  |
| ห้องผู้อำนวยการ รพ.                  | 4.4                                   | 9.2                                  | 3.48                        | 51                                 | 5  |
| ห้องรองผู้อำนวยการ รพ.               | 4.6                                   | 9.6                                  | 1.26                        | 84                                 | 11   |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน      | 2.9                                   | 6.0                                  | N/A                         | 32                                 | 2  |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน      | 6.5                                   | 13.5                                 | N/A                         | 38                                 | 4  |
| ห้องถ่ายเอกสาร                       | 2.8                                   | 5.4                                  | N/A                         | 49                                 | 4  |
| ห้องหัวหน้าฝ่ายการเงิน               | 2.6                                   | 5.8                                  | N/A                         | 27                                 | 0  |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป | 2.8                                   | 5.9                                  | N/A                         | 32                                 | 18   |
| ห้องหัวหน้าฝ่ายบริหารงานทั่วไป       | 2.3                                   | 4.8                                  | 0.18                        | 42                                 | 5  |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป | 2.5                                   | 5.2                                  | N/A                         | 34                                 | 4  |
| บริเวณห้องทำงานฝ่ายการพยาบาล         | 3.3                                   | 6.9                                  | N/A                         | 53                                 | 9  |
| ห้องหัวหน้าฝ่ายการพยาบาล             | 3.4                                   | 7.2                                  | 3.72                        | 84                                 | 11   |
| ห้องประชุมฝ่ายการพยาบาล              | 3.8                                   | 7.9                                  | 5.64                        | 58                                 | 5  |
| ห้องรับประทานอาหารฝ่ายการพยาบาล      | 3.4                                   | 7.1                                  | 5.10                        | 42                                 | 5  |
| ห้องประชุมผู้บริหาร 1                | 17.9                                  | 86.5                                 | 2.34                        | 40                                 | 5  |
| ห้องประชุมในดิงเกล                   | 7.2                                   | 16.9                                 | 1.62                        | 23                                 | 5  |
| ห้องพักรักษา 18/1                    | 3.1                                   | 6.5                                  | 2.94                        | 34                                 | 4  |
| ห้องพักรักษา 18/8 (VIP)              | 7.7                                   | 16.0                                 | 2.16                        | 51                                 | 5  |
| ห้องพักรักษา 4                       | 6.8                                   | 14.2                                 | 1.80                        | 14                                 | 2  |
| ห้องพักรักษา 9                       | 4.8                                   | 10.1                                 | 1.86                        | 31                                 | 2  |
| บริเวณรอตรวจแผนกฉุกเฉิน              | 10.2                                  | 21.2                                 | N/A                         | 66                                 | 11   |
| ห้องตรวจแผนกฉุกเฉิน                  | 10.4                                  | 21.7                                 | 3.18                        | 22                                 | 5  |
| ห้องสังเกตอาการ                      | 11.8                                  | 24.5                                 | 1.68                        | 92                                 | 9  |
| บริเวณรอตรวจแผนกอายุรกรรม            | 10.1                                  | 21.1                                 | N/A                         | 45                                 | 0  |
| ห้องตรวจอายุรกรรม 7                  | 9.0                                   | 18.9                                 | N/A                         | 94                                 | 18   |
| ห้องตรวจอายุรกรรม 6                  | 9.8                                   | 20.6                                 | N/A                         | 117                                | 11   |

\*หมายเหตุ N/A = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ ข.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 1 (ต่อ)

| บริเวณจุดตรวจวัด               | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACH<br>( $\text{hr}^{-1}$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| บริเวณรอตรวจแผนกอายุรกรรม      | 9.5                                   | 27.1                                 | N/A                         | 100                                | 16   |
| บริเวณรอตรวจแผนกสสช.           | 10.7                                  | 22.4                                 | N/A                         | 58                                 | 7  |
| บริเวณรอตรวจแผนกสสช.           | 5.5                                   | 11.4                                 | N/A                         | 100                                | 9  |
| ห้องตรวจ                       | 6.1                                   | 12.8                                 | N/A                         | 42                                 | 4  |
| ห้องทำแผล                      | 7.3                                   | 15.2                                 | 7.74                        | 32                                 | 7  |
| บริเวณรอจ่ายยา                 | 7.3                                   | 15.3                                 | N/A                         | 79                                 | 9  |
| บริเวณรอจ่ายยา                 | 6.0                                   | 12.6                                 | N/A                         | 126                                | 11   |
| ห้องเจาะเลือด 22               | 11.7                                  | 24.4                                 | 8.52                        | 92                                 | 13   |
| ห้องจ่ายยา                     | 5.7                                   | 11.9                                 | N/A                         | 9                                  | 5  |
| บริเวณรอตรวจแผนกหู ตา คอ จมูก  | 8.2                                   | 17.0                                 | N/A                         | 79                                 | 7  |
| บริเวณรอตรวจแผนกหู ตา คอ จมูก  | 8.7                                   | 18.1                                 | N/A                         | 138                                | 4  |
| ห้องตรวจหมายเลข 7              | 8.9                                   | 18.7                                 | N/A                         | 96                                 | 4  |
| ห้องตรวจหมายเลข 5              | 9.4                                   | 19.7                                 | N/A                         | 71                                 | 5  |
| บริเวณรอตรวจแผนกสูตินารี       | 13.3                                  | 27.7                                 | N/A                         | 90                                 | 2  |
| บริเวณรอตรวจแผนกสูตินารี       | 11.1                                  | 23.2                                 | N/A                         | 75                                 | 5  |
| ห้องตรวจหมายเลข 5              | 12.9                                  | 27.0                                 | N/A                         | 27                                 | 2  |
| ห้องตรวจหมายเลข 6              | 13.6                                  | 28.4                                 | N/A                         | 58                                 | 0  |
| แผนกทันตกรรม                   | 2.3                                   | 19.7                                 | N/A                         | 68                                 | 5  |
| ห้องนวด                        | 7.3                                   | 17.1                                 | 1.62                        | 73                                 | 5  |
| ห้องพักฟื้นหลังคลอด            | 18.5                                  | 38.6                                 | N/A                         | 101                                | 23   |
| ห้องคลอดพิเศษ                  | 12.9                                  | 27.0                                 | N/A                         | 81                                 | 11   |
| ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม) | 8.7                                   | 13.0                                 | N/A                         | 71                                 | 14   |
| ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม) | 6.5                                   | 8.8                                  | N/A                         | 68                                 | 9  |
| ห้อง 1501                      | 5.7                                   | 10.9                                 | N/A                         | 34                                 | 7  |
| ห้อง 1503                      | 8.4                                   | 17.3                                 | N/A                         | 115                                | 18   |
| ห้อง 1506                      | 7.3                                   | 17.5                                 | N/A                         | 475                                | 16   |
| เคาน์เตอร์พยาบาล               | 13.8                                  | 24.2                                 | N/A                         | 250                                | 29   |

\*หมายเหตุ N/A = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ ข.1 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 1 (ต่อ)

| บริเวณจุดตรวจวัด                  | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACH<br>( $\text{hr}^{-1}$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)    | 5.2                                   | 8.8                                  | N/A                         | 68                                 | 9  |
| ห้อง 1707                         | 6.8                                   | 11.5                                 | N/A                         | 113                                | 7  |
| ห้อง 1710                         | 7.3                                   | 12.0                                 | N/A                         | 83                                 | 20   |
| ห้องที่ 7 ห้องตรวจอัลตราซาวด์     | 5.4                                   | 9.1                                  | N/A                         | 29                                 | 0  |
| ห้องที่ 9 ห้องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ | 1.8                                   | 2.0                                  | N/A                         | 14                                 | 4  |
| ห้องล้างฟิล์ม                     | 3.4                                   | 4.8                                  | N/A                         | 53                                 | 0  |
| ห้องตรวจ X-Ray                    | 4.9                                   | 6.8                                  | N/A                         | 53                                 | 7  |
| บริเวณคนไข้วัด                    | 5.3                                   | 13.0                                 | N/A                         | 58                                 | 7  |
| บริเวณหน้าโซฟา                    | 4.8                                   | 9.4                                  | N/A                         | 154                                | 7  |
| ห้องเจ้าหน้าที่                   | 5.3                                   | 11.1                                 | 1.26                        | 134                                | 7  |
| ห้องอิเล็กทรอนิกส์                | 2.9                                   | 5.0                                  | N/A                         | 53                                 | 4  |
| บริเวณโถงทางเดิน                  | 2.8                                   | 3.7                                  | N/A                         | 98                                 | 0  |
| ห้องปฐมพยาบาล บริเวณทางเดิน       | 9.0                                   | 26.0                                 | 1.14                        | 222                                | 36   |
| ห้องผลิตยา แผนกปฐมพยาบาล          | 7.9                                   | 18.5                                 | 1.98                        | 81                                 | 9  |
| ห้องธุรการแผนกปฐมพยาบาล           | 13.9                                  | 54.6                                 | 2.58                        | 27                                 | 5  |
| ห้องคลังเวชภัณฑ์ แผนกปฐมพยาบาล    | 4.4                                   | 12.6                                 | 1.62                        | 22                                 | 5  |
| ห้องภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก        | 4.1                                   | 8.6                                  | N/A                         | 36                                 | 16   |
| ห้องงานเคมีคลินิก 1               | 3.9                                   | 7.9                                  | N/A                         | 58                                 | 45   |
| ห้องงานเคมีคลินิก 2               | 3.5                                   | 7.4                                  | N/A                         | 90                                 | 68   |
| ห้องงานเคมีคลินิก 3               | 3.3                                   | 7.0                                  | N/A                         | 62                                 | 43   |
| ห้องพยาธิวิทยา                    | 5.0                                   | 21.0                                 | N/A                         | 73                                 | 5  |
| บริเวณทางเดินหน้าห้องฝ่ายพัสดุ    | 8.1                                   | 16.9                                 | N/A                         | 105                                | 11   |
| ห้องสอบราคา                       | 6.2                                   | 12.9                                 | 7.74                        | 81                                 | 5  |
| ห้องคลังพัสดุ                     | 5.4                                   | 11.3                                 | N/A                         | 66                                 | 13   |
| ห้องสำนักงานฝ่ายพัสดุ             | 5.6                                   | 11.6                                 | N/A                         | 25                                 | 2  |

\*หมายเหตุ N/A = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ ข.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 2

| บริเวณจุดตรวจวัด                     | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACH<br>( $\text{hr}^{-1}$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| โถงรับแขก                            | 33.4                                  | 76.3                                 | N/A                         | 73                                 | 25   |
| ห้องธุรการ                           | 24.0                                  | 40.3                                 | N/A                         | 56                                 | 11   |
| ห้องผู้อำนวยการ รพ.                  | 25.7                                  | 51.2                                 | 2.48                        | 51                                 | 11   |
| ห้องรองผู้อำนวยการ รพ.               | 23.6                                  | 41.9                                 | 2.89                        | 75                                 | 11   |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน      | 16.3                                  | 32.2                                 | N/A                         | 40                                 | 16   |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน      | 14.2                                  | 23.4                                 | N/A                         | 14                                 | 0  |
| ห้องถ่ายเอกสาร                       | 11.8                                  | 16.2                                 | 1.20                        | 32                                 | 2  |
| ห้องหัวหน้าฝ่ายการเงิน               | 12.7                                  | 20.9                                 | 0.66                        | 25                                 | 5  |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป | 15.0                                  | 27.1                                 | N/A                         | 62                                 | 23   |
| ห้องหัวหน้าฝ่ายบริหารงานทั่วไป       | 14.3                                  | 20.1                                 | 0.66                        | 53                                 | 9  |
| ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป | 14.7                                  | 29.8                                 | N/A                         | 56                                 | 5  |
| บริเวณห้องทำงานฝ่ายการพยาบาล         | 21.1                                  | 30.1                                 | N/A                         | 235                                | 83   |
| ห้องหัวหน้าฝ่ายการพยาบาล             | 18.3                                  | 22.5                                 | 3.78                        | 88                                 | 16   |
| ห้องประชุมฝ่ายการพยาบาล              | 14.4                                  | 18.7                                 | 1.80                        | 81                                 | 27   |
| ห้องรับประทานอาหารฝ่ายการพยาบาล      | 15.7                                  | 28.7                                 | 7.02                        | 16                                 | 9  |
| ห้องประชุมผู้บริหาร 1                | 11.8                                  | 23.1                                 | 3.66                        | 84                                 | 23   |
| ห้องประชุมในดิงเกล                   | 22.8                                  | 30.3                                 | 2.34                        | 7                                  | 5  |
| ห้องพักรักษา 18/1                    | 10.2                                  | 16.7                                 | 2.94                        | 45                                 | 5  |
| ห้องพักรักษา 18/8 (VIP)              | 10.7                                  | 22.5                                 | 1.78                        | 42                                 | 4  |
| ห้องพักรักษา 4                       | 8.2                                   | 13.0                                 | 1.84                        | 47                                 | 18   |
| ห้องพักรักษา 9                       | 20.9                                  | 27.6                                 | 1.52                        | 18                                 | 9  |
| บริเวณรอตรวจแผนกฉุกเฉิน              | 24.1                                  | 43.3                                 | N/A                         | 107                                | 47   |
| ห้องตรวจแผนกฉุกเฉิน                  | 37.2                                  | 51.8                                 | 2.47                        | 58                                 | 11   |
| ห้องสังเกตอาการ                      | 17.1                                  | 25.9                                 | 1.88                        | 55                                 | 20   |
| บริเวณรอตรวจแผนกอายุรกรรม            | 14.7                                  | 65.9                                 | N/A                         | 71                                 | 9  |
| ห้องตรวจอายุรกรรม 7                  | 12.9                                  | 32.3                                 | N/A                         | 88                                 | 27   |
| ห้องตรวจอายุรกรรม 6                  | 13.3                                  | 29.2                                 | N/A                         | 75                                 | 11   |

\*หมายเหตุ N/A = ไม่ได้ทำการตรวจวัด



ตารางที่ ข.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 2 (ต่อ)

| บริเวณจุดตรวจวัด               | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACH<br>( $\text{hr}^{-1}$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| บริเวณรอตรวจแผนกอายุรกรรม      | 13.5                                  | 44.6                                 | N/A                         | 66                                 | 15   |
| บริเวณรอตรวจแผนกสสช.           | 14.1                                  | 40.7                                 | N/A                         | 71                                 | 14   |
| บริเวณรอตรวจแผนกสสช.           | 17.3                                  | 64.0                                 | N/A                         | 49                                 | 5  |
| ห้องตรวจ                       | 18.5                                  | 40.1                                 | N/A                         | 83                                 | 16   |
| ห้องทำแผล                      | 19.2                                  | 48.5                                 | 4.56                        | 204                                | 14   |
| บริเวณรอจ่ายยา                 | 33.4                                  | 64.0                                 | N/A                         | 98                                 | 13   |
| บริเวณรอจ่ายยา                 | 29.0                                  | 64.4                                 | N/A                         | 62                                 | 11   |
| ห้องเจาะเลือด 22               | 25.6                                  | 41.1                                 | 4.61                        | 83                                 | 7  |
| ห้องจ่ายยา                     | 21.8                                  | 38.3                                 | N/A                         | 43                                 | 2  |
| บริเวณรอตรวจแผนกหู ตา คอ จมูก  | 22.3                                  | 59.1                                 | N/A                         | 83                                 | 23   |
| บริเวณรอตรวจแผนกหู ตา คอ จมูก  | 23.5                                  | 46.9                                 | N/A                         | 53                                 | 14   |
| ห้องตรวจหมายเลข 7              | 32.7                                  | 49.4                                 | N/A                         | 53                                 | 7  |
| ห้องตรวจหมายเลข 5              | 27.5                                  | 42.7                                 | N/A                         | 84                                 | 13   |
| บริเวณรอตรวจแผนกสูตินารี       | 18.6                                  | 55.2                                 | N/A                         | 31                                 | 9  |
| บริเวณรอตรวจแผนกสูตินารี       | 21.5                                  | 44.9                                 | N/A                         | 45                                 | 9  |
| ห้องตรวจหมายเลข 5              | 28.0                                  | 40.9                                 | N/A                         | 29                                 | 2  |
| ห้องตรวจหมายเลข 6              | 22.4                                  | 37.3                                 | N/A                         | 11                                 | 4  |
| แผนกทันตกรรม                   | 16.4                                  | 26.0                                 | N/A                         | 38                                 | 7  |
| ห้องนวด                        | 9.4                                   | 19.9                                 | 1.96                        | 18                                 | 2  |
| ห้องพักฟื้นหลังคลอด            | 12.3                                  | 26.2                                 | N/A                         | 84                                 | 11   |
| ห้องคลอดพิเศษ                  | 12.0                                  | 26.7                                 | N/A                         | 105                                | 18   |
| ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม) | 17.9                                  | 23.5                                 | 2.22                        | 27                                 | 5  |
| ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม) | 21.0                                  | 33.6                                 | 2.16                        | 188                                | 4  |
| ห้อง 1501                      | 18.7                                  | 31.5                                 | 1.76                        | 27                                 | 5  |
| ห้อง 1503                      | 15.4                                  | 26.7                                 | 1.35                        | 40                                 | 9  |
| ห้อง 1506                      | 15.1                                  | 23.2                                 | 1.70                        | 38                                 | 11   |
| เคาน์เตอร์พยาบาล               | 23.8                                  | 31.2                                 | 4.36                        | 36                                 | 7  |

\*หมายเหตุ N/A = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ ข.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกครั้งที่ 2 (ต่อ)

| บริเวณจุดตรวจวัด                  | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACH<br>( $\text{hr}^{-1}$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)    | 29.5                                  | 35.7                                 | N/A                         | 109                                | 38   |
| ห้อง 1707                         | 38.9                                  | 60.0                                 | N/A                         | 34                                 | 11   |
| ห้อง 1710                         | 45.3                                  | 66.9                                 | N/A                         | 64                                 | 23   |
| ห้องที่ 7 ห้องตรวจอัลตราซาวด์     | 11.8                                  | 19.3                                 | N/A                         | 20                                 | 2  |
| ห้องที่ 9 ห้องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ | 11.4                                  | 22.6                                 | N/A                         | 16                                 | 4  |
| ห้องล้างฟิล์ม                     | 20.9                                  | 32.8                                 | N/A                         | 2                                  | 0  |
| ห้องตรวจ X-Ray                    | 21.8                                  | 41.5                                 | N/A                         | 25                                 | 7  |
| บริเวณคนไข้รอตรวจ                 | 18.5                                  | 29.8                                 | N/A                         | 31                                 | 14   |
| บริเวณหน้าโซฟา                    | 7.8                                   | 11.0                                 | N/A                         | 20                                 | 2  |
| ห้องเจ้าหน้าที่                   | 10.9                                  | 18.0                                 | 1.80                        | 29                                 | 9  |
| ห้องอิเล็กทรอนิกส์                | 8.0                                   | 10.7                                 | N/A                         | 9                                  | 2  |
| บริเวณโถงทางเดิน                  | 18.5                                  | 11.9                                 | N/A                         | 31                                 | 14   |
| ห้องปฐมพยาบาล บริเวณทางเดิน       | 12.1                                  | 39.7                                 | 2.30                        | 83                                 | 23   |
| ห้องผลิตยา แผนกปฐมพยาบาล          | 12.2                                  | 47.3                                 | 2.64                        | 132                                | 20   |
| ห้องธุรการแผนกปฐมพยาบาล           | 10.8                                  | 26.2                                 | 2.04                        | 38                                 | 9  |
| ห้องคลังเวชภัณฑ์ แผนกปฐมพยาบาล    | 9.2                                   | 18.2                                 | 1.68                        | 36                                 | 5  |
| ห้องภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก        | 4.7                                   | 13.2                                 | 1.26                        | 23                                 | 9  |
| ห้องงานเคมีคลินิก 1               | 6.2                                   | 19.8                                 | N/A                         | 22                                 | 2  |
| ห้องงานเคมีคลินิก 2               | 5.6                                   | 16.9                                 | N/A                         | 20                                 | 7  |
| ห้องงานเคมีคลินิก 3               | 4.7                                   | 13.9                                 | N/A                         | 13                                 | 4  |
| ห้องพยาธิวิทยา                    | 17.0                                  | 27.3                                 | 0.60                        | 9                                  | 0  |
| บริเวณทางเดินหน้าห้องฝ่ายพัสดุ    | 21.3                                  | 37.1                                 | N/A                         | 34                                 | 4  |
| ห้องสอบราคา                       | 20.8                                  | 27.5                                 | 2.04                        | 71                                 | 23   |
| ห้องคลังพัสดุ                     | 13.8                                  | 17.6                                 | 2.28                        | 25                                 | 4  |
| ห้องสำนักงานฝ่ายพัสดุ             | 10.2                                  | 14.1                                 | 2.04                        | 23                                 | 2  |

\*หมายเหตุ N/A = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ ข.3 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมครั้งที่ 1

| บริเวณจุดตรวจวัด | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACH<br>( $\text{hr}^{-1}$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| ห้อง common room | 6.9                                   | 14.3                                 | N/A                         | 43                                 | 7  |
| ห้องพักแพทย์ 1   | 9.2                                   | 19.3                                 | 3.78                        | 79                                 | 4  |
| ห้องพักแพทย์ 2   | 6.5                                   | 13.5                                 | N/A                         | 31                                 | 2  |
| ห้องพักแพทย์ 3   | 8.1                                   | 16.9                                 | N/A                         | 25                                 | 2  |
| จุดรับถ่ายคนไข้  | 14.0                                  | 29.1                                 | N/A                         | 47                                 | 2  |
| ห้องพักฟื้น      | 12.2                                  | 25.4                                 | N/A                         | 49                                 | 0  |
| ห้องคลอด 1       | 18.3                                  | 38.2                                 | N/A                         | 66                                 | 20   |
| ห้องรอคลอด       | 9.9                                   | 20.7                                 | N/A                         | 51                                 | 5  |

\*หมายเหตุ N/A = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ ข.4 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมครั้งที่ 2

| บริเวณจุดตรวจวัด | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACH<br>( $\text{hr}^{-1}$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| ห้อง common room | 12.4                                  | 21.1                                 | 2.57                        | 34                                 | 0  |
| ห้องพักแพทย์ 1   | 14.1                                  | 21.2                                 | 3.70                        | 73                                 | 11   |
| ห้องพักแพทย์ 2   | 19.6                                  | 28.1                                 | 3.00                        | 42                                 | 9  |
| ห้องพักแพทย์ 3   | 18.8                                  | 29.5                                 | 4.05                        | 32                                 | 7  |
| จุดรับถ่ายคนไข้  | 29.2                                  | 32.0                                 | N/A                         | 20                                 | 5  |
| ห้องพักฟื้น      | 28.8                                  | 31.3                                 | N/A                         | 32                                 | 5  |
| ห้องคลอด 1       | 9.7                                   | 19.1                                 | N/A                         | 20                                 | 13   |
| ห้องรอคลอด       | 11.1                                  | 17.4                                 | N/A                         | 34                                 | 2  |

\*หมายเหตุ N/A = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ ข.5 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมที่มี HEPA ครั้งที่ 1

| บริเวณจุดตรวจวัด    | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACH<br>( $\text{hr}^{-1}$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| ห้องผ่าตัด 1        | 0.3                                   | 0.6                                  | N/A                         | 2                                  | 0  |
| ห้องผ่าตัด 14       | 0.6                                   | 1.2                                  | N/A                         | 7                                  | 2  |
| ห้องผ่าตัด 5        | 0.9                                   | 1.8                                  | N/A                         | 4                                  | 0  |
| ห้องพักรักษาผู้ป่วย | 8.9                                   | 18.6                                 | N/A                         | 32                                 | 4  |

\*หมายเหตุ N/A = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ ข.6 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมที่มี HEPA ครั้งที่ 2

| บริเวณจุดตรวจวัด    | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACH<br>( $\text{hr}^{-1}$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| ห้องผ่าตัด 1        | 0.9                                   | 10.3                                 | N/A                         | 0                                  | 0  |
| ห้องผ่าตัด 14       | 0.4                                   | 4.1                                  | N/A                         | 0                                  | 0  |
| ห้องผ่าตัด 5        | 0.7                                   | 6.6                                  | N/A                         | 2                                  | 0  |
| ห้องพักรักษาผู้ป่วย | 0.3                                   | 1.2                                  | N/A                         | 0                                  | 0  |

\*หมายเหตุ N/A = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.7 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติครั้งที่ 1

| บริเวณจุดตรวจวัด          | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACH<br>( $\text{hr}^{-1}$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | 24.0                                  | 50.1                                 | N/A                         | 81                                 | 22   |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | 17.2                                  | 63.4                                 | N/A                         | 71                                 | 9  |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3 | 13.0                                  | 23.5                                 | N/A                         | 156                                | 5  |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 4 | 13.3                                  | 20.5                                 | N/A                         | 190                                | 13   |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | 12.9                                  | 43.7                                 | N/A                         | 241                                | 11   |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | 9.3                                   | 19.7                                 | N/A                         | 267                                | 36   |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3 | 5.7                                   | 15.1                                 | N/A                         | 356                                | 56   |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | 14.9                                  | 31.2                                 | N/A                         | 119                                | 9  |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | 16.1                                  | 29.3                                 | N/A                         | 123                                | 16   |
| ห้องผู้ป่วยวิธโรค         | 10.4                                  | 24.7                                 | N/A                         | 144                                | 5  |
| ห้อง common room          | 34.4                                  | 71.8                                 | 17.64                       | 62                                 | 9  |
| ห้อง rest room            | 34.4                                  | 71.8                                 | 25.14                       | 105                                | 22   |
| ห้อง 0719                 | 17.5                                  | 36.6                                 | 7.20                        | 66                                 | 7  |
| ห้อง 0704                 | 11.8                                  | 24.6                                 | 2.58                        | 90                                 | 7  |
| ห้อง common room          | 7.5                                   | 15.7                                 | 9.84                        | 71                                 | 7  |
| ห้อง rest room            | 1.6                                   | 3.3                                  | 11.58                       | 92                                 | 5  |
| ห้อง 0802                 | 9.4                                   | 19.5                                 | 4.98                        | 47                                 | 7  |
| ห้อง 0817                 | 10.6                                  | 22.0                                 | 3.54                        | 148                                | 13   |
| ห้อง 0904                 | 11.0                                  | 22.9                                 | 4.26                        | 299                                | 9  |
| ห้อง common room          | 5.3                                   | 11.2                                 | 2.40                        | 182                                | 14   |
| ห้อง 0903                 | 41.8                                  | 87.3                                 | 7.98                        | 132                                | 13   |
| ห้อง 0905                 | 7.0                                   | 14.6                                 | 11.34                       | 109                                | 13   |
| ห้อง 1001                 | 11.4                                  | 23.8                                 | 13.32                       | 43                                 | 7  |
| ห้อง 1002                 | 9.8                                   | 20.5                                 | 18.60                       | 73                                 | 5  |
| ห้อง 1004                 | 10.6                                  | 22.2                                 | 8.70                        | 92                                 | 5  |
| ห้อง common room ชั้น 10  | 8.6                                   | 17.9                                 | 21.60                       | 113                                | 9  |

\*หมายเหตุ N/A = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ ข.8 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติครั้งที่ 2

| บริเวณจุดตรวจวัด          | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ACH<br>( $\text{hr}^{-1}$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | 15.4                                  | 26.0                                 | N/A                         | 53                                 | 32   |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | 17.0                                  | 30.8                                 | N/A                         | 18                                 | 11   |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3 | 14.7                                  | 27.0                                 | N/A                         | 25                                 | 11   |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 4 | 17.8                                  | 31.0                                 | N/A                         | 34                                 | 16   |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | 17.7                                  | 35.8                                 | N/A                         | 101                                | 25   |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | 19.7                                  | 34.6                                 | N/A                         | 101                                | 31   |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3 | 19.2                                  | 33.4                                 | N/A                         | 43                                 | 9  |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1 | 35.2                                  | 55.5                                 | N/A                         | 43                                 | 20   |
| บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2 | 25.4                                  | 38.9                                 | N/A                         | 100                                | 31   |
| ห้องผู้ป่วยวิม โรค        | 24.6                                  | 37.5                                 | N/A                         | 96                                 | 29   |
| ห้อง common room          | 15.0                                  | 24.4                                 | 16.80                       | 81                                 | 16   |
| ห้อง rest room            | 17.7                                  | 39.7                                 | 5.28                        | 94                                 | 38   |
| ห้อง 0719                 | 17.2                                  | 26.9                                 | 13.32                       | 96                                 | 22   |
| ห้อง 0704                 | 15.3                                  | 35.3                                 | 6.60                        | 75                                 | 22   |
| ห้อง common room          | 18.0                                  | 31.7                                 | 7.02                        | 53                                 | 13   |
| ห้อง rest room            | 16.2                                  | 30.5                                 | 6.60                        | 77                                 | 18   |
| ห้อง 0802                 | 15.3                                  | 19.4                                 | 4.92                        | 51                                 | 11   |
| ห้อง 0817                 | 16.1                                  | 33.4                                 | 3.84                        | 77                                 | 23   |
| ห้อง 0904                 | 14.7                                  | 28.9                                 | 3.90                        | 69                                 | 36   |
| ห้อง common room          | 15.4                                  | 30.3                                 | 17.52                       | 94                                 | 38   |
| ห้อง 0903                 | 14.1                                  | 25.4                                 | 6.60                        | 73                                 | 11   |
| ห้อง 0905                 | 13.1                                  | 25.2                                 | 7.80                        | 49                                 | 14   |
| ห้อง 1001                 | 20.0                                  | 33.3                                 | 17.16                       | 49                                 | 14   |
| ห้อง 1002                 | 15.8                                  | 25.7                                 | 15.48                       | 69                                 | 18   |
| ห้อง 1004                 | 16.0                                  | 22.3                                 | 7.14                        | 40                                 | 4  |
| ห้อง common room ชั้น 10  | 19.3                                  | 30.6                                 | 15.54                       | 55                                 | 20   |

\*หมายเหตุ N/A = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ตารางที่ ข.9 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณภายนอกอาคาร

| บริเวณจุดตรวจวัด                            | PM2.5<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | เชื้อรารวม<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | <i>Aspergillus sp.</i><br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |
|---|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| ศาลฟ้าชั้น 21                               | 11.9                                  | 20.5                                 | 130                                | 13   |
| ศาลฟ้า ลานจอดเฮลิคอปเตอร์                   | 12.5                                  | 25.6                                 | 73                                 | 29   |
| ระเบียงแผนกศัลยกรรมกระดูกชาย ชั้น 10        | 23.5                                  | 37.3                                 | 47                                 | 11   |
| ระเบียงแผนกศัลยกรรมกระดูกชาย ชั้น 9         | 13.3                                  | 24.1                                 | 18                                 | 11   |
| จุดรับ-ส่งผู้ป่วยชั้น 2 อาคารอนุสรณ์ 100 ปี | 15.4                                  | 25.8                                 | 158                                | 69   |
| ระเบียงหอพักพยาบาล ชั้น 7                   | 33.5                                  | 17.2                                 | 45                                 | 11   |
| ระเบียงหอพักพยาบาล ชั้น 8                   | 37.1                                  | 17.9                                 | 73                                 | 11   |
| ระเบียงหอพักพยาบาล ชั้น 9                   | 31.6                                  | 19.7                                 | 32                                 | 4  |
| ระเบียงหอพักพยาบาล ชั้น 10                  | 32.6                                  | 15.1                                 | 47                                 | 11   |
| ลานออกกำลังกาย                              | 57.0                                  | 28.4                                 | 138                                | 62   |
| ข้างอาคารเอื้อประชา                         | 36.9                                  | 47.3                                 | 81                                 | 29   |

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและกราฟความสัมพันธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ๑.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบอัตราการผลิตเปลี่ยนอากาศ จำแนกตามระบบ  
ระบายอากาศ

### Test of Homogeneity of Variances

ACH

| Levene<br>Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|---------------------|-----|-----|------|
| 40.424              | 2   | 92  | .000 |

### Robust Tests of Equality of Means

ACH

|       | Statistic <sup>a</sup> | df1 | df2    | Sig. |
|-------|------------------------|-----|--------|------|
| Welch | 23.634                 | 2   | 22.089 | .000 |

a. Asymptotically F distributed.

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: ACH

Games-Howell

| (I) Air | (J) Air | Mean<br>Difference<br>(I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|---------|---------|-----------------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|         |         |                             |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| 1.00    | 2.00    | -.77448                     | .36069     | .123 | -1.7419                 | .1929       |
|         | 3.00    | -7.54886*                   | 1.09831    | .000 | -10.2402                | -4.8575     |
| 2.00    | 1.00    | .77448                      | .36069     | .123 | -.1929                  | 1.7419      |
|         | 3.00    | -6.77438*                   | 1.10751    | .000 | -9.4880                 | -4.0607     |
| 3.00    | 1.00    | 7.54886*                    | 1.09831    | .000 | 4.8575                  | 10.2402     |
|         | 2.00    | 6.77438*                    | 1.10751    | .000 | 4.0607                  | 9.4880      |

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

\*หมายเหตุ ระบบปรับอากาศ 1 = ระบบปรับอากาศแบบแยก

ระบบปรับอากาศ 2 = ระบบปรับอากาศแบบรวม

ระบบปรับอากาศ 3 = ระบบอากาศแบบธรรมชาติ

ตารางที่ ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของกิจกรรมที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก

#### Test of Homogeneity of Variances

ACH

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| 5.431            | 4   | 53  | .001 |

#### Robust Tests of Equality of Means

ACH

|       | Statistic <sup>a</sup> | df1 | df2    | Sig. |
|-------|------------------------|-----|--------|------|
| Welch | 2.798                  | 4   | 19.921 | .054 |

a. Asymptotically F distributed.

ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของห้องพักแพทย์ที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวม

#### Test of Homogeneity of Variances

ACH

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| .251             | 1   | 11  | .626 |

#### ANOVA

ACH

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Between Groups | 5.321          | 1  | 5.321       | 16.383 | .002 |
| Within Groups  | 3.572          | 11 | .325        |        |      |
| Total          | 8.893          | 12 |             |        |      |

ตารางที่ ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จำแนกตามระบบระบายอากาศ

#### Test of Homogeneity of Variances

|       | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------|------------------|-----|-----|------|
| PM2.5 | 1.610            | 2   | 223 | .202 |
| PM10  | 3.171            | 2   | 223 | .044 |

#### ANOVA

|       |                | Sum of Squares | df  | Mean Square | F     | Sig. |
|-------|----------------|----------------|-----|-------------|-------|------|
| PM2.5 | Between Groups | 517.459        | 2   | 258.729     | 3.953 | .021 |
|       | Within Groups  | 14594.516      | 223 | 65.446      |       |      |
|       | Total          | 15111.975      | 225 |             |       |      |
| PM10  | Between Groups | 1844.885       | 2   | 922.443     | 3.779 | .024 |
|       | Within Groups  | 54432.339      | 223 | 244.091     |       |      |
|       | Total          | 56277.224      | 225 |             |       |      |

#### Robust Tests of Equality of Means

|       |       | Statistic <sup>a</sup> | df1 | df2    | Sig. |
|-------|-------|------------------------|-----|--------|------|
| PM2.5 | Welch | 4.165                  | 2   | 40.128 | .023 |
| PM10  | Welch | 4.289                  | 2   | 54.468 | .019 |

a. Asymptotically F distributed.

## Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

| Games-Howell       |         |         |             | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |         |
|--------------------|---------|---------|-------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|---------|
| Dependent Variable | (I) Air | (J) Air | Lower Bound |                       |            |      | Upper Bound             |         |
| PM2.5              | 1.00    | 2.00    |             | -1.82532              | 1.87185    | .601 | -6.5693                 | 2.9187  |
|                    |         | 3.00    |             | -3.59070*             | 1.24843    | .014 | -6.5636                 | -.6178  |
|                    | 2.00    | 1.00    |             | 1.82532               | 1.87185    | .601 | -2.9187                 | 6.5693  |
|                    |         | 3.00    |             | -1.76538              | 2.04558    | .668 | -6.8383                 | 3.3075  |
|                    | 3.00    | 1.00    |             | 3.59070*              | 1.24843    | .014 | .6178                   | 6.5636  |
|                    |         | 2.00    |             | 1.76538               | 2.04558    | .668 | -3.3075                 | 6.8383  |
| PM10               | 1.00    | 2.00    |             | .91036                | 2.20067    | .910 | -4.4825                 | 6.3033  |
|                    |         | 3.00    |             | -6.68242*             | 2.51449    | .025 | -12.6744                | -.6904  |
|                    | 2.00    | 1.00    |             | -.91036               | 2.20067    | .910 | -6.3033                 | 4.4825  |
|                    |         | 3.00    |             | -7.59279*             | 2.79896    | .024 | -14.3318                | -.8537  |
|                    | 3.00    | 1.00    |             | 6.68242*              | 2.51449    | .025 | .6904                   | 12.6744 |
|                    |         | 2.00    |             | 7.59279*              | 2.79896    | .024 | .8537                   | 14.3318 |

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

\*หมายเหตุ ระบบปรับอากาศ 1 = ระบบปรับอากาศแบบแยก

ระบบปรับอากาศ 2 = ระบบปรับอากาศแบบรวม

ระบบปรับอากาศ 3 = ระบบอากาศแบบธรรมชาติ

ตารางที่ ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของกิจกรรมที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก

#### Test of Homogeneity of Variances

|       | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------|------------------|-----|-----|------|
| PM2.5 | 3.307            | 4   | 153 | .012 |
| PM10  | 2.010            | 4   | 153 | .096 |

#### ANOVA

|       |                | Sum of Squares | df  | Mean Square | F     | Sig. |
|-------|----------------|----------------|-----|-------------|-------|------|
| PM2.5 | Between Groups | 1492.467       | 4   | 373.117     | 5.420 | .000 |
|       | Within Groups  | 10532.624      | 153 | 68.841      |       |      |
|       | Total          | 12025.090      | 157 |             |       |      |
| PM10  | Between Groups | 5575.827       | 4   | 1393.957    | 5.967 | .000 |
|       | Within Groups  | 35743.734      | 153 | 233.619     |       |      |
|       | Total          | 41319.561      | 157 |             |       |      |

#### Robust Tests of Equality of Means

|       |       | Statistic <sup>a</sup> | df1 | df2    | Sig. |
|-------|-------|------------------------|-----|--------|------|
| PM2.5 | Welch | 6.369                  | 4   | 40.319 | .000 |
| PM10  | Welch | 7.956                  | 4   | 47.114 | .000 |

a. Asymptotically F distributed.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนของกิจกรรมที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก (ต่อ)

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

| Games-Howell       |              |              |                       |            |      |                         |             |
|--------------------|--------------|--------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| Dependent Variable | (I) Activity | (J) Activity | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|                    |              |              |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| PM2.5              | 1.00         | 2.00         | -3.71362              | 1.69150    | .191 | -8.4248                 | .9975       |
|                    |              | 3.00         | -5.22489              | 2.97260    | .416 | -13.8475                | 3.3977      |
|                    |              | 4.00         | 3.06627               | 1.53390    | .277 | -1.2248                 | 7.3574      |
|                    |              | 5.00         | 2.45238               | 2.27875    | .815 | -4.6757                 | 9.5804      |
|                    | 2.00         | 1.00         | 3.71362               | 1.69150    | .191 | -.9975                  | 8.4248      |
|                    |              | 3.00         | -1.51127              | 2.94156    | .985 | -10.0623                | 7.0398      |
|                    |              | 4.00         | 6.77989*              | 1.47286    | .000 | 2.6733                  | 10.8865     |
|                    |              | 5.00         | 6.16600               | 2.23812    | .099 | -.8977                  | 13.2297     |
|                    | 3.00         | 1.00         | 5.22489               | 2.97260    | .416 | -3.3977                 | 13.8475     |
|                    |              | 2.00         | 1.51127               | 2.94156    | .985 | -7.0398                 | 10.0623     |
|                    |              | 4.00         | 8.29116               | 2.85386    | .053 | -.0699                  | 16.6523     |
|                    |              | 5.00         | 7.67727               | 3.31426    | .171 | -2.0031                 | 17.3577     |
|                    | 4.00         | 1.00         | -3.06627              | 1.53390    | .277 | -7.3574                 | 1.2248      |
|                    |              | 2.00         | -6.77989*             | 1.47286    | .000 | -10.8865                | -2.6733     |
|                    |              | 3.00         | -8.29116              | 2.85386    | .053 | -16.6523                | .0699       |
|                    |              | 5.00         | -.61389               | 2.12152    | .998 | -7.5420                 | 6.3143      |
|                    | 5.00         | 1.00         | -2.45238              | 2.27875    | .815 | -9.5804                 | 4.6757      |
|                    |              | 2.00         | -6.16600              | 2.23812    | .099 | -13.2297                | .8977       |
|                    |              | 3.00         | -7.67727              | 3.31426    | .171 | -17.3577                | 2.0031      |
|                    |              | 4.00         | .61389                | 2.12152    | .998 | -6.3143                 | 7.5420      |
| PM10               | 1.00         | 2.00         | -10.76771*            | 3.52895    | .025 | -20.6092                | -.9262      |
|                    |              | 3.00         | -4.61299              | 4.21919    | .809 | -16.5585                | 7.3325      |
|                    |              | 4.00         | 3.49762               | 3.45871    | .849 | -6.1745                 | 13.1697     |
|                    |              | 5.00         | 5.68929               | 3.62147    | .527 | -4.8312                 | 16.2098     |
|                    | 2.00         | 1.00         | 10.76771*             | 3.52895    | .025 | .9262                   | 20.6092     |
|                    |              | 3.00         | 6.15473               | 3.90536    | .521 | -4.9760                 | 17.2855     |
|                    |              | 4.00         | 14.26533*             | 3.06805    | .000 | 5.7093                  | 22.8213     |
|                    |              | 5.00         | 16.45700*             | 3.25044    | .000 | 6.8246                  | 26.0894     |
|                    | 3.00         | 1.00         | 4.61299               | 4.21919    | .809 | -7.3325                 | 16.5585     |
|                    |              | 2.00         | -6.15473              | 3.90536    | .521 | -17.2855                | 4.9760      |
|                    |              | 4.00         | 8.11061               | 3.84201    | .236 | -2.8787                 | 19.0999     |
|                    |              | 5.00         | 10.30227              | 3.98917    | .103 | -1.3638                 | 21.9683     |
|                    | 4.00         | 1.00         | -3.49762              | 3.45871    | .849 | -13.1697                | 6.1745      |
|                    |              | 2.00         | -14.26533*            | 3.06805    | .000 | -22.8213                | -5.7093     |
|                    |              | 3.00         | -8.11061              | 3.84201    | .236 | -19.0999                | 2.8787      |
|                    |              | 5.00         | 2.19167               | 3.17405    | .956 | -7.3055                 | 11.6888     |
|                    | 5.00         | 1.00         | -5.68929              | 3.62147    | .527 | -16.2098                | 4.8312      |
|                    |              | 2.00         | -16.45700*            | 3.25044    | .000 | -26.0894                | -6.8246     |
|                    |              | 3.00         | -10.30227             | 3.98917    | .103 | -21.9683                | 1.3638      |
|                    |              | 4.00         | -2.19167              | 3.17405    | .956 | -11.6888                | 7.3055      |

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

\*หมายเหตุ กิจกรรมที่ 1 = บริหารงานทั่วไป      2 = แผนกผู้ป่วยนอก      3 = แผนกผู้ป่วยใน  
กิจกรรมที่ 4 = ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์      5 = ห้องพักแพทย์      6 = ห้องพักรักษาพยาบาล

ตารางที่ ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของกิจกรรมที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

#### Test of Homogeneity of Variances

|       | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------|------------------|-----|-----|------|
| PM2.5 | 5.075            | 2   | 21  | .016 |
| PM10  | .436             | 2   | 21  | .652 |

#### ANOVA

|       |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
|-------|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| PM2.5 | Between Groups | 945.190        | 2  | 472.595     | 14.016 | .000 |
|       | Within Groups  | 708.095        | 21 | 33.719      |        |      |
|       | Total          | 1653.285       | 23 |             |        |      |
| PM10  | Between Groups | 1883.508       | 2  | 941.754     | 22.395 | .000 |
|       | Within Groups  | 883.109        | 21 | 42.053      |        |      |
|       | Total          | 2766.616       | 23 |             |        |      |

#### Robust Tests of Equality of Means

|       |       | Statistic <sup>a</sup> | df1 | df2    | Sig. |
|-------|-------|------------------------|-----|--------|------|
| PM2.5 | Welch | 19.584                 | 2   | 12.208 | .000 |
| PM10  | Welch | 20.936                 | 2   | 13.900 | .000 |

a. Asymptotically F distributed.

## Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

| Dependent Variable | (I) Activity | (J) Activity | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|--------------------|--------------|--------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|                    |              |              |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| PM2.5              | 1.00         | 2.00         | -4.70000              | 3.39958    | .380 | -13.7794                | 4.3794      |
|                    |              | 3.00         | 10.32500*             | 2.10762    | .001 | 4.6407                  | 16.0093     |
|                    | 2.00         | 1.00         | 4.70000               | 3.39958    | .380 | -4.3794                 | 13.7794     |
|                    |              | 3.00         | 15.02500*             | 3.04794    | .002 | 6.4838                  | 23.5662     |
|                    | 3.00         | 1.00         | -10.32500*            | 2.10762    | .001 | -16.0093                | -4.6407     |
|                    |              | 2.00         | -15.02500*            | 3.04794    | .002 | -23.5662                | -6.4838     |
| PM10               | 1.00         | 2.00         | -6.16250              | 3.30213    | .187 | -14.8485                | 2.5235      |
|                    |              | 3.00         | 14.93750*             | 3.02941    | .001 | 7.0054                  | 22.8696     |
|                    | 2.00         | 1.00         | 6.16250               | 3.30213    | .187 | -2.5235                 | 14.8485     |
|                    |              | 3.00         | 21.10000*             | 3.38500    | .000 | 12.2175                 | 29.9825     |
|                    | 3.00         | 1.00         | -14.93750*            | 3.02941    | .001 | -22.8696                | -7.0054     |
|                    |              | 2.00         | -21.10000*            | 3.38500    | .000 | -29.9825                | -12.2175    |

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

\*หมายเหตุ กิจกรรมที่ 1 = ห้องพักแพทย์ 2 = แผนกผู้ป่วยใน 3 = แผนกผู้ป่วยใน (HEPA)

ตารางที่ ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของแผนกผู้ป่วยในและห้องพักแพทย์ที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

**Test of Homogeneity of Variances**

|       | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------|------------------|-----|-----|------|
| PM2.5 | 1.947            | 1   | 14  | .185 |
| PM10  | .793             | 1   | 14  | .388 |

**ANOVA**

|       |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig. |
|-------|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| PM2.5 | Between Groups | 88.360         | 1  | 88.360      | 1.911 | .188 |
|       | Within Groups  | 647.200        | 14 | 46.229      |       |      |
|       | Total          | 735.560        | 15 |             |       |      |
| PM10  | Between Groups | 151.906        | 1  | 151.906     | 3.483 | .083 |
|       | Within Groups  | 610.629        | 14 | 43.616      |       |      |
|       | Total          | 762.534        | 15 |             |       |      |

ตารางที่ ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของกิจกรรมที่ใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ

**Test of Homogeneity of Variances**

|       | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------|------------------|-----|-----|------|
| PM2.5 | .169             | 1   | 50  | .683 |
| PM10  | .354             | 1   | 50  | .554 |

**ANOVA**

|       |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F    | Sig. |
|-------|----------------|----------------|----|-------------|------|------|
| PM2.5 | Between Groups | 40.016         | 1  | 40.016      | .683 | .412 |
|       | Within Groups  | 2929.082       | 50 | 58.582      |      |      |
|       | Total          | 2969.098       | 51 |             |      |      |
| PM10  | Between Groups | 190.878        | 1  | 190.878     | .785 | .380 |
|       | Within Groups  | 12159.365      | 50 | 243.187     |      |      |
|       | Total          | 12350.243      | 51 |             |      |      |

ตารางที่ ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในและภายนอกอาคาร

**Test of Homogeneity of Variances**

|       | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------|------------------|-----|-----|------|
| PM2.5 | .003             | 1   | 242 | .956 |
| PM10  | .344             | 1   | 242 | .558 |

**ANOVA**

|       |                | Sum of Squares | df  | Mean Square | F     | Sig. |
|-------|----------------|----------------|-----|-------------|-------|------|
| PM2.5 | Between Groups | 269.404        | 1   | 269.404     | 3.841 | .051 |
|       | Within Groups  | 16973.664      | 242 | 70.139      |       |      |
|       | Total          | 17243.068      | 243 |             |       |      |
| PM10  | Between Groups | 414.057        | 1   | 414.057     | 1.635 | .202 |
|       | Within Groups  | 61280.993      | 242 | 253.227     |       |      |
|       | Total          | 61695.050      | 243 |             |       |      |

ตารางที่ ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจำแนกตามฤดูกาล

**Test of Homogeneity of Variances**

|       | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------|------------------|-----|-----|------|
| PM2.5 | 5.778            | 1   | 232 | .017 |
| PM10  | .177             | 1   | 232 | .674 |

**ANOVA**

|       |                | Sum of Squares | df  | Mean Square | F      | Sig. |
|-------|----------------|----------------|-----|-------------|--------|------|
| PM2.5 | Between Groups | 4440.925       | 1   | 4440.925    | 87.249 | .000 |
|       | Within Groups  | 11808.711      | 232 | 50.900      |        |      |
|       | Total          | 16249.636      | 233 |             |        |      |
| PM10  | Between Groups | 8646.247       | 1   | 8646.247    | 39.240 | .000 |
|       | Within Groups  | 51119.613      | 232 | 220.343     |        |      |
|       | Total          | 59765.860      | 233 |             |        |      |

**Robust Tests of Equality of Means**

|       |       | Statistic <sup>a</sup> | df1 | df2     | Sig. |
|-------|-------|------------------------|-----|---------|------|
| PM2.5 | Welch | 87.249                 | 1   | 222.438 | .000 |
| PM10  | Welch | 39.240                 | 1   | 229.750 | .000 |

a. Asymptotically F distributed.



ตารางที่ ค.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* จำแนกตามระบบระบายอากาศ

Test of Homogeneity of Variances

|             | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------------|------------------|-----|-----|------|
| Fungi       | 3.703            | 2   | 223 | .026 |
| Aspergillus | 1.972            | 2   | 223 | .142 |

ANOVA

|             |                | Sum of Squares | df  | Mean Square | F     | Sig. |
|-------------|----------------|----------------|-----|-------------|-------|------|
| Fungi       | Between Groups | 61980.702      | 2   | 30990.351   | 9.951 | .000 |
|             | Within Groups  | 694503.7       | 223 | 3114.367    |       |      |
|             | Total          | 756484.4       | 225 |             |       |      |
| Aspergillus | Between Groups | 1955.329       | 2   | 977.664     | 8.075 | .000 |
|             | Within Groups  | 27000.711      | 223 | 121.079     |       |      |
|             | Total          | 28956.040      | 225 |             |       |      |

Robust Tests of Equality of Means

|             |       | Statistic <sup>a</sup> | df1 | df2    | Sig. |
|-------------|-------|------------------------|-----|--------|------|
| Fungi       | Welch | 17.126                 | 2   | 68.086 | .000 |
| Aspergillus | Welch | 14.094                 | 2   | 52.380 | .000 |

a. Asymptotically F distributed.

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

| Games-Howell       |         |         |             | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |          |
|--------------------|---------|---------|-------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|----------|
| Dependent Variable | (I) Air | (J) Air | Lower Bound |                       |            |      | Upper Bound             |          |
| Fungi              | 1.00    | 2.00    |             | 22.53639*             | 6.18103    | .002 | 7.6184                  | 37.4543  |
|                    |         | 3.00    |             | -34.85784*            | 10.33489   | .003 | -59.5811                | -10.1346 |
|                    | 2.00    | 1.00    |             | -22.53639*            | 6.18103    | .002 | -37.4543                | -7.6184  |
|                    |         | 3.00    |             | -57.39423*            | 10.40766   | .000 | -82.3550                | -32.4335 |
|                    | 3.00    | 1.00    |             | 34.85784*             | 10.33489   | .003 | 10.1346                 | 59.5811  |
|                    |         | 2.00    |             | 57.39423*             | 10.40766   | .000 | 32.4335                 | 82.3550  |
| Aspergillus        | 1.00    | 2.00    |             | 4.92247*              | 1.60890    | .012 | .9663                   | 8.8786   |
|                    |         | 3.00    |             | -5.87561*             | 1.77398    | .004 | -10.1033                | -1.6479  |
|                    | 2.00    | 1.00    |             | -4.92247*             | 1.60890    | .012 | -8.8786                 | -.9663   |
|                    |         | 3.00    |             | -10.79808*            | 2.02230    | .000 | -15.6736                | -5.9226  |
|                    | 3.00    | 1.00    |             | 5.87561*              | 1.77398    | .004 | 1.6479                  | 10.1033  |
|                    |         | 2.00    |             | 10.79808*             | 2.02230    | .000 | 5.9226                  | 15.6736  |

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

\*หมายเหตุ ระบบปรับอากาศ 1 = ระบบปรับอากาศแบบแยก

ระบบปรับอากาศ 2 = ระบบปรับอากาศแบบรวม

ระบบปรับอากาศ 3 = ระบายอากาศแบบธรรมชาติ

ตารางที่ ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ของกิจกรรมที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก

**Test of Homogeneity of Variances**

|             | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------------|------------------|-----|-----|------|
| Fungi       | 3.951            | 4   | 153 | .004 |
| Aspergillus | 1.886            | 4   | 153 | .116 |

**ANOVA**

|             |                | Sum of Squares | df  | Mean Square | F     | Sig. |
|-------------|----------------|----------------|-----|-------------|-------|------|
| Fungi       | Between Groups | 45022.851      | 4   | 11255.713   | 4.199 | .003 |
|             | Within Groups  | 410113.9       | 153 | 2680.483    |       |      |
|             | Total          | 455136.8       | 157 |             |       |      |
| Aspergillus | Between Groups | 446.882        | 4   | 111.720     | .856  | .492 |
|             | Within Groups  | 19966.637      | 153 | 130.501     |       |      |
|             | Total          | 20413.519      | 157 |             |       |      |

**Robust Tests of Equality of Means**

|             |       | Statistic <sup>a</sup> | df1 | df2    | Sig. |
|-------------|-------|------------------------|-----|--------|------|
| Fungi       | Welch | 7.435                  | 4   | 51.215 | .000 |
| Aspergillus | Welch | 2.214                  | 4   | 44.035 | .083 |

a. Asymptotically F distributed.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ของกิจกรรมที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก (ต่อ)

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

Games-Howell

| Dependent Variable | (I) Activity | (J) Activity | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig.  | 95% Confidence Interval |             |
|--------------------|--------------|--------------|-----------------------|------------|-------|-------------------------|-------------|
|                    |              |              |                       |            |       | Lower Bound             | Upper Bound |
| Fungi              | 1.00         | 2.00         | -13.47333             | 7.81018    | .424  | -35.2523                | 8.3056      |
|                    |              | 3.00         | -43.83333             | 22.03056   | .300  | -108.6387               | 20.9720     |
|                    |              | 4.00         | 4.55556               | 9.94320    | .991  | -23.3078                | 32.4189     |
|                    |              | 5.00         | 21.41667              | 7.72246    | .064  | -.8711                  | 43.7044     |
|                    | 2.00         | 1.00         | 13.47333              | 7.81018    | .424  | -8.3056                 | 35.2523     |
|                    |              | 3.00         | -30.36000             | 21.75636   | .636  | -94.5995                | 33.8795     |
|                    |              | 4.00         | 18.02889              | 9.31993    | .311  | -8.1678                 | 44.2256     |
|                    |              | 5.00         | 34.89000*             | 6.90147    | .000  | 14.6554                 | 55.1246     |
|                    | 3.00         | 1.00         | 43.83333              | 22.03056   | .300  | -20.9720                | 108.6387    |
|                    |              | 2.00         | 30.36000              | 21.75636   | .636  | -33.8795                | 94.5995     |
|                    |              | 4.00         | 48.38889              | 22.60990   | .233  | -17.6594                | 114.4372    |
|                    |              | 5.00         | 65.25000*             | 21.72503   | .045  | 1.0386                  | 129.4614    |
|                    | 4.00         | 1.00         | -4.55556              | 9.94320    | .991  | -32.4189                | 23.3078     |
|                    |              | 2.00         | -18.02889             | 9.31993    | .311  | -44.2256                | 8.1678      |
|                    |              | 3.00         | -48.38889             | 22.60990   | .233  | -114.4372               | 17.6594     |
|                    |              | 5.00         | 16.86111              | 9.24655    | .375  | -9.5802                 | 43.3024     |
|                    | 5.00         | 1.00         | -21.41667             | 7.72246    | .064  | -43.7044                | .8711       |
|                    |              | 2.00         | -34.89000*            | 6.90147    | .000  | -55.1246                | -14.6554    |
|                    |              | 3.00         | -65.25000*            | 21.72503   | .045  | -129.4614               | -1.0386     |
|                    |              | 4.00         | -16.86111             | 9.24655    | .375  | -43.3024                | 9.5802      |
| Aspergillus        | 1.00         | 2.00         | 1.35143               | 2.36167    | .979  | -5.2789                 | 7.9818      |
|                    |              | 3.00         | -2.79221              | 2.77340    | .851  | -10.5946                | 5.0102      |
|                    |              | 4.00         | -.06746               | 3.23106    | 1.000 | -9.1099                 | 8.9750      |
|                    |              | 5.00         | 4.94643               | 2.79405    | .410  | -3.1965                 | 13.0894     |
|                    | 2.00         | 1.00         | -1.35143              | 2.36167    | .979  | -7.9818                 | 5.2789      |
|                    |              | 3.00         | -4.14364              | 2.14839    | .320  | -10.3002                | 2.0129      |
|                    |              | 4.00         | -1.41889              | 2.71359    | .985  | -9.1018                 | 6.2640      |
|                    |              | 5.00         | 3.59500               | 2.17498    | .493  | -3.2770                 | 10.4670     |
|                    | 3.00         | 1.00         | 2.79221               | 2.77340    | .851  | -5.0102                 | 10.5946     |
|                    |              | 2.00         | 4.14364               | 2.14839    | .320  | -2.0129                 | 10.3002     |
|                    |              | 4.00         | 2.72475               | 3.07861    | .901  | -5.9532                 | 11.4027     |
|                    |              | 5.00         | 7.73864               | 2.61626    | .053  | -.0672                  | 15.5445     |
|                    | 4.00         | 1.00         | .06746                | 3.23106    | 1.000 | -8.9750                 | 9.1099      |
|                    |              | 2.00         | 1.41889               | 2.71359    | .985  | -6.2640                 | 9.1018      |
|                    |              | 3.00         | -2.72475              | 3.07861    | .901  | -11.4027                | 5.9532      |
|                    |              | 5.00         | 5.01389               | 3.09723    | .496  | -3.9211                 | 13.9489     |
|                    | 5.00         | 1.00         | -4.94643              | 2.79405    | .410  | -13.0894                | 3.1965      |
|                    |              | 2.00         | -3.59500              | 2.17498    | .493  | -10.4670                | 3.2770      |
|                    |              | 3.00         | -7.73864              | 2.61626    | .053  | -15.5445                | .0672       |
|                    |              | 4.00         | -5.01389              | 3.09723    | .496  | -13.9489                | 3.9211      |

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

\*หมายเหตุ กิจกรรมที่ 1 = บริหารงานทั่วไป      2 = แผนกผู้ป่วยนอก      3 = แผนกผู้ป่วยใน  
 กิจกรรมที่ 4 = ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์      5 = ห้องพักรักษา      6 = ห้องพักรักษาพยาบาล

ตารางที่ ค.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ของกิจกรรมที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

#### Test of Homogeneity of Variances

|             | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------------|------------------|-----|-----|------|
| Fungi       | 1.994            | 2   | 21  | .161 |
| Aspergillus | 4.572            | 2   | 21  | .022 |

#### ANOVA

|             |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
|-------------|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Fungi       | Between Groups | 7205.333       | 2  | 3602.667    | 13.789 | .000 |
|             | Within Groups  | 5486.625       | 21 | 261.268     |        |      |
|             | Total          | 12691.958      | 23 |             |        |      |
| Aspergillus | Between Groups | 146.333        | 2  | 73.167      | 3.548  | .047 |
|             | Within Groups  | 433.000        | 21 | 20.619      |        |      |
|             | Total          | 579.333        | 23 |             |        |      |

#### Robust Tests of Equality of Means

|             |       | Statistic <sup>a</sup> | df1 | df2    | Sig. |
|-------------|-------|------------------------|-----|--------|------|
| Fungi       | Welch | 17.970                 | 2   | 13.096 | .000 |
| Aspergillus | Welch | 6.639                  | 2   | 10.899 | .013 |

a. Asymptotically F distributed.

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

##### Games-Howell

| Dependent Variable | (I) Activity | (J) Activity | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|--------------------|--------------|--------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
|                    |              |              |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| Fungi              | 1.00         | 2.00         | 5.00000               | 9.12781    | .849 | -19.0190                | 29.0190     |
|                    |              | 3.00         | 39.00000*             | 8.08410    | .002 | 17.0863                 | 60.9137     |
|                    | 2.00         | 1.00         | -5.00000              | 9.12781    | .849 | -29.0190                | 19.0190     |
|                    |              | 3.00         | 34.00000*             | 6.87614    | .001 | 15.7026                 | 52.2974     |
|                    | 3.00         | 1.00         | -39.00000*            | 8.08410    | .002 | -60.9137                | -17.0863    |
|                    |              | 2.00         | -34.00000*            | 6.87614    | .001 | -52.2974                | -15.7026    |
| Aspergillus        | 1.00         | 2.00         | -1.25000              | 2.73045    | .892 | -8.6087                 | 6.1087      |
|                    |              | 3.00         | 4.50000*              | 1.45774    | .031 | .4342                   | 8.5658      |
|                    | 2.00         | 1.00         | 1.25000               | 2.73045    | .892 | -6.1087                 | 8.6087      |
|                    |              | 3.00         | 5.75000               | 2.42568    | .104 | -1.2404                 | 12.7404     |
|                    | 3.00         | 1.00         | -4.50000*             | 1.45774    | .031 | -8.5658                 | -.4342      |
|                    |              | 2.00         | -5.75000              | 2.42568    | .104 | -12.7404                | 1.2404      |

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

\*หมายเหตุ กิจกรรมที่ 1 = ห้องพักแพทย์ 2 = แผนกผู้ป่วยใน 3 = แผนกผู้ป่วยใน (HEPA)

ตารางที่ ค.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ของกิจกรรมที่ใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ

**Test of Homogeneity of Variances**

|             | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------------|------------------|-----|-----|------|
| Fungi       | 6.594            | 1   | 50  | .013 |
| Aspergillus | 3.256            | 1   | 50  | .077 |

**ANOVA**

|             |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig. |
|-------------|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| Fungi       | Between Groups | 10920.556      | 1  | 10920.556   | 2.441 | .125 |
|             | Within Groups  | 223680.7       | 50 | 4473.614    |       |      |
|             | Total          | 234601.2       | 51 |             |       |      |
| Aspergillus | Between Groups | 328.017        | 1  | 328.017     | 2.811 | .100 |
|             | Within Groups  | 5835.425       | 50 | 116.709     |       |      |
|             | Total          | 6163.442       | 51 |             |       |      |

**Robust Tests of Equality of Means**

|             |       | Statistic <sup>a</sup> | df1 | df2    | Sig. |
|-------------|-------|------------------------|-----|--------|------|
| Fungi       | Welch | 1.909                  | 1   | 26.631 | .179 |
| Aspergillus | Welch | 2.411                  | 1   | 31.110 | .131 |

a. Asymptotically F distributed.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* ภายในและภายนอกอาคาร

**Test of Homogeneity of Variances**

|             | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------------|------------------|-----|-----|------|
| Fungi       | .096             | 1   | 242 | .757 |
| Aspergillus | 13.873           | 1   | 242 | .000 |

**ANOVA**

|             |                | Sum of Squares | df  | Mean Square | F     | Sig. |
|-------------|----------------|----------------|-----|-------------|-------|------|
| Fungi       | Between Groups | 2.778          | 1   | 2.778       | .001  | .977 |
|             | Within Groups  | 812448.6       | 242 | 3357.226    |       |      |
|             | Total          | 812451.4       | 243 |             |       |      |
| Aspergillus | Between Groups | 971.854        | 1   | 971.854     | 6.695 | .010 |
|             | Within Groups  | 35126.978      | 242 | 145.153     |       |      |
|             | Total          | 36098.832      | 243 |             |       |      |

**Robust Tests of Equality of Means**

|             |       | Statistic <sup>a</sup> | df1 | df2    | Sig. |
|-------------|-------|------------------------|-----|--------|------|
| Fungi       | Welch | .001                   | 1   | 11.226 | .975 |
| Aspergillus | Welch | 1.883                  | 1   | 10.228 | .199 |

a. Asymptotically F distributed.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อรารวมและเชื้อรา *Aspergillus sp.* จำแนกตามฤดูกาล

**Test of Homogeneity of Variances**

|             | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-------------|------------------|-----|-----|------|
| Fungi       | 9.091            | 1   | 232 | .003 |
| Aspergillus | 1.880            | 1   | 232 | .172 |

**ANOVA**

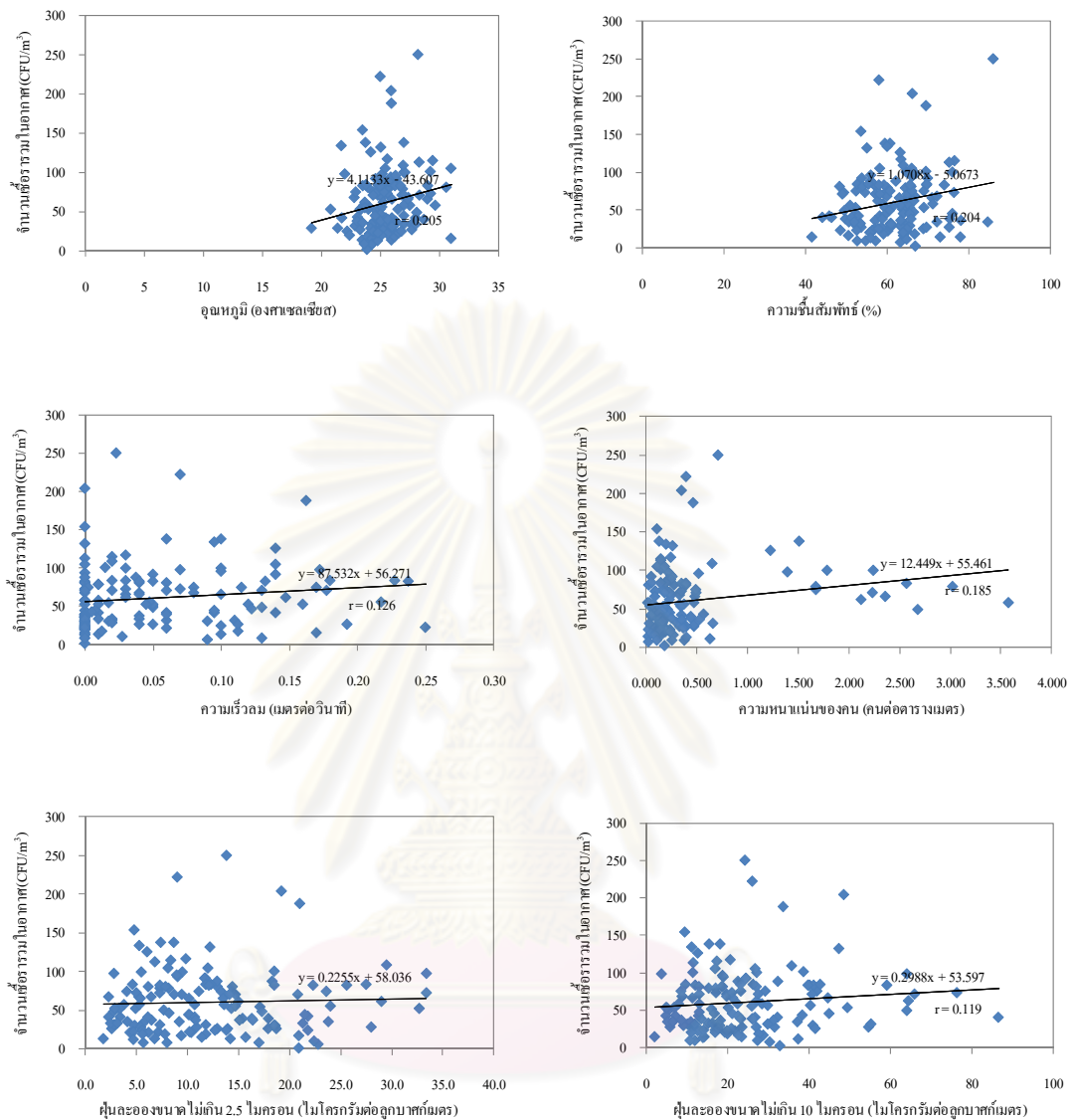
|             |                | Sum of Squares | df  | Mean Square | F      | Sig. |
|-------------|----------------|----------------|-----|-------------|--------|------|
| Fungi       | Between Groups | 52800.107      | 1   | 52800.107   | 16.607 | .000 |
|             | Within Groups  | 737614.6       | 232 | 3179.373    |        |      |
|             | Total          | 790414.7       | 233 |             |        |      |
| Aspergillus | Between Groups | 588.209        | 1   | 588.209     | 4.653  | .032 |
|             | Within Groups  | 29326.906      | 232 | 126.409     |        |      |
|             | Total          | 29915.115      | 233 |             |        |      |

**Robust Tests of Equality of Means**

|             |       | Statistic <sup>a</sup> | df1 | df2     | Sig. |
|-------------|-------|------------------------|-----|---------|------|
| Fungi       | Welch | 16.607                 | 1   | 181.012 | .000 |
| Aspergillus | Welch | 4.653                  | 1   | 230.175 | .032 |

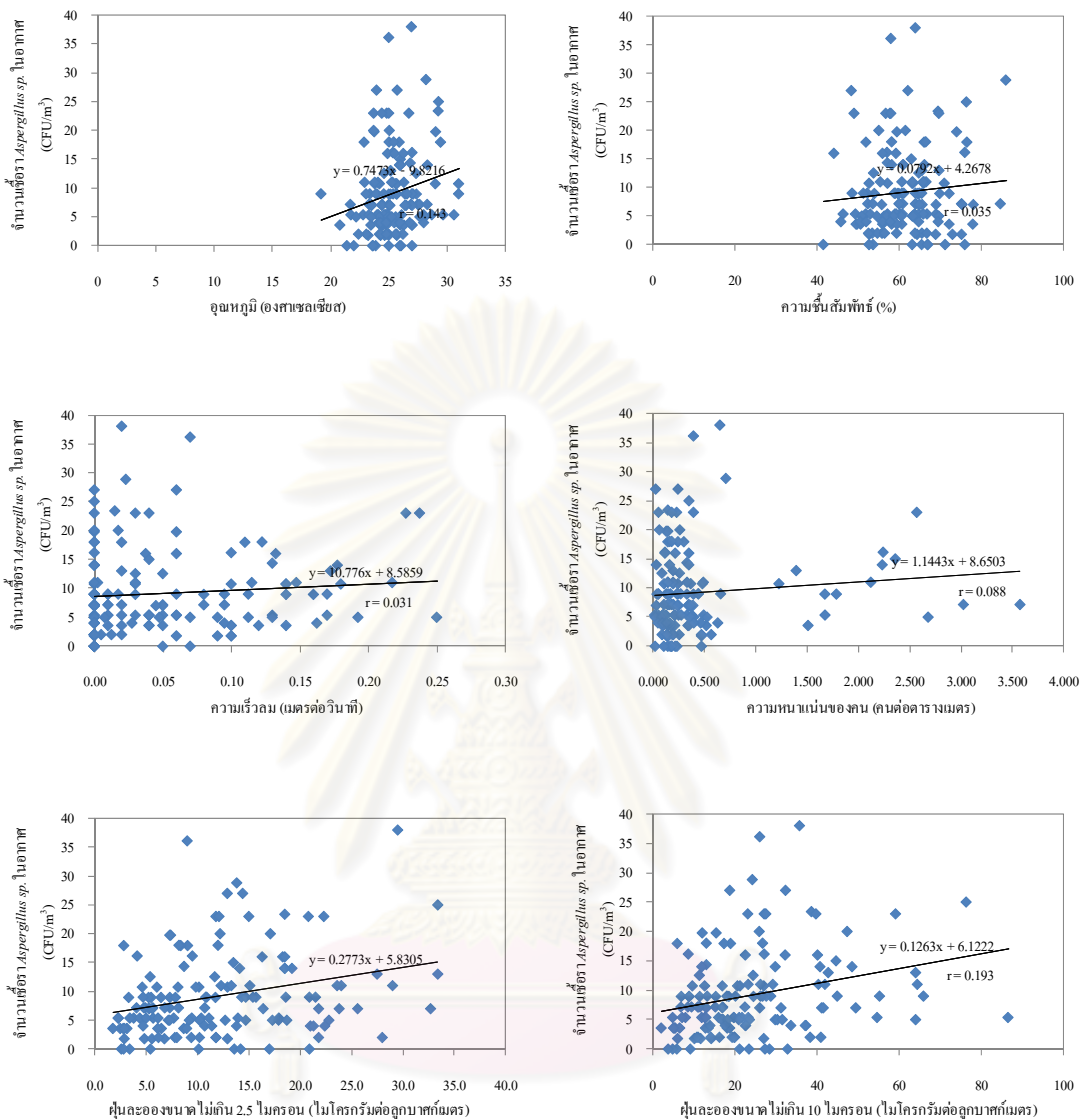
a. Asymptotically F distributed.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

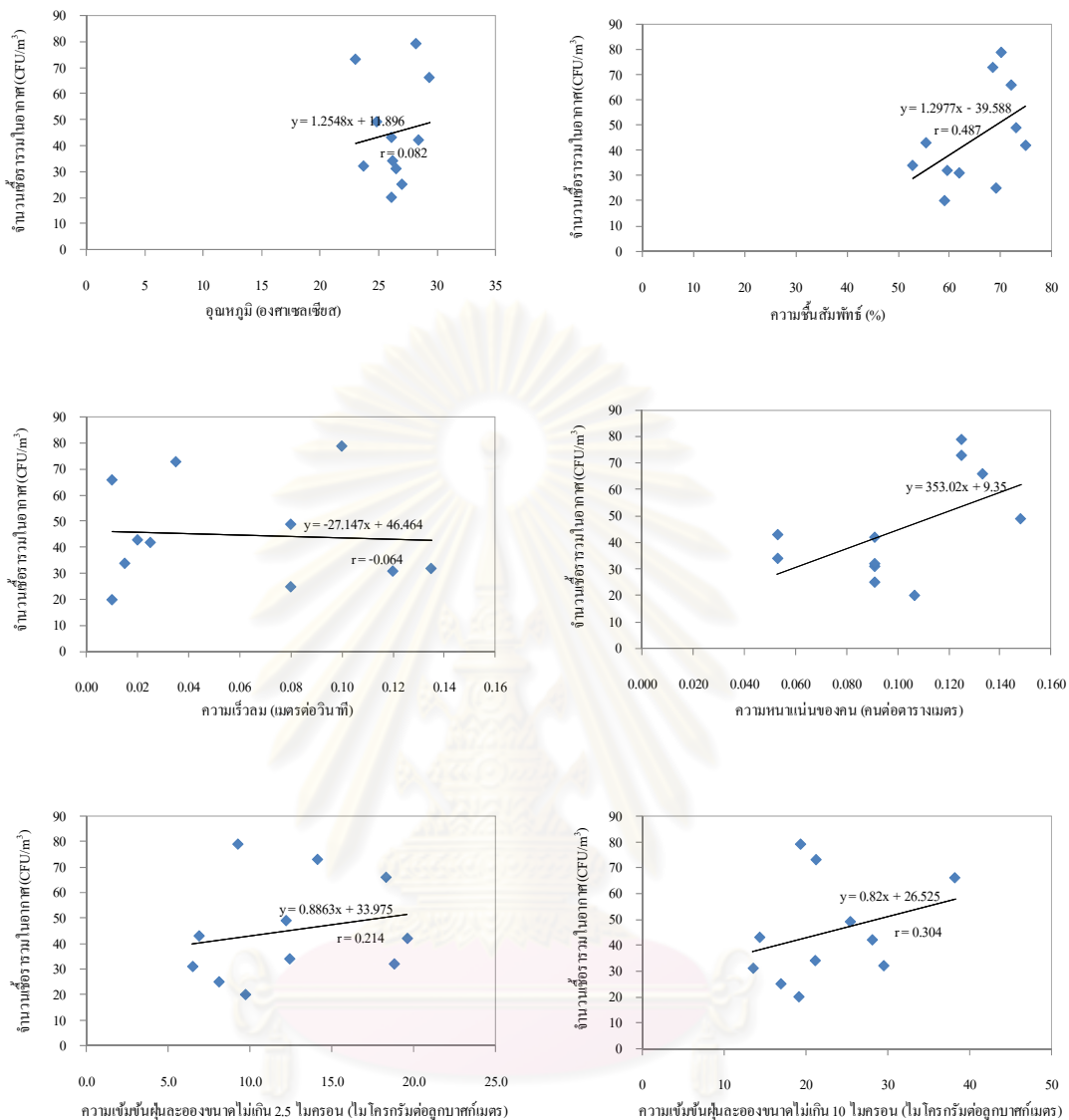


**รูปที่ ค.1** ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของคน ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนกับจำนวนเชื้อราวมในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก

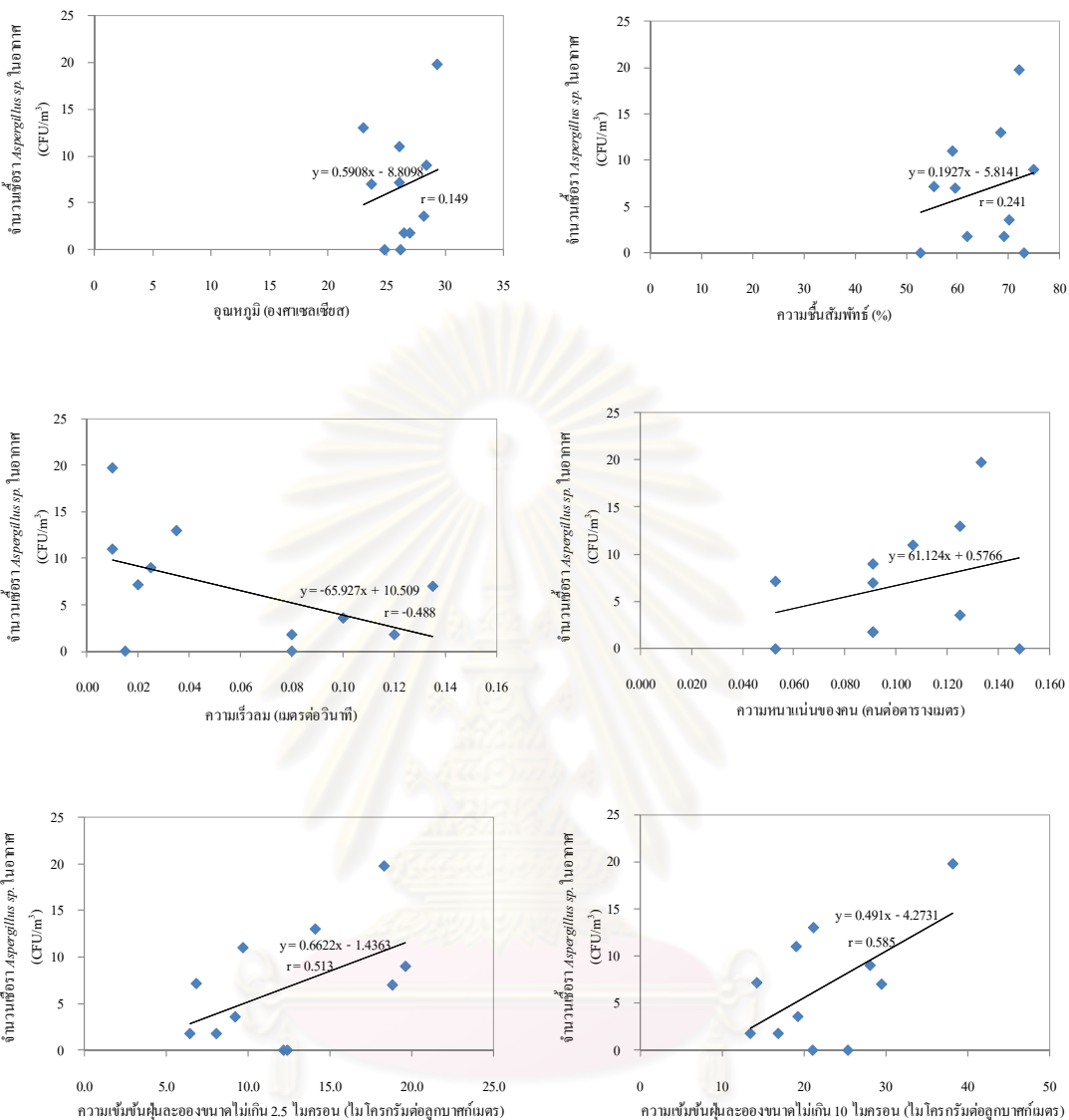




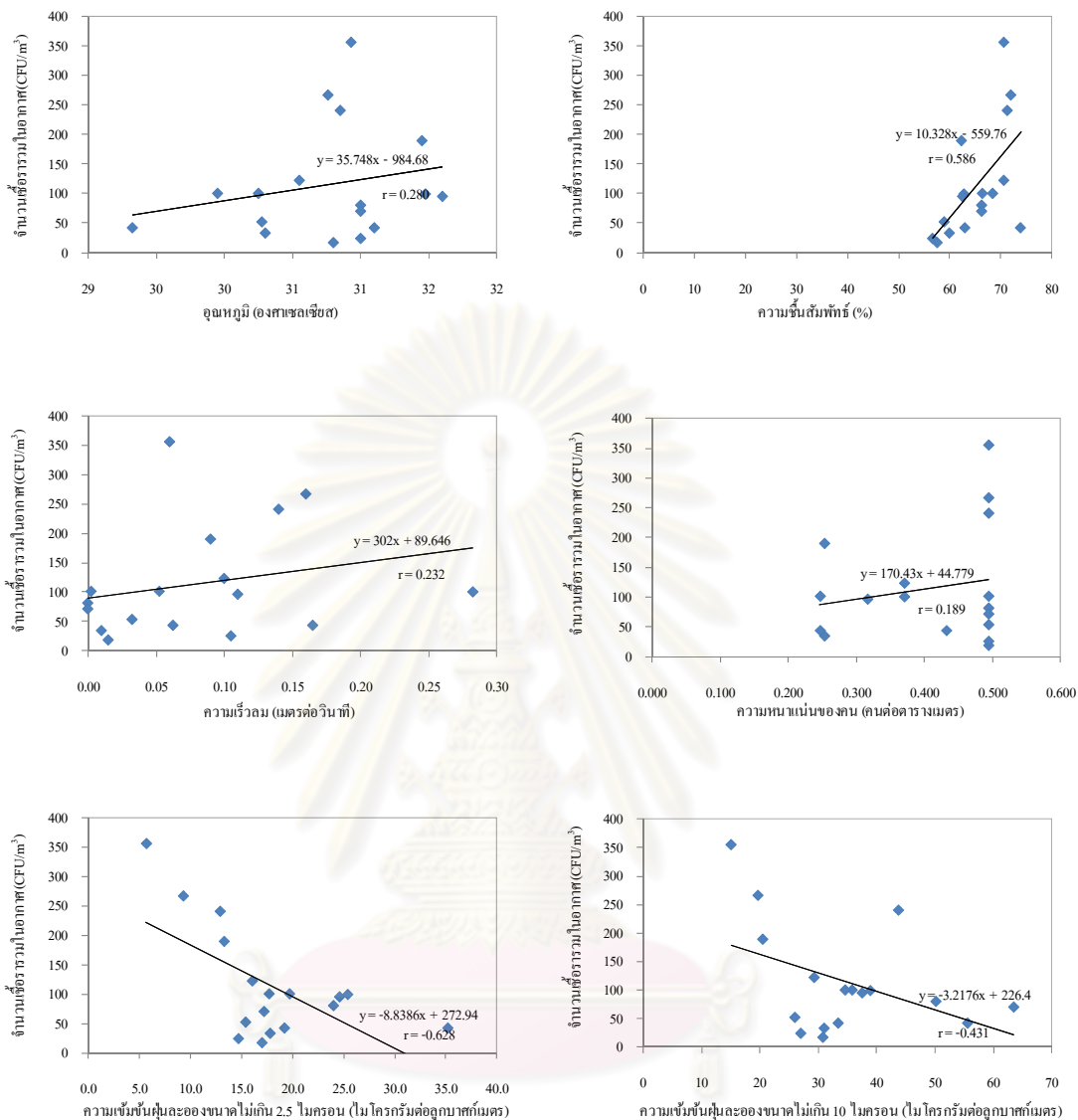
**รูปที่ ค.2** ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของคน ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนกับจำนวน *Aspergillus sp.* ในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก



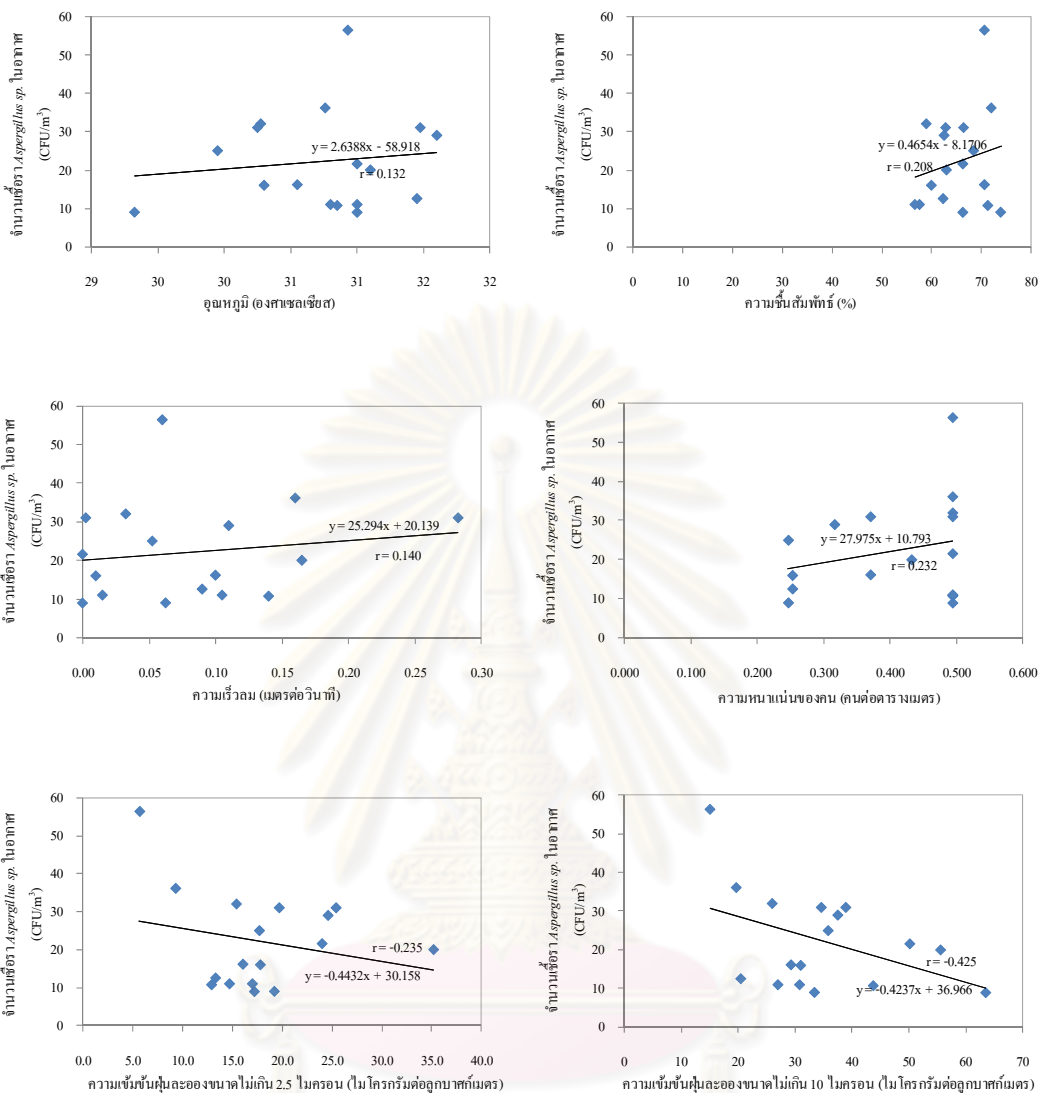
**รูปที่ ค.3** ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของคน ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนกับจำนวนเชื้อราวมในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม



**รูปที่ ค.4** ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของคอน ความเข้มข้นฟูละองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนกับจำนวน *Aspergillus sp.* ในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม



รูปที่ ค.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของถนน ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนกับจำนวนเชื้อราวมในห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ



รูปที่ ค.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความหนาแน่นของคน ความชื้นชั้นฟูณะองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและ 10 ไมครอนกับจำนวน *Aspergillus sp.* ในห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกุลธิดา เลิศเชาวยุทธ เกิดเมื่อวันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2528 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2550 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551

### การเผยแพร่วิทยานิพนธ์

กุลธิดา เลิศเชาวยุทธ และวงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์. 2553. ความแปรปรวนของจำนวนเชื้อรา ในอากาศกับการควบคุมสภาวะอากาศภายในห้องของโรงพยาบาล. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมและการจัดการสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 2. ณ อาคารสถาบัน 2 ชั้น 2 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วันที่ 18-19 มีนาคม 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย