ความแปรปรวนของความเข้มข้นฝุ่นและปริมาณแบคทีเรียในอากาศกับการระบายอากาศและกิจกรรมภายในห้องของโรงพยาบาลกลาง

นายธีรวงศ์ มีชื่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VARIABILITY OF PARTICULATE MATTER AND AIRBORNE BACTERIA WITH VENTILATION AND ROOM ACTIVITIES IN KLANG HOSPITAL

Mr. Teerawong Meechuen

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	ความแปรปรวนของความเข้มข้นฝุ่นและปริมาณแบคทีเรียในอากาศกับการระบายอากาศและกิจกรรมภายในห้องของโรงพยาบาลกลาง
โดย	นายธีรวงศ์ มีชื่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเธียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิสุทธิ์ เพียรมนกุล)

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธีรวงศ์ มีชื่น : ความแปรปรวนของความเข้มข้นฝุ่นและปริมาณแบคทีเรียในอากาศกับการระบายอากาศและกิจกรรมภายในห้องของโรงพยาบาลกลาง (VARIABILITY OF PARTICULATE MATTER AND AIRBORNE BACTERIA WITH VENTILATION AND ROOM ACTIVITIES IN KLANG HOSPITAL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร. วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี, 141 หน้า.

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลกลาง ใน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงฤดูฝน กันยายน 2552 และช่วงฤดูแล้ง กุมภาพันธ์ 2553 โดยได้จัดแบ่งห้องตามลักษณะกิจกรรมและระบบปรับอากาศ โดยการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน พร้อมกับเก็บตัวอย่างแบคทีเรียด้วยวิธี Impactor method บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Tryptic Soy Agar (TSA) สำหรับเชื้อแบคทีเรียทั่วไป และ Blood Agar (BA) สำหรับเชื้อแบคทีเรียชนิดย่อยสลายเม็ดเลือดแดง ตามวิธี NIOSH Method # 0801 วัดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศด้วยวิธี Tracer technique (CO_2) และทำการสำรวจปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และความหนาแน่นของคนพบว่าความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน ภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.010$ และ$p=0.030$) เนื่องจากเป็นห้องที่มีลักษณะเปิดทำให้ฝุ่นละอองจากภายนอกพัดพาเข้ามาภายในอาคาร และปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมากกว่าห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.001$)

เมื่อพิจารณาตามลักษณะกิจกรรมพบว่า ห้องพับผ้าซึ่งเป็นห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน สูงสุด 48.5±37.5 และ 18.6±6.4 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ ส่วนแผนกผู้ป่วยนอกมีค่าเฉลี่ยแบคทีเรียรวมในอากาศและแบคทีเรียย่อยสลายเม็ดเลือดแดง ในกลุ่ม β-hemolysis และกลุ่ม α-hemolysis สูงสุด 1,337±880, 33±18 และ 16±14 โคโลนี/ลบม. ตามลำดับ ส่วน γ-hemolysis พบมากที่สุดที่กิจกรรมสาธารณูปโภค โดยที่บริเวณโรงครัวจะมี γ-hemolysis gram+ve cocci มากที่สุดมีค่า 121 โคโลนี/ลบ.ม. การศึกษานี้พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนกับปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและแบคทีเรียย่อยสลายเม็ดเลือดแดงภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก

ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	ลายมือชื่อนิสิต	ธีรวงศ์ มีชื่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	
ปีการศึกษา	2553	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	

5170338121 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORDS : INDOOR AIR QUALITY / PARTICULATE MATTER /AIRBORNE BACTERIA / VENTILATION / KLANG HOSPITAL

TEERAWONG MEECHUEN : VARIABILITY OF PARTICULATE MATTER AND AIRBORNE BACTERIA WITH VENTILATION AND ROOM ACTIVITIES IN KLANG HOSPITAL. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WONGPUN LIMPASENI, THESIS CO-ADVISOR : ASST.PROF. WIBOONLUK PUNGRASMI, Ph.D., 141 pp.

The objective of this research was to study indoor air quality of Klang Hospital during rainy season (August, 2009) and dry season (February, 2010). The rooms were classified by activities and ventilation systems. PM10 and PM2.5 were measured and bacteria were also investigated using impactor method contained with Tryptic Soy Agar (TSA) and Blood Agar (BA) for identifying total bacteria and hemolytic bacteria, respectively, in accordance with NIOSH Method #0801. Air exchange rate was measured by Tracer technique (CO_2) and indoor air quality; temperature, humidity, wind velocity and population density were also measured. The results revealed that the PM10 and PM2.5 concentrations in naturally ventilated-rooms were significantly higher than air conditioning rooms at 95% confidence limit ($p= 0.010$ and $p=0.030$) because the naturally ventilated-rooms were affected by outside air. and also found that total bacteria in split type air conditioning room were significantly higher than in the naturally ventilated- room and central air conditioning room significantly at 95% confidence limit ($p=0.001$)

When considering activities, highest PM10 and PM2.5 concentrations were found in laundry room with the average value of 48.5±37.5 and 18.6±6.4 $\mu g/m^3$ respectively. Total bacteria, β-hemolysis and α-hemolysis bacteria were found in the Out-Patient Department with the average value of 1,337±880, 33±18 and 16±14 CFU/m^3. On the other hand, the highest γ-hemolysis was found in utilities department (kitchen) with value of 121 CFU/m^3. In addition, there was a correlation between PM10 concentration, total bacteria and hemolysis bacteria in split-type air conditioning room.

Department: Environmental Engineering	Student's Signature Teerawong Meechuen
Field of Study : Environmental Engineering	Advisor's Signature
Academic Year : 2010	Co-Advisor's Signature Wiboonluk P.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ ข้อแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ทุกขั้นตอน ตลอดจนให้กำลังใจและสนับสนุนทุนในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ตลอดมา และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ที่ให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเธียร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภารดี ช่วยบำรุง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิสุทธิ์ เพียรมนกุล ที่กรุณาสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์นี้และให้คำแนะนำอันเป็นแนวทางที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรของโรงพยาบาลกลางที่ช่วยแนะนำและอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างจนกระทั่งสำเร็จมาด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ และกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ในการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย รวมทั้งการให้ความรู้และการแนะนำในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้องที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ แนะนำและให้ความรู้ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจ จนทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร 5

2.2 แหล่งกำเนิดมลพิษในอากาศ 5

2.3 ผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อาศัยในอาคาร 7

2.4 การแก้ปัญหาคุณภาพอากาศในอาคาร 8

2.5 ฝุ่นละอองในอากาศ 14

2.6 แบคทีเรีย 16

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 34

3.1 สถานที่สำหรับการเก็บตัวอย่างและจุดเก็บตัวอย่าง 35

3.2 ลักษณะกลุ่มงานแต่ละกิจกรรมในโรงพยาบาลกลาง 42

3.3 จุดเก็บตัวอย่างในห้อง 50

3.4 ระยะเวลาที่ทำการศึกษา 50

3.5 อุปกรณ์ในงานวิจัย 50

3.6 อาหารเลี้ยงเชื้อ 51

3.7 สารเคมี 51

บทที่ หน้า
3.8 วิธีการทดลอง..... 52
3.9 การวิเคราะห์ผลการศึกษา..... 58
บทที่ 4 ผลการศึกษา..... 61
4.1 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพภายในโรงพยาบาล..... 61
4.2 ผลการตรวจวัดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในโรงพยาบาล..... 64
4.3 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในโรงพยาบาล..... 66
4.4 ผลการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศภายในโรงพยาบาล..... 71
4.5 ผลการศึกษาชนิดเชื้อแบคทีเรียในโรงพยาบาล..... 73
4.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละออง..... 78
4.7 ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศ..... 80
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 86
5.1 สรุปผลการศึกษา..... 86
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต..... 88
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงพยาบาล..... 88
รายการอ้างอิง..... 89
ภาคผนวก..... 94
ภาคผนวก ก. ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล..... 95
ภาคผนวก ข. ข้อมูลคุณภาพฝุ่นละออง..... 118
ภาคผนวก ค. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา..... 120
ภาคผนวก ง. ข้อมูลชนิดเชื้อแบคทีเรีย..... 125
ภาคผนวก จ. กราฟปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละอองและปริมาณแบคทีเรีย 129
ภาคผนวก ฉ. อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้และการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ..... 138
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 141

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ชนิดและแหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคาร.....	6
2.2	ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร.....	10
2.3	อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่อาคารในห้องลักษณะต่างๆ ในโรงพยาบาลตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 62-1989……	11
2.4	อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องสำหรับห้องต่างๆ ในโรงพยาบาล……	12
2.5	โรคติดเชื้อจากจุลินทรีย์ในอากาศที่สำคัญต่อมนุษย์……..	23
2.6	เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในการศึกษากับเกณฑ์แนะนำของ WHO.....	29
2.7	ปริมาณแบคทีเรียในสถานที่ต่างๆ.....	31
2.8	มาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียในอากาศในประเทศโซเวียตรัสเซีย.....	31
2.9	มาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียในอากาศในประเทศญี่ปุ่น……	32
3.1	รายชื่อจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลกลาง.....	35
3.2	ตัวแปรในงานวิจัย…….....	60
4.1	รายงานสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาบริเวณศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร……..	61
4.2	ปัจจัยทางกายภาพจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาล……...	63
4.3	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามลักษณะระบบระบายอากาศภายในโรงพยาบาล.....	65
4.4	ค่าเฉลี่ยอัตราการระบายอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาล.....	66
4.5	ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน (PM 10 และ PM 2.5) บริเวณภายในและภายนอกอาคารของโรงพยาบาล.....	67
4.6	ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จำแนกตามฤดูกาล บริเวณริมถนนสถานีตรวจวัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....	67
4.7	ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน (PM 10 และ PM 2.5) จำแนกตามระบบปรับอากาศ.....	69
4.8	ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน (PM 10 และ PM 2.5) จำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาล……..	70

ตารางที่		หน้า
4.9	ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศ.....	71
4.10	ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาล……	73
4.11	ชนิดเชื้อแบคทีเรียจำแนกตามลักษณะระบบปรับอากาศ……....	75
4.12	ปริมาณเชื้อแบคทีเรียจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาล……...	76
4.13	สรุปพารามิเตอร์ด้านคุณภาพอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศ…….....	83
4.14	สรุปพารามิเตอร์ด้านคุณภาพอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรม……	84
4.15	สรุปความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรียภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก……..	86
ก.1	ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (บริหารงานทั่วไป)……...	96
ก.2	ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (แผนกผู้ป่วยนอก)……	100
ก.3	ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (แผนกผู้ป่วยใน).....	104
ก.4	ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ฝ่ายบริการทางการแพทย์)….....	108
ก.5	ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ห้องพักแพทย์)…….....	112
ก.6	ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ห้องพักพยาบาล)….....	114
ก.7	ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ฝ่ายสาธารณูปโภค)…….....	117
ข.1	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน บริเวณริมถนนสถานีตรวจวัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี……..	119
ค.1	รายงานสภาพอากาศบริเวณศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร เดือนกันยายน 2552…….....	121
ค.2	รายงานสภาพอากาศบริเวณศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร เดือนกุมภาพันธ์ 2553…….....	123
ง.3	ผลการแยกชนิดเชื้อแบคทีเรีย.....	126

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
3.1	แผนภูมิการดำเนินงานวิจัย.....	34
3.2	บริหารงานทั่วไป…….....	42
3.3	แผนกผู้ป่วยนอก……...	43
3.4	แผนกผู้ป่วยใน……..	44
3.5	ฝ่ายบริการทางการแพทย์.....	45
3.6	ห้องพักแพทย์.....……	46
3.7	ห้องพักพยาบาล.....……	47
3.8	ฝ่ายสาธารณูปโภค……	48
3.9	ภายนอกอาคาร…….....	49
3.10	ตัวอย่างห้อง (ตึกอนุสรณ์100 ปี ชั้นที่19 ฝ่ายสำนักงานบริหารกลาง ห้องโถงหน้าห้อง ผอ.)……..	50
3.11	เครื่องวัดความเข้มข้นฝุ่นแบบ Real time: Portable Dust Monitoring……...	52
3.12	เครื่องเก็บตัวอย่างแบคทีเรียชนิดแบบชั้นเดียว (Single stage impactor)……...	53
3.13	เครื่องวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Q^{TM}-Trak Model 7565)….....	56
3.14	ตัวอย่างความผันแปรของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับเวลา.....	57
3.15	เครื่องวัดความเร็วลม ชนิด hot-wire anemometer (TSI, Inc., model 9555)…….	58
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและแบคทีเรียย่อยสลายเม็ดเลือดแดงกับความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก….....	80
จ.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ระบบปรับอากาศแบบแยก…….....	130
จ.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม…….....	130
จ.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ…….....	130
จ.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก…….....	131

รูปที่ หน้า

จ.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม……..... 131
จ.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความเร็วภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ……..... 131
จ.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก……. 132
จ.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม……. 132
จ.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ……... 132
จ.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียและความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก……... 133
จ.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม……..... 133
จ.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ……. 133
จ.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก……... 134
จ.14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม……... 134
จ.15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ……. 134
จ.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก…… 135
จ.17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม……... 135
จ.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความเร็วลมภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ……. 135
จ.19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก……... 136

รูปที่		หน้า
จ.20	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม.....	136
จ.21	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ.....	136
จ.22	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก.....	137
จ.23	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม.....	137
จ.24	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ.....	137

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในหลายประเทศทั่วโลกได้ให้ความสนใจเรื่องคุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นอย่างมาก เนื่องจากคนส่วนใหญ่ใช้เวลาอยู่ในอาคารเกือบร้อยละ 90 ของเวลาในแต่ละวัน ไม่ว่าจะเป็นที่บ้าน โรงเรียน สถานที่ทำงาน โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า และในอาคารอื่นๆ ทั้งนี้องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) คาดว่าร้อยละ 30 ของอาคารทั่วโลกอาจมีปัญหาด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ) ซึ่งนำไปสู่ปัญหากลุ่มอาการป่วยที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิดได้ ส่วนใหญ่พบว่ามาจากการแพร่กระจายและการซึมผ่านของมลพิษอากาศภายนอกอาคาร การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ และการจำกัดปริมาณอากาศจากภายนอกอาคารที่จะเข้าสู่อาคารให้มีประมาณน้อยที่สุด (0.5 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน) ด้วยเหตุผลของการประหยัดพลังงาน ส่งผลให้มีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่อาคารไม่เพียงพอทำให้เกิดการสะสมของกลิ่น ฝุ่นละออง เชื้อโรค และสารระคายเคืองต่างๆ ในอากาศที่หมุนเวียนภายในอาคาร (วิกรม เสงคิสิริ และสสิธร เทพตระการพร, 2548) ประกอบกับลักษณะโครงสร้างของอาคารโรงพยาบาลมักออกแบบให้เป็นอาคารสูง อาคารมีลักษณะปิด สถานที่ตั้งมักอยู่ใจกลางชุมชนหรือเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น มีกิจกรรมที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของสารเคมี และมีแหล่งกำเนิดจุลชีพ (ณัฐพงศ์ แหละหมัน, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาข้อร้องเรียนอันเนื่องมาจากคุณภาพอากาศภายในอาคารช่วงทศวรรษที่ 1970 ในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยทางสถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งชาติได้สรุปสาเหตุของการเกิดปัญหาได้ ดังนี้ ร้อยละ 52 เกิดจากการระบายอากาศในอาคารที่ไม่เพียงพอ เช่น การออกแบบที่ไม่ถูกต้อง การกระจายอากาศในอาคารไม่ดีพอ อุณหภูมิและความชื้นไม่เหมาะสม มีแหล่งมลพิษภายในระบบระบายอากาศ พบว่า ร้อยละ 16 เกิดจากการมีสารปนเปื้อนอยู่ในอาคาร เช่น ไอระเหยของน้ำยาทำความสะอาด จำพวกสารตัวทำละลายหรือน้ำยาฆ่าเชื้อโรค ร้อยละ 10 เกิดจากมลพิษภายนอกอาคาร เช่น มลพิษการจราจร ควัน ฝุ่น ละอองเกสร ร้อยละ 5 เกิดจากการปนเปื้อนด้านชีวภาพ ร้อยละ 4 เกิดจากการปนเปื้อนของวัสดุตกแต่งอาคาร และร้อยละ 13 ไม่ทราบสาเหตุ (National Institute of Occupational Safety and Health: NIOSH, 2009)

แหล่งของมลพิษหรือมลภาวะมลพิษทางอากาศที่ก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารได้แก่ กิจกรรมของมนุษย์และสิ่งของเครื่องใช้ รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้สำนักงานต่างๆ เครื่องปรับอากาศ พรมปูพื้น ฯลฯ อาจปล่อยสารเคมีซึ่งเป็นส่วนประกอบของวัสดุนั้นๆ ทำให้เกิดการสะสมสารปนเปื้อนอยู่ภายในอาคาร นอกจากนี้ยังมีอนุภาคที่แขวนลอย

ในอากาศ เช่น สารจำพวกแอสเบสตอส ตะกั่ว เรดอน สีทาผนัง และฝุ่นละออง ที่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคต่างๆ อาทิเช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส เป็นต้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wang และคณะ (2006) เกี่ยวกับความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งภายนอกและภายในของโรงพยาบาล พบว่า กิจกรรมของมนุษย์ที่อยู่ในอาคารนั้น ส่งผลต่อระดับความเข้มข้นฝุ่นละอองในห้อง โดยพบระดับความเข้มข้นสูงสุดภายในห้องตรวจ (Treatment room) ที่มีผู้ป่วยหนาแน่นที่สุดและพบระดับความเข้มข้นต่ำสุดภายในสำนักงานของแพทย์ (Doctor office) ที่ไม่มีคนอยู่ และพบว่าห้องฉุกเฉินเป็นห้องที่มีความถี่ในการทำความสะอาดสูงกว่าห้องอื่นๆ ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองบนพื้นลดลง แสดงให้เห็นว่าในโรงพยาบาลซึ่งไม่มีแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองอื่นๆ กิจกรรมภายในอาคารนั้นเป็นตัวแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองที่มีความสำคัญ เนื่องจากก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายกลับ (Resuspension) ของฝุ่นละอองที่ตกตะกอนอยู่บนพื้นผิวของห้อง และเฟอร์นิเจอร์

มลภาวะมลพิษทางอากาศเหล่านี้จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบทางเดินหายใจ ระบบการหมุนเวียนของโลหิตและหัวใจ ระบบประสาท ระบบการทำงานของไต ทำให้ภูมิต้านทานของร่างกายลดต่ำลง และยังเป็นสาเหตุของการก่อมะเร็งในมนุษย์ด้วย (ณัฐพงศ์ แหละหมัน, 2548) ซึ่งสาเหตุสำคัญของมลพิษในอาคารส่วนมากได้แก่ ฝุ่นละออง และแบคทีเรีย จากการศึกษาของ Katerina และ Jitka (2003) พบว่า อนุภาคฝุ่นละอองขนาดใหญ่กว่า 0.1, 0.5 ไมครอน มีความสัมพันธ์กับแบคทีเรียที่ R^2 0.76, 0.88 ตามลำดับ และอนุภาคที่ขนาดเล็กกว่า 6 ไมครอน ส่วนใหญ่จะไม่สามารถถูกกำจัดโดยกลไกการกำจัดสิ่งแปลกปลอมของระบบทางเดินหายใจส่วนต้นและสามารถเข้าสู่ปอดได้ (Hidy, 1984 อ้างถึงในภารดี ช่วยบำรุง และคณะ, 2547) โดยอนุภาคที่สามารถเข้าสู่ถุงลมปอดได้นั้นมักมีขนาดตั้งแต่ 0.1ไมครอน ลงมา พบว่า อนุภาคที่ละเอียดมากขนาด 0.01ไมครอน สะสมอยู่ที่ถุงลมปอด 50% แต่พบอยู่ที่จมูกเพียง 15% เท่านั้น (Newhouse และ Ruffin, 1978 อ้างถึงในภารดี ช่วยบำรุง และคณะ, 2547) ซึ่งปริมาณมลพิษเหล่านี้อาจเกิดการสะสมเพิ่มสูงขึ้นหากมีการระบายอากาศไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสม ทั้งนี้ตัวชี้วัดสำคัญตัวหนึ่งที่ใช้ในการบ่งบอกว่าอาคารดังกล่าว เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารหรือไม่นั้น คือ ระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตรวจพบในอาคาร ถึงแม้ว่าระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ใช่ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรงเนื่องจากจะต้องมีความเข้มข้นสูงกว่า 5,000 ส่วนในล้านส่วน จึงจะทำให้เกิดผลกระทบต่อร่างกายแต่หากพบว่าระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคาร มีค่าตั้งแต่ 800 - 1,000 ส่วนในล้านส่วน ขึ้นไป จะบ่งบอกถึงการแลกเปลี่ยนอากาศในอาคารนั้นไม่เพียงพอ (ณัฐพงศ์ แหละหมัน, 2548) ซึ่งข้อกำหนดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องต่างๆ ของโรงพยาบาลต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 2 เท่าต่อชั่วโมง (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2551) ประกอบกับปัจจัยทางกายภาพ เช่น อุณภูมิและความชื้นที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกไม่สบายซึ่งอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมกับการทำงานที่ไม่ต้องเคลื่อนไหวมากนัก จะอยู่ระหว่าง 20 - 27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 40 - 60

(สมชัย บวรกิตติ และนิตยา จันทร์เรือง มหาผล, 2546) ปริมาณมลพิษดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อที่ผู้ทำงานในอาคารโรงพยาบาล เช่น แพทย์ พยาบาล เจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล หรือผู้ป่วย ซึ่งจะก่อให้เกิดโรคกลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิดได้ (Sick Building Syndrome: SBS) จากการศึกษาของจิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ (2544) เกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารกลุ่มพนักงานที่ทำงานในสำนักงานของโรงพยาบาลในจังหวัดชลบุรีพบว่า ฝุ่นที่มีความเข้มข้นมากกว่า 0.0180 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะมีโอกาสที่จะเกิดกลุ่มอาการทางตา และปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่มากกว่า 2,000 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร มีโอกาสที่จะเกิดกลุ่มอาการทางผิวหนัง ซึ่งจากการศึกษาของกฤษณียา ศังขจันทรานนท์ และคณะ (2549) ถึงชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในโรงพยาบาลพบว่า ชนิดแบคทีเรียที่พบมาก คือ *Staphylococcus* เป็นเชื้อที่ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจได้ ดังนั้นโรงพยาบาลจึงเป็นสถานที่ทำงานที่มีโอกาสเกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารได้

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาความแปรปรวนของความเข้มข้นฝุ่นละอองและแบคทีเรียในอากาศกับการระบายอากาศและกิจกรรมภายในห้องลักษณะต่างๆ และรวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อปริมาณของแบคทีเรียในอากาศ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลให้เหมาะสม และปลอดภัยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นและขนาดของฝุ่นละอองภายในห้องต่างๆ ของโรงพยาบาล
2. เพื่อศึกษาปริมาณแบคทีเรียในอากาศภายในห้องต่างๆ ของโรงพยาบาล
3. เพื่อศึกษาความแปรปรวนของความเข้มข้นฝุ่นละอองและแบคทีเรียกับการระบายอากาศ
4. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศในโรงพยาบาล ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ความหนาแน่นของผู้คน และกิจกรรมภายในห้อง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. พื้นที่ทำการศึกษาในแผนกต่างๆ ภายในโรงพยาบาลกลาง กรุงเทพมหานคร โดยจัดแบ่งห้องออกเป็น 7 กลุ่ม ตามลักษณะของกิจกรรม กลุ่มแรกได้แก่ บริหารงานทั่วไป กลุ่มที่สองได้แก่ แผนกผู้ป่วยนอก กลุ่มที่สามได้แก่ แผนกผู้ป่วยใน กลุ่มที่สี่ได้แก่ ฝ่ายบริการทางการแพทย์ กลุ่มที่ห้าได้แก่ ห้องพักแพทย์ กลุ่มที่หกได้แก่ ห้องพักพยาบาล กลุ่มที่เจ็ดได้แก่ ฝ่ายสาธารณูปโภค และภายนอกอาคารได้แก่ ดาดฟ้า

2. ทำการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ ใน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงฤดูฝน (กันยายน 2552) และฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ 2553)
3. พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด
   - ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน
   - ปริมาณแบคทีเรียรวมและชนิดแบคทีเรียที่ย่อยสลายเม็ดเลือดแดง
   - อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ

   โดยทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือต่างๆ และวิธีการมาตรฐานที่ระบุ NIOSH method
4. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความเข้มข้นฝุ่นละอองกับแบคทีเรียในอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ความหนาแน่นของผู้คน และกิจกรรมภายในห้อง เช่น การตรวจ-รักษา รอรับจ่ายยา การประชุม/สัมมนา และห้องพักผู้ป่วย แพทย์ พยาบาล เป็นต้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบความแปรปรวนของความเข้มข้นฝุ่นละอองและแบคทีเรียในอากาศในห้องที่มีกิจกรรมต่างๆ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลและแนวทางการจัดการคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล
2. ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฝุ่นละอองและแบคทีเรียในอากาศในโรงพยาบาล ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ความหนาแน่นของผู้คน และกิจกรรมภายในห้อง
3. นำไปสู่แนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณภาพอากาศในอาคาร

คุณภาพของอากาศเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญต่อการควบคุมสภาวะแวดล้อมที่จำเป็นต่อสุขภาพของมนุษย์ อากาศโดยทั่วไปมักมีการปนเปื้อนทั้งที่เกิดจากธรรมชาติ และจากที่มนุษย์สร้างขึ้นไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบของฝุ่น ควัน ไอ หรือก๊าซ แต่การปนเปื้อนทางอากาศที่จะกล่าวถึงในตอนนี้คือการปนเปื้อนของเชื้อโรคหรือจุลชีพทางอากาศ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส และรา ซึ่งเป็นตัวการสำคัญต่อการแพร่กระจายของโรคติดต่อชนิดต่างๆ ดังนั้นการควบคุมสิ่งแวดล้อมเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของจุลชีพดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีก เช่น ความชื้น ความเร็วลมที่ปะทะผิวกาย และเสื้อผ้าที่สวมใส่ หรือแม้กระทั่งความแตกต่างทางเพศและวัย เป็นต้น (ทรงยศ ภารดี, 2551)

คุณภาพอากาศภายในอาคาร หมายถึง สภาวะการที่อากาศภายในอาคารที่อาจไม่มีสิ่งเจือปนหรือมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณที่อาจจะทำหรือไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ต่อทรัพย์สินของมนุษย์หรือต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบๆ อาคารนั้นๆ หากปริมาณสิ่งปนเปื้อนต่ำกว่าระดับที่จะก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าว ก็จะถือว่าคุณภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในระดับดี เหมาะสำหรับการอยู่อาศัย แต่ถ้าปริมาณสิ่งปนเปื้อนเท่ากับหรือสูงกว่าระดับที่จะก่อให้เกิดปัญหา ก็จะถือว่าคุณภาพอากาศภายในอาคารนั้นไม่ดี ไม่เหมาะสำหรับการอยู่อาศัย (จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2551)

2.2 แหล่งกำเนิดมลพิษในอากาศ

สิ่งเจือปนหรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศโดยทั่วไป ประกอบด้วยฝุ่น เส้นใย ก๊าซและไอของสารเคมี และสารทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อรา เป็นต้น (ตารางที่ 2.1) สิ่งปนเปื้อนหรือมลพิษต่างๆ เหล่านี้อาจส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร สิ่งปนเปื้อนหรือมลพิษทางอากาศภายในอาคารอาจมาจากทั้งจากภายนอกอาคารและภายในอาคารเอง มลพิษทางอากาศจากภายนอกอาคารและจากพื้นดิน ได้แก่ เรดอน สารกำจัดแมลงและวัชพืช ก๊าซและไอสารเคมีที่รั่วไหลจากภาชนะกักเก็บ มลพิษจากการจราจร เป็นต้น สิ่งปนเปื้อนจากภายในอาคารอาจมีสาเหตุจากแหล่งกำเนิดหลายประเภทภายในอาคาร เช่น เฟอร์นิเจอร์ สารทำความสะอาด รวมทั้งลักษณะ

กิจกรรมหรือลักษณะส่วนบุคคลของผู้อาศัยหรือผู้ใช้อาคาร นอกจากนี้สิ่งแวดล้อมภายในอาคารยังมีปฏิสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ระบบการก่อสร้าง ได้แก่ การออกแบบแรกเริ่มและการปรับปรุงในภายหลังเกี่ยวกับโครงสร้างและระบบเครื่องจักร รวมทั้งเทคนิคในการก่อสร้างและวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศทั้งสิ้น (จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2551)

ตารางที่ 2.1 ชนิดและแหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคาร

ชนิด	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 เครื่องทำความร้อน ควันบุหรี่	วิงเวียน ปวดศีรษะ คลื่นไส้ เสียชีวิต
ฟอร์มาลดีไฮด์	โฟมกันไฟ ไม้อัด ฝ้าเพดาน วงกบประตู และโครงสร้างอื่นๆ	ระคายเคืองผิวหนัง สารก่อมะเร็ง
ฝุ่นละอองขนาดเล็ก	ควันบุหรี่ เตาผิง ฝุ่นจากภายนอกการเผาไหม้อื่นๆ เช่นการเผาขยะ	ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ สารก่อมะเร็ง
ฝุ่นอนินทรีย์		
ไนเตรต (NO^-_3)	จากอากาศภายนอก	
ซัลเฟต (SO^{2-}_4)	จากอากาศภายนอก	
ฝุ่นโลหะ		เป็นพิษ สารก่อมะเร็ง
สารหนู (As)	ควันบุหรี่ ยาฆ่าแมลง ยาเบื่อหนู	
แคดเมียม (Cd)	ควันบุหรี่ ยาฆ่ารา	
ปรอท (Hg)	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล	
ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)	เครื่องทำความร้อน เตาประกอบอาหาร ยานพาหนะ	ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ
โอโซน(O_3)	เครื่องถ่ายเอกสาร ชุดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อากาศภายนอก	ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ
สารฆ่าแมลง	การใช้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร	สารก่อมะเร็ง

ตารางที่ 2.1 ชนิดและแหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศภายในอาคาร (ต่อ)

ชนิด	แหล่งกำเนิด	ผลกระทบต่อสุขภาพ
ก๊าซเรดอน (Rn)	ระเหยจากดินและซึมเข้าอาคาร	มะเร็งปอด
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	การเผาไหม้ถ่านหินและน้ำมันในเครื่องทำความร้อน จากภายนอก	ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ
สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)	ควันบุหรี่ การประกอบอาหาร สีทาผนัง น้ำยาทำความสะอาด พรม เฟอร์นิเจอร์	สารก่อมะเร็ง

ที่มา: Botkin and Keller, 2003

2.3 ผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อาศัยในอาคาร

การเจ็บป่วยหรือโรคที่เกิดขึ้นจากการทำงานในอาคารนั้น ไม่รุนแรงและเฉียบพลันเหมือนโรคติดเชื้อบางชนิด แต่มีผลทำให้เกิดอาการทางกาย และส่งผลให้ทำงานมีประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ลักษณะอาการของโรคจากการทำงานในอาคารมีผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม

2.3.1 กลุ่มอาการอาคารป่วย (Sick Building Syndrome: SBS)

เป็นกลุ่มอาการที่เกิดขึ้นกับกลุ่มคนทำงานในสำนักงาน มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่อยู่ในอาคาร อาการต่างๆ จะหายไปเมื่อออกจากอาคาร และไม่สามารถบ่งชี้มลพิษหรือแหล่งมลพิษได้ สามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ (ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล, 2548)

(1) กลุ่มอาการระคายเคืองตา (Eye irritation) มีอาการตาแห้ง แสบตา น้ำตาไหล ตาแดง ระคายเคืองตา จะเป็นมากในรายที่ใส่ Contact lens

(2) กลุ่มอาการคัดจมูก (Nasal manifestation) มีอาการคัดจมูก ระคายเคืองจมูก จาม ไอ คล้ายโรคภูมิแพ้และมีอาการตลอดเวลาเมื่ออยู่ในอาคาร

(3) กลุ่มอาการทางลำคอ (Throat and respiratory tract symptom) มีอาการคอแห้ง ระคายคอ หายใจลำบาก

(4) กลุ่มอาการทางผิวหนัง (Skin problems) มีอาการผิวหนังแห้ง คัน เป็นผื่น ผิวหนังอักเสบ

(5) กลุ่มอาการปวดศีรษะ มึนงง เมื่อยล้า (Headaches, Dizziness, Fatigue) มีอาการปวดศีรษะบริเวณหน้าผาก เหนื่อยล้า มึนงง ขาดสมาธิในการทำงาน

2.3.2 การเจ็บป่วยที่เกี่ยวเนื่องกับอาคาร (Building – Related Illness: BRI)

เป็นการเจ็บป่วยที่เกิดจากการทำงานในอาคารโดยสามารถระบุสาเหตุของการเจ็บป่วยได้อย่างชัดเจนว่าเป็นผลมาจากมลพิษที่ปนเปื้อนมาในอาคาร เช่น โรคภูมิแพ้จากฝุ่นหรือสัตว์ โรคลีจีแนร์ (Legionnaire disease) ที่เกิดจากเชื้อลีจิโอเนลลา นิวโมฟิวลา (*Legionella Pneumophila*) การเจ็บป่วยในลักษณะนี้อาการจะไม่หาย ถึงแม้ว่าจะออกไปจากอาคารแล้วก็ตาม และใช้เวลานานกว่าอาการจะหายไป (สมชัย บวรกิตติ และนิตยา จันทร์เรือง มหาผล, 2546)

2.4 การแก้ปัญหาคุณภาพอาคารในอาคาร

2.4.1 การจัดการแหล่งกำเนิด

การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อให้อากาศในอาคารมีคุณภาพดี เหมาะแก่การอยู่อาศัย สามารถดำเนินการได้โดยอาศัยหลักการและวิธีการต่างๆ ดังนี้ (จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2551)

(1) ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่นำเข้ามาในอาคารต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดในหรือมาตรฐานตามค่าแนะนำของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย หรือมาตรฐานของหน่วยงานของรัฐต่างๆ แล้วแต่ว่าค่าที่กำหนดของหน่วยงานใดจะมากกว่ากัน เพื่อลดความเข้มข้นของสิ่งสกปรกต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในอาคาร (ASHRAE standard 62,1989)

(2) ช่องนำอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air grille) ควรอยู่ห่างจากบริเวณอากาศสกปรกภายนอกอาคาร เช่น ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ที่จอดรถ ช่องระบายอากาศเสียของห้องน้ำ และห้องครัวของอาคาร โดยทั่วไปขอบล่างของช่องนำอากาศบริสุทธิ์ควรสูงจากระดับดินไม่น้อยกว่า 2 เมตร หรือสูงจากพื้นหลังคาไม่ต่ำกว่า 1 เมตร

(3) ช่องระบายอากาศออกจากอาคาร (Exhaust air grille) ควรอยู่ห่างจากช่องอากาศบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 9 เมตร หรืออยู่ที่กำแพงคนละด้าน โดยคำนึงถึงทิศทางลมในแต่ละฤดูกาลหรือผลจากลมที่ปะทะกับอาคารข้างเคียงประกอบด้วย เพื่อป้องกันมิให้อากาศสกปรกไหลย้อนกลับเข้าสู่ตัวอาคารอีก

(4) ปริมาณลมถ่ายเทภายในอาคารต้องไม่น้อยกว่า 6 -10 เท่า ของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง (Air change per hour) เพื่อให้อากาศบริสุทธิ์ สามารถกระจายไปสู่ส่วนต่างๆ ของอาคารอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว

(5) การควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงานต้องไม่ทำให้คุณภาพอากาศในอาคารลดลง เช่น

- การควบคุมการเปิดและปิดระบบปรับอากาศ (Optimum start control and optimum stop control) ต้องไม่ช้าเกินไปในตอนเช้าและไม่เร็วเกินไปในตอนเย็น เพื่อให้มีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาอย่างเพียงพอในขณะที่ยังมีคนทำงานอยู่ในอาคาร และเพื่อระบายอากาศสกปรกที่ยังตกค้างอยู่ให้หมดไปหลังเลิกงานแล้ว อาจทำโดยให้เครื่องเป่าลมเย็นยังคงทำงานอยู่แม้เครื่องปรับอุณหภูมิ (Chiller) จะมิได้ทำงานเนื่องจากการควบคุมของระบบเปิดและปิดระบบปรับอากาศแล้ว

- การควบคุมรอบการทำงาน (Duty cycling control) ของระบบระบายอากาศต้องไม่นานเกินไป เพราะหากนานเกินไปจะทำให้เกิดการสะสมของสิ่งสกปรกในอาคารและเป็นอันตรายต่อผู้อาศัย

(6) ควรติดตั้งพัดลมดูดอากาศเสียออกจากบริเวณพื้นที่ของอาคารที่มีอากาศสกปรกมาก เช่น บริเวณห้องน้ำ โรงพิมพ์ ห้องถ่ายเอกสาร ห้องทดลองปฏิบัติการ ห้องครัว เป็นต้น ในบางกรณีควรใช้ท่อดูด (Hood) ที่มีประสิทธิภาพสูงร่วมกับพัดลมดูดอากาศด้วย เพื่อให้การระบายอากาศเสียเป็นไปอย่างได้ผล เช่น การใช้ท่อดูดควัน (Fume hood) ในห้องปฏิบัติการ การใช้ท่อดูดในห้องครัว (Kitchen range hood) เป็นต้น

(7) รักษาความดันอากาศในห้องที่สกปรกให้ต่ำกว่าห้องข้างเคียง เพื่อป้องกันมิให้สิ่งสกปรกกระจายไปสู่ส่วนอื่นๆ ของอาคาร เช่น ห้องสูบบุหรี่ ห้องผ่าตัด ห้องสะอาด เป็นต้น

(8) เครื่องเพิ่มความชื้น (Humidifier) ใช้เพิ่มความชื้นให้แก่ระบบปรับอากาศ เช่น ศูนย์คอมพิวเตอร์ในโรงงานผลิตชิ้นส่วน สารกึ่งตัวนำ ควรเป็นแบบต้มน้ำให้กลายเป็นไอแล้วฉีดไอน้ำเข้าไปในอากาศ โดยน้ำที่ใช้ควรมีการปรับสภาพให้สะอาดเพื่อมิให้สิ่งสกปรกปนเปื้อนกับบรรยากาศในอาคาร

(9) ระบบปรับอากาศต้องสามารถใช้และบำรุงรักษาได้ง่าย โดยเฉพาะส่วนที่มีความชื้นและมีน้ำขังอยู่เป็นประจำ เช่น ถาดน้ำทิ้งของเครื่องเพิ่มความชื้น คอยล์ทำความเย็น แผงกรองอากาศหอผึ่งน้ำ เป็นต้น เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อรา

(10) ติดตั้งระบบกรองอากาศที่เหมาะสมสำหรับอากาศบริสุทธิ์และอากาศหมุนเวียนในอาคาร แผ่นกรองอากาศที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับระดับของความสะอาดที่ต้องการและชนิดของสิ่งสกปรกที่เกิดขึ้นในอาคาร

(11) ควบคุมอุณหภูมิของอากาศภายในอาคารให้อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมที่ 76°ฟ (24 ^{0}ซ) (แปรผันได้ระหว่าง 73 - 79 ^{0}ฟ หรือ 23 - 26 ^{0}ซ ได้โดยเป็นที่ยอมรับของร้อยละ 80 ของผู้อยู่ในอาคาร) ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ควรอยู่ระหว่างร้อยละ 20 – 60

2.4.2 การระบายอากาศ

เกณฑ์มาตรฐานเกี่ยวกับความเข้มข้นของมลพิษของ ASHRAE ซึ่งเป็นมาตรฐานของการระบายอากาศที่ยอมรับได้ (ตารางที่ 2.2) เป้าหมายของมาตรฐานนี้คือ การระบุอัตราการระบายอากาศในปริมาณน้อยที่สุดและค่าความเข้มข้นของดัชนีคุณภาพอากาศภายในอาคารซึ่งสามารถยอมรับได้สำหรับมนุษย์ผู้อาศัยหรือผู้ใช้อาคาร เพื่อมิให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจจะเกิดขึ้นได้

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ปัจจัยคุณภาพอากาศ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	ระยะเวลา	มาตรฐานอ้างอิง
อุณหภูมิ	20-26 ^{0}C	ตลอดเวลา	- ASHRAE Standard 55
ความชื้นสัมพัทธ์	30-60%	ตลอดเวลา	- ASHRAE Standard 62
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	1,000 ppm	ตลอดเวลา	- ASHRAE Standard 62
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	25 ppm	8 ชั่วโมง	- ACGIH (2003)
อนุภาคขนาดเล็ก (PM10)	0.05 mg/m^3	24 ชั่วโมง	- ASHRAE Standard 62
อนุภาคขนาดเล็ก (PM 2.5)	0.015 mg/m^3	24 ชั่วโมง	- ASHRAE Standard 62
เชื้อรา	50 CFU/m^3	ตลอดเวลา	- WHO(1998)
เชื้อแบคทีเรีย	100 CFU/m^3	ตลอดเวลา	- WHO(1998)

สำหรับประเทศไทยนั้น ยังไม่มีหน่วยงานใด กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยตรง แต่ก็มีกฎหมายบางฉบับที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 หมวด 2 ระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า และระบบป้องกันเพลิงไหม้ได้กำหนดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศในอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษไว้ ได้แก่ ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด สำนักงาน ไม่น้อยกว่า 2 เท่าต่อชั่วโมง และโรงพยาบาลอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศไม่น้อยกว่า 2 เท่าต่อชั่วโมงในห้องผู้ป่วย

- ประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่ 6/2538 เรื่อง กำหนดจำนวนคนต่อจำนวนพื้นที่ ของอาคารที่พักอาศัยที่ถือว่ามีคนอยู่มากเกินไป ภายใต้พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ได้กำหนดพื้นที่ในอาคารให้มีไม่น้อยกว่า 3 ตารางเมตรต่อคน และได้กำหนดค่าเดียวกันนี้สำหรับพื้นที่ของคนงานก่อสร้าง และของอาคารโรงงานในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 7/2538 และ 8/2538 ตามลำดับ

- พระราชบัญญัติคุ้มครองสุขภาพของผู้ไม่สูบบุหรี่ พ.ศ. 2535 ซึ่งกำหนดสถานที่หรือยานพาหนะใดๆ ที่เป็นสถานที่สาธารณะเป็นเขตปลอดบุหรี่ และได้กำหนดสภาพ ลักษณะและมาตรฐานของเขตปลอดบุหรี่ เกี่ยวกับการระบายควัน หรืออากาศ รวมทั้งได้มีการออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2545 บังคับให้สถานที่สาธารณะ 19 ประเภท ซึ่งขณะทำการและให้บริการเป็นเขตปลอดบุหรี่โดยมีผลบังคับใช้แล้ว ตั้งแต่วันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2545

และทางหน่วยงาน ASHRAE ได้มีการนำเสนอแนะค่าอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่อาคารสำหรับห้องลักษณะต่างๆ ของโรงพยาบาล ตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 62-1989 (ตารางที่ 2.3) และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ได้ออกข้อแนะนำเฉพาะกาลสำหรับการออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศและระบายอากาศของสถานพยาบาล โดยกำหนดให้อัตราการนำเข้าอากาศภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้อง (ตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.3 อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่อาคารในห้องลักษณะต่างๆ ในโรงพยาบาลตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 62-1989

ลักษณะพื้นที่	จำนวนคนต่อ 1,000 ตารางฟุต	อัตราการไหลของอากาศ ลูกบาศก์ฟุต/นาที/คน (cfm/person)
ห้องพักผู้ป่วย	10	25
ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์	20	15
ห้องผ่าตัด	20	30
ห้องพักฟื้นและห้อง ICU	20	15
ห้องตรวจคนไข้โดยแพทย์	20	15

ที่มา : กรมควบคุมโรค, 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องสำหรับห้องต่างๆ ในโรงพยาบาล

ลำดับ	สถานที่	อัตราการนำเข้าอากาศภายในห้องไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง	อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง	ความดันสัมพันธ์กับพื้นที่ข้างเคียง
1	ห้องผ่าตัด	5	25	สูงกว่า
2	ห้องคลอด	5	25	สูงกว่า
3	ห้อง Nursery	5	12	สูงกว่า
4	ห้องตรวจรักษาผู้ป่วย	5	6	สูงกว่า
5	ห้องฉุกเฉิน (Trauma Room)	5	12	สูงกว่า
6	บริเวณพักคอยสำหรับผู้ป่วยนอก	2	12	ต่ำกว่า
7	ห้องพักผู้ป่วย	2	6	สูงกว่า
8	ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ	2	12	ต่ำกว่า
9	ห้องแยกผู้ป่วยปลอดเชื้อ	2	12	สูงกว่า
10	ห้องปฏิบัติการ (Laboratory)	2	6	ต่ำกว่า

ที่มา : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2551

การศึกษาของ NIOSH พบว่า ร้อยละ 35 ของปัญหาคุณภาพอากาศในอาคารมีสาเหตุมาจากการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ (Godish, 2004) ซึ่งการระบายอากาศจะช่วยเจือจางระดับมลสารในพื้นที่อาคารด้วยอากาศจากภายนอกที่มีระดับมลสารต่ำกว่า โดยส่วนใหญ่ปัญหาการระบายอากาศไม่เพียงพอเกิดจาก (ปุญญานิช บริเวธานันท์, 2549)

(1) การนำอากาศภายนอกเข้าไปในอาคารไม่เพียงพอ

(2) การกระจาย และการผสมผสานอากาศภายในอาคารไม่เพียงพอ เช่น ภายในห้องโถงใหญ่ การระบายอากาศจะดีกว่าห้องที่ถูกกั้นเป็นสัดส่วน

(3) อุณหภูมิและความชื้นสูงหรือไม่คงที่

(4) ระบบฟอกอากาศทำงานไม่มีประสิทธิภาพ

การระบายอากาศอาจแบ่งได้ตามกระบวนการ คือ การแทรกผ่านรอยแยกอาคาร (Infiltration และ Exfiltration) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation) และการระบายอากาศเชิงกล (Mechanical ventilation) (Godish, 2004)

(1) การแทรกผ่านรอยแยกอาคาร (Infiltration และ Exfiltration)

โครงสร้างของอาคารทุกแห่งมีหลายช่องทางที่ยอมให้อากาศแทรกซึมเข้าและออก ไม่ว่าจะเป็นรอยแตกของอาคาร ช่องระหว่างวงกบประตู หน้าต่าง และฐานของอาคาร ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแทรกผ่านของอากาศตามรอยแยก คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิภายใน ภายนอกอาคาร และความเร็วลม อากาศจะระบายได้ดีในวันที่อากาศภายในและภายนอกมีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก มีลมแรง และอากาศจะถ่ายเทได้น้อยในวันที่ลมสงบ อุณหภูมิภายในและภายนอกมีความแตกต่างกันน้อย เนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันส่งผลให้มีความดันอากาศภายในและภายนอกไม่เท่ากัน เกิดการถ่ายอากาศออกจากอาคาร การระบายอากาศชนิดนี้เกิดกับอาคารทุกแห่ง แต่จะมีบทบาทมากในอาคารปิด โดยเฉพาะอาคารที่ไม่มีการระบายอากาศชนิดอื่น เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วน โดยไม่มีพัดลมดูดอากาศ

(2) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation)

การระบายอากาศแบบธรรมชาติจากการเปิดหน้าต่าง หรือประตู เกิดช่องเปิดที่ยอมให้อากาศจากภายนอกเข้าไปหมุนเวียนในอาคารและเจือจางสารมลสาร อัตราการแลกเปลี่ยนแบบธรรมชาติขึ้นอยู่กับปริมาณและตำแหน่งของหน้าต่าง หรือประตู และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม คืออุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม ส่วนมากแล้วการระบายอากาศแบบธรรมชาติจะควบคู่ไปกับการใช้พัดลมชนิดต่างๆ ในอาคารเพื่อลดอุณหภูมิในห้อง

(3) การระบายอากาศเชิงกล (Mechanical ventilation)

การระบายอากาศแบบเชิงกลนิยมใช้กันแพร่หลาย เพื่อควบคุมปริมาณสารปนเปื้อนทั้งในอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ อาคารพาณิชย์ และอาคารสถาบันการศึกษา โดยอาจแบ่งเป็นการระบายอากาศของทั้งอาคาร หรือเฉพาะพื้นที่บางส่วน การระบายอากาศเชิงกลมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อ เจือจางระดับมลสารในอาคาร โดยเมื่อปริมาตรอากาศหมุนเวียนเป็น 2 เท่าของปริมาตรอากาศภายในอากาศ ระดับมลสารจะลดลงร้อยละ 50 ประสิทธิภาพเจือจางสิ่งปนเปื้อนในอาคารจะดีที่สุดกับมลสารเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว เช่น การสูบบุหรี่ แต่ประสิทธิภาพจะลดลงกับมลสารที่ถูกปลดปล่อยอย่างต่อเนื่องจากการแพร่การระบายอากาศเฉพาะที่ใช้กับแหล่งกำเนิดที่ระบุได้แน่นอนปลดปล่อยมลสารปริมาณมาก และปลดปล่อยเฉพาะพื้นที่ นิยมใช้ในการควบคุมกลิ่นจากห้องน้ำควบคุมมลสารจากการเผาไหม้ และกลิ่นจากห้องครัว หรือลดกลิ่น และก๊าซจากห้องปฏิบัติการของสถาบันการศึกษา

2.4.3 การฟอกอากาศ

ระบบฟอกอากาศออกแบบมาเพื่อลดปริมาณสารปนเปื้อนในอาคารในรูปของฝุ่นละอองหรือก๊าซ ซึ่งเครื่องฟอกอากาศส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในท้องตลาดถูกออกแบบมาเพื่อลดมลสาร

ในรูปของอนุภาค และไม่สามารถลดปริมาณของก๊าซในอากาศได้ ประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศขึ้นอยู่กับความสามารถในการกรองมลสารออกจากอากาศ และปริมาตรอากาศที่ผ่านระบบหรือแผ่นกรองอากาศประกอบกัน จึงไม่ควรเลือกใช้เครื่องที่กรองมลสารได้มากแต่มีอัตราการไหลออกต่ำหรือเครื่องที่มีอัตราการไหลอากาศสูงแต่กรองมลสารได้น้อย นอกจากนี้ประสิทธิภาพของเครื่องกรองฟอกอากาศขึ้นกับการบำรุงรักษาตามคู่มือการใช้งานอย่างเคร่งครัด เช่น การเปลี่ยนแผ่นกรอง หรือทำความสะอาดตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ (U.S.EPA, 1995)

2.5 ฝุ่นละอองในอากาศ

เนื่องจากกระบวนการเกิดของอนุภาคมีความหลากหลาย ส่งผลให้ขนาด รูปร่าง องค์ประกอบ และผลกระทบของฝุ่นละอองมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีการกำหนดคำศัพท์ที่กำหนดไว้เรียก ฝุ่นละอองมากมาย คำศัพท์ที่พบบ่อยได้แก่

ละออง (Aerosol) หมายถึงอนุภาคของเหลวหรือของแข็งลอยในอากาศ

ฝุ่นละออง (Particulate matter) หมายถึงอนุภาคของแข็งและของเหลวที่แขวนลอยในอากาศ

ฝุ่นละอองรวม (Suspended particulate matter: SPM หรือ total suspended particulate; TSP)

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM10) หรือ ฝุ่นหยาบ (Coarse particle) เป็นอนุภาคที่มีขนาด 2.5 - 10 ไมครอน (ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถเข้าสู่ปอดได้)

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร (PM2.5) หรือ ฝุ่นละเอียด (Fine particle) เป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถเข้าสู่ปอดได้)

อนุภาคขนาดเล็กมาก (Ultrafine particle หรือ Nanoparticle) อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมโครเมตร หรือขนาดอยู่ในหน่วยนาโนเมตร

ควัน (Smoke) หมายถึงอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ประกอบด้วยคาร์บอนและก๊าซระเหยง่ายควบแน่น ส่วนใหญ่มีขนาดต่ำกว่า 1 ไมโครเมตร

American conference of governmental industrial hygienists - ACGIH ได้จำแนกประเภทของอนุภาคตามขนาดที่มีผลกระทบต่อสุขภาพแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ (สุวัชร์ บัวแย้ม, 2551)

(1) อนุภาคที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนต้นได้ (Inhalable particulate matter; IPM) หมายถึงอนุภาคที่อาจก่อให้เกิดอันตรายเมื่อสะสมในบริเวณต่างๆ ของระบบทางเดินหายใจ

(2) อนุภาคที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจบริเวณช่องอกได้ (Thoracic particulate matter: TPM) หมายถึงอนุภาคที่จะก่อให้เกิดอันตราย เมื่อสะสมอยู่บนตำแหน่งใดๆ ของท่อลมและบริเวณแลกเปลี่ยนก๊าซในปอด

(3) อนุภาคที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจบริเวณแลกเปลี่ยนก๊าซได้ (Respirable particle matter: RPM) หมายถึงอนุภาคที่จะก่อให้เกิดอันตราย เมื่อสะสมอยู่ในบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซของปอด

2.5.1 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองในอากาศ

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ คือ (กรมควบคุมมลพิษ, 2552-ก)

(1) ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural particle) ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละออง ไอน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า และฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น

(2) ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made particle) ได้แก่

- ฝุ่นจากการคมนาคมขนส่งและการจราจร เช่น ฝุ่นดินทรายที่ฟุ้งกระจายในถนน ขณะที่รถยนต์วิ่งผ่าน ฝุ่นดินทรายที่หล่นจากการบรรทุกขนส่ง การกองวัสดุสิ่งของบนทางเท้าหรือบนเส้นทางการจราจร
- ฝุ่นจากการก่อสร้าง เช่น ฝุ่นจากการสร้างถนน/อาคาร การปรับปรุงผิวการจราจร การรื้อถอนอาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ การก่อสร้างเพื่อติดตั้งหรือปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค
- ฝุ่นจากการประกอบการอุตสาหกรรม เช่น การทำปูนซีเมนต์ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดิน สำหรับใช้ในการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่ง การโม่บดหรือย่อยหิน การร่อนหรือการคัดกรวดหรือทราย
- ฝุ่นจากการประกอบกิจกรรม อื่นๆ เช่น การทำความสะอาด การทำอาหาร การทาสี เป็นต้น

2.5.2 ขนาดของฝุ่นละออง

ขนาดของอนุภาคในอากาศอาจแบ่งได้ตามขนาดเรียกว่า Mass Median Diameter (MMD) ได้แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ (McClellan, 2000)

(1) Coarse Mode Fraction มีขนาด 2.5-10 ไมครอน จะสะสมอยู่ที่ทางเดินหายใจส่วนต้นและส่วนกลาง

(2) Fine Mode Fraction มีขนาด 0.5-2.5 ไมครอน สามารถลงไปในหลอดลมปอดขนาดเล็กส่วนปลายและในถุงลมปอดได้

(3) Smallest Particulate มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน จะลอยเข้าออกตามลมหายใจ

2.5.3 ผลกระทบของฝุ่นละออง (กรมควบคุมมลพิษ, 2552-ก)

(1) สภาพบรรยากาศทั่วไป

ฝุ่นละอองจะลดความสามารถในการมองเห็น เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศทั้งที่เป็นของแข็ง และของเหลวสามารถดูดซับและหักเหแสงได้ ทำให้ทัศนะวิสัยในการมองเห็นเสื่อมลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ความหนาแน่น และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น

(2) วัตถุและสิ่งก่อสร้าง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถทำอันตรายต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้ เช่น การสึกกร่อนของโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง การเสื่อมคุณภาพของผลงานทางศิลปะ ความสกปรก/เลอะเทอะของวัตถุ เป็นต้น

(3) สุขภาพอนามัยของมนุษย์

ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษหรือเหตุเดือดร้อนรำคาญ ส่วนฝุ่นละอองที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้ เมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจจะเกาะตัวหรือตกตัวได้ในส่วนต่างๆ ของระบบทางเดินหายใจ ก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อของอวัยวะนั้นๆ เช่น เนื้อเยื่อปอด ซึ่งหากได้รับในปริมาณมากหรือในช่วงเวลานานจะสามารถสะสมในเนื้อเยื่อปอด เกิดเป็นพังผืดหรือแผลขึ้นได้ และทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลงทำให้หลอดลมอักเสบเกิดหอบหืดถุงลม โป่งพอง และโอกาสเกิดโรคระบบทางเดินหายใจเนื่องจากติดเชื้อเพิ่มขึ้นได้

2.6 แบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ชนิดโปรคารีโอต (Prokaryote) มีขนาดและรูปร่างต่างกัน แบคทีเรียส่วนมากมีความยาวเซลล์ตั้งแต่ 0.75-4.0 ไมครอน และเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-1 ไมครอน แบคทีเรียส่วนใหญ่ตัวโปร่งแสงและมีดัชนีหักเหคล้ายของเหลวที่มันอาศัยอยู่ ดังนั้นการจะให้เห็นตัวชัดเจนต้องอาศัยการย้อมสี (ฆริกา คุ้มไทย, 2545)

2.6.1 สัณฐานวิทยา

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ แบคทีเรียส่วนมากมีรูปร่างที่แน่นอน คือ เป็นทรงกลม เป็นแท่ง หรือเป็นเกลียว มีการเรียงตัวที่ค่อนข้างคงที่ ได้แก่ เป็นกลุ่ม เป็นคู่ เป็นสาย จากลักษณะรูปร่างและการเรียงตัวทำให้จัดแบคทีเรียออกเป็นหมวดหมู่ได้

โดยทั่วไปสามารถจำแนกแบคทีเรียตามรูปร่างพื้นฐานออกเป็น 3 พวกใหญ่ๆ คือ (กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์, 2545)

(1) ทรงกลม (Coccus)

เป็นพวกที่มีลักษณะกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง ด้านกว้างและด้านยาวใกล้เคียงกันมาก บางชนิดอาจมีรูปทรงกลมที่เพี้ยนไปบ้าง เช่น รูปร่างกลมที่มีซีกด้านข้างหนึ่งแบนคล้ายรูปไต นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวได้

(2) ทรงท่อน (Bacilli)

เป็นพวกที่มีลักษณะเป็นท่อนตรง ท่อนสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปท่อนอ้วน สั้น คล้ายรูปไข่ รูปทรงกระบอก รวมเรียกว่า *Bacillus*

(3) ทรงเกลียว (Spirals)

เป็นพวกที่มีลักษณะเป็นเกลียวคล้ายสว่านซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นบาซิลไลที่ โค้งงอ และต่อกันจนเป็นเกลียวความโค้งงอมีหลายระดับ พวกวิบริโอ (Vibrios) เป็นสไปรัลที่โค้งคล้ายเครื่องหมาย γ พวกที่เป็นสไปรัลที่แท้จริงมี 2 พวก คือ เกลียวแข็งคงตัว ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Spirillum* เช่น *Treponema pullidum* และพวกเป็นเกลียวที่ยืดหยุ่นเรียกว่า Spirochetes

นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกแบคทีเรียได้อีกโดยการอาศัยสมบัติในการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (Hemolysis) บนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Blood agar โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ (ฆริกา คุ้มไทย, 2545)

(1) β-hemolysis มีการสลายเม็ดเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์ (Complete hemolysis) ทำให้รอบโคโลนีเป็นวงใสเกิดขึ้น เกิดจากเม็ดเลือดเลือดแดงใน Blood agar แตกสลายไปโดยเอนไซม์ Hemolysin หรือ Streptolysin ที่เชื้อสร้างขึ้นและปล่อยออกมา เช่น *Streptococcus pyogenes*

(2) α-hemolysis มีการสลายเม็ดเลือดแดงไม่สมบูรณ์ (Partial หรือ Incomplete hemolysis) เม็ดเลือดแดงถูกทำลายเพียงบางส่วนแต่ยังไม่สลาย อาหารเลี้ยงเชื้อโดยรอบโคโลนีเปลี่ยนเป็นสีเขียวปนน้ำตาล เช่น *Streptococcus pneumoniae*

(3) γ-hemolysis ไม่มีการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (non hemolysis) บริเวณโดยรอบโคโลนีจะมีการเปลี่ยนแปลง ไม่มีการเปลี่ยนสีและการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงในอาหารเลี้ยงเชื้อ เนื่องจากเอนไซม์ Hemolysin

2.6.2 การเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ (จุฑามาศ เทพชัยศรี, 2542)

(1) การเจริญเติบโต (Growth) หมายถึงการเพิ่มจำนวนโดยการแบ่งตัวเองจาก 1 เซลล์เป็น 2 เซลล์

(2) การเจริญพันธุ์ (Reproduction) หมายถึงการสร้างแบคทีเรียเซลล์ใหม่ขึ้นซึ่งก็คือจำนวนของแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้นด้วย

ในกรณีที่สภาพแวดล้อมและอาหารยังอยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียนั้น แบคทีเรียมีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนในอัตราที่คงที่สม่ำเสมอ แบคทีเรียแต่ละชนิดมีระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนไม่เท่ากัน แบคทีเรียที่เจริญเติบโตช้า เช่น แบคทีเรียพวก *Mycobacterium* จะมีระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนยาว ส่วนแบคทีเรียที่เจริญเร็วจะมีระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนสั้น โดยแบคทีเรียชนิดเดียวกันอาจมี ระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนสั้นจำนวนไม่เท่ากันถ้าเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อและสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

แบคทีเรียทุกชนิดต้องการน้ำ อาหาร แร่ธาตุ ฯลฯ สำหรับการเจริญ นอกจากนี้หลายชนิดยังต้องการกรดอะมิโน วิตามิน และสารประกอบเชิงซ้อนบางอย่างที่มันไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ อาหารเมื่อผ่านเข้าไปในเซลล์แล้ว ก็จะนำไปสร้างส่วนประกอบของเซลล์หรือให้พลังงานแก่เซลล์ ได้แก่

(1) แหล่งพลังงาน ได้จากการสลายสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ แต่บางชนิดใช้แสงสว่างเป็นแหล่งของพลังงานได้

(2) แหล่งคาร์บอน พวกที่หากินได้เอง (Autotroph) ได้แหล่งคาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนพวกอื่นๆ ได้จากสารประกอบอินทรีย์ เช่น น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน

(3) แหล่งของไนโตรเจน บางชนิดสามารถใช้ก๊าซไนโตรเจนในอากาศได้บางชนิดในรูปของสารอนินทรีย์ เช่น เกลือแอมโมเนีย บางชนิดก็ได้จากสารอาหารพวกโปรตีน

(4) แร่ธาตุต่างๆ เช่น P, K, Mg, Fe, Mn, Ca, Cu, Zn, CO มีความต้องการน้อยแล้วแต่ชนิดของแบคทีเรีย

(5) วิตามิน มีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์ วิตามินบางชนิด แบคทีเรียสามารถสังเคราะห์ได้เองแต่บางชนิดต้องใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ

เนื่องจากแบคทีเรียมีความต้องการสารอาหารไม่เหมือนกันทำให้เราแบ่งแบคทีเรียออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

(1) Autotroph จัดเป็นพวกที่สร้างอาหารได้เองต้องการสารเคมีที่ไม่ซับซ้อน สามารถเปลี่ยนสารประกอบเหล่านี้ไปเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่สลับซับซ้อน เป็นไขมัน โปรตีน วิตามิน รวมทั้งส่วนประกอบสำคัญอย่างอื่นภายในเซลล์ได้

(2) Heterotroph ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง ในการเจริญต้องพึ่งพาสารอาหาร สารจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เป็นพวกที่ต้องการสารอาหารที่มีส่วนประกอบสลับซับซ้อนมากขึ้น จำเป็นต้องใช้ C จากแหล่งคาร์บอน จากสารประกอบอินทรีย์จะใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียวไม่ได้พวกนี้มักจะไม่ทำให้เกิดโรคในคน

2.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

- ทางกายภาพ

ในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย นอกจากอาหารแล้วแบคทีเรียยังต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน มีผลทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียแตกต่างกันด้วย ได้แก่ (จุฑามาศ เทพชัยศรี, 2542)

(1) ความชื้นสัมพัทธ์ มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลต่อการสูญเสียน้ำในเซลล์ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง นอกจากนี้แบคทีเรียแกรมลบที่อยู่ในละอองอากาศจะดำรงชีวิตได้นานขึ้น ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ในทางตรงข้ามแบคทีเรียแกรมบวกจะดำรงชีวิตได้นานขึ้น ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูง

(2) อุณหภูมิ แบคทีเรียต่างชนิดกันต้องการอุณหภูมิในการเจริญเติบโตไม่เหมือนกัน แบ่งแบคทีเรียออกเป็น 3 กลุ่ม ตามอุณหภูมิที่ใช้ในการเจริญเติบโต ดังนี้

- Psychrophile เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 15 ^{0}ซ และบางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ 0 ^{0}ซ ด้วย แต่ปรกติจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 20 ^{0}ซ
- Mesophile ชอบเจริญเติบโตที่อุณหภูมิปานกลาง คือ ระหว่าง 20 – 45 ^{0}ซ
- Thermophile ชอบเจริญเติบโตที่อุณหภูมิสูง คือ ระหว่าง 45-80 ^{0}ซ

(3) ความเป็นกรดเป็นด่าง แบคทีเรียส่วนมากมักเจริญได้ดีในที่ pH ที่เป็นกลางหรือด่าง ได้มีการจัดแบคทีเรียออกเป็น 3 กลุ่ม ตามพีเอช ที่ใช้การเจริญเติบโต ดังนี้

- Acidophile เจริญได้ดีที่สุดที่ พีเอช ระหว่าง 1.0-5.5
- Neutrophile เจริญได้ดีที่สุดที่ พีเอช ระหว่าง 5.5-8.0
- Alkalophile เจริญได้ดีที่สุดที่ พีเอช ระหว่าง 8.5-11.5

ถ้าแบคทีเรียไปอยู่ในสภาพที่พีเอชแตกต่างไปจากที่ๆ มันเคยอยู่ จะพบว่าเยื่อหุ้มเซลล์จะเกิดการฉีกขาด เอนไซม์หยุดการทำงาน การดูดซึมสารอาหารจะผิดปกติไป และในที่สุดแบคทีเรียก็จะตาย

(4) ออกซิเจน ในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียพบว่า แบคทีเรียแต่ละชนิดมีความต้องการออกซิเจนมากน้อยแตกต่างกัน จึงสามารถแบ่งแบคทีเรียออกเป็นกลุ่มต่างๆ คือ

- Alkalophile เจริญได้ดีที่สุดที่ พีเอช ระหว่าง 8.5-11.5
- Obligate aerobe เป็นแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตโดยใช้ในขบวนการหายใจ แบคทีเรียกลุ่มนี้ถ้าขาดออกซิเจนจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้
- Facultative anaerobe เป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตในที่ๆ มีหรือไม่มีออกซิเจนก็ได้แต่มักจะชอบออกซิเจนมากกว่า
- Aerotolerant anaerobe เป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ทั่วๆไปในที่ๆ มีหรือไม่มีออกซิเจนไม่มีความชอบออกซิเจนโดยเฉพาะ
- Obligate anaerobe เป็นแบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจนเลย พลังงานที่เกิดขึ้นภายในเซลล์จะได้จากขบวนการหมัก (Fermentation) หรือ หายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic respiration)
- Microaerophile ต้องการออกซิเจนเพียงเล็กน้อย

(5) แสงสว่าง แบคทีเรียทั่วๆไปไม่ต้องการแสงสว่างในการเจริญ ยกเว้น photoautotroph เท่านั้น ที่ต้องการแสงสว่าง

(6) รังสีอัลตราไวโอเลต สามารถทำลาย จุลินทรีย์ รวมทั้ง แบคทีเรีย ไวรัส รา และโปรโตซัว โดยจะไปทำลายโครงสร้างของดีเอ็นเอซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์

2.6.4 การก่อโรคโดยแบคทีเรียและแบคทีเรียสำคัญที่ก่อให้เกิดโรค (จุฑามาศ เทพชัยศรี, 2542)

(1) การก่อโรคโดยแบคทีเรีย

การมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ในร่างกาย เมื่อได้รับสารอาหารจากร่างกาย จึงเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้น โดยผู้ที่ให้จุลินทรีย์อยู่อาศัยเสียประโยชน์ แล้วเจ็บป่วย เรียกได้ว่ามีการติดเชื้อ (infection) เกิดขึ้น การติดเชื้อมีสาเหตุจากจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา โปรโตซัว เป็นต้น การติดเชื้อมีตำแหน่งจำนวนของเชื้อ และความรุนแรงของโรคมากน้อยต่างๆ กัน การติดเชื้อในบางครั้งอาจจะไม่ทำให้เกิดโรคก็ได้ ในกรณีที่เกิดโรคหมายความว่า อวัยวะต่างๆ ภายในร่างกายของผู้ติดเชื้อไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามปกติ ทั้งนี้เพราะตัวเชื้อหรือพิษที่เชื้อสร้างขึ้นขัดขวางการทำงานของอวัยวะนั้นๆ ตัวเชื้อที่ทำให้เกิดโรคเรียกว่า pathogen ส่วนความสามารถในการก่อพยาธิสภาพของโรคเรียก pathogenicity

การที่มีเชื้อโรคอยู่ในร่างกายแล้วจะทำให้เกิดโรคหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ ปริมาณของเชื้อในร่างกาย ความรุนแรง (Virulence) ของเชื้อนั้นๆ และความแข็งแรงและความสามารถในการต้านทานเชื้อโรคของผู้ป่วย

โดยทั่วไปถ้าร่างกายได้รับเชื้อปริมาณมาก โอกาสจะเกิดโรคก็มาก แต่เชื้อบางชนิดมีความรุนแรงสูง ถึงแม้ว่าจะเข้าสู่ร่างกายในปริมาณน้อย ก็ทำให้เกิดโรคได้ และถ้าร่างกายอ่อนแอภูมิต้านทานลดต่ำ จะมีโอกาสติดเชื้อโดยง่ายด้วย โรคบางชนิดจัดได้ว่าเป็นโรคที่เกิดจากตัวผู้ป่วยเอง คือ มีเชื้ออาศัยอยู่ในร่างกายแล้วแต่ไม่แสดงอาการ เมื่อภูมิคุ้มกันลดต่ำลงหรือป่วยเป็นโรคบางชนิด เชื้อที่มีอยู่นั้นจะสามารถเจริญเติบโตขึ้น จนทำให้เกิดอาการปรากฏขึ้นเรียกโรคที่เกิดขึ้นเองนี้ว่า endogeneous disease พบว่า ผู้ป่วยที่เข้ารักษาในโรงพยาบาลนาน และมีภูมิคุ้มกันต่ำมักจะป่วยเป็นโรคดังกล่าวนี้

สำหรับคำว่า “Virulence” ในความหมายคือ พลังความสามารถในการทำให้เกิดโรคซึ่งจะต้องมี คุณสมบัติ 3 ประการ คือ

- Invasiveness ความสามารถในการบุกรุกแทรกแซงเข้าไปในเนื้อเยื่อ หรือบริเวณที่มีการติดเชื้อ

- Infectivity ความสามารถในการก่อให้เกิดการติดเชื้อ เชื้อมีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนมากขึ้นในร่างกาย

- Pathogenic potential ความสามารถในการทำให้เกิดพยาธิสภาพ หรือมีอาการปรากฏขึ้น

โรคบางชนิดไม่ได้เกิดจากตัวเชื้อโรค แต่เกิดจากพิษที่เชื้อสร้างขึ้น ความสามารถในการสร้างสารพิษ (Toxin) ของเชื้อเรียกว่า Toxingenicity ส่วนสารพิษ (Toxin) คือ สารเคมี (Chemical substance) ที่เชื้อสร้างขึ้นแล้วมีฤทธิ์ในการทำให้เกิดโรคได้ในการก่อให้เกิดโรคติดเชื้อนั้นเชื้อจะต้องมีความสามารถในการแพร่ไปยังร่างกายคนได้ คือ

ก. การแพร่กระจายของเชื้อ

วิธีการที่เชื้อแพร่กระจายไปยังคนมีหลายวิธีคือ การสัมผัสโดยตรง (Direct contact) จากผู้ป่วยไปยังผู้สัมผัสเชื้อ ได้แก่ การไอ การจาม การสัมผัสถูกต้องตัวผู้ป่วยตรงบริเวณที่มีเชื้อ และการสัมผัสทางอ้อม (Indirect contact) โดยผู้ป่วยที่มีเชื้ออยู่ในร่างกายแพร่กระจายเชื้อไปยังสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น อากาศ ดิน น้ำ อาหาร จากนั้นจึงนำไปสู่คน สิ่งที่นำเชื้อไปสู่คนนี้ถ้าไม่มีชีวิตเรียกว่า Fomite แต่ถ้ามีชีวิต เช่น แมลงนำเชื้อ เรียกว่า พาหะ (Vector)

ข. การที่เชื้อเกาะติดและคงอยู่กับผู้รับเชื้อ

เมื่อเชื้อแพร่กระจายไปยังบุคคลที่ไวต่อการรับเชื้อแล้ว เชื้อนั้นต้องสามารถเกาะติดและคงอยู่ (Adhere and colonize) กับผู้ที่ให้เชื้ออยู่อาศัย คือ โฮสต์ (Host) ได้การที่เชื้อจะคงอยู่ได้ต้องมีความสามารถเอาชนะจุลินทรีย์อื่นที่อาศัยอยู่ร่างกายโฮสต์อยู่แล้ว (Normal flora)

หมายถึง แบคทีเรียประจำถิ่น อาศัยอยู่ตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย ไม่ทำให้เกิดโรค และบางชนิดมีประโยชน์ เช่น สร้างกรดแลกติก ซึ่งเป็นประโยชน์กับโฮสต์ด้วย) เชื้อที่เข้าสู่ร่างกายนี้ต้องมีคุณสมบัติพิเศษที่จะทำให้เกาะติดและคงอยู่กับโฮสต์ได้ โดยมากจะเป็นสิ่งที่ติดอยู่กับผิวเซลล์ของเชื้อ (Adherence factor) ซึ่งไปยึดจับกับตำแหน่งที่เซลล์ของโฮสต์ (Receptor site on host cell surface) ที่เหมาะสม

ค. วิธีการที่เชื้อเข้าสู่ร่างกาย

เมื่อเชื้อเกาะติดกับเซลล์ของโฮสต์แล้ว ต้องมีความสามารถในการแทรกแซงเข้าสู่เนื้อเยื่อของโฮสต์ โดยเชื้อมีวิธีการหลายอย่าง เช่น ทำให้ผิวเซลล์ของโฮสต์ฉีกขาด ทำลายสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนที่เชื่อมเซลล์ หรืออยู่ที่ผิวเซลล์ ทำลายชั้นของผนังลำไส้ เป็นต้น ในบางครั้ง สภาพของร่างกายโฮสต์เองก็เปิดโอกาสให้เชื้อเข้าสู่ร่างกายได้ เช่น มีรอยถลอก มีบาดแผล ผิวหนังพองเพราะน้ำร้อนลวก ไฟไหม้ แมลงกัดหรือดูดเลือด แล้วเกิดรอยถลอก เพราะคันแล้วเกา เป็นต้น เมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายได้แล้ว ก็จะแทรกแซงไปยังเนื้อเยื่อ ที่อยู่ลึกๆ ลงไปเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองขนาดเล็กที่แทรกอยู่ในเนื้อเยื่อ ไปยังท่อทางเดินน้ำเหลือง เข้าสู่ระบบไหลเวียนของโลหิต แล้วกระจายไปยังระบบต่างๆ ทั่วร่างกาย เชื้อแบคทีเรียสามารถสร้างสารได้หลายๆ ชนิดที่ทำให้เกิดพยาธิสภาพขึ้น

ง. การเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของเชื้อ

เชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกายแล้วสามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนได้ ต้องได้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (อาหาร พีเอช อุณหภูมิพอดีกับความต้องการ) เมื่อเชื้อโรคเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนขึ้น ก็จัดได้ว่ามีการติดเชื้อเกิดขึ้น เชื้อบางชนิดเข้าไปเจริญในเซลล์ที่จำเพาะ แต่เชื้อบางชนิดเจริญในพลาสมา สร้างสารพิษและของเสียขึ้น การที่มีเชื้อหรือสารพิษอยู่ในกระแสเลือดนี้เรียกว่า septicemia

จ. การสร้างสารพิษ

โดยทั่วไปแบคทีเรียมีกลไกหลักในการก่อโรค 2 วิธี วิธีแรก คือ โดยการรุกรานจากตัวเชื้อโดยตัวเชื้อแบคทีเรียเข้าไปในร่างกาย แล้วเจริญเติบโตเพิ่มจำนวน จนกระทั่งเกิดพยาธิสภาพ ส่วนวิธีที่สอง คือ การสร้างสารพิษ (Toxin) ขึ้น สารพิษเป็นตัวการที่ทำให้เกิดความผิดปกติหรืออาการต่างๆ สารพิษแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สารพิษที่เชื้อสร้างขึ้นแล้วปล่อยออกมานอกเซลล์ (Exotoxin) และสารพิษที่อยู่ภายในเซลล์ (Endotoxin)

- Exotoxin เป็นสารโปรตีนละลายน้ำได้ ถูกสร้างขึ้นในขณะที่แบคทีเรียกำลังมีการเจริญเติบโต แล้วปล่อยออกนอกเซลล์ สารพิษนี้อาจจะเข้าสู่กระแสเลือด แล้วไปยังอวัยวะส่วนอื่นๆ ของร่างกาย
- Endotoxin เป็นสารประกอบที่อยู่ในเยื่อหุ้มชั้นนอก (Outer membrane) ของแบคทีเรียแกรมลบ เยื่อหุ้มชั้นนอก ประกอบไปด้วยสารประกอบต่างๆ ได้แก่

lipoprotein,phospholipid และ lipopolysaccharide ส่วนที่เป็นไขมันจาก lipopolysaccharide เรียก lipid A ซึ่งคือ สารพิษ endotoxin นั่นเอง ดังนั้น endotoxin จะออกจากผนังเซลล์ของแบคทีเรียได้ก็เมื่อเซลล์แตกสลาย endotoxin ของแบคทีเรียทุกเชื้อสายก่อให้เกิดอาการเหมือนๆ กัน คือ เป็นไข้อ่อนเพลีย ปวดเมื่อยตามตัวในรายที่มีอาการรุนแรงอาจจะช็อกเรียกว่า endotoxic shock ตัวอย่างของแบคทีเรียที่สร้าง endotoxin ได้แก่ *Salmonella typhi* ทำให้เกิดโรคไทฟอยด์ Neisseria meningitidis ทำให้เกิดโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ เป็นต้น

(2) แบคทีเรียสำคัญที่ก่อให้เกิดโรค

จุลินทรีย์ที่พบอาจเป็นชนิดที่ทำให้เกิดโรค (Pathogenic microorganisms) จะก่อให้เกิดโรคเมื่อร่างกายได้รับเข้าไป หรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค (Nonpathogenic Microorganisms) ซึ่งจะอยู่ในสภาวะแวดล้อม ดิน น้ำ อากาศ นอกจากนี้ยังอยู่ตามส่วนต่างๆของร่างกาย เช่น ผิวหนัง ทางเดินหายใจ โดยไม่ทำให้เกิดโรคในสภาวะปกติ แต่ถ้าอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่แปลกไป อาจจะทำให้เกิดโรคติดเชื้อนั้นได้ สำหรับโรคเชื้อจากจุลินทรีย์ในอากาศที่สำคัญต่อมนุษย์ (ตารางที่ 2.5) มีทั้งโรคที่เกิดจากแบคทีเรีย รา ไวรัส โปรโตซัว (ฆริกา คุ้มไทย, 2545)

ตารางที่ 2.5 โรคติดเชื้อจากจุลินทรีย์ในอากาศที่สำคัญต่อมนุษย์

โรค	เชื้อก่อโรค
โรคจากแบคทีเรีย	
Brucellosis	*Brucella melitensis*
Pulmonary tuberculosis	*Mycobacterium tuberculosis*
Glanders	*Actinobacillus mallei*
Pneumonia	*Clamydia psittaci*
Pneumonia	*Klebsiella anthracis*
Pulmonary anthrax	*Bacillus anthracis*
Stap, respiratory infection	*Staphylococcus aureus*
Stap, respiratory infection	*Stretococcus pyogenes*
Legionellosis	*Legionella* spp.
โรคจากรา	
Aspergillosis	*Aspergillus fumigatus*
Blastomycosis	*Bastomyces dermatiridi*
Coccidiodomycosis	*Coccidides immitis*
Cryptococcosis	*Cryptococcus neofoemans*

ตารางที่ 2.5 โรคติดเชื้อจากจุลินทรีย์ในอากาศที่สำคัญต่อมนุษย์ (ต่อ)

โรค	เชื้อก่อโรค
โรคจากไวรัส	
Influenza	*Influenza virus*
Hemorrhagic fever	*Bunyavirus*
Hepatitis	*Hepatitis virus*
Chicken pox	*Herpes virus*
Common cold	*Picornavir*
โรคจากโปรโตซัว	
Pneumocystosis	*Pneumocystis carinii*

ที่มา: Dowd and Maier, 2000

แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคมีหลายชนิด โดยเฉพาะชนิดที่ทำให้ติดเชื้อทางการหายใจที่สำคัญ เช่น (จุฑามาศ เทพชัยศรี, 2542)

Streptococcus เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 0.5-1 ไมครอน เรียงเป็นสายโซ่หรือเป็นคู่ไม่เคลื่อนที่ไม่สร้างสปอร์บางพวกเป็น Facultative Anaerobic เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 35-37 ^{0}ซ จัดอยู่ใน *Streptococcaceae* ขนาดของโคโลนีค่อนข้างเล็กใสจนถึงสีขาวบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมเลือด บางเชื้อสายสามารถย่อยสลายเม็ดเลือดแดงได้ เป็นเชื้อที่พบได้ทั่วไปทั้งในสิ่งแวดล้อม อาหาร น้ำ ฝุ่นละออง ในลำคอหรือทางเดินหายใจ ลำไส้คนและสัตว์ บางชนิดก่อโรคซึ่งทำให้เกิดโรคโดยตรงจากการติดเชื้อนั้น บางชนิดก่อโรคที่มีอันตรายภายหลังการติดเชื้อครั้งแรกสงบ โรคที่เกิด *Streptococcus* spp. เช่น คออักเสบ ทอนซิลอักเสบ หูชั้นกลางอักเสบ ซึ่งเกิดจากติดเชื้อปฐมภูมิ นอกจากนี้การติดเชื้อ *Streptococcus* อาจก่อให้เกิดพยาธิสภาพภายหลังการติดเชื้อระยะแรกสงบแล้ว ได้แก่ ไข้รูมาติกเฉียบพลัน และหน่วยไตอักเสบเฉียบพลัน

Staphylococcus เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 0.5-2.0 ไมครอน มักอยู่เป็นกลุ่ม ไม่เคลื่อนที่อยู่ในวงค์ Micrococcaceae ตระกูล *Staphylococcus* เป็นเชื้อที่มีความสำคัญในการก่อโรคในคน ทนต่อความร้อน และความแห้งได้ดี อาศัยอยู่ในบริเวณทางเดินหายใจส่วนส่วนต้น ผิวหนัง ลำไส้ ช่องคลอดของคนปกติ หรือตามเสื้อผ้า สิ่งของต่างๆ เป็นเชื้อที่สามารถปนเปื้อนจากบุคคลหนึ่งไปยังบุคคลหนึ่งได้โดยการสัมผัสโดยตรงหรือทางอากาศ โรคที่เกิดจากการติดเชื้อ *Staphylococcus* เช่น การเกิดฝีหนอง การติดเชื้อที่บาดแผลแผลพุพอง ติดเชื้อที่ระยะทางเดินหายใจ เป็นต้น

Bacillus เป็นแบคทีเรียรูปร่างท่อน ปลายตัดตรง สปอร์อยู่ตรงกลางเซลล์ แต่เมื่ออยู่ในร่างกายคนและสัตว์ไม่เคลื่อนที่เนื่องจากไม่มีแฟลกเจลลา ไม่สร้างสปอร์ เจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดา ไม่สลายในเม็ดเลือดแดง โคโลนีมีสีขาว ขนาดค่อนข้างโตในสกุล *Bacillus* มีอยู่มากมายทั่วไปทุกหนทุกแห่งในโลก ส่วนมากดำรงชีวิตแบบอิสระไม่ต้องพึ่งพาอาศัยสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ต้องการใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต แต่สารอาหารมีความต้องการแตกต่างกันไปในแต่ละเชื้อสาย ถิ่นที่อยู่อาศัยอยู่ตามธรรมชาติ คือ ในดิน สปอร์ถูกสร้างขึ้นในดินมักไปปนกับฝุ่นละออง และฟุ้งกระจายอยู่ทั่วไป ติดตามร่างกายคนและสัตว์หรือปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ มีเพียง 2 เชื้อที่ทำให้เกิดโรค คือ *B.anthracis* ทำให้เกิดโรคแอนแทรกซ์ และ *B.cereus* ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ

Clostridium เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปท่อน เชื้อในสกุลนี้มีประมาณเกือบ 100 เชื้อสาย พบอยู่ตามดิน กองขยะ มูลสัตว์ พืชผัก ในลำไส้คนและสัตว์ *Clostridium* มีรูปร่างเป็นท่อนสร้างสปอร์ได้ สปอร์มีรูปร่างและตำแหน่งแตกต่างกันไปตามเชื้อสาย การทำให้เกิดโรคเนื่องจากสารพิษ โรคที่เกิดจาก *Clostridium* แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ โรคติดเชื้อที่ผิวหนัง ได้แก่ โรคแผลเน่ามีแก๊สโรคอาหารเป็นพิษโรคอาหารเป็นพิษ โรคติดเชื้อในลำไส้ซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับยาปฏิชีวนะติดต่อกันเป็นเวลานาน

Corynebacterium diphtheriae เป็นแบคทีเรียรูปท่อนอาจจะโค้ง ปลายเซลล์แหลม มน โป่งออกคล้ายหัวไม้ขีดไฟ หรือคล้ายกระบอง ย้อมติดสีไม่สม่ำเสมอ เชื้อไม่สร้างสปอร์ ไม่มีแฟลกเจลลา และไม่มีแคปซูลทำให้เกิดโรคคอตีบ (Diphtheria) และโรคติดเชื้อที่ผิวหนัง คนปกติอาจพบเชื้อได้ในลำคอ จมูก หรือบริเวณผิวหนังได้โรคคอตีบมีระยะฟักตัวประมาณ 2 – 5 วัน เกิดขึ้นจากการรับเชื้อเข้าสู่ร่างกายทางจมูก โดยเชื้อปนออกมากับฝอยละอองน้ำมูก น้ำลายของผู้ป่วย เชื้อเจริญเติบโตอยู่ที่เซลล์เยื่อบุลำคอทำให้เกิดการอักเสบเม็ดเลือดขาวจึงไปรวมตัวกันเพื่อคอยเก็บกินเชื้อต่อมาบริเวณนั้นจะมีเยื่อสีเทาเกิดขึ้นกั้นทางเดินหายใจให้แคบลงทำให้หายใจไม่ออกเยื่อนี้เรียกว่า Pseudomembrane ซึ่งคือ เนื้อเยื่อที่ตายแล้ว พังผืด เซลล์เม็ดเลือดขาว และแบคทีเรียอยู่รวมตัวทับถมกัน *C. Diphtheriae* ยังสร้างสารพิษร้ายแรงซึ่งถ้าเข้าสู่กระแสเลือดจะไปทำลายระบบประสาท หัวใจ และไต ทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้

Mycobacterium มีโครงสร้างแตกต่างจากแบคทีเรียอื่นๆ คือ มีกรดมายคอลิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและไขมันที่เหนียวจากคุณสมบัติที่มีไขมันสูงนี้เองทำให้ *Mycobacterium* มีความทนทานต่อความแห้งแล้ง กรด ยาฆ่าเชื้อหลายชนิด ลักษณะของเซลล์ คือ ผอม ยาว เป็นท่อนตรงหรือโค้งเรียงกันเป็นสายยาวหรือเป็นแขนง ไม่มีแฟลกเจลลาและสปอร์ เจริญเติบโตได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อ

ธรรมดา ลักษณะของโคโลนีแตกต่างกันออกไปในแต่ละเชื้อสาย คือ สีเหลือง ส้ม ชมพู หรือไม่มีสี *Mycobacterium tuberculosis* ทำให้เกิดวัณโรคในคนเชื้อเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ เมื่อลงไปสู่ปอดก็เจริญเติบโตเพิ่มจำนวนโดย macrophage จะเก็บกินเชื้อ แต่เชื้อยังมีชีวิตอยู่และเจริญเติบโตได้ใน macrophage นั้น ในช่วงนี้ผู้ที่ติดเชื้อจะไม่มีอาการแสดงหรือถ้ามีก็เป็นไข้ต่ำๆ หลังจาก 3 – 4 สัปดาห์ไปแล้ว ร่างกายจึงมีปฏิกิริยาตอบสนองทางภูมิกันเป็นแบบเซลล์ mediated immune response เกิดเป็นตุ่มนูนแข็งที่บริเวณที่เชื้อเจริญเติบโตอยู่เรียกว่า tubercle ที่ตุ่มนี้ภายในจะเต็มไปด้วยเชื้อและ macrophage ล้อมรอบด้วยเม็ดเลือดขาวพวก Lymphocyte, neutrophil และเซลล์พวก fibroblast โดยมากโรคมักจะอยู่เพียงเท่านี้

Legionella Pneumophila เป็นแบคทีเรียแกรมลบ มีรูปร่างต่างๆ กัน ตั้งแต่กลมเป็นท่อนจนกระทั่งเป็นเส้นยาวๆ การเพาะเลี้ยงต้องใช้อาหารเลี้ยงเชื้อพิเศษหรือใช้เซลล์เพาะเลี้ยง Legionella มีหลายเชื้อสาย แต่ที่สำคัญที่ทำให้เกิดโรค คือ *L.pneumophila* มีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวคน ชอบที่เปียกชื้น เช่น ก๊อกน้ำ ตู้เย็น ในเครื่องปรับอากาศ เช่น บริเวณแผ่นกรอง มีความทนต่ออุณหภูมิสูงจึงอยู่ได้นานเป็นเดือนหรือเป็นปี โรคที่เกิดขึ้นจาก *L.pneumophila* เรียกว่า Legionellosis แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ไข้ลีจีแนร์ชนิดเป็นปอดบวม (Legionnaires' pneumonia) และไข้ปอนติแอก (Pontiac fever) ทั้งสองชนิด มีอาการคล้ายคลึงกัน คือ เป็นไข้ อุณหภูมิของร่างกายสูงประมาณ 41 ^{0}ซ ไอ อุจจาระร่วง ปวดท้อง ไข้ลีจีแนร์ชนิดเป็นปอดบวมมีอาการรุนแรงมาก เพราะอาการปอดบวมจะลุกลามอย่างรวดเร็ว อัตราการตายประมาณร้อยละ 10 – 20 ส่วน ไข้ปอนติแอกไม่มีอาการปอดบวมและไม่พบว่ามีผู้ป่วยเสียชีวิต

Klebsiella ทำให้เกิดโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล ซึ่งได้แก่ โรคปอดบวม โรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ แผลติดเชื้อทางเดินปัสสาวะอักเสบ เป็นต้น โดยปกติอาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์ก็พบว่า เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อในทางเดินหายใจและปอด เชื้อมีแคปซูลขนาดใหญ่ ซึ่งป้องกันการเก็บกินทำลายโดยเซลล์เม็ดเลือดขาว และบางสายพันธุ์ยังสร้างสารพิษด้วย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยได้มีการดำเนินงานด้านคุณภาพอากาศภายในอาคารตั้งแต่ พ.ศ.2536 โดยมีการสำรวจความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในอาคารเพื่อให้ทราบถึงการกระจายตัวและระดับความเสี่ยงจากอันตรายของก๊าซชนิดนี้ จากการรายงานข้อมูลที่ทำการสำรวจไปแล้ว 20 จังหวัด ผลปรากฏว่าพบก๊าซเรดอนในทุกอาคารที่ทำการสำรวจในทุกจังหวัด และจังหวัดที่มีแนวโน้มว่ามีก๊าซเรดอนสูง

อยู่ในภาคเหนือ อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นต้องทำการสำรวจให้ได้พื้นที่มากกว่านี้ จึงจะสามารถสรุปผลการสำรวจได้แน่นอน (สมชัย บวรกิตติ และปฐม สวรรค์ปัญญาเลิศ, 2543)

กรุงเทพมหานคร (2542) ได้ดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในบริเวณศูนย์อาหาร อาคารจอดรถของอาคารสาธารณะ และห้างสรรพสินค้า จำนวนทั้งสิ้น 11 แห่ง พบว่า บริเวณศูนย์อาหารของห้างสรรพสินค้า 3 ใน 9 แห่ง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1,170 -1,302 ส่วนในล้านส่วน (American society of heating, refrigerating, and air-conditioning engineers: ASHRAE กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 1,000 ส่วนในล้านส่วน) สำหรับบริเวณอาคารจอดรถ 6 ใน 11 แห่ง พบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 12-46 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งเกินค่ามาตรฐานกำหนด (ASHRAE กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 9 ส่วนในล้านส่วน) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ (PM10)ในอาคารจอดรถ 3 แห่ง มีค่าอยู่ระหว่าง 154-210 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเกินค่ามาตรฐานกำหนดค่าตลอด 24 ชั่วโมง ให้มีได้ไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2552-ข)

วิกรม เสงคิสิริ และสมชัย บวรกิตติ (2543) ได้ดำเนินการสำรวจสารคุกคามจากการสูบบุหรี่ในห้องพักสูบบุหรี่ที่ท่าอากาศยานกรุงเทพฯ โดยการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นรวม แคดเมียม สารหนู และไอระเหย ซึ่งได้แก่ โทลูอีน ฟีนอล และอะซีโตน พบว่า ไม่มีปริมาณของสารที่สำรวจสูงเกินขีดความปลอดภัย ยกเว้นปริมาณฝุ่นรวมที่พบว่า มีปริมาณภายในห้องสูบบุหรี่สูงกว่าภายนอกห้อง การศึกษาให้ผลสรุปว่า ผู้ที่ใช้ห้องพักสูบบุหรี่ที่ท่าอากาศยานกรุงเทพฯ มีความปลอดภัยจากสารที่เกิดจากการสูบบุหรี่

กรุงเทพมหานคร (2546) ได้จัดทำโครงการจัดทำหลักเกณฑ์ และมาตรฐานควบคุมเหตุรำคาญ และกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ประเภทกิจการโรงแรม หรือกิจการอื่นในทำนองเดียวกัน โดยได้ดำเนินการสำรวจโรงแรมทั้งสิ้น 20 แห่ง พบว่า อัตราการไหลของอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในของโรงแรมขนาดใหญ่และขนาดกลางกว่าร้อยละ 80 ต่ำกว่าค่าที่เสนอแนะโดย ASHRAE และกว่าร้อยละ 30 ของโรงแรมขนาดใหญ่และขนาดกลาง มีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งถึงการไหลเวียนอากาศ มีค่าสูงเกินค่าที่กำหนดโดย Occupational Safety and Health Administration - OSHA ซึ่งได้กำหนดไว้ที่ 800 ส่วนในล้านส่วน และยังพบว่า สถานประกอบการที่ควบคุมเรื่องการสูบบุหรี่ภายในอาคาร จากผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคขนาดเล็ก (PM10) พบว่า มากกว่าร้อยละ 90 ของพื้นที่ที่ตรวจวัดมีระดับสูงเกินค่ามาตรฐาน

<u>การตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียในอากาศ</u>

พิชิต สกุลพราหมณ์ และคณะ (2518) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะความสกปรกของอากาศบางอย่างในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ระหว่าง 28 พฤษภาคม 2517 – 13 พฤษภาคม 2518 โดยเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในฝุ่นละอองที่ติดค้างอยู่บนกระดาษกรองใยแก้วในเครื่องมือดูดอากาศแล้วนำมาตรวจหาแบคทีเรีย โดยวิธีตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและการวัดปริมาณโคลิฟอร์มจำนวนแบคทีเรียที่ปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศต่อปริมาตรอากาศและจำนวนโคลิฟอร์มที่ปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศต่อปริมาตรอากาศพบว่า บริเวณที่ทำการค้าจะมีจำนวนแบคทีเรียและจำนวนโคลิฟอร์มที่ปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศต่อปริมาตรอากาศมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 330-1010 ตัว/ลบ.ม.ของอากาศ และ 31-454 ตัว/ลบ.ม.ของอากาศ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจำนวนแบคทีเรียและจำนวนโคลิฟอร์มที่ปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศต่อน้ำหนักฝุ่นตามฤดูกาลพบว่าฤดูฝนจะมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.83 ล้านตัว/กรัม และ 1.45 ล้านตัว/กรัม ตามลำดับ ชนิดแบคทีเรียที่ตรวจพบปะปนมากับฝุ่นลอยในอากาศพบว่า มีแบคทีเรียในกลุ่มที่ทำให้เกิดโรคและกลุ่มที่ไม่ทำให้เกิดโรค มีจำนวนทั้งสิ้น 15 ชนิด ได้แก่ *Bacillus subtilis* , *Bacillus mycoides* , *Alkaligines, E. coli*, *Staphylococci*, *Gram Nagative Bacillus*, *Gram Positive Bacillus*, *Non-pathogenic Staphylococcus*, *Gram Positive Coccobacilli*, *Gef fna tetragena*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Non-pathogenic E. coli*, *Diptheroid* โดยชนิดที่พบบ่อยที่สุด คือ *Bacillus subtilis* นอกจากนี้ยังพบราและยีสต์ด้วย

กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์ (2540) ศึกษาแบคทีเรียในอากาศที่ทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจในย่านชุมชนของกรุงเทพมหานคร โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศนอกอาคารที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ติดมากับฝุ่นบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์และบริเวณวงเวียนโอเดียน 80 ตัวอย่างต่อบริเวณระหว่างเดือนตุลาคม 2540 - มกราคม 2541 ด้วยเครื่อง six-stage viable microbial particle sizing sampler พบว่า ปริมาณแบคทีเรียในอากาศบริเวณวงเวียนโอเดียนสูงกว่าบริเวณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณบน Plate count agar (PCA) 510 โคโลนี/ลบ.ม. และบน Blood agar (BA) 410 โคโลนี/ลบ.ม และจำนวนตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนแบคทีเรียในอากาศบริเวณวงเวียนโอเดียนมากกว่าบริเวณโรงพยาบาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) แบคทีเรียที่พบได้แก่ *Cocci* และ *Bacilli*

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์ และคณะ (2549) ศึกษาถึงชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในโรงพยาบาลโดยการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศจากจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุด โดยเก็บตัวอย่างจุดละ 4 ครั้ง ในสถานที่บริเวณโรงพยาบาลด้วยเครื่องมือ 3 ชนิด คือ

Andersen Impactor, BioSampler และ Open plate ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างในเวลาเดียวกันพบว่า Andersen Impactor และ Open plate ให้ผลใกล้เคียงกันทั้งชนิดและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์แต่ Andersen Impactor ใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างเพียง 20 นาที ส่วน Open plate ต้องเก็บนานถึง 2 ชั่วโมง ในส่วนของ BioSampler นั้นพบเชื้อจุลินทรีย์น้อยมาก สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในการศึกษามีทั้งหมด 11 Genus แบ่งเป็นเชื้อแบคทีเรีย 7 จีนัส และเชื้อรา 4 จีนัส เชื้อแบคทีเรียที่พบมากเป็น 5 อันดับแรกคือ *Staphylococcus* พบมากที่สุด 17.8 % (688 โคโลนี/ลบ.ม) รองลงมาคือ *Micrococcus* พบ 14.0 % (541 CFU/m^3), *Pseudomonas* พบ 13.8 % (534 โคโลนี/ลบ.ม), Non-Fermentatvie gram-negative Bacilli (NFB) พบ 13.1 % (507 โคโลนี/ลบ.ม), และ *Bacillus* พบ 12.1 % (467 โคโลนี/ลบ.ม) ตามลำดับ ส่วนเชื้อราพบมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ *Aspergillus* พบ 8.0 % (309 โคโลนี/ลบ.ม) *Penicillium* พบ 5.6 % (217 โคโลนี/ลบ.ม) และ *Curvularia* พบ 3.6 % (138 โคโลนี/ลบ.ม) ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างโดยใช้ Andersen Impactor แล้วนำปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจวัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่าจุลินทรีย์ขององค์การอนามัยโลก (WHO) ซึ่งจะมีเพียงห้องผ่าตัดและห้องพักฟื้นหลังผ่าตัดเท่านั้นที่เข้าเกณฑ์ (ตารางที่ 2.6)

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในการศึกษากับเกณฑ์แนะนำของ WHO

สถานที่	Fungi		Bacteria	
	โคโลนี/ลบ.ม	WHO (1988) (50 โคโลนี/ลบ.ม)	โคโลนี/ลบ.ม	WHO (1988) (100 โคโลนี/ลบ.ม)
ห้องปฏิบัติการจุลฯ	126	X	232	X
ห้อง NICU	69	X	185	X
ห้องขยะติดเชื้อ	202	X	354	X
ห้องพักฟื้นหลังผ่าตัด	0.8	√	100	√
ห้อง Burn Unit	601	X	363	X
ห้องผ่าตัด	0.8	√	76	√
ห้อง ICU	43	√	411	X
ห้องตรวจ Immune	92	X	276	X
ห้องตรวจ Aids	124	X	417	X
รอตรวจผู้ป่วยนอก	70	X	736	X

หมายเหตุ: √ หมายถึง ได้เกณฑ์ตามข้อกำหนดของ WHO

X หมายถึง ไม่ได้เกณฑ์ตามข้อกำหนดของ WHO

ที่มา: กฤษณียา ศังขจันทรานนท์ และคณะ, 2549

เอมอร ปาสาทัง และกาญจนา นาถะพินธุ (2550) ทำการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในโทรศัพท์สาธารณะในโรงพยาบาลขนาด 821 เตียงและศูนย์อาหารในจังหวัดขอนแก่น พบว่า มีเชื้อโรคทั้งหมด 9 ชนิด ในโทรศัพท์สาธารณะในโรงพยาบาล เชื้อส่วนมากที่พบคือ *coagulase-negative staphylococci*, *Bacillus* spp., *Corynebacterium* spp. และ *Micrococcus* spp. (n=47, 100%, n=45, 95.74%, n=43, 91.49%, n=38, 80.85%) ตามลำดับ เชื้อที่พบส่วนน้อย คือ *Viridans streptococci* และ *Pseudomonas stutzeri*, *MSSA*, *Pseudomonas* spp., และเชื้อรา (n=5, 10.64%, n=2, 4.26%, n=1, 2.35%, n=10, 21.28%) ตามลำดับ โทรศัพท์สาธารณะในศูนย์อาหาร พบเชื้อปนเปื้อน 6 ชนิด *coagulase-negative staphylococci*, *Bacillus* spp., *Corynebacterium* spp. และ *Micrococcus* spp., *P.stutZeri* และเชื้อรา พบ (n=10, 100%, n=10, 100%, n=5, 50%, n=1, 10% n=1, 10%) ตามลำดับ มีการปนเปื้อนเชื้อโรคหลายชนิดในโทรศัพท์สาธารณะ เชื้อที่พบส่วนมากเป็นเชื้อประจำถิ่นจากร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ส่วนน้อยเป็นเชื้อที่สามารถก่อโรคได้

Tighe และ Warden (2004) อ้างถึงในภารดี ช่วยบำรุง และคณะ (2547) รายงานในการศึกษาของบริษัท Analytical Services ประเทศสหรัฐอเมริกาที่เก็บตัวอย่างอากาศจากห้องผ่าตัดจำนวน 18 ห้อง พบเชื้อรา 83.3%, ยีสต์ 33.3% และ actinomycetes 16.6% จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด โดยพบแบคทีเรียในทุกตัวอย่างที่เก็บตรวจ เชื้อรานั้นพบได้ตั้งแต่ 0 จนถึง 104 โคโลนี/ลบ.ม โดยแบ่งเป็นเชื้อ *Penicillium* spp. 52.4%, *Aspergillus* spp. 23.9% (4.7% เป็นชนิด *A.fumigatus*) และ *Cladosporium* spp. 14.3% ส่วนแบคทีเรียนั้นพบ 15-225 โคโลนี/ลบ.ม อันได้แก่ *S.epidermidis*, *S.hominis*, *S.capitis*, *S.haemolyticus*, *M.luteus*, *M.roseus*, *M.Kristinae*, *Bacillus* spp., *Arthrobacter* spp. และ *Pseudomonas* spp. โดยแต่ละชนิดนั้นพบประมาณ 18% จากตัวอย่างทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบ *Streptococcus* sp., *Methylobacterium* sp. และ *Corynebacterium* sp. ชนิดละประมาณ 12% จากตัวอย่างทั้งหมด ส่วนเชื้อแบคทีเรียที่พบได้แต่มีจำนวนน้อยมากได้แก่ *Flavobacterium* sp., *Clavibacter* sp., *Rathayibacter* sp. และ *Rhodococcus* spp. ในกลุ่มของยีสต์ 33.3% นั้น เชื้อที่พบมากคือ *Cryptococcus albidus* และ *Candida* spp. ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการพบยีสต์ในอากาศมากที่สุดคือความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการมีชีวิตอยู่ได้ของมัน

Yu และ Ling (1994) ได้ศึกษาปริมาณแบคทีเรียในสถานที่ต่างๆโดยใช้ผลรวมค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียในสถานที่ต่างๆ ตามกิจกรรมการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ (ตารางที่ 2.7) พบว่า แบคทีเรียในบรรยากาศมาจากมลพิษของอากาศภายในอาคาร และภายนอกอาคาร

ตารางที่ 2.7 ปริมาณแบคทีเรียในสถานที่ต่างๆ (CFU/m^3)

Place		**Range**	**Mean**
City	Traffic truck	4941-39154	11496
	Port	0-4724	2074
	Station square	1594-8839	2500
	Shop square	3248-2110	12303
	Theatre square	2303-3327	2894
	Park meadow	906-3091	1280
	Park woods	846-2185	1280
Village	Main road	4744-52677	22205
	Port	512-6535	2697
	Field	630-1476	909
	Water surface	1201-1969	1634

ที่มา : Yu and Ling, 1994

ในประเทศโซเวียตรัสเซีย ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียในอากาศ (Air Bacteria Hygienic Standards) ภายในอาคารสถานที่ต่างๆ (ตารางที่ 2.8)

ตารางที่ 2.8 มาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียในอากาศในประเทศโซเวียตรัสเซีย (CFU/m^3)

Hygienic level	**Total bacteria number**	**Hemolysis Bacteria**
Clean	<2000	<10
Hygienic	2000-4000	11-14
Polluted lightly	4000-7000	14-120
Polluted heavily	>7000	>120

ที่มา : Yu and Ling, 1994

นอกจากนี้ในประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียของอากาศ (Air Bacteria Hygienic Standards) ภายในอาคาร (ตารางที่ 2.9)

ตารางที่ 2.9 มาตรฐานความปลอดภัยของแบคทีเรียในอากาศในประเทศญี่ปุ่น

Judgement	CFU/m^3
Clean	<30
Polluted lightly	30-50
Middle Degree of Pollution	50 -100
Allowance Value	100
Serious Pollution	>100

ที่มา : Yu and Ling, 1994

<u>ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นและแบคทีเรีย</u>

Katerina และ Jitka (2003) ทำการศึกษาความเข้มข้นของจุลินทรีย์และขนาดอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศของห้องต่างๆกับบนพื้นผิว (เฟอร์นิเจอร์, ตู้, เตียง ฯลฯ) ภายในห้องของโรงพยาบาลจำนวน 5 ห้อง ที่มีลักษณะตามเงื่อนไขกำหนดไว้พบว่า ในห้องผู้ป่วยมีความเข้มข้นของแบคทีเรียสูงเนื่องจากเป็นห้องที่ไม่มีการถ่ายเทของอากาศมีเฉพาะประตูเข้าออกและมีบางห้องที่มีการติดเครื่องกรองอากาศ โดยเปรียบเทียบภายในห้องพักผู้ป่วยพบว่า มีความเข้มข้นจุลินทรีย์ในอากาศต่ำแต่บนพื้นผิวในห้องกลับมีค่าสูงและพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคฝุ่นใหญ่กว่า 0.1 และ 0.5 ไมโครเมตรกับจำนวนแบคทีเรียที่ R^2 0.76 และ 0.88 ตามลำดับ แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคฝุ่นละอองกับจำนวนราภายในห้อง

Li และ Hou (2003) ทำการเก็บตัวอย่างอนุภาค 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1 และ 5 ไมโครเมตร แบคทีเรีย และเชื้อรา ภายในห้องควบคุมความสะอาดภายในโรงพยาบาล ได้แก่ หอผู้ป่วยวิกฤติ (ICU) หน่วยปลูกไขถ่ายกระดูก (BMT) และห้องผ่าตัด (OR) พบว่า ความเข้มข้นอนุภาคที่เตียงผู้ป่วยสูงกว่าในอากาศอย่างมีความสำคัญ และความเข้มข้นของอนุภาคในห้องสัมพันธ์กับกิจกรรมในห้องและการผ่าตัด ซึ่งแสดงว่ากิจกรรมภายในห้องมีบทบาทส่งผลให้ความเข้มข้นของอนุภาคแต่ละห้องแตกต่างกัน นอกจากนี้พบปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรา 1 - 423 และ 0-319 โคโลนี/ลบ.ม ตามลำดับ ในหอผู้ป่วยวิกฤติสูงสุด ในห้องผ่าตัดรองลงมา และไม่พบเชื้อราในหน่วยปลูกถ่ายไขกระดูก โดยพบว่า Penicillium สูงที่สุด และไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคและรา

<u>การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่น</u>

Dharan และ Pittet (2002) ในโรงพยาบาลของมหาวิทยาลัยเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ กำหนดให้ห้องผ่าตัดที่ติดอุปกรณ์การกรองอากาศและมีรูปแบบการไหลของอากาศเป็นแบบ

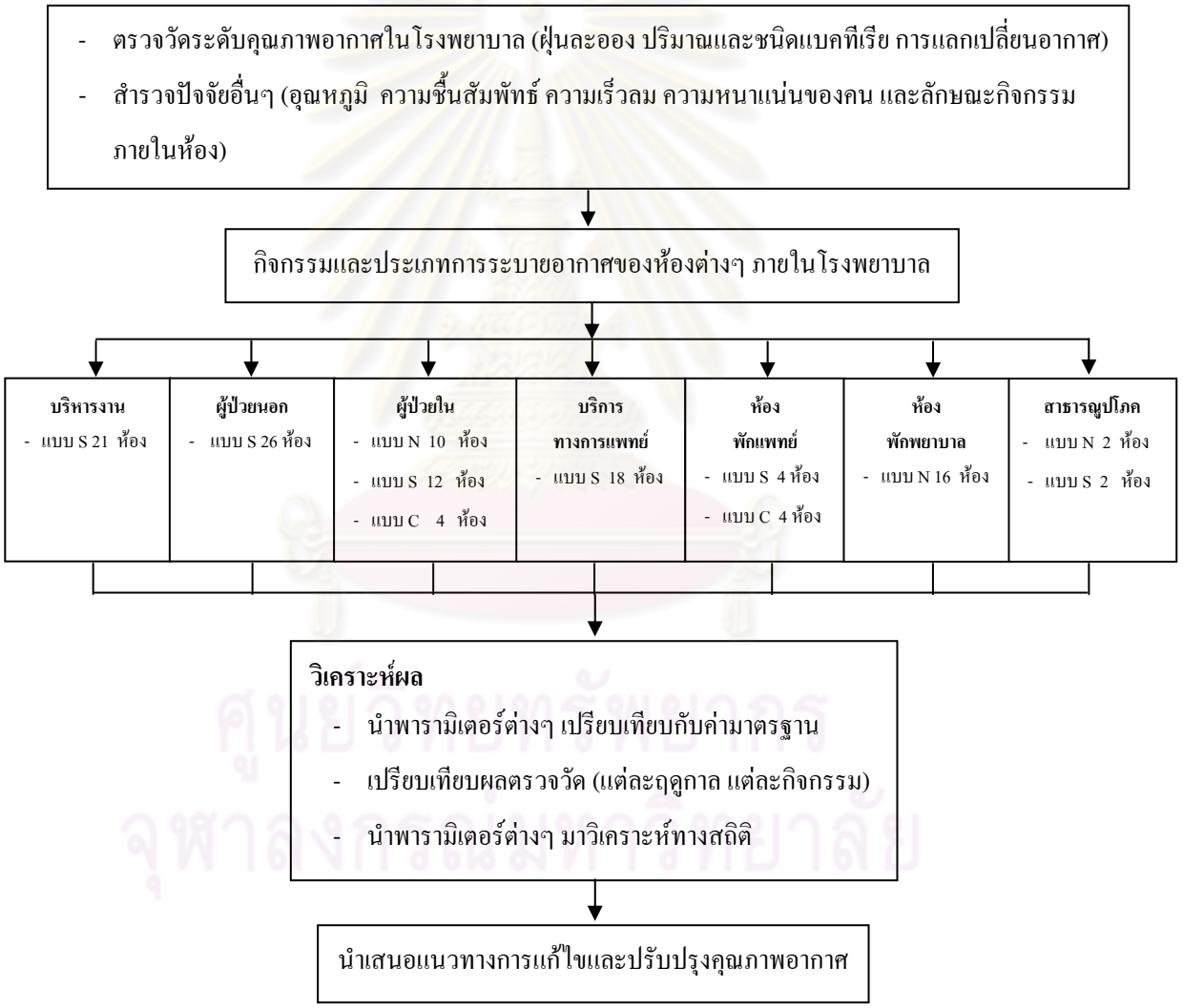
laminar flow มีขนาดของอนุภาค จำนวนอนุภาค และจำนวนจุลินทรีย์ไว้ 3 ระดับ กล่าวคือ (1) กรณีที่กิจกรรมการผ่าตัดนั้นมีอัตราเสี่ยงสูงมากๆ จะยอมให้มีจำนวนอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 0.5 ไมโครเมตร ได้เพียง 10 อนุภาคต่อตารางเมตร และจำนวนจุลินทรีย์ต้องน้อยกว่า 1 โคโลนี/ลบ.ม (2) การผ่าตัดที่มีอัตราการเสี่ยงสูง ยอมให้มีจำนวนอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 0.5 ไมครอน ได้ 353 อนุภาคต่อตารางเมตร และอนุภาคขนาดที่ใหญ่กว่า 5.0 ไมครอน มีได้ 10 อนุภาคต่อตารางเมตร โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ไม่เกิน 5 โคโลนี/ลบ.ม และ (3) การผ่าตัดที่มีอัตราการเสี่ยงปานกลาง ยอมให้มีจำนวนอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 0.5 ไมครอน ได้ 3530 อนุภาคต่อตารางเมตร ส่วนอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 5.0 ไมครอน มีได้ 25 อนุภาคต่อตารางเมตร โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ได้ไม่เกิน 25 โคโลนี/ลบ.ม

Wang และคณะ (2006) ทำการศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละอองในอากาศขนาดไม่เกิน 2.5 และ 10 ไมครอน ทั้งภายนอกและภายในโรงพยาบาล 4 แห่ง ในเมือง Guangzhou ประเทศจีน โดยพบว่ากิจกรรมของมนุษย์ที่อยู่ในอาคารส่งผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละอองในห้องโดยพบระดับความเข้มข้นสูงสุดภายในห้องตรวจที่มีผู้ป่วยหนาแน่นที่สุด และพบความเข้มข้นต่ำสุดภายในสำนักงานของแพทย์ที่ไม่มีคนอยู่ นอกจากนี้ยังพบค่าอัตราส่วน PM 2.5/PM 10 ภายในอาคารต่อภายนอกอาคารในทุกห้องที่มีกิจกรรมพลุกพล่านมีค่ามากกว่า 1 ยกเว้นในสำนักงานแพทย์ที่ไม่มีกิจกรรม และห้องฉุกเฉิน 1 แห่ง ที่มีความถี่ในการทำความสะอาดสูงกว่าที่อื่นๆ ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองบนพื้นลดลง แสดงว่าในโรงพยาบาลซึ่งไม่มีแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองพิเศษอื่นๆ กิจกรรมภายในอาคารเป็นตัวแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองที่มีความสำคัญ เนื่องจากก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายกลับ (Resuspension) ของฝุ่นละอองที่ตกตะกอนอยู่บนพื้นผิวของห้อง และเฟอร์นิเจอร์ และการทำความสะอาดจะช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองขนาดใหญ่ในห้อง และลดอัตราการฟุ้งกระจายกลับได้

การทบทวนเอกสารสรุปได้ว่า คุณภาพอากาศภายในอาคารส่วนใหญ่เกิดจากการหมุนเวียนอากาศภายในอาคารไม่เพียงพอทำให้มีการสะสมของมลพิษต่างๆ ได้แก่ กลิ่น ฝุ่นละออง เชื้อโรค และสารระคายเคืองต่างๆ นอกจากนั้นอาจมีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์ สิ่งของเครื่องใช้และอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้สำนักงานต่างๆ เครื่องปรับอากาศ พรมปูพื้น ฯลฯ และปัจจัยทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงพยาบาลในเขตกรุงเทพมหานครที่มีลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารสูง อาคารมีลักษณะปิด สถานที่ตั้งมักอยู่ใจกลางชุมชนหรือเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น มักมีโอกาสสัมผัสมลพิษทั้งภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งอาจจะส่งผลต่อสุขภาพของแพทย์ พยาบาล เจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล หรือผู้ป่วย ซึ่งจะก่อให้เกิดโรคกลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิดได้

บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละอองและปริมาณแบคทีเรียในอากาศกับการระบายอากาศ และกิจกรรมต่างๆ ภายในโรงพยาบาล รวมทั้งปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าจะมีผลต่อปริมาณฝุ่นละอองและเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความหนาแน่นของคน รวมถึงประเภทของเครื่องปรับอากาศ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการคุณภาพอากาศ ดังรูปที่ 3.1



หมายเหตุ N = การระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ระบบปรับอากาศแบบแยก
C = ระบบปรับอากาศแบบรวม

รูปที่ 3.1 แผนภูมิการดำเนินงานวิจัย

3.1 สถานที่สำหรับเก็บตัวอย่างในโรงพยาบาล

โดยจัดห้องตามลักษณะกิจกรรมแบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ บริหารงานทั่วไป กลุ่มที่สอง คือ แผนกผู้ป่วยนอก กลุ่มที่สาม คือ แผนกผู้ป่วยใน กลุ่มที่สี่ คือ ฝ่ายบริการทางการแพทย์ กลุ่มที่ห้า คือ ห้องพักแพทย์ กลุ่มที่หก คือ ห้องพักพยาบาล กลุ่มที่เจ็ด คือ ฝ่ายสาธารณูปโภค รวม 119 จุด และภายนอกอาคาร 1 จุด ได้แก่ ดาดฟ้า รวมทั้งหมด 120 จุด ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายชื่อจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร โรงพยาบาลกลาง

กลุ่มแรก		**กิจกรรมบริหารงานทั่วไป (G1)**	
พื้นที่	**ตึก/ชั้น**	**จุดตรวจวัดที่**	**บริเวณจุดตรวจวัด**
บริหารงานทั่วไป	ห้องผู้อำนวยการ	G1 (1)	โถงรับแขก
		G1 (2)	ห้องธุรการ
		G1 (3)	ห้องผู้อำนวยการ รพ.
		G1 (4)	ห้องรองผู้อำนวยการฝ่ายการแพทย์
	ฝ่ายการเงิน ชั้น 19	G1 (5)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน
		G1 (6)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน
		G1 (7)	ห้องถ่ายเอกสาร
		G1 (8)	ห้องหัวหน้าฝ่ายการเงิน
	ฝ่ายการบริหารงานทั่วไป ชั้น 19	G1 (9)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป
		G1 (10)	ห้องหัวหน้าฝ่ายบริหารงานทั่วไป
		G1 (11)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป
		G1 (12)	ห้อง Xerox (ถ่ายเอกสาร)
	ฝ่ายการพยาบาล ชั้น 19	G1 (13)	บริเวณห้องทำงานฝ่ายการพยาบาล
		G1 (14)	ห้องหัวหน้าฝ่ายการพยาบาล
		G1 (15)	ห้องประชุมฝ่ายการพยาบาล
		G1 (16)	ห้องรับประทานอาหารฝ่ายฯ
	ห้องประชุม	G1 (17)	ห้องประชุมไนติงเกล
	ฝ่ายพัสดุ ตึกเอื้อ ชั้น 2	G1 (18)	บริเวณทางเดินฝ่ายพัสดุ
		G1 (19)	ห้องสอบราคาฝ่ายพัสดุ
		G1 (20)	ห้องคลังพัสดุ
		G1 (21)	ห้องสำนักงานฝ่ายพัสดุ

หมายเหตุ จุดเก็บแบคทีเรียอาหารเพาะเชื้อชนิด Blood agar

ตารางที่ 3.1 รายชื่อจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลกลาง (ต่อ)

กลุ่มที่สอง		กิจกรรมแผนกผู้ป่วยนอก (G2)	
พื้นที่	**ตึก/ชั้น**	**จุดตรวจวัดที่**	**บริเวณจุดตรวจวัด**
แผนกผู้ป่วยนอก	แผนกฉุกเฉิน ชั้น 1	G2-OPD (1)	บริเวณรอแผนกฉุกเฉิน
		G2-OPD (2)	ห้องตรวจแผนกฉุกเฉิน
		G2-OPD (3)	ห้องสังเกตอาการ
		G2-OPD (4)	เคาน์เตอร์บริการ (ติดต่อสอบถาม)
	แผนกอายุรกรรม ชั้น 2	G2-OPD (5)	บริเวณรอตรวจฝ่ายอายุรกรรม
		G2-OPD (6)	ห้องตรวจอายุรกรรม 7
		G2-OPD (7)	ห้องตรวจอายุรกรรม 6
		G2-OPD (8)	บริเวณรอตรวจฝ่ายอายุรกรรม
	แผนก สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ ชั้น 2	G2-OPD (9)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 1
		G2-OPD (10)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 2
		G2-OPD (11)	ห้องตรวจ
		G2-OPD (12)	ห้องทำแผล
	ห้องจ่ายยา ชั้น 2	G2-OPD (13)	บริเวณรอจ่ายยา
		G2-OPD (14)	บริเวณรอจ่ายยา
		G2-OPD (15)	ห้องเจาะเลือด 22
		G2-OPD (16)	ห้องจ่ายยา
	แผนกหู ตา คอ จมูก ชั้น 3	G2-OPD (17)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 1
		G2-OPD (18)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 2
		G2-OPD (19)	ห้องตรวจหมายเลข 7
		G2-OPD (20)	ห้องตรวจหมายเลข 5
	แผนกสูตินารี ชั้น 3	G2-OPD (21)	ห้องรอตรวจ
		G2-OPD (22)	ห้องรอตรวจ
		G2-OPD (23)	ห้องตรวจหมายเลข 5
		G2-OPD (24)	ห้องตรวจหมายเลข 6
	ทันตกรรม	G2-OPD (25)	แผนกทันตกรรม
	ห้องนวด	G2-OPD (26)	ห้องนวด

หมายเหตุ จุดเก็บแบคทีเรียอาหารเพาะเชื้อชนิด Blood agar

ตารางที่ 3.1 รายชื่อจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร โรงพยาบาลกลาง (ต่อ)

กลุ่มที่ห้า		กิจกรรมแผนกผู้ป่วยใน (G3)	
พื้นที่	**ตึก/ชั้น**	**จุดตรวจวัดที่**	**บริเวณจุดตรวจวัด**
แผนกผู้ป่วยใน	ห้องผ่าตัด 2 ชั้น 5	G3-IPD (1)	จุดรับถ่ายคนไข้
		G3-IPD (2)	ห้องพักฟื้น
	ห้องคลอด ชั้น 7	G3-IPD (3)	ห้องคลอด 1
		G3-IPD (4)	ห้องพักฟื้นหลังคลอด
		G3-IPD (5)	ห้องคลอดพิเศษ
		G3-IPD (6)	ห้องรอคลอด
	อายุรกรรมสามัญหญิง ชั้น 9	G3-IPD (7)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1
		G3-IPD (8)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2
		G3-IPD (9)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3
		G3-IPD (10)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 4
	ศัลยกรรมกระดูก สามัญชาย ชั้น 10	G3-IPD (11)	ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)
		G3-IPD (12)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1
		G3-IPD (13)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2
		G3-IPD (14)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3
	อายุรกรรมสามัญชาย ชั้น 14	G3-IPD (15)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1
		G3-IPD (16)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2
		G3-IPD (17)	ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)
		G3-IPD (18)	ห้องผู้ป่วยวัณโรค
	ห้องพักผู้ป่วยพิเศษ ชั้น 15	G3-IPD (19)	ห้อง 1501
		G3-IPD (20)	ห้อง 1503
		G3-IPD (21)	ห้อง 1506
		G3-IPD (22)	ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)
	ห้องปลอดเชื้อ ชั้น 17	G3-IPD (23)	ห้อง negative pressure
		G3-IPD (24)	ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)
		G3-IPD (25)	ห้อง 1707
		G3-IPD (26)	ห้อง 1710

หมายเหตุ จุดเก็บแบคทีเรียอาหารเพาะเชื้อชนิด Blood agar

ตารางที่ 3.1 รายชื่อจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร โรงพยาบาลกลาง (ต่อ)

กลุ่มที่สี่		กิจกรรมฝ่ายบริการทางการแพทย์ (G4)	
พื้นที่	**ตึก/ชั้น**	**จุดตรวจวัดที่**	**บริเวณจุดตรวจวัด**
ฝ่ายบริการทางการการแพทย์	ห้องเอกซเรย์ ชั้นใต้ดิน	G4 (1)	ห้องที่ 7 ห้องตรวจอัลตราซาวด์
		G4 (2)	ห้องที่ 9 ห้องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์
		G4 (3)	ห้องล้างฟิล์ม
		G4 (4)	ห้องตรวจ X-Ray
		G4 (5)	บริเวณคนไข้รอตรวจ
	Magnetic Resonance Imaging (MRI)	G4 (6)	บริเวณหน้าโซฟา
		G4 (7)	ห้องเจ้าหน้าที่
		G4 (8)	ห้อง อิเล็กทรอนิกส์
		G4 (9)	บริเวณโถงทางเดิน
	ห้องปรุงยา ชั้นใต้ดิน	G4 (10)	ห้องปรุงยา บริเวณทางเดิน
		G4 (11)	ห้องผลิตยา แผนกปรุงยา
		G4 (12)	ห้องธุรการแผนกปรุงยา
		G4 (13)	ห้องคลังเวชภัณฑ์ แผนกปรุงยา
	ห้องชันสูตรโรคกลาง ชั้น 4	G4 (14)	ห้องภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก
		G4 (15)	ห้องงานเคมีคลินิก/1
		G4 (16)	ห้องงานเคมีคลินิก/2
		G4 (17)	ห้องงานเคมีคลินิก/3
	ห้องพยาธิวิทยา	G4 (18)	ห้องพยาธิวิทยา

หมายเหตุ จุดเก็บแบคทีเรียอาหารเพาะเชื้อชนิด Blood agar

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 รายชื่อจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร โรงพยาบาลกลาง (ต่อ)

กลุ่มที่ห้า		กิจกรรมห้องพักแพทย์(G5)	
พื้นที่	**ตึก/ชั้น**	**จุดตรวจวัดที่**	**บริเวณจุดตรวจวัด**
ห้องพักแพทย์	ห้องพักแพทย์ ชั้น 18	G5 (1)	ห้องพักแพทย์ 18/1
		G5 (2)	ห้องพักแพทย์ 18/8 (VIP)
		G5 (3)	ห้องพักแพทย์ 4
		G5 (4)	ห้องพักแพทย์ 9
	ห้องพักแพทย์ ชั้น 12	G5 (5)	ห้อง common room (สันทนาการ)
		G5 (6)	ห้องนายแพทย์ 1
		G5 (7)	ห้องนายแพทย์ 2
		G5 (8)	ห้องนายแพทย์ 3

หมายเหตุ จุดเก็บแบคทีเรียอาหารเพาะเชื้อชนิด Blood agar

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 รายชื่อจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลกลาง (ต่อ)

กลุ่มที่ห้า		กิจกรรมห้องพักพยาบาล (G6)	
พื้นที่	**ตึก/ชั้น**	**จุดตรวจวัดที่**	**บริเวณจุดตรวจวัด**
ห้องพักพยาบาล	ห้องพยาบาลตึกเอื้อ ชั้น 7	G6 (1)	ห้อง common room ชั้น 7
		G6 (2)	ห้อง rest room
		G6 (3)	ห้อง 0719
		G6 (4)	ห้อง 0704
	ห้องพยาบาลตึกเอื้อ ชั้น 8	G6 (5)	ห้อง common room ชั้น 8
		G6 (6)	ห้อง 0819
		G6 (7)	ห้อง 0802
		G6 (8)	ห้อง 0817
	ห้องพยาบาลตึกเอื้อ ชั้น 9	G6 (9)	ห้อง 0904
		G6 (10)	ห้อง common room ชั้น 9
		G6 (11)	ห้อง 0903
		G6 (12)	ห้อง 0905
	ห้องพยาบาลตึกเอื้อ ชั้น 10	G6 (13)	ห้อง 1001
		G6 (14)	ห้อง 1002
		G6 (15)	ห้อง 1004
		G6 (16)	ห้อง common room ชั้น10

หมายเหตุ จุดเก็บแบคทีเรียอาหารเพาะเชื้อชนิด Blood agar

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 รายชื่อจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร โรงพยาบาลกลาง (ต่อ)

กลุ่มที่ห้า		กิจกรรมฝ่ายสาธารณูปโภค(G7)	
พื้นที่	**ตึก/ชั้น**	**จุดตรวจวัดที่**	**บริเวณจุดตรวจวัด**
ฝ่ายสาธารณูปโภค	ฝ่ายสาธารณูปโภค	G7 (1)	โรงครัว
		G7 (2)	หม้อไอน้ำ
		G7 (3)	แผนกซักฟอก (ห้องพับผ้า)
		G7 (4)	บำบัดน้ำเสีย

หมายเหตุ จุดเก็บแบคทีเรียอาหารเพาะเชื้อชนิด Blood agar

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ลักษณะกลุ่มงานแต่ละกิจกรรมในโรงพยาบาลกลาง

โรงพยาบาลกลางเป็นโรงพยาบาลขนาด 404 เตียง มีจำนวนบุคคลกรในแผนกต่างๆ รวมกันประมาณ 1,561 คน และมีผู้มาขอรับบริการการรักษาในปี พ.ศ. 2552 จำนวน 511,416 คน ต่อปี (ฝ่ายวิชาการโรงพยาบาลกลาง, 2552)

3.2.1 กิจกรรมบริหารงานทั่วไป

กิจกรรมบริหารงานทั่วไปเป็นหน่วยงานด้านบริหารงานในโรงพยาบาลประกอบไปด้วย ห้องผู้อำนวยการ ฝ่ายการเงินชั้น 19 ฝ่ายการบริหารงานทั่วไปชั้น 19 ฝ่ายการพยาบาลชั้น 19 ห้องประชุม และฝ่ายพัสดุ รวมทั้งหมด 21 ห้อง มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกทั้งหมด จำนวน 21 ห้อง เวลาปฏิบัติงานตามเวลาราชการ คือ ประมาณ 8.00 - 16.00 น.

ลักษณะภายในห้องจะมีการกั้นห้องเป็นส่วน เนื่องจากมีการทำงานร่วมกันหลายแผนก ยกเว้นห้องระดับผู้บริหารจะมีห้องทำงานส่วนตัว ซึ่งภายในจะมีห้องน้ำและพื้นห้องปูด้วยพรม ส่วนห้องประชุมจะเป็นห้องขนาดใหญ่ พื้นห้องปูด้วยพรม และมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ดังรูปที่ 3.2

กิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องส่วนใหญ่จะเป็นการติดต่อประสานงานระหว่างส่วนบริหาร การประชุม/จัดสัมมนา และส่วนให้บริการผู้ป่วย ทำให้มีผู้คนมาติดต่อเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดการฟุ้งกระจายกลับ (Resuspension) ของฝุ่นละอองที่ตกอยู่ตามผิวภายในห้อง เช่น พื้นห้องที่ปูด้วยพรม ผ้าม่าน หรือฝุ่นที่ติดอยู่กับเสื้อผ้า

รูปที่ 3.2 แผนกบริหารงานทั่วไป

3.2.2 กิจกรรมแผนกผู้ป่วยนอก

กิจกรรมแผนกผู้ป่วยนอก ทำการตรวจวินิจฉัยโรค เพื่อให้ผู้ป่วยรับยาและสามารถกลับไปพักฟื้นที่บ้านได้เอง เวลาเปิดให้บริการตั้งแต่ 8.00 -12.00 น. ยกเว้นแผนกฉุกเฉินที่มีการเปิดบริการตลอด 24 ชั่วโมง ทุกวัน โดยผู้ป่วยใหม่และผู้ป่วยที่ทำบัตรหายกรอกข้อมูลในแบบฟอร์ม รับการซักประวัติ คัดกรองและรับบัตรคิวเข้าตรวจเพื่อวินิจฉัยโรค (บริเวณชั้น 2) ส่วนผู้ป่วยเก่านั้นคัดกรอง และรับใบคัดกรองเพื่อแยกประเภทผู้ป่วย ก่อนจะถูกส่งไปแผนกอื่นๆ เพื่อทำการตรวจรักษา หรือหาสาเหตุของการเจ็บป่วยเพิ่มเติมต่อไป ซึ่งประกอบไปด้วยแผนกต่างๆ คือ แผนกฉุกเฉิน แผนกอายุรกรรม แผนกสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ แผนกหู ตา คอ จมูก แผนกสูตินารี แผนกทันตกรรม ห้องจ่ายยาและห้องนวด จำนวน 26 ห้อง มีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกทั้งหมด และมีพัดลมระบายอากาศบางเฉพาะห้อง สำหรับแผนกทันตกรรมนั้นมีการติดตั้งแผงกรองอากาศ

ลักษณะภายในห้องแผนกผู้ป่วยนอกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นจุดรับผู้ป่วยและซักประวัติอยู่บริเวณแผนกฉุกเฉินชั้น 1 และแผนกอายุรกรรมชั้น 2 ส่วนที่สองเป็นจุดที่ให้ผู้ป่วยนั่งรอเพื่อเข้ารับการตรวจวินิจฉัยจากแพทย์และจุดรับยา ซึ่งทั้งสองนี้อยู่ภายในห้องขนาดใหญ่ และส่วนที่สามเป็นห้องตรวจโรคถูกกั้นเป็นห้องเล็กๆ สามารถเดินเชื่อมถึงกันได้ ภายในห้องตรวจโรคจะประกอบด้วย เตียงผู้ป่วย โต๊ะ และอ่างล้างมือ บริเวณชั้น 2 และ 3 ดังรูปที่ 3.3

กิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องส่วนใหญ่ในแผนกนี้ เนื่องจากมีคนมาใช้บริการเป็นจำนวนมาก ในระหว่างเวลาทำการจะมีผู้ป่วยแออัดหนาแน่น และต้องใช้เวลานานในการตรวจโรคและรับยา ส่งผลให้แผนกผู้ป่วยนอกเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการแพร่เชื้อและติดเชื้อสูง โดยฝุ่นละอองที่พบมาจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้อง เช่น การเดินเข้าและออกของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ ผู้ป่วย และญาติผู้ป่วย ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายกลับ

รูปที่ 3.3 แผนกผู้ป่วยนอก

3.2.3 กิจกรรมแผนกผู้ป่วยใน

กิจกรรมแผนกผู้ป่วยในเป็นที่รับผู้ป่วยซึ่งส่งต่อมาจากแผนกผู้ป่วยนอก และแผนกฉุกเฉิน โดยแพทย์ได้ทำการวินิจฉัยแล้วว่าจำเป็นต้องได้รับการดูแลจากบุคคลากรทางการแพทย์ เปิดให้บริการเวลาตลอด 24 ชั่วโมง (โดยเฉพาะห้องพิเศษที่ญาติสามารถเฝ้าได้ตลอด) ซึ่งจะประกอบได้ด้วยแผนกต่างๆ คือ ห้องผ่าตัด ห้องคลอด อายุรกรรมสามัญหญิง ศัลยกรรมกระดูกสามัญชาย อายุรกรรมสามัญชาย และห้องพักผู้ป่วยพิเศษ จำนวน 26 ห้อง ซึ่งมีระบบอากาศปรับอากาศแบบแยกจำนวน 12 ห้อง แบบรวมจำนวน 4 ห้อง และการระบายอากาศแบบธรรมชาติจำนวน 10 ห้อง สำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคไข้หวัดใหญ่ 2009 โรควัณโรค เป็นต้น ซึ่งสามารถแพร่เชื้อจุลชีพก่อโรคออกสู่อากาศภายในห้อง ทางโรงพยาบาลได้มีการจัดแยกผู้ป่วยออกไปอยู่ในห้องแยกโรคที่ได้จัดเตรียมไว้ หรืออาจทำการแยกผู้ป่วยอยู่ในส่วนที่แบ่งไว้ในห้อง ที่อยู่ห่างจากผู้ป่วยอื่นๆ ใกล้หน้าต่าง และมีการระบายอากาศที่ดี เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงในการแพร่กระจายและติดเชื้อ

ลักษณะห้องผู้ป่วยในเป็นห้องเปิดโล่งขนาดใหญ่ ไม่มีเครื่องปรับอากาศ ยกเว้นห้องทำงานของเจ้าหน้าที่พยาบาล ห้องแยกผู้ป่วยพิเศษ ภายในห้องประกอบไปด้วยเตียงผู้ป่วยวางเรียงกันเป็นระยะเต็มพื้นที่ห้อง ด้านหนึ่งของห้องมีระเบียงทางเดินและห้องน้ำ สำหรับห้องปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่จะกั้นด้วยกระจกใส ดังรูปที่ 3.4

กิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องส่วนใหญ่จะเป็นการรักษา พักฟื้น และฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วยจนสามารถกลับไปพักฟื้นที่บ้านเองได้ โดยฝุ่นละอองที่พบมาจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้อง เช่น การเดินเข้าและออกของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ ผู้ป่วย และญาติผู้ป่วย การดึงผ้าม่าน เป็นต้น ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายกลับ และฝุ่นดินที่มาจากการพัดพาของลมภายในห้องที่ผ่านเข้าทางช่องเปิดของห้อง เช่น ประตู หน้าต่าง และช่องบานเกล็ด เป็นต้น

รูปที่ 3.4 แผนกผู้ป่วยใน

3.2.4 กิจกรรมฝ่ายบริการทางการแพทย์

กลุ่มแรก คือ งานพยาธิเป็นหน่วยงานให้บริการด้านการรับส่งตรวจด้านพยาธิวิทยาศัลยกรรมและเซลล์วิทยาเป็นหลัก เพื่อให้การวินิจฉัย กลุ่มที่สอง คือ งานรังสีวิทยาเป็นหน่วยงานให้บริการด้านการถ่ายภาพทางรังสีทั่วไป (General Radiography) การตรวจเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computed Tomography) การตรวจอวัยวะภายในด้วยระบบดิจิตอล (Digital Fluoroscopy) เป็นต้น กลุ่มที่สาม คือ งานชันสูตรโรคกลางเป็นหน่วยงานให้บริการด้านการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อนำไปใช้ในการวินิจฉัยโรคพยากรณ์โรคของแพทย์ และการประเมินสภาวะสุขภาพ ซึ่งจะประกอบได้ด้วยแผกต่างๆ คือ ห้องเอกซเรย์และห้องปรุงยาชั้นใต้ดิน ห้องชันสูตรโรคกลาง ห้องพยาธิวิทยา และ MRI จำนวน 18 ห้อง มีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกทั้งหมด ภายในบางห้องมีการติดพัดลมระบายอากาศโดยเฉพาะห้องบริเวณชั้นใต้ดิน

ลักษณะภายในห้องได้มีการออกแบบตามลักษณะการใช้งาน โดยมีการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศในบางหน่วยงาน เช่น ห้องตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ห้องเอกซเรย์ เป็นต้น เพื่อกรองฝุ่นเพราะเป็องกันสารเคมีต่างๆ ที่อาจจะมีผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานได้ ดังรูปที่ 3.5

กิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องจะเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกให้บริการตรวจวัดผ่านทางเครื่องมือทางการแพทย์ เช่น ห้องเอกซเรย์ แผนก MIR เป็นต้น จะมีคนค่อนข้างหนาแน่น เพราะต้องรอคิวในการตรวจ ส่วนที่สองให้บริการการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะห้องปรุงยาที่มีการเตรียมน้ำยาและสารเคมีที่ใช้สำหรับการตรวจวิเคราะห์ โดยฝุ่นละอองที่พบมาจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้อง เช่น การเดินเข้าและออกของเจ้าหน้าที่ ผู้ป่วย และญาติผู้ป่วย เป็นต้น ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายกลับ และฝุ่นจากท่อไอเสียรถมอเตอร์ไซด์ ซึ่งบริเวณชั้นใต้ดินจะเป็นที่จอดรถของเจ้าหน้าที่และผู้มาติดต่อ

รูปที่ 3.5 ฝ่ายบริการทางการแพทย์

3.2.5 กิจกรรมห้องพักแพทย์

กิจกรรมห้องพักแพทย์มีอยู่ 2 ชั้น คือ ห้องพักแพทย์ชั้น 12 มีระบบปรับอากาศแบบรวมจำนวน 4 ห้อง และมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ และห้องพักแพทย์ชั้น 18 มีระบบปรับอากาศแบบแยกจำนวน 4 ห้อง

ลักษณะภายในห้องพักแพทย์ชั้น 12 (รูปด้านซ้าย) ภายในห้องจะประกอบไปด้วย โต๊ะทำงาน ชั้นเก็บหนังสือ/เอกสารต่างๆ และห้องพักแพทย์ชั้น 18 (รูปด้านขวา) ภายในห้องประกอบไปด้วย เฟอร์นิเจอร์ และเครื่องใช้ต่างๆ เช่น ตู้เสื้อผ้า ชั้นวางของ โทรทัศน์ ตู้เย็น และเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ซึ่งจะมีห้องน้ำภายในห้อง ดังรูปที่ 3.6

กิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ ส่วนแรกเป็นห้องพักของแพทย์จะอยู่บริเวณชั้น 12 ไว้สำหรับพักหลังเสร็จจากการตรวจรักษาคนไข้ และใช้เป็นห้องทำงาน ส่วนที่สองเป็นห้องพักแพทย์ประจำและห้องพักแพทย์ สำหรับนอนค้างคืน ซึ่งอยู่บริเวณชั้น 18 โดยมีทั้งห้องพักแพทย์สำหรับแผนกต่างๆ รวมถึงห้องพักนักศึกษาแพทย์ โดยฝุ่นละอองที่พบมาจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้อง เช่น การเดินเข้าและออกของแพทย์ และเจ้าหน้าที่ การดึงผ้าม่านผ้าปูเตียง ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายกลับของฝุ่นละอองที่ตกอยู่ตามผิวภายในห้อง

รูปที่ 3.6 ห้องพักแพทย์

3.2.6 กิจกรรมห้องพักพยาบาล

กิจกรรมห้องพักพยาบาลมีลักษณะเป็นหอพัก พักรวมกันประมาณ 5-6 คนต่อห้อง ซึ่งประกอบไปด้วยห้องพักพยาบาล ตึกเอื้อชั้น 7 จนถึงชั้น 10 จำนวน 16 ห้อง โดยทั้งหมดจะมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติและห้องรับประทานอาหารภายในห้องจะมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ในการเข้าเวรของพยาบาลจะทำงานในลักษณะเป็นกะ คือ เข้าเวรตอนเช้าและเวรตอนกลางคืนขึ้นอยู่กับแต่ละแผนกของพยาบาลที่สังกัดอยู่

ลักษณะห้องบริเวณด้านบนเหนือประตูทางเข้าออกจะมีบานเกล็ดเรียงกันเป็นแถวยาวตลอดแนวห้องพัก ภายในห้องจะมีเตียงนอน 5-6 เตียง มีห้องแยกไว้สำหรับเก็บเสื้อผ้าและเปลี่ยนเสื้อผ้าจำนวน 1 ห้อง มีการติดตั้งพัดลมเพดานประมาณ 5-6 ตัวต่อห้อง โดยแต่ละชั้นจะมีห้องน้ำรวม ยกเว้นบางห้องที่มีห้องน้ำภายในห้อง ดังรูปที่ 3.7

กิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องจะเป็นกิจวัตรประจำวันของแต่ละบุคคล เช่น นอนหลับ อ่านหนังสือ ดูโทรทัศน์ และทำงาน เป็นต้น โดยฝุ่นละอองที่พบมาจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้อง เช่น การเดินเข้าและออกของพยาบาล และแม่บ้าน การทำความสะอาด และการดึงผ้าม่าน ผ้าปูเตียง เป็นต้น ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายกลับของฝุ่นละอองที่ตกอยู่ตามผิวภายในห้อง และฝุ่นดินที่มาจากการพัดพาของลมภายในห้องที่ผ่านเข้าทางช่องเปิดของห้อง เช่น ประตู หน้าต่าง และช่องบานเกล็ด เป็นต้น

รูปที่ 3.7 ห้องพักพยาบาล

3.2.7 กิจกรรมฝ่ายสาธารณูปโภค

กิจกรรมสาธารณูปโภคเป็นหน่วยงานบริการความสะดวกสบายให้แก่แผนกต่างๆ ของโรงพยาบาลโดยแบ่งงานหลักเป็น 3 ฝ่าย ได้แก่ ฝ่ายซ่อมบำรุงและกำจัดของเสีย ฝ่ายโภชนาการและฝ่ายซักฟอก ช่วงเวลาปฏิบัติงานเริ่มตั้งแต่ 08.00 - 16.00 น.ทำการตรวจวัดจำนวน 4 ห้อง ซึ่งมีระบบปรับอากาศแบบแยกจำนวน 2 ห้อง ได้แก่ ห้องพับผ้า ห้องทำงานหน่วยงานบำบัดน้ำเสีย และมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติจำนวน 2 ห้อง ได้แก่ ห้องโรงครัว ห้องหม้อไอน้ำ

ลักษณะภายในห้องต่างๆ ขึ้นอยู่กับการใช้งานในแต่ละฝ่าย ซึ่งบางห้องทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ เพื่อถ่ายเทอากาศ และส่วนบางห้องใช้พัดลมตั้งพื้นเพื่อระบายความร้อนในระหว่างการปฏิบัติงาน ดังรูปที่ 3.8

กิจกรรมที่เกิดขึ้นฝ่ายซ่อมบำรุงและกำจัดของเสียมีหน้าที่ดูแลระบบสาธารณูปโภคของโรงพยาบาล ฝ่ายโภชนาการมีหน้าที่ในการจัดเตรียมอาหารให้แก่ผู้ป่วย และฝ่ายซักฟอกมีหน้าที่ในการรวบรวมของใช้จากเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์และผู้ป่วย เช่น เสื้อผ้าปลอกหมอน ผ้าปูเตียง จากแผนกต่างๆ ของโรงพยาบาล มาทำความสะอาด ฆ่าเชื้อ และทำการบรรจุ เพื่อให้พร้อมส่งสำหรับหมุนเวียนใช้งานภายในโรงพยาบาลต่อไป โดยฝุ่นละอองที่พบมาจากกิจกรรมต่างๆ ของคนภายในห้อง เช่น การพับผ้า การหุงต้ม การเดินเข้าและออกของเจ้าหน้าที่ ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายกลับของฝุ่นละอองที่ตกอยู่ตามผิวภายในห้อง นอกนั้นยังมีฝุ่นจากภายนอกอาคาร ได้แก่ การจราจร ฝุ่นดินที่มาจากการพัดพาของลมภายในห้องที่ผ่านเข้าทางช่องเปิดของห้อง เช่น ประตู หน้าต่าง และช่องระบายอากาศ เป็นต้น

รูปที่ 3.8 ฝ่ายสาธารณูปโภค

3.2.8 ภายนอกอาคาร

การตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาลได้ทำการเลือกจุดตรวจวัดภายนอกอาคารบริเวณดาดฟ้าชั้น 21 ซึ่งเป็นชั้นสูงสุดของโรงพยาบาล เพื่อศึกษาคุณภาพอากาศภายนอกอาคาร ดังรูปที่ 3.9

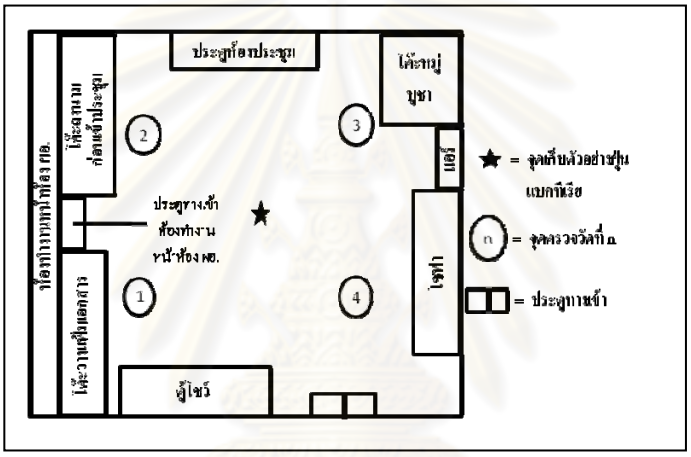
รูปที่ 3.9 ภายนอกอาคาร (ดาดฟ้าชั้น 21)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 จุดเก็บตัวอย่างในห้อง

3.3.1 พารามิเตอร์ฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และแบคทีเรีย โดยทำการเก็บบริเวณจุดกึ่งกลางของห้อง ซึ่งจากการศึกษาของศรัญญู คำภาบุตร (2552) พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองและแบคทีเรียในอากาศระหว่างจุดเก็บตัวอย่างโดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วนภายในห้องกับบริเวณกึ่งกลางห้อง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.2 พารามิเตอร์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ โดยทำการแบ่งห้องออกเป็นสี่ส่วนในแต่ละห้องแล้วทำการเก็บตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างห้อง (ตึกอนุสรณ์100 ปี ชั้นที่ 19 สำนักงานบริหารกลาง ห้องโถงหน้าห้อง ผอ.)

3.4 ระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ แบ่งการศึกษาเป็น 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน เก็บตัวอย่างในเดือนกันยายน พ.ศ. 2552 และ ฤดูแล้ง เก็บตัวอย่างในเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

3.5 อุปกรณ์ในงานวิจัย

3.5.1 อุปกรณ์ในการตรวจวัด

(1) เครื่องมือวัดความเข้มข้นของฝุ่นแบบต่อเนื่อง (Real time : Portable dust monitoring ชนิด GRIMM version 1.100 models 1.108 ประเทศเยอรมนี)

(2) เครื่องเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ Bio Impactor (SKC, Inc. model Standard Biostage)

(3) เครื่องวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ชนิด Indoor air quality meter (TSI, Inc., model Q-Trak™ 7565)

(4) เครื่องวัดความเร็วลม ชนิด hot-wire anemometer (TSI, Inc., model 9555)

(5) เครื่องดูดอากาศ High Flow Vacuum Pump (GAST® จากบริษัท Thermo Andersen Co., Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา model 10 -710)

3.5.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ชนิดแบคทีเรีย

(1) หม้อนึ่งอัดไอน้ำ (Autoclave) HIRAYAMA model HA-3D

(2) ตู้อบเพาะเชื้อ (Incubator) HEREANS model KB 900

(3) เครื่องชั่ง (Electric balance) SARTORIUS model BP 3100S

(4) จานเพาะเชื้อ (Plate)

(5) บีกเกอร์, ปิเปต, กระบอกตวง

(6) กระจกสไลด์

(7) ห่วงถ่ายเชื้อ (Loop)

(8) ตะเกียงแอลกอฮอล์

(9) กล้องจุลทรรศน์

3.6 อาหารเลี้ยงเชื้อ

3.6.1 Tryptic Soy Agar (TSA) บริษัท DIFCO™

3.5.1 Blood agar (BA) บริษัท HIMEDIA®

3.7 สารเคมี

3.7.1 สารเคมีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

(1) 70% Isopropyl alcohol

(2) ถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.7.2 สารเคมีที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์

(1) สารละลายคริสตัลไวโอเลต (Crystal violet solution)

(2) สารละลายแกรมไอโอดีน (Iodine solution)

(3) สารละลายสีซาฟรานิน (Safranin O)

(4) เอทธิลแอลกอฮอล์ 95% (Methye alcohol 95%)

3.8 วิธีการทดลอง

3.8.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศ

(1) ทำการศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน โดยเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองแบบ Real time: Portable Dust Monitoring ดังรูปที่ 3.11 ใช้หลักการกระเจิงแสง (Scattering) ตรวจวัดแบบต่อเนื่อง (continuous measurement) ที่อัตราดูดอากาศ 1.2 ลิตรต่อนาที ได้ข้อมูลเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองราย 1 นาที ในหน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แสดงผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ ทำการเก็บตัวอย่างห้องละ 10 นาทีต่อห้อง

(2) ตั้งเครื่องวัดความเข้มข้นฝุ่นให้สูงจากพื้นระยะ 1-1.5 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกับการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ

(3) นำข้อมูลที่ตรวจวัดได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

รูปที่ 3.11 เครื่องวัดความเข้มข้นฝุ่นแบบ Real time: Portable Dust Monitoring

3.8.2 ปริมาณและชนิดแบคทีเรียในอากาศ

ใช้เครื่อง Bio Impactor แบบชนิดชั้นเดียว (Single stage impactor) ด้วยวิธีการดักเก็บตัวอย่างด้วยเพลทเก็บตัวอย่าง (Impactor method) ตามวิธีของ NIOSH – (NIOSH Method # 0800)

ขั้นตอนการดำเนินการเก็บตัวอย่าง

(1) ใช้วิธี Impactor method โดยนำเครื่องเก็บตัวอย่างแบคทีเรียชนิดแบบชั้นเดียว ดังรูปที่ 3.12 ซึ่งแบคทีเรียที่แขวนลอยในอากาศจะถูกดูดผ่านช่องเล็กๆ ชนเข้ากับอาหารเพาะเชื้อ

ชนิด Tryptic Soy Agar (TSA) สำหรับเชื้อแบคทีเรียทั่วไป และ Blood Agar (BA) สำหรับเชื้อแบคทีเรียชนิดย่อยสลายเม็ดเลือดแดง โดยแยกอาหารเพาะเชื้อแต่ละชนิดต่อ 1 ชุดเครื่องมือ

(2) เครื่องดูดอากาศ สามารถดูดอากาศด้วยอัตราการไหลตามที่ผู้ผลิตเครื่องเก็บตัวอย่างระบุไว้ คือ 28.3 ลิตร/นาที

(3) ก่อนเก็บตัวอย่าง นำเครื่องเก็บตัวอย่างแบคทีเรีย (Bio impactor)ไปทำความสะอาด โดยการเช็ดด้วยแอลกอฮอล์

(4) การเก็บตัวอย่างแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศ ตั้งเครื่องสูงจากพื้นเป็นระยะ 1- 1.5 เมตร ในห้องที่ทำการศึกษา นำอาหารเพาะเชื้อทั้งสองชนิดที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อแล้วที่เตรียมไว้ในจานเพาะเชื้อ (Plate) คือ อาหารเพาะเชื้อชนิด TSA และ BA นำมาใส่ไว้ใน Bio Impacter แต่ละชุด ต่อจากนั้นทำการดูดอากาศผ่านเครื่องมือเก็บตัวอย่างด้วยอัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ทำขณะพร้อมกับเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

(5) หลังจากเก็บตัวอย่างจนครบเวลาที่ตั้งไว้แล้ว นำจานเพาะเชื้อที่เก็บตัวอย่างปิดฝาโดยซีลด้วยพาราฟิลม์ให้สนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ ติดฉลากแสดงรายละเอียด (Label) แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ (ในการเปลี่ยนจานเพาะเชื้อทุกครั้งเช็ดด้วยแอลกอฮอล์ 70 % เช็ด Impacter ให้ทั่วโดยเฉพาะบริเวณช่องทางเข้าของอากาศเพื่อป้องกันการปนเปื้อนระหว่างการเก็บตัวอย่าง)

(6) นำอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด TSA และ BA ไปบ่มเพาะที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง และนับจำนวนโคโลนีที่ปรากฏ

รูปที่ 3.12 เครื่องเก็บตัวอย่างแบคทีเรียชนิดแบบชั้นเดียว (Single stage impactor)

การนับปริมาณแบคทีเรีย

(1) อาหารเพาะเชื้อชนิด TSA ตรวจนับจำนวนโคโลนีของเชื้อทั้งหมดที่ปรากฏบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อปริมาตรอากาศหนึ่งลูกบาศก์เมตรหรือ Colony forming unit/m^3 ดังสูตรคำนวณปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศในหน่วย CFU/m^3

(2) อาหารเพาะเชื้อชนิด BA ตรวจนับจำนวนโคโลนีของเชื้อทั้งหมดที่ปรากฏบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จำแนกชนิดแบคทีเรียตามอาศัยสมบัติการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (Hemolysis) โดยรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อปริมาตรอากาศหนึ่งลูกบาศก์เมตรหรือ Colony forming unit/m^3 ดังสูตรคำนวณปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศในหน่วย CFU/m^3 และนำไปวิเคราะห์แยกชนิดของแบคทีเรีย

แต่เนื่องจากการทำงานของ Bio Impacter คือ การดูดอากาศผ่านเพลทที่เจาะรูไว้ทั้งหมดจำนวน 400 รู ก่อนลงสู่จานเพาะเชื้อ อากาศจะผ่านเพลทลงสู่จานเพาะเชื้อภายในเครื่องเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ที่ปะปนมากับอากาศจะตกลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ไว้ใน Bio Impacter โดยระหว่างดูดอากาศนั้น จะมีจุลินทรีย์มากกว่า 1 โคโลนีตกซ้ำในรูเดียวกัน แต่มีแค่โคโลนีเดียวเท่านั้นที่เจริญเติบโตขึ้นจึงต้องปรับแก้จำนวนโคโลนีทั้งหมดด้วย correction factor เพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงมากที่สุด (Hinds, W.C. 1999 อ้างถึงใน กฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548)

การปรับแก้ค่าจำนวนโคโลนีด้วยค่า correction factor

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

โดย n_c คือ จำนวนโคโลนีที่ปรับแก้ (CFU/m^3)

n_f คือ จำนวนโคโลนีที่นับได้จากอาหารเลี้ยงเชื้อ

f คือ ค่า n_f/N_j (Nj คือ จำนวนรูทั้งหมดในแต่ละชั้นของ Bio Impactor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 400)

เมื่อได้ค่าจำนวนโคโลนีที่ปรับแก้แล้วนำมาหารด้วยปริมาตรอากาศทั้งหมดที่เก็บตัวอย่างจะได้ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศในหน่วย CFU/m^3 ดังสมการ

$$\text{ปริมาตรอากาศทั้งหมด (ลบ.ม.)} = \frac{\text{28.3 ลิตรต่อนาที x เวลาในการเก็บตัวอย่าง (นาที)}}{1{,}000}$$

$$\text{ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีที่ปรับแก้}}{\text{ปริมาตรอากาศทั้งหมด}}$$

การวิเคราะห์ชนิดแบคทีเรียในอาหารเพาะเชื้อชนิด Blood agar (BA)

(1) สังเกตลักษณะโคโลนีที่เจริญบน Blood agar โดยดูขนาด รูปร่าง ผิว ขอบ สี ความโปร่งใส เนื้อ กลิ่น และการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง แล้วบันทึกผล

(2) การย้อมสีแบบแกรม (Gram stain)

- ใช้ห่วงถ่ายเชื้อจากโคโลนีที่ได้สังเกตแล้วในข้อ 1 เกลี่ย (Smear) เชื้อบนสไลด์ที่ล้างสะอาด ทิ้งไว้ให้แห้งแล้ว Heat Fix โดยผ่านเปลวไฟ 2-3 ครั้ง เพื่อให้เซลล์แห้งติดแน่นกับสไลด์
- หยดสีคริสตัลไวโอเลต บนเชื้อที่เกลี่ยนาน 1 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำ
- หยดสารละลายไอโอดีน บนเชื้อที่เกลี่ยนาน 1 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำจะช่วยให้เซลล์ติดสีย้อมได้ดีขึ้น
- นำสไลด์มาล้างสี (Decolorization) ด้วยเอทธิลแอลกอฮอล์ 95% นาน 30 วินาที หรือจนไม่มีสี แล้วจึงล้างด้วยน้ำ
- หยดสีซาฟรานินบนเชื้อที่เกลี่ยนาน 15 วินาที แล้วล้างออกด้วยน้ำ แล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู แล้วหยดน้ำมันหรือ Immersion oil ลงบริเวณที่เกลี่ยแบคทีเรียไว้นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้หัวกำลังขยาย 100 เท่า

แบคทีเรียที่ย้อมติดสีน้ำเงินหรือม่วงของ Crystal violet จัดเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก (Gram positive) และที่ย้อมติดสีแดงของ Safranin เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ (Gram negative)

3.8.3 อัตราแลกเปลี่ยนอากาศ

การตรวจวัดอัตราแลกเปลี่ยนอากาศจะทำเฉพาะห้องที่สามารถปิดประตูหน้าต่างได้มิดชิดเท่านั้น โดยมีขั้นตอนในการตรวจวัดดังนี้

(1) วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่มีอยู่เดิมภายในห้อง โดยใช้เครื่อง Indoor air quality meter ดังรูปที่ 3.13 ตั้งเครื่องสูงจากระดับพื้นอย่างน้อย 60 เซนติเมตร และไม่เกิน 120 เซนติเมตร

(2) เมื่อได้ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่เดิมภายในห้องแล้ว ทำการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องจนทั่วห้อง โดยใช้ถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งกำเนิด จนความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเท่ากับ 700 ส่วนในล้านส่วน แล้วทำการหยุดปล่อยก๊าซ

(3) ตรวจวัดอัตราการลดลงของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องตามเวลา

(4) นำค่าการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเวลาไปคำนวณอัตราการระบายอากาศ โดยใช้สูตรคำนวณตาม ASTM E741 ดังนี้

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

โดยที่ A คือ อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง

Δt คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจวัดตั้งแต่เริ่มต้นจนยุติในหน่วยของชั่วโมง

C_0 คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เวลาเริ่มต้น

C_t คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เวลาสุดท้าย

รูปที่ 3.13 เครื่องวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Q™-Trak Model 7565)

โดยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศหากพิจารณาจากค่าความชันของอัตราการลดลงของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยเข้าไปในภายในห้องต่อระยะเวลาที่ก๊าซลดลงตามปฏิกริยาแบบ kinetic first order ทั้งนี้จากการตรวจวัดพบว่า การลดลงของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก (n=62) ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม (n=5) และห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ (n=32) มีค่าเฉลี่ย 0.0471 ชม.$^{-1}$, 0.0624 ชม.$^{-1}$ และ 0.1404 ชม.$^{-1}$ ดังรูปที่ 3.14 โดยใช้สูตรคำนวณดังต่อไป

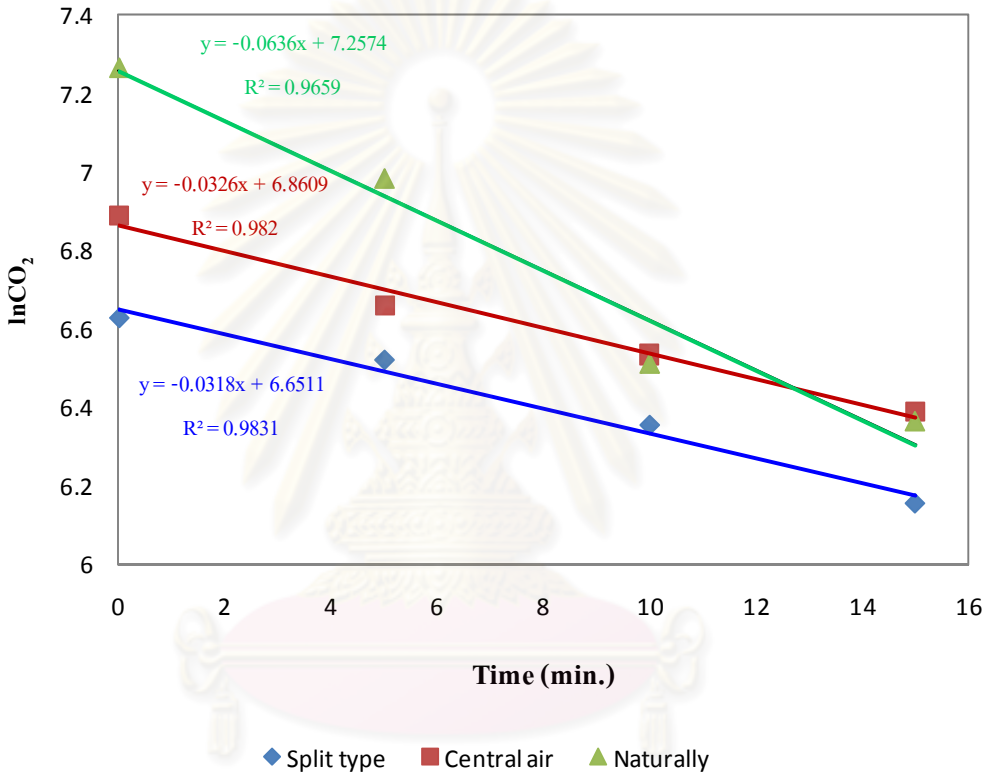
$$\ln C = \ln C_0 - k.t$$

โดยที่ lnC คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เวลาเริ่มต้น

$\ln C_0$ คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เวลาสุดท้าย

k คือ ค่าคงที่ปฏิกิริยา (hr^{-1})

t คือ เวลา



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างความผันแปรของความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับเวลา

3.8.4 ปัจจัยอื่นๆ

(1) วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่อง Indoor air quality meter วัดความเร็วลมด้วยเครื่อง Air velocity meter ชนิด hot-wire anemometer ดังรูปที่ 3.6 ทำการตรวจวัดแต่ละห้องที่ทำการศึกษาโดยจะแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็น 4 ส่วน ดังที่กล่าวไว้ในข้อ 3.2.1 โดยตำแหน่งที่ตั้งเครื่อง Air velocity meter และ Indoor air quality meter ควรอยู่สูงจากระดับพื้นอย่างน้อย 60 เซนติเมตร และไม่เกิน 120 เซนติเมตร

(2) จดบันทึกปัจจัยต่างๆที่คาดว่าจะมีผลต่อปริมาณฝุ่นและแบคทีเรีย เช่น ลักษณะห้อง ขนาดห้อง กิจกรรมภายในห้อง ประเภทระบบระบายอากาศในแต่ละห้อง ความหนาแน่นคน

รูปที่ 3.15 เครื่องวัดความเร็วลม ชนิด hot-wire anemometer (TSI, Inc., model 9555)

3.9 การวิเคราะห์ผลการศึกษา

3.9.1 สถิติเชิงพรรณา (Descriptive statistics) เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลทั่วไป ได้แก่ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยมัธฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.9.2 สถิติเชิงวิเคราะห์ (Analytical statistics) นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows ความแปรปรวนและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ดังนี้ (กรณีความแปรปวนไม่เท่ากันใช้วิธี Robust Tests of Equality of Means ของ WELCH)

(1) เปรียบเทียบความเข้มข้นฝุ่นละออง ระหว่างห้องแต่ละกลุ่มกิจกรรมห้องของโรงพยาบาล โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

(2) เปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียในอากาศ ระหว่างห้องแต่ละกลุ่มกิจกรรมห้องของโรงพยาบาล โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

(3) หาความแปรปรวนระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและปริมาณแบคทีเรีย กับการระบายอากาศและกิจกรรมภายในห้องแต่ละห้อง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

(4) วิเคราะห์ความแตกต่างของคุณภาพอากาศจำแนกตามฤดูโดยใช้ Independent-Sample T Test

(5) หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละอองและปริมาณแบคทีเรียในอากาศในโรงพยาบาล ได้แก่ อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ความหนาแน่นของผู้คน ความเร็วลม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)โดยค่า r เป็นบวก

หมายความว่าเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มอีกตัวแปรหนึ่งก็จะเพิ่มขึ้นแต่ถ้าตัวแปรหนึ่งลดลงอีกตัวแปรหนึ่งก็จะลดลงไปด้วย ถ้า r เป็นลบ หมายถึงเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นอีกตัวหนึ่งจะมีค่าลดลง แต่ถ้าตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าลดลงอีกตัวหนึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้น ตรงข้ามกันเสมอ และค่า r เป็นศูนย์ หมายถึงตัวแปรสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ถ้าค่า r มีค่าเข้าใกล้ 1 หมายความว่า ตัวแปรทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันมาก ถ้าค่า r มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายความว่าตัวแปรทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันน้อย และถ้าค่า r=0 หมายความว่า ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546) โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (พรเพ็ญ เพชรสุขศิริ, 2540) มีดังนี้

r = 0	ไม่มีความสัมพันธ์ต่ำ
r = 0.10	มีความสัมพันธ์ต่ำ
r = 0.20	มีความสัมพันธ์ต่ำ
r = 0.30	มีความสัมพันธ์ปานกลางค่อนข้างต่ำ
r = 0.40	มีความสัมพันธ์ปานกลาง
r = 0.50	มีความสัมพันธ์ปานกลาง
r = 0.60	มีความสัมพันธ์ปานกลางค่อนข้างสูง
r = 0.70	มีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง
r = 0.80	มีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง
r = 0.90	มีความสัมพันธ์สูงมาก
r = 1	มีความสัมพันธ์สูงมาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลได้กำหนดตัวแปร ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรในงานวิจัย

ตัวแปร	ค่าที่ใช้ในการทดลอง/เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
ตัวแปรอิสระ	
- ประเภทการระบายอากาศ	- ห้องที่มีระบบปรับอากาศแบบแยก 83 ห้อง - ห้องที่มีระบบปรับอากาศแบบรวม 8 ห้อง - ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติจำนวน 28 ห้อง
- กิจกรรมภายในห้อง	- กิจกรรมบริหารงานทั่วไป - กิจกรรมแผนกผู้ป่วยนอก - กิจกรรมแผนกผู้ป่วยใน - กิจกรรมฝ่ายบริการทางการแพทย์ - กิจกรรมห้องพักแพทย์ - กิจกรรมห้องพักพยาบาล - กิจกรรมฝ่ายสาธารณูปโภค
- ความหนาแน่นของคนภายในอาคาร	- นับจำนวนคนในแต่ละพื้นที่/ขนาดห้อง
ตัวแปรตาม	
- ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์	- Indoor air quality meter
- ความเข้มข้นของฝุ่นละออง	- เครื่องวัดความเข้มข้นฝุ่นแบบต่อเนื่อง
- ปริมาณและชนิดแบคทีเรีย	- Plate Count Method
- อุณหภูมิ	- Indoor air quality meter
- ความชื้นสัมพันธ์	- Indoor air quality meter
- ความเร็วลม	- Hot wire anemometer

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 ผลการตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพภายในโรงพยาบาล

จากรายงานสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาบริเวณศาลาว่าการกรุงเทพมหานครในเดือนกันยายน พ.ศ. 2552 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ย 25.5 - 33.9 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ย 78 % และความเร็วลมมีค่าเฉลี่ย 4.27 กม./ชม สำหรับเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 เป็นช่วงฤดูแล้ง อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ย 26.7 - 33.9 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ย 74 % ความเร็วลมมีค่า เฉลี่ย 4.46 กม./ชม. พบว่า ทั้งอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ทั้ง 2 ฤดูมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายงานสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาบริเวณศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร

เดือน	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	อุณหภูมิสูงสุด (°ซ)	อุณหภูมิต่ำสุด (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (กม./ชม.)
กันยายน 2552 (n=30)	33±1	25±1	78±0	4.27±2.08
กุมภาพันธ์ 2553 (n=28)	33±1	27±1	74±3	4.46±1.64

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553

ปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ ความเร็วลม และความหนาแน่นของคนภายในห้อง โดยผลการศึกษาดังตารางที่ 4.2 พบว่า

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องที่ระบายอากาศด้วยวิธีทางธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 31±1 ถึง 33±3°ซ, 61±12 ถึง 68±7 % ตามลำดับ ซึ่งห้องส่วนใหญ่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานของ ASHRAE 62.1-2007 ที่กำหนดไว้มีค่าอยู่ในช่วง 23 – 26 °ซ และ 30 - 60 % เนื่องจากเป็นห้องที่ไม่มีระบบปรับอากาศทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องได้ ทั้งนี้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องยังขึ้นกับสภาพภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาล ประกอบกับประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นส่งผลให้มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูง สำหรับห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมเป็นห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้งานพบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 24±2 ถึง 27±2 °ซ แต่มีบางห้องที่มีค่าเกินมาตรฐาน เนื่องจากมีการเปิดหน้าต่างเพื่อระบายอากาศ

และกลิ่น เช่น ห้องรับประทานอาหารในฝ่ายการพยาบาล ห้องถ่ายเอกสารในฝ่ายบริหารงานทั่วไป เป็นต้น รวมทั้งมาตรการประหยัดพลังงานของโรงพยาบาล เช่น ลดเวลาในการเปิดเครื่องปรับอากาศหรือเปิดเมื่อจำเป็น เช่น ห้องพักแพทย์ชั้น 12 ห้องตรวจในแผนกผู้ป่วยนอก เป็นต้น และห้องที่อุณหภูมิมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานส่วนใหญ่จะอยู่ในฝ่ายงานบริการทางการแพทย์ซึ่งเป็นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์ทำให้ต้องปรับอุณหภูมิภายในห้องให้ต่ำลงเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน ยกเว้นห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกในกลุ่มสาธารณูปโภคพบว่า ห้องส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานมีค่าเท่ากับ 30±2°ซ เช่น ห้องพับผ้าเป็นห้องที่อยู่ภายในอาคารเปิดโล่ง และใกล้กับบริเวณห้องซักฟอกที่มีเครื่องทำความร้อน เช่น เครื่องอบผ้าและรีดผ้าด้วยไอน้ำ เป็นต้น ประกอบกับเจ้าหน้าที่ภายในห้องมีการเปิดประตูเข้า-ออกกันตลอดเวลา อาจจะส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องมีค่าสูง ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมและแบบแยก ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 64±8 ถึง 72±8 % และ 54±12 ถึง 67±10 % ตามลำดับ เนื่องจากห้องปรับอากาศแบบรวมใช้ระบบปรับอากาศแบบชิลเลอร์ (Chiller Air Conditioner) ใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อนและหล่อเย็น อีกทั้งยังเป็นตัวกลางส่งความเย็นผ่านทางท่อลมสู่ภายในห้องต่างๆ ของอาคาร ประกอบกับบางห้องมีห้องน้ำภายในตัว เช่น ห้องรอคลอดชั้น 7 ส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องมีค่าสูง ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกซึ่งเป็นห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้นั้น ก็ยังมีค่าสูง ทั้งนี้อาจจะเกิดจากตัวควบคุมเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพลดลง ทำให้ไม่สามารถปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้ตามต้องการ ซึ่งที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ แผนกผู้ป่วยนอก (ห้องฉุกเฉิน แผนกอายุรกรรม ชั้น 2 แผนก สปสช ชั้น 2 แผนกสูตินรีเวชกรรม ชั้น 3) แผนกผู้ป่วยในเกือบทั้งหมด รวมถึงห้องพักแพทย์ และห้องประชุมซึ่งไม่มีการใช้งานในระหว่างที่ตรวจวัด

ความเร็วลมภายในห้องซึ่งทาง ASHRAE ได้ให้คำแนะนำค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนไหวอากาศในพื้นที่ที่มีคนอยู่ว่าไม่ควรเกิน 0.15 ม./วินาที ในฤดูหนาว และไม่ควรเกิน 0.25 ม./วินาที ในฤดูร้อน สำหรับคำแนะนำของประเทศสิงคโปร์ได้กำหนดค่าไว้ที่ไม่น้อยกว่า 0.25 ม./วินาที (สร้อยสุดา เกสรทอง, 2549) ผลการศึกษาพบว่า ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.08±0.07 ถึง 0.12±0.17 ม./วินาที เช่น ห้องพักพยาบาลส่วนใหญ่เป็นห้องเปิดทำให้ลมจากภายนอกพัดเข้ามาภายในห้อง นอกจากนั้นยังมาจากการเปิดพัดลมติดเพดานและพัดลมตั้งโต๊ะทำให้ความเร็วลมภายในห้องมีค่าสูง เป็นต้น ส่วนความเร็วลมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.01±0.03 ถึง 0.10±0.16 ม./วินาที พบว่าความเร็วลมในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกนั้นมีความเร็วลมในแต่ละห้องแตกต่างกันอาจจะขึ้นกับตำแหน่งเครื่องปรับอากาศที่ถูกออกแบบมาให้ลมพัดสู่ตัวผู้อยู่อาศัยโดยตรง ทำให้บางจุดภายในห้องมีความเร็วลมค่อนข้างต่ำ เช่น ฝ่ายบริการทางการแพทย์ที่มีค่าเฉลี่ยความเร็วลมต่ำที่สุด และแผนก

ผู้ป่วยในบางห้อง เป็นต้น และความเร็วลมในห้องปรับอากาศแบบรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.04±0.08 ถึง 0.07±0.05 ม./วินาที ซึ่งลมภายในห้องเกิดจากพัดลมของเครื่องปรับอากาศแบบรวมผ่านช่องอากาศในฝ้าเพดาน ส่วนบางห้องมีการติดตั้งพัดลมไว้ที่ฝาผนังส่งผลให้มีความเร็วลมภายในห้องมีค่าสูง เช่น ห้องรอคลอด ห้องพักฟื้น เป็นต้น

สำหรับความหนาแน่นของคนพบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกจะมีความหนาแน่นของคนมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.11±0.05 ถึง 0.97±1.10 คน/ตร.ม. เช่น แผนกผู้ป่วยนอกที่มีคนมาใช้บริการเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในระหว่างเวลาทำการจึงมีผู้ป่วยแออัด ส่งผลให้พื้นที่นี้มีความหนาแน่นของคนสูงกว่าห้องปรับอากาศแบบรวมและห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยทางกายภาพจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาล

ระบบปรับอากาศ	กิจกรรม		ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
			อุณหภูมิ (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (ม/วินาที)	ความหนาแน่นของคน (คน/ ตร.ม.)
แบบแยก	1.บริหารงานทั่วไป	(n=42)	26±2	57±8	0.10±0.16	0.19±0.15
	2.แผนกผู้ป่วยนอก	(n=52)	26±1	65±5	0.07±0.08	0.97±1.10
	3.แผนกผู้ป่วยใน	(n=24)	27±2	67±10	0.04±0.06	0.28±0.15
	4.บริการทางการแพทย์	(n=36)	24±2	59±6	0.01±0.03	0.25±0.16
	5.ห้องพักแพทย์	(n=8)	25±1	64±9	0.08±0.04	0.11±0.05
	6.สาธารณูปโภค	(n=4)	30±2	54±7	0.05±0.06	0.13±0.12
แบบรวม	1.แผนกผู้ป่วยใน	(n=8)	26±2	72±8	0.04±0.08	0.16±0.13
	2.ห้องพักแพทย์	(n=8)	26±2	64±8	0.07±0.05	0.16±0.08
ระบายอากาศแบบธรรมชาติ	1.แผนกผู้ป่วยใน	(n=20)	31±1	66±5	0.09±0.11	0.35±0.12
	2.ห้องพักพยาบาล	(n=32)	31±1	68±7	0.12±0.17	0.17±0.16
	3.สาธารณูปโภค	(n=4)	33±3	61±12	0.08±0.07	0.05±0.03
ดาดฟ้า		(n=2)	34±3	54±5	0.78±0.45	-

4.2 ผลการตรวจวัดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในโรงพยาบาล

การศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Change Per Hour, ACH) ในการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจะทำการตรวจวัดเฉพาะห้องที่สามารถปิดประตูหน้าต่างได้เท่านั้น ทั้งนี้ในกรณีที่เป็นห้องเปิด ต่อกับห้องอื่นๆ ภายในชั้นเดียวกัน เช่น แผนกผู้ป่วยนอกที่ต่อกันกับแผนกอื่นจะไม่สามารถวัดอัตราแลกเปลี่ยนอากาศที่แท้จริงได้ หรือแผนกผู้ป่วยในที่เป็นห้องที่มีลักษณะเป็นห้องเปิด ก่อนทำการตรวจวัดการแลกเปลี่ยนอากาศจะต้องทำการปิดห้องก่อนปล่อยก๊าซเทรเซอร์เข้าไปในห้อง แล้วรอระยะเวลาที่ก๊าซลดลงตามมาตรฐาน ASTM E741 ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานานพอสมควร เช่น ฝ่ายอายุรกรรมสามัญหญิง ชั้น 9 อายุรกรรมสามัญชาย ชั้น 14 เป็นต้น ดังนั้นการตรวจวัดแผนกผู้ป่วยในที่มีคนไข้จำนวนมากจะเป็นการรบกวนผู้ป่วยมากเกินไป จึงทำการตรวจวัดแลกเปลี่ยนอากาศเพียงบางห้องที่สามารถดำเนินการได้

4.2.1 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศ

เมื่อพิจารณาตามลักษณะของประเภทห้องต่างๆ ที่มีระบบการระบายอากาศต่างชนิดกันพบว่า ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 8.42±4.11 ชม.$^{-1}$ ซึ่งสูงกว่าห้องแบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.81±2.34, 3.42±0.62 ชม.$^{-1}$ ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ห้องที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่ำกว่าค่ามาตรฐานคือ 2 ชม.$^{-1}$ จำนวน 27 จุด จากทั้งหมด 99 จุด คิดเป็นร้อยละ 27 เป็นห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก เนื่องจากห้องส่วนใหญ่ไม่มีพัดลมระบายอากาศ หรือมีอาจไม่เพียงพอ ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศมีค่าต่ำ

การเปรียบเทียบห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยอัตราแลกเปลี่ยนอากาศสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.000$) เนื่องจากส่วนใหญ่จะเป็นห้องที่มีการเปิดประตู-หน้าต่าง ประกอบกับมีการเปิดพัดลมเพดานหรือพัดลมตั้งโต๊ะ ทำให้อากาศจากภายนอกสามารถเข้ามาภายในห้องและมีการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องกับภายนอกห้องจึงทำให้มีค่าสูง เช่น ห้อง common room ชั้น 7 ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมพบว่า อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.570$) เนื่องจากห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศส่วนใหญ่อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศมาจากการเปิด-ปิดประตู หรือการเดินเข้า-ออกของคนภายในห้อง ทำให้ค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมมีค่าใกล้เคียงกันสอดคล้องกับผลการศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ของศรัญญู คำภาบุตร (2552) พบว่า ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับ

อากาศแบบแยกและแบบรวม ถึงแม้ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมในบางห้องจะมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศก็ตาม แต่อาจจะไม่เพียงพอกับการระบายอากาศในช่วงที่มีผู้มาใช้บริการเป็นจำนวนมาก เช่น บริหารงานทั่วไป แผนกผู้ป่วยนอก เป็นต้น จึงทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศค่อนข้างต่ำ ส่งผลให้การหมุนเวียนอากาศไม่เพียงพอ อาจทำให้เกิดการสะสมของกลิ่น ฝุ่นละออง เชื้อโรค และสารระคายเคืองต่างๆได้ อย่างไรก็ดี ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูง แต่กลับพบว่า มีความเข้มข้นฝุ่นละอองสูง ทั้งนี้อาจเกิดจากการพัดพาของลมเข้ามาในห้องได้ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามลักษณะระบบระบายอากาศภายในโรงพยาบาล

ระบบปรับอากาศ	ค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ชั่วโมง$^{-1}$)
1. ปรับอากาศแบบแยก (n=62)	2.81±2.34
2. ปรับอากาศแบบรวม (n=5)	3.42±0.62
3. ระบายอากาศแบบธรรมชาติ (n=32)	8.42±4.11

4.2.2 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาล

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมพบว่า ห้องพักพยาบาลซึ่งมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ มีค่าเท่ากับ 8.42±4.11 ชม.$^{-1}$ ทั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามลักษณะกิจกรรมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกพบว่า ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.113) และเมื่อพิจารณาถึงค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศในกิจกรรมห้องพักแพทย์ซึ่งมีทั้งระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมพบว่า ห้องระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงกว่าห้องระบบปรับอากาศแบบแยกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.002) เนื่องจากระบบปรับอากาศแบบรวมมีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกซึ่งผ่านการทำความสะอาดเข้ามาแทนที่อากาศภายในห้อง (ศรัญญู คำภาบุตร, 2552) ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาล

ระบบปรับอากาศ	กิจกรรม		ค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ชั่วโมง$^{-1}$)
แบบแยก	1.บริหารงานทั่วไป	(n=22)	2.83±2.03
	2.แผนกผู้ป่วยนอก	(n=10)	3.82±2.53
	3.แผนกผู้ป่วยใน	(n=6)	2.26±1.08
	4.บริการทางการแพทย์	(n=12)	1.74±0.61
	5.ห้องพักแพทย์	(n=8)	2.61±0.86
	6.สาธารณูปโภค	(n=4)	5.57±6.68
แบบรวม	ห้องพักแพทย์	(n=5)	3.42±0.61
ระบายอากาศแบบธรรมชาติ	ห้องพักพยาบาล	(n=32)	8.42±4.11

4.3 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในโรงพยาบาล

4.3.1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองจำแนกตามฤดูกาล บริเวณภายในอาคารโรงพยาบาล

ผลการศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละออง ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) จากกิจกรรมต่างๆ ของโรงพยาบาลในภาพรวมแบ่งตามฤดูกาลพบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในฤดูฝน (กันยายน 2552) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18±7.8 มคก./ลบ.ม. และในฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ 2553) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.9±12.9 มคก./ลบ.ม. ส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.9±6.4 มคก./ลบ.ม. และในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.7±16.0 มคก./ลบ.ม. เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองในกิจกรรมต่างๆ ของโรงพยาบาลพบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งสองขนาดในฤดูแล้งจะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.000 และ p=0.000) ตามลำดับ ประกอบกับได้ทำการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละอองภายนอกอาคารก็พบว่า ฤดูแล้งมีความเข้มข้นฝุ่นละอองสูงกว่าฤดูฝนด้วยเช่นกัน โดยในฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ 2553) ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน มีค่าเท่ากับ 88.3, 61.9 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ และในฤดูฝนมีความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน มีค่าเท่ากับ

23.1, 10.4 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.5 ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจวัดคุณภาพฝุ่นละอองในบรรยากาศของสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ จากสถานีตรวจวัดบริเวณริมถนนกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดที่อยู่ใกล้กับโรงพยาบาลมากที่สุดพบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงระหว่างเดือนพฤษาคม พ.ศ. 2552 จนถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2553 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาลพบว่า ความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศช่วงฤดูแล้งจะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 95.9±28.2 มคก./ลบ.ม. ทั้งนี้พบว่า ฤดูกาลก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นฝุ่นละอองซึ่งฤดูฝนจะเป็นช่วงที่มีฝนตกบ่อยก็จะทำให้ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ลดลงด้วย (กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์, 2540) ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน (PM 10 และPM 2.5) บริเวณภายในและภายนอกอาคารของโรงพยาบาล

พื้นที่	พารามิเตอร์	ฤดูฝน (กันยายน 2552)	ฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ 2553)
ภายในอาคาร	ค่าเฉลี่ย PM 10 (มคก./ลบ.ม.) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	18±7.8	31.9±12.9
	ค่าเฉลี่ย PM 2.5 (มคก./ลบ.ม.) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	8.9±6.4	19.7±16.0
ภายนอกอาคาร	PM 10 (มคก./ลบ.ม.)	23.1	88.3
	PM 2.5 (มคก./ลบ.ม.)	10.4	61.9

ตารางที่ 4.6 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จำแนกตามฤดูกาล บริเวณริมถนนสถานีตรวจวัดกระทรวงวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี (พ.ค. 2552 - เม.ย. 2553)

ช่วงเวลา	ฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค. 2552)	ฤดูแล้ง (พ.ย. 2552-เม.ย. 2553)
ค่าเฉลี่ย PM 10 ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มคก./ลบ.ม.)	65.7±18.7	95.9±28.2

หมายเหตุ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ไม่ได้มีการตรวจวัด

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, 2553

4.3.2 ความเข้มข้นฝุ่นละอองในอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศ

เมื่อพิจารณาตามลักษณะของห้องประเภทต่างๆ ที่มีระบบระบายอากาศต่างกัน พบว่า ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีค่าเฉลี่ยสูงสุดภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเท่ากับ 31.0±15.3 มคก./ลบ.ม. รองลงมาคือ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมมีค่าเท่ากับ 25.3±18.3, 22.7±7.2 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ และความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีค่าเฉลี่ยสูงสุดภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเท่ากับ 16.0±7.7 มคก./ลบม. รองลงมาคือ ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมและแบบแยกมีค่าเท่ากับ 14.3±7.2, 13.0±10.2 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้องจำแนกตามระบบปรับอากาศพบว่า ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และ 2.5 ไมครอน สูงกว่าห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.010$ และ $p=0.030$) ตามลำดับ เนื่องจากเป็นห้องเปิด ฝุ่นละอองภายในห้องมาจากการพัดพาของลมจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องผ่านเข้าทางช่องห้อง เช่น ประตู หน้าต่าง และช่องเปิดระบายอากาศ เป็นต้น (ศรัญญู คำภาบุตร, 2552)

หากพิจารณาเฉพาะห้องที่มีการใช้ระบบปรับอากาศพบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.393$) เนื่องจากห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศ แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่พบภายในห้องส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ภายในห้องซึ่งทำให้เกิดการฟุ้งกระจายกลับของฝุ่นละออง เช่น การเดินเข้า-ออกของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์และญาติผู้ป่วย การเปิดพัดลม หรือเครื่องปรับอากาศ (Abt และคณะ, 1999 อ้างถึงในปุญญานิช บริเวธานันท์, 2549) ทำให้ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวม ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.456$) และการพิจารณาสัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จำแนกตามระบบปรับอากาศพบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.52±0.09 ถึง 0.62±0.12 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าภายนอกอาคารทั่วไปเนื่องจากในบรรยากาศทั่วไปของกรุงเทพมหานครโดยมีสัดส่วน PM 2.5/PM 10 มีค่าเท่ากับ 0.60-0.74 เนื่องจากการปิดกั้นของอาคารทำให้ฝุ่นขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ที่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกอาคารเป็นส่วนใหญ่สามารถแพร่กระจายเข้ามาภายในอาคารได้น้อย (สมานชัย เลิศกมลวิทย์, 2543 อ้างถึงในศรัญญู คำภาบุตร, 2552) ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน (PM 10 และPM 2.5) ภายในโรงพยาบาลจำแนกตามระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละออง ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มคก./ลบม.)		ค่าเฉลี่ยสัดส่วน ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	PM 10	PM 2.5	PM 2.5/PM 10
1. แบบแยก (n=166)	24.5±16.6	12.6±8.8	0.52±0.14
2. แบบรวม (n=16)	22.7±7.2	14.3±7.0	0.62±0.12
3. ระบายอากาศแบบธรรมชาติ (n=56)	31.0±15.3	16.0±7.7	0.52±0.09

4.3.3 ความเข้มข้นฝุ่นละอองในอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรม

เมื่อจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรมพบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน พบสูงสุดที่ฝ่ายสาธาณูปโภคมีค่าเท่ากับ 48.5±37.5 มคก./ลบ.ม. ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมและห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน พบสูงสุดที่แผนกผู้ป่วยในเช่นกันมีค่าเท่ากับ 26.7±7.3, 33.6±12.2 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ สำหรับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนพบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีค่าเฉลี่ยสูงสุดพบที่สาธารณูปโภคมีค่าเท่ากับ 18.6±6.4 มคก./ลบ.ม. ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม และห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน พบสูงสุดที่แผนกผู้ป่วยในมีค่าเท่ากับ 16.6±8.1, 17.2±6.5 มคก./ลบ.ม.) ตามลำดับ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน จำแนกตามลักษณะกิจกรรมในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกพบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน ภายในห้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.001$ และ $p=0.001$) ตามลำดับ เนื่องจากลักษณะของกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้อง เช่น การเดินเข้า-ออกเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์และญาติผู้ป่วย การจัดประชุม/สัมมนา การนั่งรอตรวจโรคในแผนกผู้ป่วยนอก และการพับผ้าในแผนกซักฟอก เป็นต้น แตกต่างกันตามลักษณะของประเภทงานส่งให้ผลความเข้มข้นฝุ่นละอองทั้ง 2 ขนาด ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกแตกต่างกัน

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมพบว่า แผนกผู้ป่วยในมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าห้องพักแพทย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น

ร้อยละ 95 (p=0.023) เนื่องจากลักษณะกิจกรรมส่งผลต่อการฟุ้งกระจายของฝุ่น เช่น การรับ-ส่งผู้ป่วยในแผนกผ่าตัดและห้องคลอด การเดินเข้า-ออกเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์และญาติผู้ป่วย เป็นต้น สำหรับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน พบว่า ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.188) เนื่องจากไม่มีแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนภายในห้อง

ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติพบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน ในแต่ละกิจกรรมไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.401 และp=0.418) ตามลำดับ เนื่องจากเป็นห้องเปิด ทำให้ฝุ่นจากภายนอกพัดเข้ามาภายในห้อง ทำให้ค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอนภายในห้องมีค่าใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน (PM 10 และ PM 2.5) จำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาล

ระบบปรับอากาศ	กิจกรรม	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละออง ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มคก./ลบม.)		ค่าเฉลี่ยสัดส่วน ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
		(PM10)	(PM 2.5)	(PM10/PM2.5)
แบบแยก	1.บริหารงานทั่วไป (n=42)	20.2±15.0	11.4±8.2	0.55±0.11
	2.แผนกผู้ป่วยนอก (n=52)	32.2±15.4	15.3±8.0	0.48±0.11
	3.แผนกผู้ป่วยใน (n=24)	24.4±15.6	15.5±12.8	0.59±0.15
	4.บริการทางการแพทย์ (n=36)	18.0±12.7	8.1±5.2	0.51±0.16
	5.ห้องพักแพทย์ (n=8)	15.8±6.7	9.1±5.4	0.55±0.11
	6.สาธารณูปโภค (n=4)	48.5±37.5	18.6±6.4	0.47±0.18
แบบรวม	1.แผนกผู้ป่วยใน (n=8)	26.7±7.3	16.6±8.1	0.61±0.20
	2.ห้องพักแพทย์ (n=8)	18.8±4.7	11.8±5.2	0.63±0.24
ระบายอากาศแบบธรรมชาติ	1.แผนกผู้ป่วยใน (n=20)	33.6±12.2	17.2±6.5	0.52±0.11
	2.ห้องพักพยาบาล (n=32)	29.6±17.4	15.4±8.3	0.53±0.08
	3.สาธารณูปโภค (n=4)	29.6±12.3	15.7±9.6	0.49±0.12

4.4 ผลการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศภายในโรงพยาบาล

4.4.1 ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศ

เมื่อพิจารณาตามลักษณะของประเภทห้องต่างๆ ที่มีระบบระบายอากาศต่างชนิดกันพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 579±542 โคโลนี/ลบ.ม. รองลงมาคือ ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 368±233 โคโลนี/ลบ.ม. และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 341±282 โคโลนี/ลบ.ม.

การเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศพบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศมากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมและห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.001) และเมื่อพิจารณาเฉพาะภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศพบว่า ปริมาณแบคทีเรียภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีค่ามากกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.009) เนื่องจากห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีความหนาแน่นของคนภายในห้องมากที่สุดซึ่งแบคทีเรียอาจจะมาจากคน เช่น การไอ จาม เป็นต้น ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ	ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศ ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (โคโลนี/ลบม.)
1. แบบแยก (n=166)	579±542
2. แบบรวม (n=15)	341±282
3. ระบายอากาศแบบธรรมชาติ (n=56)	368±233

4.4.2 ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรม

เมื่อจำแนกตามระบบระบายอากาศและลักษณะกิจกรรมพบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศมีค่าเฉลี่ยสูงสุดพบที่แผนกผู้ป่วยนอกมีค่าเท่ากับ 940±618 โคโลนี/ลบ.ม. ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีค่าเฉลี่ยสูงสุดพบที่ห้องพักแพทย์มีค่าเท่ากับ 403±309 โคโลนี/ลบ.ม. ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยสูงสุดพบที่

ห้องพักพยาบาลมีค่าเท่ากับ 407±275 โคโลนี/ลบม. และภายนอกอาคารมีค่าเฉลี่ยน้อยสุดมีค่าเท่ากับ 142±13 โคโลนี/ลบม.

การเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศจำแนกตามลักษณะกิจกรรมในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกพบว่า แผนกผู้ป่วยนอกมีค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศมากกว่ากิจกรรมอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.001) เนื่องจากแผนกผู้ป่วยนอกมีสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมพลุกพล่าน จะมีปริมาณแบคทีเรียมากกว่าสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมน้อยกว่า (กนกรัตน์ ศิริพานิชกร, 2541 อ้างถึงในฆริกา คุ้มไทย, 2545) ซึ่งปริมาณแบคทีเรียที่พบในอากาศส่วนหนึ่งมาจากร่างกายของคน เช่น แบคทีเรียที่มาจากลมหายใจ การไอ การจามและผิวหนัง เป็นต้น (ทวี จิตไมตรี, 2529 อ้างถึงในกฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศไม่แตกกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.243) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ห้องพักแพทย์มีค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศมากกว่าแผนกผู้ป่วยในเนื่องจากลักษณะการใช้ห้องเป็นห้องพักหลังเวลาเสร็จจากการลงเวรตรวจ ภายในห้องจะมีสิ่งของหรืออุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ จำนวนมาก ทำให้อาจเป็นแหล่งสะสมของปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศได้ ต่างกับแผนกผู้ป่วยในที่มีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ เช่น ห้องคลอดชั้น 7 ห้องพักฟื้น

ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.296) เนื่องจากเป็นห้องเปิด ฝุ่นละอองภายในห้องที่พบส่วนใหญ่เป็นฝุ่นดินที่มาจากการพัดพาของลมจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง ซึ่งพื้นผิวดินจัดเป็นแหล่งใหญ่ที่สุดของแบคทีเรียในอากาศ รวมทั้งพื้นผิวอื่นๆ เช่น อาคาร บ้านเรือน เป็นต้น เพราะแบคทีเรียจะเกาะติดกับฝุ่นละอองที่ปลิวฟุ้งขึ้นไปจากพื้นผิวเหล่านี้ (ทวี จิตไมตรี, 2529 อ้างถึงในกฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548) ส่งผลทำให้ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศมีค่าใกล้เคียงกันดังตารางที่ 4.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาล

ระบบปรับอากาศ	กิจกรรม	ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศ ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (โคโลนี/ลบ.ม.)
แบบแยก	1.บริหารงานทั่วไป (n=42)	382±349
	2.แผนกผู้ป่วยนอก (n=52)	940±618
	3.แผนกผู้ป่วยใน (n=24)	328±355
	4.บริการทางการแพทย์ (n=36)	460±431
	5.ห้องพักแพทย์ (n=8)	777±775
	6.สาธารณูปโภค (n=4)	598±564
แบบรวม	1.แผนกผู้ป่วยใน (n=8)	287±265
	2.ห้องพักแพทย์ (n=7)	403±309*
ระบายอากาศแบบธรรมชาติ	1.แผนกผู้ป่วยใน (n=20)	308±153
	2.ห้องพักพยาบาล (n=32)	407±275
	3.สาธารณูปโภค (n=4)	350±157
ภายนอกอาคาร (n=2)		142±13

หมายเหตุ* เนื่องจากปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศภายในห้องนายแพทย์ 1 มีค่าสูง เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงได้ทำการตัดข้อมูลในเดือนกันยายน 2552

4.5 ผลการศึกษาชนิดเชื้อแบคทีเรียในโรงพยาบาล

การศึกษาชนิดของเชื้อแบคทีเรียในกิจกรรมของโรงพยาบาลได้เลือกทำเฉพาะห้องที่มีปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศที่สูงสุดในช่วงฝน เดือนกันยายน 2552 แต่ละห้องของกลุ่มกิจกรรม จำนวน 34 ห้อง และบริเวณดาดฟ้า 1 จุด รวมทั้งหมด 35 ห้อง มาวิเคราะห์แยกชนิดของเชื้อแบคทีเรีย

4.5.1 ชนิดเชื้อแบคทีเรียตามลักษณะระบบปรับอากาศ

การศึกษากลุ่มของเชื้อแบคทีเรียจำแนกตามลักษณะระบบปรับอากาศพบว่ากลุ่มแบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่เป็นพวกทรงกลม คือ γ-hemolysis gram-positive cocci มีจำนวนอยู่ในช่วง 25-47 โคโลนี/ลบ.ม. รองลงมาคือ γ-hemolysis gram-negative cocci มีจำนวนอยู่ในช่วง 4-25 โคโลนี./ลบ.ม. β-hemolysis gram-positive cocci มีจำนวนอยู่ในช่วง 9-18 โคโลนี/ ลบ.ม.

และ α-hemolysis gram-positive cocci มีจำนวนอยู่ในช่วง 4-14 โคโลนี/ลบม. นอกจากนี้ยังตรวจพบเชื้อแบคทีเรียพวกทรงแท่ง 2 พวก คือ β-hemolysis gram-positive bacilli มีจำนวนอยู่ในช่วง 6-7 โคโลนี/ลบ.ม. และ β-hemolysis gram-negative bacilli มีจำนวนอยู่ในช่วง 2-5 โคโลนี/ลบ.ม. และเมื่อพิจารณาระบบปรับอากาศทั้งสามประเภทจะพบเชื้อแบคทีเรียชนิด γ-hemolysis gram+ve cocci มากที่สุด ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกทรงกลมที่พบได้บ่อยได้แก่ *Staphylococcus* มีลักษณะเป็นทรงกลมติดกันคล้ายพวงองุ่น เป็นเชื้อที่มีความสำคัญในทางการแพทย์ จะก่อให้เกิดโรคติดเชื้อที่มีลักษณะของการอักเสบแบบมีหนอง เช่น เกิดฝีตามผิวหนัง เยื่อหุ้มสมองอักเสบ และปอดอักเสบ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงพยาบาลที่มีบุคคลากรและผู้ป่วยเป็นจำนวนมาก จะพบเชื้อ *Staphylococcus* กระจายอยู่ทั่วไป (สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูนศิริ, 2527 อ้างถึงในกฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548) และเชื้อแบคทีเรียชนิด β-hemolysis gram-ve bacilli พบน้อยที่สุด ซึ่งแบคทีเรียในกลุ่มนี้จะติดสีแกรมลบ รูปแท่ง ไม่สร้างสปอร์ เช่น แบคทีเรียในกลุ่ม Enterobacteriaceae เป็นแบคทีเรียที่พบได้บ่อยที่สุดมาจากสิ่งตรวจของผู้ป่วย เชื้อในกลุ่มนี้บางพวกเป็นแบคทีเรียประจำถิ่นอยู่ในลำไส้ใหญ่ของคนและสัตว์ และพบได้ทั่วไปทั้งในน้ำ ดิน และตามพืชผักผลไม้ต่างๆ เชื้อเหล่านี้ได้แก่ *E.coil*, *Klebsiella spp.*และ *Enterobacter spp.* เป็นต้น ก่อให้เกิดโรคติดเชื้อในคน เช่น Salmonella และ Shigella ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหารที่สำคัญที่สุดได้แก่ โรคอุจจาระร่วง และเชื้อ *Klebsiella Pneumoniae* ทำให้เกิดโรคติดเชื้อของระบบหายใจ (อรุณวดี ชนะวงค์, 2538 อ้างถึงในกฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548) ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 กลุ่มเชื้อแบคทีเรียตามจำแนกตามลักษณะประเภทการระบายอากาศ

ค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อแบคทีเรีย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (โคโลนี/ลบ.ม.)	ระบบปรับอากาศ		
	แบบแยก (n =24)	แบบรวม (n =1)	ระบายอากาศแบบธรรมชาติ (n= 10)
α - hemolysis gram+ve cocci	11±11	4	14±6
β - hemolysis gram+ve cocci	18±15	9	17±9
β -hemolysis gram-ve bacilli	5±3	2	4±3
γ - hemolysis gram+ve cocci	47±26	25	47±34
γ - hemolysis gram+ve cocci	25±16	4	25±19
γ - hemolysis gram+ve bacilli	6±4	7	7±6

4.5.2 ชนิดเชื้อแบคทีเรียจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรม

การศึกษาชนิดเชื้อแบคทีเรียจำแนกตามลักษณะระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมพบว่า กลุ่ม γ-hemolysis มีจำนวนมากสุดในทุกกิจกรรมและภายนอกอาคาร ซึ่งห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติพบมากที่สุดที่สาธาณูปโภคมีจำนวนอยู่ในช่วง 35-135 โคโลนี/ลบ.ม. รองลงมาคือ กลุ่ม β-hemolysis มีจำนวนมากที่สุดภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกพบที่แผนกผู้ป่วยนอกมีจำนวนอยู่ในช่วง 15-51 โคโลนี/ลบ.ม. และกลุ่ม α-hemolysis มีจำนวนมากสุดภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกที่แผนกผู้ป่วยนอกมีจำนวนอยู่ในช่วง 2-16 โคโลนี/ลบม. ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาล

ระบบปรับอากาศ	กิจกรรม	ค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อแบคทีเรีย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (โคโลนี./ลบม.)							
		จำนวนโคโลนีรวม (TSA)	จำนวนโคโลนีรวม (BA)	จำนวนโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (Blood Ager)					
				α - hemolysis	β - hemolysis		γ - hemolysis		
				gram+ve cocci	gram+ve cocci	gram-ve bacilli	gram+ve cocci	gram-ve cocci	gram+ve bacilli
แบบแยก	1.บริหารงานทั่วไป (n=5)	786±731	488±84	4±7	10±5	3±2	40±30	23±17	6±4
	2.แผนกผู้ป่วยนอก (n=8)	1337±880	1165±146	16±14	33±18	6±4	54±27	29±17	7±4
	3.แผนกผู้ป่วยใน (n=3)	445±403	337±68	9±3	12±5	4±4	64±35	28±26	8±6
	4.บริการทางการแพทย์ (n=5)	800±749	465±69	15±11	13±14	4±2	38±20	20±13	5±3
	5.ห้องพักแพทย์ (n=1)	73	51	2	4	2	25	14	4
	6.สาธารณูปโภค (n=2)	236±4	125±16	4±4	15±5	3±1	47±37	27±21	7±5
แบบรวม	ห้องพักแพทย์ (n=1)	170	61	4	9	2	25	14	7
ระบายอากาศแบบธรรมชาติ	1.แผนกผู้ป่วยใน (n=3)	272±53	217±24	11±5	14±2	4±3	25±13	14±7	4±7
	2.ห้องพักพยาบาล (n=4)	448±198	429±59	14±6	18±13	4±4	45±25	22±18	5±4
	3.สาธารณูปโภค (n=2)	474±24	377±61	16±10	18±13	5±5	86±49	49±18	14±8
ดาดฟ้า (n=1)		160	28	4	5	2	11	4	2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการศึกษาชนิดเชื้อแบคทีเรียในโรงพยาบาลดังตารางที่ 4.11 และ 4.12 เมื่อพิจารณาตามระบบปรับอากาศทั้ง 3 ประเภทพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA จะมีปริมาณสูงกว่าแบคทีเรียในกลุ่มย่อยสลายเม็ดเลือดแดงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ BA ซึ่งห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแยกจะพบปริมาณแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA มากที่สุด รองลงมาคือ ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ และห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมพบน้อยที่สุด ทั้งนี้จำนวนแบคทีเรียรวมในอากาศบนอาหารเลี้ยงเชื้อเลี้ยง TSA จะเป็นแบคทีเรียรวมในอากาศ ซึ่งไม่สามารถระบุได้ว่าปริมาณโคโลนีมากนั้นจะทำให้ก่อโรคได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อเติมเพื่อหากลุ่มแบคทีเรียที่คาดว่าจะก่อให้เกิดโรคในแบคทีเรียที่ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ BA ซึ่งเป็นปฏิกิริยาย่อยสลายเม็ดเลือด (Hemolysis)

เมื่อพิจารณาตามลักษณะกิจกรรมพบว่า กิจกรรมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกจะมีปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA และแบคทีเรียในกลุ่มย่อยสลายเม็ดเลือดแดงในกลุ่มของ β-hemolysis และ α-hemolysis มีปริมาณแบคทีเรียมากกว่ากิจกรรมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศรวมและห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ พบในแผนกผู้ป่วยนอกมากที่สุดมีเฉลี่ยค่า 1337±880, 33±18 และ16±14 โคโลนี/ลบม. ตามลำดับ เนื่องจากมีคนมาใช้บริการเป็นจำนวนมากมีความหนาแน่นของคนสูงมีค่าเฉลี่ย 0.97±1.10 คน/ตร.ม. ซึ่งปริมาณแบคทีเรียที่พบในอากาศส่วนหนึ่งมาจากร่างกายของคน เช่น แบคทีเรียที่มาจากลมหายใจ การไอ การจามและผิวหนัง เป็นต้น (ทวี จิตไมตรี, 2529 อ้างถึงในกฤษณียา สังขจันทรานนท์, 2548) ส่งผลให้แผนกผู้ป่วยนอกเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการแพร่เชื้อและติดเชื้อสูง ทั้งนี้จำนวนแบคทีเรียในกลุ่มย่อยสลายเม็ดเลือดแดงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ BA จะเป็นตัวบ่งชี้แบคทีเรียที่เป็นกลุ่มก่อโรค เช่น *Staphylococcus* ในกลุ่มของ β-hemolysis เป็นเชื้อที่มีความสำคัญในการก่อโรคในคน ทนต่อความร้อน และความแห้งได้ดี อาศัยอยู่ในบริเวณทางเดินหายใจส่วนต้น ผิวหนัง ลำไส้ หรือตามเสื้อผ้า สิ่งของต่างๆ เป็นเชื้อที่สามารถปนเปื้อนจากบุคคลหนึ่งไปยังบุคคลหนึ่งได้โดยการสัมผัสโดยตรงหรือทางอากาศ โรคที่เกิดจากการติดเชื้อ *Staphylococcus aureus* เช่น การเกิดฝีหนอง การติดเชื้อที่บาดแผล แผลพุพอง ติดเชื้อที่ระยะทางเดินหายใจ เป็นต้น *Streptococcus* ในกลุ่มของ α-hemolysis เป็นเชื้อที่พบได้ทั่วไปทั้งในสิ่งแวดล้อม อาหาร น้ำ ฝุ่นละออง ในลำคอหรือทางเดินหายใจ ลำไส้คนและสัตว์ โรคที่เกิดจากการติดเชื้อ *Streptococcus Pneumoniae* เช่น โรคปอดอักเสบในระบบทางเดินหายใจ (จุฑามาศ เทพชัยศรี, 2542) และ *Entertococcus* ในกลุ่มของγ-hemolysis จะเป็น Non hemolytic Sterptococci เช่น *Enterococcus faecium* พบในกิจกรรมสาธาณูปโภคมากที่สุดบริเวณโรงครัวซึ่งเป็นห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่า 121 โคโลนี/ลบ.ม. ทั้งนี้แบคทีเรียจะก่อเกิดโรคนั้นหรือไม่ขึ้นกับสภาพร่างกายของแต่ละบุคคล เช่น ระบบภูมิคุ้มกันบกพร่องหรือมีบาดแผล ส่งผลอาจทำให้เชื้อแบคทีเรียก่อโรคฉวยโอกาสได้

4.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละออง

4.6.1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้อง

จากผลการศึกษาพบว่า ไม่พบความสัมพันธ์กันระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน กับความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก แบบรวม และห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.215 p=0.123 และ p=0.401ตามลำดับ) เนื่องจากฝุ่นจากภายนอกอาคารถูกพัดพาเข้าสู่ภายในอาคาร รวมทั้งฝุ่นที่อาจติดมากับเสื้อผ้า รองเท้าของคนที่เข้ามาภายในอาคาร แต่ทางโรงพยาบาลได้มีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ ทำให้สามารถลดระดับความเข้มข้นฝุ่นละอองลงได้ ซึ่งจากการศึกษาของ Wang และคณะ(2006) พบว่า ห้องฉุกเฉินเป็นห้องที่มีความถี่ในการทำความสะอาดมากกว่าบริเวณที่อื่น จึงพบปริมาณฝุ่นละอองน้อยกว่าที่อื่นๆ

ส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน กับความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก แบบรวม และห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.081 p=0.289 และ p=0.393 ตามลำดับ)

4.6.2 ความเข้มข้นฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้อง

ความเร็วลม เป็นสิ่งที่แสดงถึงการแทนที่ของอากาศ โดยการนำพาหรือการระบายอากาศ เช่น การพัดพาฝุ่นละอองภายนอกเข้ามาภายในอาคาร หรือพัดฝุ่นละอองจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง และยังทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองภายในห้อง เป็นต้น พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน กับความเร็วลมไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.213 และ p=0.220)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมพบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน กับความเร็วลมไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.084 และ p=0.170)

ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติพบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน กับความเร็วลมไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.977 และ p=0.883)

4.6.3 ความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ

อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพอากาศภายในอาคารได้อีกทางหนึ่ง คือ ถ้าการระบายอากาศไม่เพียงพออาจจะส่งผลทำให้เกิดการสะสมของมลพิษได้ ทั้งนี้ยังขึ้นกับลักษณะของห้อง ชนิดการระบายอากาศ และกิจกรรมของคนภายในห้อง เช่น การเปิด-ปิดประตูและหน้าต่าง เป็นต้น

ผลการศึกษาฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน กับอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก แบบรวม และห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.879 p=0.262 และ p=0.161) ตามลำดับ

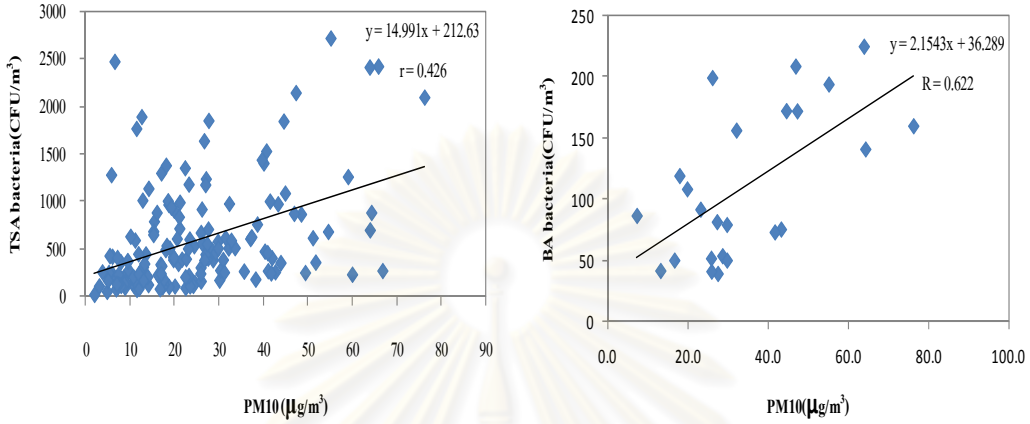
ส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน กับอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก แบบรวม และห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.670 p=0.959 และ p=0.112) ตามลำดับ

4.7 ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศ

4.7.1 ปริมาณแบคทีเรียและความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้อง

แบคทีเรียในอากาศมีที่มาจากแหล่งต่างๆ กัน จะอยู่ในอากาศได้นานและแพร่กระจายไปได้ไกลมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นกับตัวนำพา เช่น ขนาดของอนุภาคฝุ่นละอองที่แบคทีเรียเกาะอยู่ ถ้าขนาดเล็กและเบาจะสามารถล่องลอยอยู่ในอากาศได้นาน เนื่องจากแบคทีเรียไม่สามารถเคลื่อนที่ด้วยตัวเอง (ทวี จิตไมตรี, 2529 อ้างถึงในกฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548) ผลการศึกษาภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกพบว่า ปริมาณของแบคทีเรียรวมในอากาศ มีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.000) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง (r=0.426) และปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเม็ดเลือดแดงมีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.001) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลางค่อนข้างสูง (r=0.622) ดังรูปที่ 4.1 สอดคล้องกับการศึกษาของ Katerina และJitka (2003) พบว่าอนุภาคฝุ่นละอองขนาดใหญ่กว่า 0.1, 0.5 ไมครอน มีความสัมพันธ์กับแบคทีเรีย ซึ่งเชื้อแบคทีเรียใน

อากาศจะเคลื่อนที่ไปในอากาศโดยการเกาะติดไปกับฝุ่นละออง ละอองไอ และสารแขวนลอยในอากาศ (ทวี จิตไมตรี, 2529 อ้างถึงในกฤษณียา ศังขจันทรานนท์, 2548)



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเม็ดเลือดแดงกับความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก

ส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน กับปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเม็ดเลือดแดงไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 (p=0.117 และ p=0.209)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมพบว่า ปริมาณของแบคทีเรียรวมในอากาศกับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน ไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.264 และ p=0.151)

ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติพบว่า ปริมาณของแบคทีเรียรวมในอากาศกับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน ไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.171 และ p=0.515)

4.7.2 ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้อง

ความหนาแน่นของคนภายในห้องเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งคนภายในห้องอาจเป็นแหล่งกำเนิดของจุลินทรีย์ในอากาศได้ เช่น การไอ การจาม และผิวหนัง (Obbard และLim, 2002 อ้างถึงในศรัญญู คำภาบุตร, 2552) เป็นต้น ผลการศึกษาภายในห้องที่ใช้ระบบ

ปรับอากาศแบบแยกพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับความหนาแน่นของคนภายในห้องไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.501)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับความหนาแน่นของคนภายในห้องไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.689)

ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับความหนาแน่นของคนภายในห้องไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.892)

4.7.3 ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความเร็วลมภายในห้อง

ความเร็วลมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ เนื่องจากลมภายในห้องทำให้เกิดการพัดพาเอาแบคทีเรียไปยังบริเวณอื่น (ศรัญญู คำภาบุตร, 2552) ผลการศึกษาภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับความเร็วลมไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.342)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับความเร็วลมไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.557)

ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับความเร็วลมไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.794)

4.7.4 ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ

จากผลการศึกษาปริมาณของแบคทีเรียรวมในอากาศกับอัตราแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ระบบปรับอากาศแบบแยกพบว่า ไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0276)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับอัตราแลกเปลี่ยนอากาศไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.587)

ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับอัตราแลกเปลี่ยนอากาศไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P=0.369)

4.7.5 ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศ อุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ภายในห้อง

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณของปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศมีผลต่อสภาวะในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียภายในห้องและความชื้นสัมพัทธ์ มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของแบคทีเรียเนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลต่อการสูญเสียน้ำในเซลล์ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแบคทีเรีย (จุฑามาศ เทพชัยศรี, 2542) ผลการศึกษาภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกพบว่าปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.540 และ p=0.342)

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่พบความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.148 และ p=0.744)

ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติพบว่า ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่พบความสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.497 และ p= 0.191)

จากผลการศึกษาห้องทั้งสามประเภทพบว่า ปริมาณของแบคทีเรียรวมในอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ สอดคล้องกับผลการศึกษาของศรัญญู คำภาบุตร (2552) ซึ่งไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์กับปริมาณแบคทีเรีย

สรุป ผลการศึกษาคุณภาพอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศพบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.000) และมีความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน สูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.010 และ p=0.030) ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศ ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีมากกว่าห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติและห้องที่ปรับอากาศแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.001) และปริมาณแบคทีเรียที่ย่อยสลายเม็ดเลือดแดง ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 541±480 โคโลนี/ลบม.ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 สรุปพารามิเตอร์ด้านคุณภาพอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศ

ระบบ ปรับอากาศ	ACH ต่อชั่วโมง	PM 10 มคก./ลบ.ม.	PM 2.5 มคก./ลบ.ม.	ปริมาณ แบคทีเรียรวม (โคโลนี/ลบม.)	ปริมาณ แบคทีเรียย่อยสลาย เม็ดเลือดแดง (โคโลนี/ลบม.)
แบบแยก	2.81±2.34 (n=62)	24.5±16.6 (n=166)	12.6±8.8 (n=166)	579±219 (n=166)	541±480 (n=24)
แบบรวม	3.42±0.62 (n=5)	22.7±7.2 (n=16)	14.3±7.0 (n=16)	341±282 (n=15)	10±8 (n=1)
ระบายอากาศ แบบธรรมชาติ	8.42±4.11 (n=32)	24.6±15.0 (n=56)	16.0±7.7 (n=56)	368±233 (n=56)	186±159 (n=10)

ผลการศึกษาคุณภาพอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรม (ตารางที่ 4.14) ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกพบว่า ลักษณะกิจกรรมที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน และปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.001, p=0.001 และ p=0.001 ตามลำดับ) โดยปริมาณแบคทีเรียย่อยสลายเม็ดเลือดแดงพบที่แผนกผู้ป่วยนอกมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 1,165±146 โคโลนี/ลบม.ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม พบว่า แผนกผู้ป่วยในมีความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าห้องพักแพทย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.023) และห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติพบว่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน และปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศ ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.401, p=0.418 และ p=0.296 ตามลำดับ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 สรุปพารามิเตอร์ด้านคุณภาพอากาศจำแนกตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรม

ระบบปรับอากาศ	กิจกรรม	ACH ต่อ ชม$^{-1}$	PM 10 มคก./ลบ.ม.	PM 2.5 มคก./ลบ.ม.	ปริมาณแบคทีเรียรวม (โคโลนี/ลบม.)	ปริมาณแบคทีเรียย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (โคโลนี/ลบม.)
แบบแยก	บริหารงานทั่วไป	2.83±2.03 (n=22)	20.2±15.0 (n=42)	11.4±8.2 (n=42)	382±349 (n=42)	488±84 (n=5)
	ผู้ป่วยนอก	3.82±2.53 (n=10)	32.2±15.4 (n=52)	15.3±8.0 (n=52)	940±618 (n=50)	1165±146 (n=8)
	ผู้ป่วยใน	2.26±1.08 (n=6)	24.4±15.6 (n=26)	15.5±12.8 (n=26)	328±355 (n=26)	337±68 (n=3)
	บริการทางการแพทย์	1.74±0.61 (n=12)	18.0±12.7 (n=36)	8.1±5.2 (n=36)	460±431 (n=36)	465±69 (n=5)
	ห้องพักแพทย์	2.61±0.86 (n=8)	15.8±6.7 (n=8)	9.1±5.4 (n=8)	777±775 (n=8)	51 (n=1)
	สาธารณูปโภค	5.57±5.99 (n=4)	48.5±37.5 (n=4)	18.6±6.4 (n=4)	598±564 (n=4)	125±16 (n=2)
แบบรวม	ผู้ป่วยใน	NA	26.7±7.3 (n=8)	16.6±8.1 (n=8)	287±265 (n=8)	NA (n=1)
	ห้องพักแพทย์	3.42±0.61 (n=5)	18.8±4.7 (n=8)	11.8±5.2 (n=8)	403±309 (n=8)	61 (n=1)
ระบายอากาศแบบธรรมชาติ	ผู้ป่วยใน	NA	33.6±12.2 (n=20)	17.2±6.5 (n=20)	308±153 (n=20)	217±24 (n=20)
	ห้องพักพยาบาล	10.19±6.07 (n=32)	29.6±17.4 (n=32)	15.4±8.3 (n=32)	407±275 (n=32)	429±59 (n=4)
	สาธารณูปโภค	NA	29.6±12.3 (n=4)	15.7±9.6 (n=4)	350±157 (n=4)	377±61 (n=2)

หมายเหตุ NA = ไม่ได้ทำการตรวจวัด

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละอองและปริมาณแบคทีเรียกับ ความหนาแน่นของคน อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ความเร็วลม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก แบบรวม และห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียและความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกพบว่า ปริมาณของแบคทีเรียรวมในอากาศกับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.000) และปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเม็ดเลือดแดงกับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.001)

ตารางที่ 4.15 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรียภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก

พารามิเตอร์	ความสัมพันธ์	p-value	r
- ปริมาณของแบคทีเรียรวมในอากาศ (n=166) - ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (n=166)	สัมพันธ์แบบผันตรง	0.000	0.426
- ปริมาณของแบคทีเรียย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (n=24) - ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (n=24)	สัมพันธ์แบบผันตรง	0.001	0.622

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลกลาง โดยพิจารณาห้องเก็บตัวอย่างตามลักษณะกิจกรรมภายในโรงพยาบาลและระบบปรับอากาศ (ระบบปรับอากาศแบบแยก ระบบปรับอากาศแบบรวม และระบายอากาศแบบธรรมชาติ) สามารถจัดแบ่งห้องเก็บตัวอย่างตามลักษณะกิจกรรมได้ 7 กลุ่ม ได้แก่ บริหารงานทั่วไป แผนกผู้ป่วยนอก แผนกผู้ป่วยใน ฝ่ายบริการทางการแพทย์ ห้องพักแพทย์ ห้องพักพยาบาล และฝ่ายสาธารณูปโภค รวมถึงคุณภาพอากาศภายนอกบริเวณดาดฟ้า โดยทำการเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศ ได้แก่ ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ปริมาณแบคทีเรียรวมและชนิดแบคทีเรียที่ย่อยสลายเม็ดเลือดแดง รวมถึงปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความหนาแน่นของคนภายในห้อง ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศพบว่า ห้องพักพยาบาลซึ่งมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงสุดเท่ากับ 8.42±4.11 ชม.$^{-1}$ และห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติจะมีอัตราแลกเปลี่ยนอากาศสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.000$) ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.570$) เมื่อพิจารณาตามระบบปรับอากาศและลักษณะกิจกรรมพบว่า กิจกรรมที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกทั้ง 6 กิจกรรม มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.113$) นอกจากนนี้ยังพบว่า ห้องพักแพทย์ที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงกว่าห้องพักแพทย์ที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.002$)

ผลการศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน พบว่า ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองทั้ง 2 ขนาดสูงกว่าห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.010$ และ $p=0.030$) และส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกและแบบรวมพบว่า มีความเข้มข้นฝุ่นละอองทั้ง 2 ขนาด ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p= 0.393$) และ ($p= 0.456$) และเมื่อพิจารณาความเข้มข้นฝุ่นละอองทั้ง 2 ขนาด จำแนกตามลักษณะกิจกรรมและระบบปรับอากาศ

พบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งสองขนาดแตกต่างกันตามลักษณะกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.001 และ p=0.001) โดยกิจกรรมสาธารณูปโภคบริเวณห้องพับผ้ามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองสูงสุด (PM10=48.5±37.5 มคก./ลบ.ม., PM2.5=18.6±6.4 มคก./ลบ.ม.) ส่วนห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมพบว่า ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน แตกต่างกันตามลักษณะกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.023) และความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.188) ส่วนห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติที่มีกิจกรรมแตกต่างกันพบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.401 และ p=0.418)

ผลการศึกษาปริมาณของแบคทีเรียรวมในอากาศพบว่า ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกมีปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศมากกว่าห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติและห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.001 และ p=0.009 ตามลำดับ) ทั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียในแต่ละกิจกรรมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกพบว่า แผนกผู้ป่วยนอกมีค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศมากกว่ากิจกรรมอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.001) โดยพบแบคทีเรียรวมในอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,337±880 โคโลนี/ลบม., β-hemolysis มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33±18 โคโลนี/ลบม. และ α-hemolysis มีเฉลี่ยเท่ากับ 16±14 โคโลนี/ลบม. ส่วนกิจกรรมที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมและการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีปริมาณของแบคทีเรียรวมในอากาศไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.243 และ p=0.296) ส่วน γ-hemolysis พบมากที่สุดบริเวณโรงครัว โดยพบชนิด γ-hemolysis gram+ve cocci มากที่สุดเท่ากับ 121 โคโลนี/ลบ.ม.

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียและความเข้มข้นฝุ่นละอองพบว่าปริมาณของแบคทีเรียรวมในอากาศกับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.000) และปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเม็ดเลือดแดงกับความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p=0.001)

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

(1) ควรทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายนอกอาคารควบคู่ไปกับการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคาร

(2) ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพหรือความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการบำบัดคุณภาพอากาศ เช่น เครื่องฟอกอากาศแบบต่างๆ เครื่องปรับอากาศที่มีแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง เป็นต้น

(3) ควรมีการจำแนกชนิดเชื้อแบคทีเรียในการทดลอง เพื่อหาเชื้อที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนภายในอาคาร

(4) ควรมีการเพิ่มความถี่ในการเก็บตัวอย่าง เพื่อจะให้ได้ผลทางสถิติที่ชัดเจนมากขึ้น และพิจารณาจำนวนห้องและลักษณะห้องที่จะทำการเก็บตัวอย่างให้เหมาะสม

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงพยาบาล

(1) **กรณีฝุ่นละอองเกินมาตรฐาน**

ห้องที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีการเปิดประตู หน้าต่าง อาจช่วยในการระบายอากาศแต่อาจเพิ่มฝุ่นละอองภายในห้อง วิธีควบคุมฝุ่นละอองควรติดตั้งระบบปรับอากาศเพื่อลดผลกระทบของฝุ่นละอองจากภายนอกอาคาร สำหรับฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมภายในห้องควบคุมโดยรักษาความสะอาดภายในห้อง ในห้องที่มีความเสี่ยงสูงควรติดตั้งระบบกรองประสิทธิภาพสูง

(2) **กรณีแบคทีเรียเกินมาตรฐาน**

ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกเช่น แผนกผู้ป่วยนอก จะพบปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและแบคทีเรียย่อยสลายเม็ดเลือดแดงมากที่สุด วิธีการควบคุมปริมาณแบคทีเรียควรติดตั้งแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอนได้ถึง 99 % หรือติดตั้งหลอดยูวี

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

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

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์. 2548. ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลและการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์, เนสินี ไชยเอีย, พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภารดี ช่วยบำรุง. 2549. ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลและการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ.วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม. 29(4) : 113-124.

กรุงเทพมหานคร, กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย. 2542. การวิเคราะห์และการแก้ปัญหางานสุขาภิบาลอาหารของศูนย์อาหารตามห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม. 25(1): 93-103.

กรุงเทพมหานคร, กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย. 2546-ก. สรุปผลการดำเนินงานด้านการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม และมลพิษอากาศภายในอาคาร ระหว่าง ปีงบประมาณ2542-2546.

กัลยา วานิชย์บัญชา.2546. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ควบคุมมลพิษ, กรม. เกร็ดความรู้เรื่องฝุ่นละออง[ออนไลน์]. 2552-ก. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/air_dust.htm[13 กรกฎาคม 2552]

ควบคุมมลพิษ, กรม. มาตรฐานคุณภาพอากาศและเสียง[ออนไลน์]. 2552-ข. แหล่งที่มา: htt://www.pcd.go.th/Annual47/Table1-16/Table5.html[13 กรกฎาคม 2552]

ควมคุมมลพิษ, กรม, สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2553. ข้อมูลคุณภาพอากาศสถานีตรวจวัดภายในกรุงเทพมหานคร.

ควบคุมโรค, กรม, สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. 2551. คู่มือการประเมินความเสี่ยงจากการทำงานของบุคลากรในโรงพยาบาล. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www2.diw.go.th/envocc/downloads.asp[19 มิถุนายน 2552]

ฆริกา คุ้มไทย. 2545. แบคทีเรียในอากาศบริเวณที่มีการสัญจรหนาแน่นของกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ. 2551. คุณภาพอากาศภายในอาคาร.ใน ชุดวิชา 54113 สุขศาสตร์อุตสาหกรรม:การประเมิน นนทบุรี : สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จุฑามาศ เทพชัยศรี. 2542. คู่มือปฏิบัติการวิชา สว 214 จุลชีววิทยาในทางสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาสุขศึกษา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ และชมภูศักดิ์ พูลเกษ. 2544. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารและกลุ่มอาการเจ็บป่วยของพนักงานที่ทำงานในสำนักงานของโรงพยาบาลในจังหวัดชลบุรี. ชลบุรี : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ฉัตรชัย เอกปัญญาสุกล, วิโรจน์ เจียมจรัสรังษี และสร้อยสุดา เกสรทอง. 2548. ความชุกปัจจัยที่เกี่ยวข้องและผลกระทบของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของอาคารของผู้ทำงานในอาคารสำนักงานในเขตกรุงเทพมหาคร. วารสารวิชาการสาธารณสุข. 14(3) : 454-463.

ณัฐพงษ์ แหละหมัน. 2548. อัตราชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานภายในอาคารของโรงพยาบาลที่มีการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรงยศ ภารดี. 2551. การควบคุมสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ.ใน ชุดวิชา 54114 สุขศาสตร์อุตสาหกรรม: การควบคุมนนทบุรี : สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

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

พิชิต สกุลพราหมณ์ และคณะ. 2518. รายงานวิจัยเรื่องการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะความสกปรกบางอย่างในเขตพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

พรเพ็ญ เพชรสุขศิริ. 2540. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการบริหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เสมาธรรม.

โรงพยาบาลกลาง, ฝ่ายวิชาการ. 2552. ข้อมูลพื้นฐานโรงพยาบาลกลาง.

วิกรม เสงคิสิริ และ สมชัย บวรกิตติ. 2543. คุณภาพอากาศในห้องพักสูบบุหรี่ที่ท่าอากาศยาน. วารสารเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม. 2(2) : 221-226.

วิกรม เสงคิสิริ และ สสิธร เทพตระการพร. 2548. กลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิด. วารสารการส่งเสริมสุขภาพ และอนามัยสิ่งแวดล้อม 28(1) : 26-34.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์และสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. 2551. มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.

สมชัย บวรกิตติ และนิตยา จันทร์เรือง มหาผล. 2546. กลุ่มอาการอาคารป่วย-โรคเหตุความศิวิไลซ์. วารสารวิชาการสาธารณสุข. 12(6) : 1040-1043.

สมชัย บวรกิตติ และปฐม สวรรค์ปัญญาเลิศ. 2543. ภาวะมลพิษทางอากาศในอาคารสาธารณะในประเทศไทย. วารสารวิชาการกระทรวงสาธารณสุข. 9(1) : 26 – 36.

สร้อยสุดา เกสรทอง. 2549. SBS โรคจากการทำงานในตึก. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์ใกล้หมอ.

สุวัชร์ บัวแย้ม. 2551. การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์มลพิษทางอากาศที่เป็นอนุภาค.ใน ชุดวิชา 54113 สุขศาสตร์อุตสาหกรรม:การประเมิน นนทบุรี : สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ศรัญญู คำภาบุตร. 2552. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายอากาศและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในโรงพยาบาล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุตุนิยมวิทยา, กรม, สำนักบริการสารสนเทศ. 2553. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.

เอมอร ปาสาทัง และ กาญจนา นาถะพินธุ. 2550. การปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในโทรศัพท์สาธารณะในโรงพยาบาล. วารสารศรีนครินทร์เวชสาร. 22(4) : 443-448.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

ASHRAE. 1989. ANSI/ASHRAE Standard 62-1989 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Botkins, D.B. and Keller, E.A. 2003. Environment Science : Earth as a living planet. USA : John Wiley and Sons.

Calls, J. 2002. Air Pollution. Second edition. London: Spon Press.

Dharan, S. and Pittet, D. 2002. Environmental controls in operating theatres. Journal of Hospital Infection (51) : 79-84.

Dowd, S.E. and Maier, R.M. 2000. Aeromicrobiology. In Maier, R.M. , Pepper, I. L. and Gerda, C.P. (eds.), Environment Microbiology. pp. 91- 122. London : Academic Press.

Godish, T. 2004. Air Quality. Florida : Lewis Publishing.

Hidy, G. 1984. Aerosols an industrial and environmental science. Academic Press, Orlando. cited in Chuaybamroong P., Chaiear N. and Sribenjalux P. Types and quantities of airborne microbes in the hospital from different sampling methods. Department of Environmental Health Science Khon Kaen University, 2004.

Katerina, K. and Jitka, H. 2003. Hospital Indoor Environment : Screening for Micro - Organisms and Particulate Matter. Journal of Indoor and Built Environment. (12) : 61-67.

Li, C.S. and Hou, P.A. 2003. Bioaerosol characteristics in hospital clean room. The Science of the Total Environment. (305) : 169-176.

McClellan, R.O. 2000. Particle interactions with the respiratory tract. In Gerh, P. and Heydar, J. (eds.) Particle-Lung Interactions. pp. 3-56. New York: Marcel Dekker.

National Institute for Occupational Safety and Health. 2009. NIOSH Health hazard evaluation report 1970 : HETA#2001-0067 2896 Somerset county assistance office [Online]. Available from: http://www.cdc.gov/niosh[2009, June 23]

Newhouse, M.T. and Ruffin, R.E. 1978. Deposition and fate of aerosolized drugs. cited in Chuaybamroong P., Chaiear N. and Sribenjalux P. Types and quantities of airborne microbes in the hospital from different sampling methods. Department of Environmental Health Science Khon Kaen University, 2004.

Tighe, S.W and Warden, P.S. 2004. An Investigation of Microbials in Hospital Air Environments. Anlyttcal Services, Inc. cited in Chuaybamroong P., Chaiear N. and Sribenjalux P. Types and quantities of airborne microbes in the hospital from different sampling methods. Department of Environmental Health Science Khon Kaen University, 2004.

United States Environmental Protection Agency. 1995. A guide to indoor airquality. Washington DC : EPA.

United States Environmental Protection Agency. 1996. Air Quality Criteria for Particulate Matter: Volume I of III. Washington DC: Office of Research and Development.

Wang, X., Bi, X., Chen, D., Sheng, G. and Fu, J. 2006. Hospital indoor respirable particles and carbonaceous composition. Building and Environment. (41) : 992-1000.

Yu, C.L. and Ling, M.Z. 1994. The research situation of air microbes and human health public places. Proceeding of the International Conference Indoor Air Quality in Asia. Beijing. pp. 93-101.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลผลตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาลกลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (บริหารงานทั่วไป) เดือนกันยายน พ.ศ. 2552

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G1(1)	โถงรับแขก	S	3	0.13	7.4	15.4	24	59	0.06	782	NA
G1(2)	ห้องธุรการ	S	4	0.16	4.1	8.5	24	52	0.08	194	NA
G1(3)	ห้องผู้อำนวยการ รพ.	S	3	0.16	4.4	9.2	25	56	0.73	233	3.48
G1(4)	ห้องรองผู้อำนวยการ รพ.	S	12	0.79	4.6	9.7	24	53	0.18	269	1.26
G1(5)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน	S	12	0.14	2.9	6.0	23	53	0.06	414	NA
G1(6)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน	S	3	0.04	6.5	13.5	25	50	0.04	438	NA
G1(7)	ห้องถ่ายเอกสาร	S	4	0.29	2.8	5.8	25	50	0.05	1271	NA
G1(8)	ห้องหัวหน้าฝ่ายการเงิน	S	3	0.12	2.6	5.4	26	54	0.05	421	NA
G1(9)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป	S	13	0.30	2.8	5.9	23	52	0.11	237	NA
G1(10)	ห้องหัวหน้าฝ่ายบริหารงานทั่วไป	S	10	0.43	2.3	4.8	22	52	0.06	210	0.18
G1(11)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป	S	3	0.10	2.5	5.2	24	51	0.02	243	NA
G1(12)	ห้อง X-Rox (ถ่ายเอกสาร)	S	3	0.46	4.5	9.5	29	74	0.02	363	0.84
G1(13)	บริเวณห้องทำงานฝ่ายการพยาบาล	S	3	0.04	3.3	6.9	24	60	0.16	186	NA
G1(14)	ห้องหัวหน้าฝ่ายการพยาบาล	S	2	0.15	3.4	7.2	23	68	0.46	92	3.72

ตารางที่ ก.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (บริหารงานทั่วไป) เดือนกันยายน พ.ศ. 2552 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G1(15)	ห้องประชุมฝ่ายการพยาบาล	S	4	0.04	3.8	7.9	30	59	0.01	356	5.64
G1(16)	ห้องรับประทานอาหารฝ่ายฯ	S	5	0.27	3.4	7.1	28	53	0.01	402	5.10
G1(17)	ห้องประชุมไนติงเกล	S	5	0.03	7.2	16.9	24	56	0.25	330	1.62
G1(18)	บริเวณทางเดินฝ่ายพัสดุ	S	6	0.18	8.1	16.9	31	66	0.14	178	NA
G1(19)	ห้องสอบราคาฝ่ายพัสดุ	S	2	0.09	6.2	12.9	31	66	0.04	194	7.74
G1(20)	ห้องคลังพัสดุ	S	11	0.49	5.4	11.3	27	65	0.03	109	NA
G1(21)	ห้องสำนักงานฝ่ายพัสดุ	S	5	0.07	5.6	11.6	24.7	69	0.10	188	NA

หมายเหตุ NA= ไม่ได้ตรวจวัดเนื่องจากเป็นห้องเปิด และความไม่พร้อมของสถานที่

N = ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก C = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (บริหารงานทั่วไป) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ .2553 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	PeopleDensity (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G1(1)	โถงรับแขก	S	5	0.07	5.6	11.6	25	69	5	2085	NA
G1(2)	ห้องธุรการ	S	8	0.35	33.4	76.3	29	76	8	467	NA
G1(3)	ห้องผู้อำนวยการ รพ.	S	8	0.31	24.0	40.3	24	63	8	608	2.48
G1(4)	ห้องรองผู้อำนวยการ รพ.	S	2	0.11	25.7	51.2	27	61	2	398	2.89
G1(5)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน	S	3	0.20	23.6	41.9	23	61	3	501	NA
G1(6)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน	S	10	0.12	16.3	32.2	25	44	10	594	NA
G1(7)	ห้องถ่ายเอกสาร	S	2	0.02	14.2	23.4	26	42	2	220	1.20
G1(8)	ห้องหัวหน้าฝ่ายการเงิน	S	2	0.14	11.8	16.2	26	53	2	338	0.66
G1(9)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป	S	2	0.08	12.7	20.9	22	57	2	407	NA
G1(10)	ห้องหัวหน้าฝ่ายบริหารงานทั่วไป	S	10	0.23	15.0	27.1	24	58	10	101	0.66
G1(11)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป	S	4	0.17	14.3	20.1	23	52	4	571	NA
G1(12)	ห้อง X-Rox (ถ่ายเอกสาร)	S	11	0.38	14.7	29.8	25	51	11	347	3.24
G1(13)	บริเวณห้องทำงานฝ่ายการพยาบาล	S	2	0.31	22.2	43.9	28	64	2	164	NA
G1(14)	ห้องหัวหน้าฝ่ายการพยาบาล	S	8	0.11	21.1	30.1	26	52	8	84	3.78

ตารางที่ ก.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (บริหารงานทั่วไป) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	PeopleDensity (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G1(15)	ห้องประชุมฝ่ายการพยาบาล	S	3	0.03	14.4	18.7	24	3	0.029	96	1.80
G1(16)	ห้องรับประทานอาหารฝ่ายฯ	S	5	0.27	15.7	28.7	31	5	0.272	377	7.02
G1(17)	ห้องประชุมไนติงเกล	S	5	0.03	22.8	30.3	24	5	0.026	269	2.34
G1(18)	บริเวณทางเดินฝ่ายพัสดุ	S	6	0.17	21.3	37.1	28	6	0.167	600	NA
G1(19)	ห้องสอบราคาฝ่ายพัสดุ	S	4	0.18	20.8	27.5	24	4	0.185	395	2.04
G1(20)	ห้องคลังพัสดุ	S	3	0.13	13.8	17.6	27	3	0.135	121	2.28
G1(21)	ห้องสำนักงานฝ่ายพัสดุ	S	10	0.14	10.2	14.1	25	53	0	117	2.04

หมายเหตุ NA= ไม่ได้ตรวจวัดเนื่องจากเป็นห้องเปิด และความไม่พร้อมของสถานที่

N = ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก C = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (แผนกผู้ป่วยนอก) เดือนกันยายน พ.ศ. 2552

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	PeopleDensity (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G2-opd(1)	บริเวณรอแผนกฉุกเฉิน	S	17	0.48	10.2	21.2	29	71	0.10	982	NA
G2-opd(2)	ห้องตรวจแผนกฉุกเฉิน	S	8	0.10	10.4	21.7	26	60	0.06	383	3.18
G2-opd(3)	ห้องสังเกตอาการ	S	5	0.05	11.8	24.5	26	70	0.14	140	1.68
G2-opd(4)	เคาเตอร์แผนกฯ (ติดต่อสอบถาม)	S	4	0.26	13.5	28.2	29	67	0.09	472	NA
G2-opd(5)	บริเวณรอตรวจฝ่ายอายุรกรรม	S	8	0.24	10.1	21.1	27	76	0.00	708	NA
G2-opd(6)	ห้องตรวจอายุรกรรม 7	S	2	0.25	9.0	18.9	26	66	0.00	499	NA
G2-opd(7)	ห้องตรวจอายุรกรรม 6	S	2	0.25	9.8	20.6	26	63	0.03	600	NA
G2-opd(8)	บริเวณรอตรวจฝ่ายอายุรกรรม	S	76	2.24	9.5	27.1	27	76	0.10	1228	NA
G2-opd(9)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 1	S	40	3.57	10.7	22.4	28	64	0.00	1343	NA
G2-opd(10)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 2	S	20	1.79	5.5	11.4	27	65	0.03	1757	NA
G2-opd(11)	ห้องตรวจ	S	3	0.53	6.1	12.8	26	58	0.14	1003	NA
G2-opd(12)	ห้องทำแผล	S	30	5.29	7.3	15.2	25	61	0.02	677	7.74
G2-opd(13)	บริเวณรอจ่ายยา	S	22	1.23	7.3	15.3	26	65	0.01	643	NA
G2-opd(14)	บริเวณรอจ่ายยา	S	4	0.22	6.0	12.6	24	63	0.14	1881	NA

ตารางที่ ก.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (แผนกผู้ป่วยนอก) เดือนกันยายน พ.ศ. 2552 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G2-opd(15)	ห้องเจาะเลือด 22	S	12	0.78	11.7	24.4	25	54	0.10	524	8.52
G2-opd(16)	ห้องจ่ายยา	S	40	1.27	5.7	11.9	24	57	0.06	440	NA
G2-opd(17)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 1	S	20	1.51	8.2	17.0	27	60	0.14	1289	NA
G2-opd(18)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 2	S	3	0.34	8.7	18.1	27	61	0.09	1370	NA
G2-opd(19)	ห้องตรวจหมายเลข 7	S	5	0.86	8.9	18.7	26	56	0.00	958	NA
G2-opd(20)	ห้องตรวจหมายเลข 5	S	33	3.27	9.4	19.7	25	59	0.00	409	NA
G2-opd(21)	ห้องรอตรวจ	S	38	1.26	13.3	27.7	24	69	0.03	1840	NA
G2-opd(22)	ห้องรอตรวจ	S	3	0.13	11.1	23.2	25	69	0.10	1171	NA
G2-opd(23)	ห้องตรวจหมายเลข 5	S	3	0.48	12.9	27.0	25	75	0.00	1167	NA
G2-opd(24)	ห้องตรวจหมายเลข 6	S	15	2.38	13.6	28.4	24	71	0.03	484	NA
G2-opd(25)	แผนกทันตกรรม	S	4	0.07	2.3	19.7	23	67	0.14	379	NA
G2-opd(26)	ห้องนวด	S	5	0.11	7.3	17.1	26	55	0.02	314	1.62

หมายเหตุ NA= ไม่ได้ตรวจวัดเนื่องจากเป็นห้องเปิด และความไม่พร้อมของสถานที่

N = ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก C = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ตารางที่ ก.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (แผนกผู้ป่วยนอก) เดือนกุมภาพันธ์พ.ศ 2553 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	PeopleDensity (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G2-opd(1)	บริเวณรอแผนกฉุกเฉิน	S	20	0.57	24.1	43.3	27	64	0.05	965	NA
G2-opd(2)	ห้องตรวจแผนกฉุกเฉิน	S	10	0.12	37.2	51.8	24	59	0.06	352	2.47
G2-opd(3)	ห้องสังเกตอาการ	S	6	0.07	17.1	25.9	24	62	0.02	297	1.88
G2-opd(4)	เคาเตอร์แผนกฯ (ติดต่อสอบถาม)	S	7	0.45	19.0	30.9	26	62	0.15	379	NA
G2-opd(5)	บริเวณรอตรวจฝ่ายอายุรกรรม	S	8	0.24	14.7	65.9	27	65	0.06	2411	NA
G2-opd(6)	ห้องตรวจอายุรกรรม 7	S	2	0.25	12.9	32.3	26	62	0.00	968	NA
G2-opd(7)	ห้องตรวจอายุรกรรม 6	S	4	0.49	13.3	29.2	25	66	0.00	455	NA
G2-opd(8)	บริเวณรอตรวจฝ่ายอายุรกรรม	S	80	2.36	13.5	44.6	26	63	0.04	1834	NA
G2-opd(9)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 1	S	25	2.23	14.1	40.7	28	58	0.18	1519	NA
G2-opd(10)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 2	S	30	2.68	17.3	64.0	28	61	0.13	2401	NA
G2-opd(11)	ห้องตรวจ	S	2	0.35	18.5	40.1	26	59	0.13	1394	NA
G2-opd(12)	ห้องทำแผล	S	2	0.35	19.2	48.5	26	66	0.00	858	4.56
G2-opd(13)	บริเวณรอจ่ายยา	S	25	1.40	33.4	64.0	25	66	0.17	691	NA
G2-opd(14)	บริเวณรอจ่ายยา	S	38	2.12	29.0	64.4	25	67	0.15	874	NA

ตารางที่ ก.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (แผนกผู้ป่วยนอก) เดือนกุมภาพันธ์พ.ศ 2553 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	PeopleDensity (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m3)	ACH (hr^{-1})
G2-opd(15)	ห้องเจาะเลือด 22	S	6	0.39	25.6	41.1	24	66	0.05	262	4.61
G2-opd(16)	ห้องจ่ายยา	S	18	0.57	21.8	38.3	23	59	0.01	174	NA
G2-opd(17)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 1	S	34	2.57	22.3	59.1	27	70	0.24	1250	NA
G2-opd(18)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 2	S	12	1.37	23.5	46.9	26	70	0.36	864	NA
G2-opd(19)	ห้องตรวจหมายเลข 7	S	2	0.35	32.7	49.4	27	69	0.05	243	NA
G2-opd(20)	ห้องตรวจหมายเลข 5	S	2	0.20	27.5	42.7	25	70	0.02	250	NA
G2-opd(21)	ห้องรอตรวจ	S	20	0.66	18.6	55.2	25	61	0.02	2706	NA
G2-opd(22)	ห้องรอตรวจ	S	3	0.13	21.5	44.9	25	66	0.10	1077	NA
G2-opd(23)	ห้องตรวจหมายเลข 5	S	3	0.48	28.0	40.9	24	66	0.02	452	NA
G2-opd(24)	ห้องตรวจหมายเลข 6	S	4	0.63	22.4	37.3	24	65	0.03	619	NA
G2-opd(25)	แผนกทันตกรรม	S	15	0.25	16.4	26.0	25	75	0.00	154	NA
G2-opd(26)	ห้องนวด	S	4	0.09	9.4	19.9	26	67	0.01	897	1.96

หมายเหตุ NA ไม่ได้ตรวจวัดเนื่องจากเป็นห้องเปิด และความไม่พร้อมของสถานที่

N = ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก C = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ตารางที่ ก.3 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (แผนกผู้ป่วยใน) เดือนกันยายน พ.ศ. 2552

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	PeopleDensity (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G3-ipd(1)	จุดรับถ่ายคนไข้	C	8	0.13	14.0	29.1	25	87	0.00	318	NA
G3-ipd(2)	ห้องพักฟื้น	C	4	0.07	12.2	25.4	25	73	0.08	172	NA
G3-ipd(3)	ห้องรอคลอด	C	8	0.32	9.9	20.7	26	70	0.23	146	NA
G3-ipd(4)	ห้องพักฟื้นหลังคลอด	S	5	0.15	18.5	38.6	29	70	0.02	752	NA
G3-ipd(5)	ห้องคลอดพิเศษ	S	4	0.37	12.9	27.0	26	57	0.00	435	NA
G3-ipd(6)	ห้องรอคลอด	C	8	0.32	9.9	20.7	26	70	0.23	146	NA
G3-ipd(7)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1	N	5	0.31	24.0	50.1	31	66	0.00	252	NA
G3-ipd(8)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2	N	4	0.25	17.2	63.4	31	66	0.00	489	NA
G3-ipd(9)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3	N	5	0.31	13.0	23.5	31	62	0.00	166	NA
G3-ipd(10)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 4	N	4	0.25	13.3	20.5	31	62	0.09	152	NA
G3-ipd(11)	ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)	S	6	0.40	8.7	13.0	27	57	0.13	174	NA
G3-ipd(12)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1	N	5	0.31	12.9	43.7	31	71	0.14	303	NA
G3-ipd(13)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2	N	4	0.25	9.3	19.6	31	72	0.16	398	NA
G3-ipd(14)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3	N	4	0.25	5.7	15.1	31	71	0.06	602	NA

ตารางที่ ก.3 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (แผนกผู้ป่วยใน) เดือนกันยายน พ.ศ. 2552 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G3-ipd(15)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1	N	5	0.34	14.9	31.2	30	70	0.42	405	NA
G3-ipd(16)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2	N	4	0.25	16.1	29.2	31	71	0.10	414	NA
G3-ipd(17)	ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)	S	6	0.40	6.5	8.8	27	60	0.08	144	NA
G3-ipd(18)	ห้องผู้ป่วยวัณโรค	N	4	0.64	10.4	24.7	32	72	0.00	697	NA
G3-ipd(19)	ห้อง 1501	S	2	0.15	5.7	10.9	28	85	0.01	103	NA
G3-ipd(20)	ห้อง 1503	S	2	0.15	8.4	17.3	29	77	0.02	94	NA
G3-ipd(21)	ห้อง 1506	S	2	0.15	7.3	17.5	24	59	0.01	174	NA
G3-ipd(22)	ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)	S	5	0.44	13.8	24.2	28	86	0.02	107	NA
G3-ipd(23)	ห้อง negative pressure	S	3	0.15	0.6	3.0	28	56	0.00	103	NA
G3-ipd(24)	ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)	S	2	0.16	5.2	8.8	25	72	0.00	88	NA
G3-ipd(25)	ห้อง 1707	S	2	0.15	6.8	11.5	28	75	0.00	66	NA
G3-ipd(26)	ห้อง 1710	S	2	0.15	7.3	12.0	29	74	0.00	77	NA

หมายเหตุ NA ไม่ได้ตรวจวัดเนื่องจากเป็นห้องเปิด และความไม่พร้อมของสถานที่

N = ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก C = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ตารางที่ ก.3 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (แผนกผู้ป่วยใน) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	PeopleDensity (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G3-ipd(1)	จุดรับถ่ายคนไข้	C	4	0.067	29.2	32.0	26	69	0.00	115	NA
G3-ipd(2)	ห้องพักฟื้น	C	4	0.07	28.8	31.3	25	74	0.00	88	NA
G3-ipd(3)	ห้องคลอด 1	C	4	0.11	9.7	19.1	26	59	0.00	910	NA
G3-ipd(4)	ห้องพักฟื้นหลังคลอด	S	4	0.11	9.7	19.1	26	59	0.00	910	NA
G3-ipd(5)	ห้องคลอดพิเศษ	S	5	0.15	12.3	26.2	24	55	0.03	910	NA
G3-ipd(6)	ห้องรอคลอด	C	2	0.16	12.0	26.7	25	58	0.00	1627	NA
G3-ipd(7)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1	N	10	0.40	11.1	17.4	26	69	0.00	286	NA
G3-ipd(8)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2	N	8	0.49	15.4	26.0	30	59	0.03	172	NA
G3-ipd(9)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3	N	8	0.49	17.0	30.8	31	58	0.02	308	NA
G3-ipd(10)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 4	N	8	0.49	14.7	27.0	31	57	0.11	156	NA
G3-ipd(11)	ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)	S	4	0.25	17.8	31.0	30	60	0.01	202	NA
G3-ipd(12)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1	N	6	0.40	17.9	23.5	25	70	0.19	103	2.22
G3-ipd(13)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2	N	4	0.25	17.7	35.8	30	68	0.05	180	NA
G3-ipd(14)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3	N	8	0.49	19.7	34.6	30	66	0.00	308	NA

ตารางที่ ก.3 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (แผนกผู้ป่วยใน) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G3-ipd(15)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 1	N	7	0.43	35.2	55.5	31	63	0.17	258	NA
G3-ipd(16)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2	N	6	0.37	25.4	38.9	31	63	0.28	182	NA
G3-ipd(17)	ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)	N	7	0.47	21.0	33.6	26	70	0.16	504	2.16
G3-ipd(18)	ห้องผู้ป่วยวัณโรค	N	2	0.32	24.6	37.5	32	63	0.11	212	NA
G3-ipd(19)	ห้อง 1501	S	5	0.37	18.7	31.5	28	59	0.11	610	1.76
G3-ipd(20)	ห้อง 1503	S	6	0.44	15.4	26.7	26	51	0.00	375	1.35
G3-ipd(21)	ห้อง 1506	S	2	0.15	15.1	23.2	26	66	0.00	212	1.70
G3-ipd(22)	ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)	S	4	0.36	23.8	31.2	26	78	0.00	247	4.36
G3-ipd(23)	ห้อง negative pressure	S	2	0.10	3.2	7.3	28	57	0.14	225	NA
G3-ipd(24)	ห้องทำงานพยาบาล (ติดต่อสอบถาม)	S	8	0.65	29.5	35.7	27	64	0.02	258	NA
G3-ipd(25)	ห้อง 1707	S	2	0.15	48.9	60.0	29	77	0.00	225	NA
G3-ipd(26)	ห้อง 1710	S	5	0.37	52.3	66.9	29	75	0.07	264	NA

หมายเหตุ NA=ไม่ได้ตรวจวัดเนื่องจากเป็นห้องเปิด และความไม่พร้อมของสถานที่

N = ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก C = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ตารางที่ ก.4 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ฝ่ายบริการทางแพทย์) เดือนกันยายน พ.ศ. 2552

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G4(1)	ห้องที่ 7 ห้องตรวจอัลตราซาวด์	S	2	0.13	5.4	9.1	21	63	0.00	130	NA
G4(2)	ห้องที่ 9 ห้องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	S	2	0.10	1.8	2.0	23	78	0.01	14	NA
G4(3)	ห้องล้างฟิล์ม	S	2	0.19	3.4	4.8	25	66	0.00	45	NA
G4(4)	ห้องตรวจ X-Ray	S	5	0.46	4.9	6.8	23	64	0.05	71	NA
G4(5)	บริเวณคนไข้รอตรวจ	S	4	0.03	5.3	13.0	27	65	0.00	303	NA
G4(6)	บริเวณหน้าโซฟา	S	4	0.11	4.8	9.4	24	54	0.00	368	NA
G4(7)	ห้องเจ้าหน้าที่	S	4	0.20	5.3	11.1	22	60	0.10	584	1.26
G4(8)	ห้องอิเล็กทรอนิกส์	S	2	0.11	2.9	5.0	21	60	0.12	162	NA
G4(9)	บริเวณโถงทางเดิน	S	3	0.17	2.8	3.7	22	67	0.07	250	NA
G4(10)	ห้องปรุงยา บริเวณทางเดิน	S	3	0.40	9.0	26.0	25	58	0.07	663	1.14
G4(11)	ห้องผลิตยา แผนกปรุงยา	S	3	0.40	7.9	18.5	25	54	0.00	996	1.98
G4(12)	ห้องธุรการแผนกปรุงยา	S	5	0.40	13.9	54.6	23	61	0.04	674	2.58
G4(13)	ห้องคลังเวชภัณฑ์ แผนกปรุงยา	S	3	0.32	4.4	12.6	24	65	0.00	176	1.62
G4(14)	ห้องภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก	S	15	0.60	4.1	8.6	25	57	0.00	126	NA

ตารางที่ ก.4 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ฝ่ายบริการทางแพทย์) เดือนกันยายน พ.ศ. 2552 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	PeopleDensity (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G4(15)	ห้องงานเคมีคลินิก/1	S	15	0.600	3.9	7.93	24	57	0.00	107	NA
G4(16)	ห้องงานเคมีคลินิก/2	S	4	0.160	3.5	7.35	24	54	0.00	123	NA
G4(17)	ห้องงานเคมีคลินิก/3	S	7	0.280	3.3	6.97	24	53	0.00	125	NA
G4(18)	ห้องพยาธิวิทยา	S	4	0.055	5.00	21.03	25	49	0.03	829	NA

หมายเหตุ NA=ไม่ได้ตรวจวัดเนื่องจากเป็นห้องเปิด และความไม่พร้อมของสถานที่

N = ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก C = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ฝ่ายบริการทางแพทย์) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	PeopleDensity (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G4(1)	ห้องที่ 7 ห้องตรวจอัลตราซาวด์	S	2	0.13	5.4	9.1	21	63	0.00	930	NA
G4(2)	ห้องที่ 9 ห้องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	S	2	0.09	1.8	2.0	23	78	0.01	388	NA
G4(3)	ห้องล้างฟิล์ม	S	2	0.18	3.4	4.8	25	66	0.00	581	NA
G4(4)	ห้องตรวจ X-Ray	S	5	0.46	4.9	6.8	23	64	0.05	993	NA
G4(5)	บริเวณคนไข้รอตรวจ	S	4	0.03	5.3	13.0	27	65	0.00	501	NA
G4(6)	บริเวณหน้าโซฟา	S	4	0.11	4.8	9.4	24	54	0.00	164	NA
G4(7)	ห้องเจ้าหน้าที่	S	4	0.20	5.3	11.1	22	60	0.10	484	1.80
G4(8)	ห้องอิเล็กทรอนิกส์	S	2	0.11	2.9	5.0	21	60	0.12	200	NA
G4(9)	บริเวณโถงทางเดิน	S	3	0.17	2.8	3.7	22	67	0.07	231	NA
G4(10)	ห้องปรุงยา บริเวณทางเดิน	S	3	0.40	9.0	26.0	25	58	0.07	1428	2.30
G4(11)	ห้องผลิตยา แผนกปรุงยา	S	3	0.40	7.9	18.5	25	54	0.00	2133	2.64
G4(12)	ห้องธุรการแผนกปรุงยา	S	5	0.56	13.9	54.6	23	61	0.04	552	2.04
G4(13)	ห้องคลังเวชภัณฑ์ แผนกปรุงยา	S	3	0.32	4.4	12.6	24	65	0.00	527	1.68
G4(14)	ห้องภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก	S	15	0.60	4.1	8.6	25	57	0.00	338	1.26

ตารางที่ ก.4 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ฝ่ายบริการทางแพทย์) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G4(15)	ห้องงานเคมีคลินิก/1	S	5	0.20	6.2	19.8	26	57	0.00	400	NA
G4(16)	ห้องงานเคมีคลินิก/2	S	3	0.12	5.6	16.9	25	56	0.00	233	NA
G4(17)	ห้องงานเคมีคลินิก/3	S	5	0.20	4.7	13.9	25	56	0.00	202	NA
G4(18)	ห้องพยาธิวิทยา	S	8	0.11	17.0	27.3	24	53	0.00	545	0.60

หมายเหตุ NA= ไม่ได้ตรวจวัดเนื่องจากเป็นห้องเปิด และความไม่พร้อมของสถานที่

N = ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก C = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.5 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ห้องพักแพทย์) เดือนกันยายน พ.ศ. 2552

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G5(1)	ห้องพักแพทย์ 18/1	S	4	0.18	3.1	6.5	27	72	0.04	2461	2.94
G5(2)	ห้องพักแพทย์ 18/8 (VIP)	S	4	0.10	7.7	16.0	25	64	0.05	874	2.16
G5(3)	ห้องพักแพทย์ 4	S	5	0.14	6.8	14.2	24	73	0.10	1127	1.80
G5(4)	ห้องพักแพทย์ 9	S	5	0.14	4.8	10.1	26	64	0.09	624	1.86
G5(5)	ห้อง common room (สันทนาการ)	C	4	0.07	6.9	14.3	26	55	0.02	810	NA
G5(6)	ห้องนายแพทย์ 1	C	3	0.36	9.2	19.3	28	70	0.10	3581	3.78
G5(7)	ห้องนายแพทย์ 2	C	3	0.68	6.5	13.5	27	62	0.12	884	NA
G5(8)	ห้องนายแพทย์ 3	C	3	0.68	8.1	16.9	27	69	0.08	336	NA

หมายเหตุ NA=ไม่ได้ตรวจวัดเนื่องจากเป็นห้องเปิด และความไม่พร้อมของสถานที่

N = ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก C = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.5 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ห้องพักแพทย์) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G5(1)	ห้องพักแพทย์ 18/1	S	2	0.09	10.2	16.7	25	64	0.01	73	2.94
G5(2)	ห้องพักแพทย์ 18/8 (VIP)	S	2	0.05	10.7	22.5	25	46	0.10	198	1.78
G5(3)	ห้องพักแพทย์ 4	S	6	0.17	8.2	13.0	25	67	0.12	162	1.84
G5(4)	ห้องพักแพทย์ 9	S	2	0.05	20.9	27.6	24	59	0.11	700	1.52
G5(5)	ห้อง common room (สันทนาการ)	C	4	0.07	12.4	21.1	26	53	0.02	216	2.57
G5(6)	ห้องนายแพทย์ 1	C	2	0.24	14.1	21.2	23	68	0.04	170	3.70
G5(7)	ห้องนายแพทย์ 2	C	3	0.68	19.6	28.1	28	75	0.03	172	3.00
G5(8)	ห้องนายแพทย์ 3	C	2	0.45	18.8	16.1	24	60	0.14	233	4.05

หมายเหตุ N = ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก C = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.6 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ห้องพักพยาบาล) เดือนกันยายน พ.ศ. 2552

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G6(1)	ห้อง common room ชั้น 7	N	6	0.20	34.4	71.8	30	74	0.26	235	17.64
G6(2)	ห้อง rest room	N	6	0.20	34.4	71.8	30	74	0.02	930	25.14
G6(3)	ห้อง 0719	N	5	0.52	17.5	36.6	28	83	0.29	73	7.20
G6(4)	ห้อง 0704	N	3	0.09	11.8	24.5	30	79	0.02	341	2.58
G6(5)	ห้อง common room	N	3	0.08	7.5	15.7	30	71	0.31	214	9.84
G6(6)	ห้อง 0819	N	3	0.08	1.6	3.3	30	67	0.11	164	11.58
G6(7)	ห้อง 0802	N	2	0.06	9.4	19.5	30	66	0.04	115	4.98
G6(8)	ห้อง 0817	N	4	0.69	10.5	22.0	30	66	0.13	665	3.54
G6(9)	ห้อง 0904	N	5	0.15	11.0	22.9	30	45	0.05	1284	4.26
G6(10)	ห้อง common room	N	4	0.106	5.3	11.6	30	70	0.06	343	2.40
G6(11)	ห้อง 0903	N	4	0.11	41.8	87.3	30	70	0.09	464	7.98
G6(12)	ห้อง 0905	N	4	0.11	7.00	14.6	30	69	0.18	353	11.34
G6(13)	ห้อง 1001	N	4	0.11	11.4	23.8	29	72	0.18	206	13.32
G6(14)	ห้อง 1002	N	4	0.11	9.8	20.5	30	69	0.17	347	18.60

ตารางที่ ก.6 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ห้องพักพยาบาล) เดือนกันยายน พ.ศ. 2552 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G6(15)	ห้อง 1004	N	4	0.11	10.6	22.2	30	69	0.14	269	8.70
G6(16)	ห้อง common room ชั้น10	N	4	0.11	8.6	17.8	32	65	0.18	94	21.60

ตารางที่ ก.6 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ห้องพักพยาบาล) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G6(1)	ห้อง common room ชั้น 7	N	4	0.13	15.0	24.4	30	73	0.00	345	16.80
G6(2)	ห้อง rest room	N	3	0.10	17.7	39.7	31	64	0.00	589	5.28
G6(3)	ห้อง 0719	N	2	0.21	17.2	26.9	30	71	0.00	391	13.32
G6(4)	ห้อง 0704	N	4	0.12	15.3	35.3	31	66	0.84	732	6.60
G6(5)	ห้อง common room	N	5	0.13	18.0	31.7	31	71	0.00	652	7.02
G6(6)	ห้อง 0819	N	4	0.11	16.2	30.5	31	67	0.00	972	6.60
G6(7)	ห้อง 0802	N	6	0.17	15.3	19.4	32	67	0.18	314	4.92

ตารางที่ ก.6 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ห้องพักพยาบาล) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m3)	ACH (hr-1)
G6(8)	ห้อง 0817	N	4	0.69	16.1	33.4	31	68	0.21	589	3.84
G6(9)	ห้อง 0904	N	4	0.18	14.7	28.9	31	70	0.00	443	3.90
G6(10)	ห้อง common room	N	4	0.17	15.4	30.3	31	54	0.00	343	17.52
G6(11)	ห้อง 0903	N	4	0.11	14.1	25.4	31	67	0.00	288	6.60
G6(12)	ห้อง 0905	N	4	0.11	13.1	25.2	32	62	0.36	256	7.80
G6(13)	ห้อง 1001	N	4	0.11	20.0	33.3	31	74	0.00	350	17.16
G6(14)	ห้อง 1002	N	4	0.11	15.8	25.7	32	67	0.00	323	15.48
G6(15)	ห้อง 1004	N	4	0.11	16.0	22.3	31	69	0.17	107	7.14
G6(16)	ห้อง common room ชั้น10	N	4	0.11	19.3	30.6	31	73	0.00	247	15.54

หมายเหตุ N = ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก C = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.7 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ฝ่ายสาธารณูปโภค) เดือนกันยายน พ.ศ. 2552

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G7(1)	โรงครัว	N	15	0.03	7.3	18.7	30	77	0.05	150	NA
G7(2)	หม้อไอน้ำ	N	12	0.09	7.4	19.1	34	54	0.13	303	NA
G7(3)	แผนกซักฟอก (ห้องพับผ้า)	S	7	0.02	25.5	103.4	32	52	0.13	1423	0.54
G7(4)	บำบัดน้ำเสีย	S	5	0.21	10.4	23.1	29	48	0.00	496	3.24

ตารางที่ ก.7 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล (ฝ่ายสาธารณูปโภค) เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณจุดตรวจวัด	ชนิดการระบายอากาศ	People (person)	People Density (person/m^2)	PM 2.5 ($\mu g/m^3$)	PM 10 ($\mu g/m^3$)	Temp (°C)	Relative humidity (%)	Velocity (m/s)	Bacteria (CFU/m^3)	ACH (hr^{-1})
G7(1)	โรงครัว	N	20	0.04	24.9	39.2	32	63	0.16	457	NA
G7(2)	หม้อไอน้ำ	N	5	0.04	23.0	41.2	36	51	0.00	491	NA
G7(3)	แผนกซักฟอก (ห้องพับผ้า)	S	12	0.04	21.1	41.8	33	64	0.06	239	15.42
G7(4)	บำบัดน้ำเสีย	S	6	0.25	17.4	25.9	29	51	0.00	233	3.06

หมายเหตุ NA= ไม่ได้ตรวจวัดเนื่องจากเป็นห้องเปิด และความไม่พร้อมของสถานที่

N = ห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ S = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก C = ห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลคุณภาพฝุ่นละออง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข.1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน บริเวณริมถนน สถานีตรวจวัดกระทรวงวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี

เดือน	**ค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (มคก./ลบม.)**
ม.ค. 2552	123.6
ก.พ. 2552	106.4
มี.ค. 2552	88.2
เม.ย. 2552	90.3
พ.ค. 2552	74.9
มิ.ย. 2552	52.7
ก.ค. 2552	59.7
ส.ค. 2552	62.8
ก.ย. 2552	58.3
ต.ค. 2552	87.1
พ.ย. 2552	91.0
ธ.ค. 2552	110.3
ม.ค. 2553	93.8
ก.พ. 2553	NA
มี.ค. 2553	109.1
เม.ย. 2553	77.8

หมายเหตุ เดือนกุมภาพันธ์ไม่ได้มีการตรวจวัด

ที่มา: สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.1 รายงานสภาพอากาศบริเวณศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร เดือนกันยายน 2552

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด (°ซ)	อุณหภูมิต่ำสุด (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (กม/ชม.)
1	31.8	24.2	89	2.08
2	32.8	25.0	76	5.32
3	33.9	25.6	75	6.48
4	34.0	25.6	76	4.86
5	33.2	25.5	77	6.48
6	33.6	26.0	72	1.62
7	32.8	25.5	72	4.17
8	33.8	25.8	78	5.09
9	33.8	24.6	81	5.09
10	35.5	25.5	82	5.09
11	33.8	23.8	85	3.01
12	35.3	25.5	75	4.86
13	34.4	26.1	77	2.78
14	35.6	26.4	77	4.63
15	33.7	25.9	76	2.08
16	32.8	26.0	84	1.39
17	33.7	26.0	82	4.40
18	34.6	26.2	76	3.94
19	35.3	26.2	81	1.62
20	34.8	25.2	77	6.95
21	35.0	27.6	72	3.94
22	35.4	26.3	75	1.62
23	34.8	23.9	80	4.86
24	34.0	24.9	80	6.02
25	31.4	24.5	84	1.16
26	32.8	25.5	81	4.17
27	34.4	25.8	79	4.86

ตาราง ค.1 รายงานสภาพอากาศบริเวณศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร เดือนกันยายน 2552 (ต่อ)

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด (°ซ)	อุณหภูมิต่ำสุด (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (กม/ชม.)
28	32.8	23.0	83	1.85
29	34.2	24.9	71	9.72
30	33.2	26.5	75	7.87
ค่าเฉลี่ย	33	25	78	4.27
ค่าเบี่ยงมาตรฐาน	1	1	4	2.08

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.2 รายงานสภาพอากาศบริเวณศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร เดือนกุมภาพันธ์ 2553

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด (°ซ)	อุณหภูมิต่ำสุด (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (กม/ชม.)
1	33.8	26.6	76	5.56
2	33.8	26.7	76	5.56
3	33.4	26.2	74	5.56
4	33.6	26.4	75	1.85
5	33.3	26.7	74	5.56
6	33.5	26.7	75	7.41
7	33.0	26.5	75	3.70
8	32.7	26.1	77	5.56
9	33.3	26.1	76	5.56
10	33.1	24.1	76	3.70
11	33.6	26.6	76	3.70
12	34.4	26.5	77	3.70
13	33.5	27.3	77	5.56
14	33.5	27.0	75	5.56
15	33.9	26.6	75	5.56
16	33.6	27.3	75	3.70
17	33.4	26.7	74	3.70
18	33.8	26.6	78	3.70
19	33.5	26.9	78	1.85
20	33.0	27.4	77	1.85
21	33.9	27.3	75	3.70
22	34.1	27.3	73	5.56
23	33.8	27.2	71	5.56
24	34.1	27.4	71	7.41
25	36.2	25.9	69	1.85
26	36.9	26.5	62	1.85
27	36.6	26.5	72	5.56

ตาราง ค.2 รายงานสภาพอากาศบริเวณศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร เดือนกุมภาพันธ์ 2553 (ต่อ)

วัน	อุณหภูมิสูงสุด (°ซ)	อุณหภูมิต่ำสุด (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (กม/ชม.)
28	34.7	27.9	75	1.85
ค่าเฉลี่ย	34	27	74	4.64
ค่าเบี่ยงมาตรฐาน	1	1	3	1.64

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

ข้อมูลผลการแยกชนิดเชื้อแบคทีเรีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ผลการแยกชนิดเชื้อแบคทีเรีย

จุด ตรวจวัดที่	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย (โคโลนี./ลบม.)					
		α - hemolysis gram-positive cocci	β - hemolysis gram-positive cocci	β - hemolysis gram-negative bacilli	γ - hemolysis gram-positive cocci	γ - hemolysis gram-negative cocci	γ - hemolysis gram-positive bacilli
G1(1)	โถงรับแขก	18	9	2	77	43	11
G1(5)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน	4	18	4	77	43	11
G1(11)	ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารทั่วไป	0	9	2	38	25	5
G1(16)	ห้องรับประทานอาหารฝ่ายพยาบาล	0	9	2	25	14	4
G1(19)	ห้องสอบราคาฝ่ายพัสดุ	2	9	7	13	7	2
G2-opd(1)	บริเวณรอแผนกฉุกเฉิน	7	18	4	38	7	2
G2-opd(1)	บริเวณรอตรวจฝ่ายอายุรกรรม	9	45	9	64	36	9
G2-opd(8)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 2	5	36	7	103	58	14
G2-opd(10)	บริเวณรอจ่ายยา	13	53	11	38	22	5
G2-opd(14)	บริเวณคนไข้รอตรวจ จุดที่ 2 (ชั้น 3)	45	45	9	64	36	9
G2-opd(18)	ห้องรอตรวจ	31	45	9	64	36	9
G2-opd(21)	แผนกทันตกรรม	9	9	2	13	7	2
G2-opd(26)	ห้องนวด	11	9	2	64	36	9

126

ตารางที่ ง.1 ผลการแยกชนิดเชื้อแบคทีเรีย (ต่อ)

จุดตรวจวัดที่	บริเวณ	ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย (โคโลนี./ลบม.)					
		α - hemolysis gram-positive cocci	β - hemolysis gram-positive cocci	β - hemolysis gram-negative bacilli	γ - hemolysis gram-positive cocci	γ - hemolysis gram-negative cocci	γ - hemolysis gram-positive bacilli
G3-ipd(3)	ห้องพักฟื้นหลังคลอด	12	9	2	64	36	9
G3-ipd(8)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 2	2	16	5	25	14	4
G3-ipd(14)	บริเวณเตียงคนไข้ จุดที่ 3	2	13	14	13	7	2
G3-ipd(18)	ห้องผู้ป่วยวัณโรค	7	14	14	38	22	5
G3-ipd(20)	ห้อง 1506	9	18	9	38	13	5
G3-ipd(23)	ห้อง negative pressure	7	9	2	51	14	4
G4(5)	บริเวณคนไข้รอตรวจ	5	9	2	25	7	2
G4(7)	ห้องเจ้าหน้าที่	23	5	4	51	29	7
G4(11)	ห้องผลิตยา แผนกปรุงยา	31	25	7	64	36	9
G(14)	ห้องภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก	9	7	4	13	7	2
G4(18)	ห้องพยาธิวิทยา	7	5	4	38	22	5
G5(6)	ห้องพักแพทย์ 18/1	2	4	2	25	14	4
G5(5)	ห้องนายแพทย์ 1	4	9	2	25	14	7

ตารางที่ ง.1 ผลการแยกชนิดเชื้อแบคทีเรีย (ต่อ)

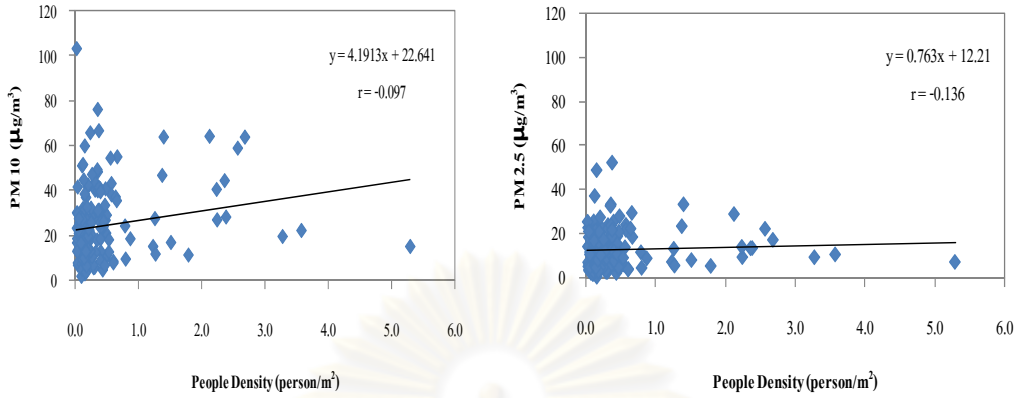
จุดตรวจวัดที่	บริเวณ	ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย (โคโลนี./ลบม.)					
		α - hemolysis gram-positive cocci	β - hemolysis gram-positive cocci	β - hemolysis gram-negative bacilli	γ - hemolysis gram-positive cocci	γ - hemolysis gram-negative cocci	γ - hemolysis gram-positive bacilli
G6(2)	ห้อง rest room	7	9	2	25	7	2
G6(8)	ห้อง 0817	14	36	9	77	43	11
G6(9)	ห้อง 0904	22	18	4	51	29	7
G6(14)	ห้อง commroom	13	9	1	25	7	2
G7(1)	โรงครัว	23	27	2	121	62	20
G7(2)	หม้อไอน้ำ	9	9	9	51	36	9
G7(3)	ห้องซักฟอก	9	18	4	25	14	1
G7(4)	บำบัดน้ำเสีย	2	9	2	23	11	2
ภายนอก	ดาดฟ้า	2	5	4	11	4	2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

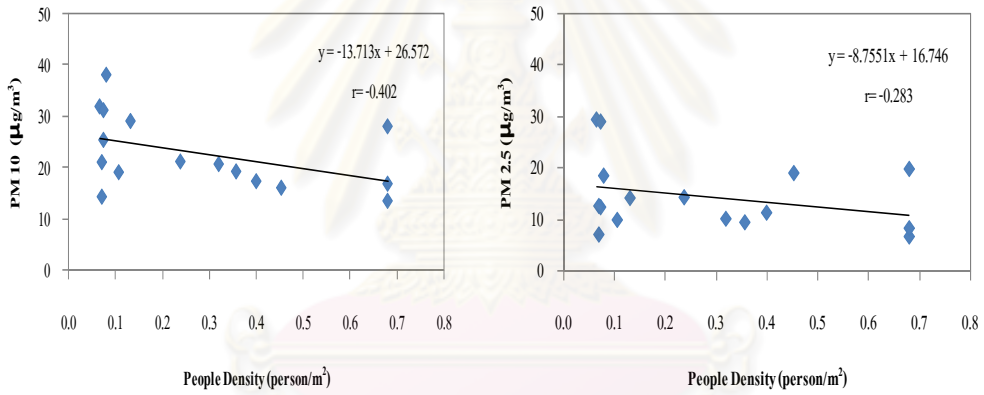
ภาคผนวก จ.
กราฟปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละอองและปริมาณแบคทีเรีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

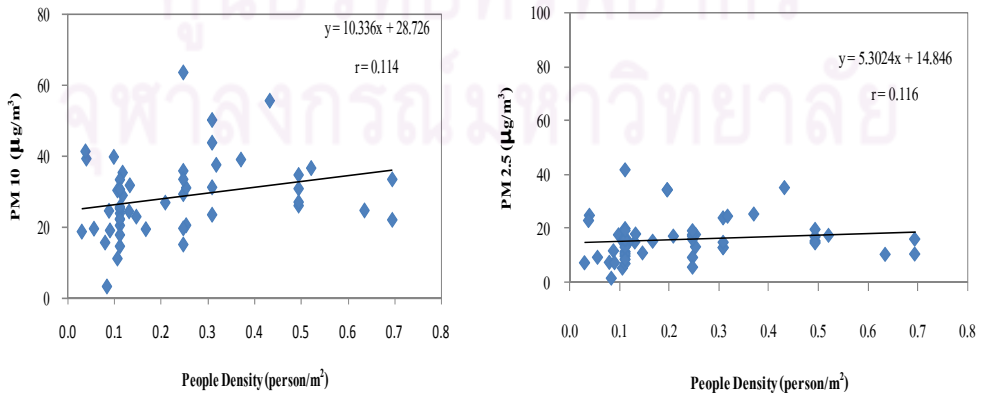
ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละออง



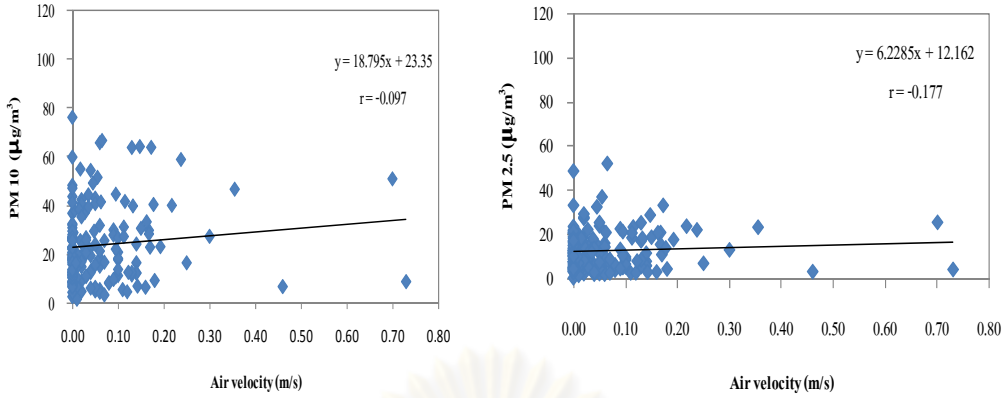
รูปที่ จ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ระบบปรับอากาศแบบแยก



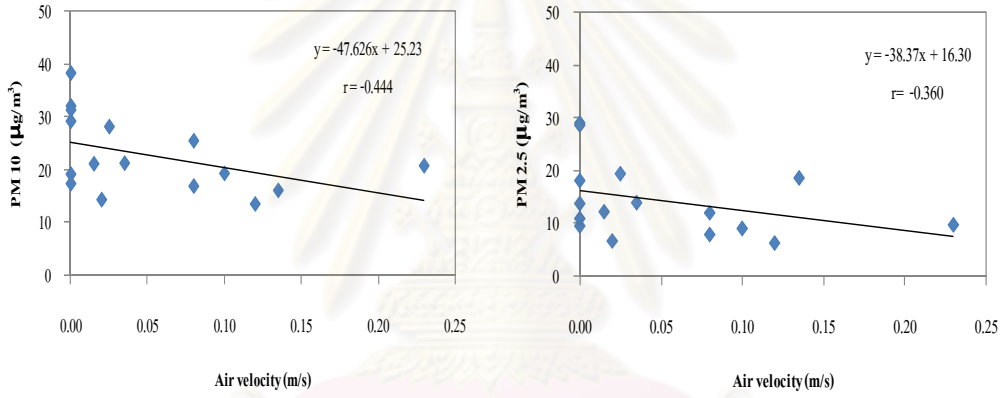
รูปที่ จ.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองความและหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม



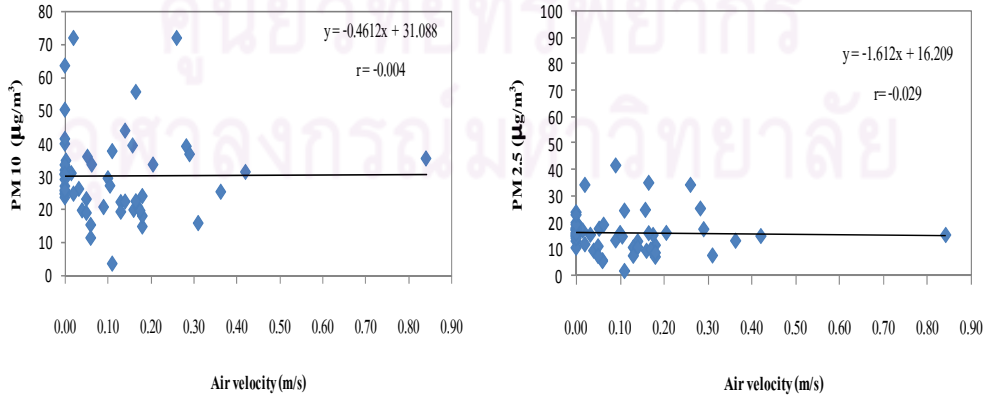
รูปที่ จ.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ



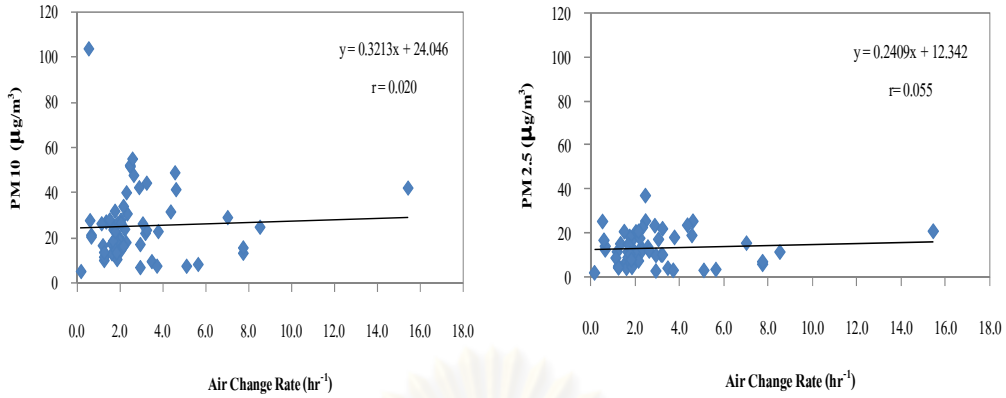
รูปที่ จ.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก



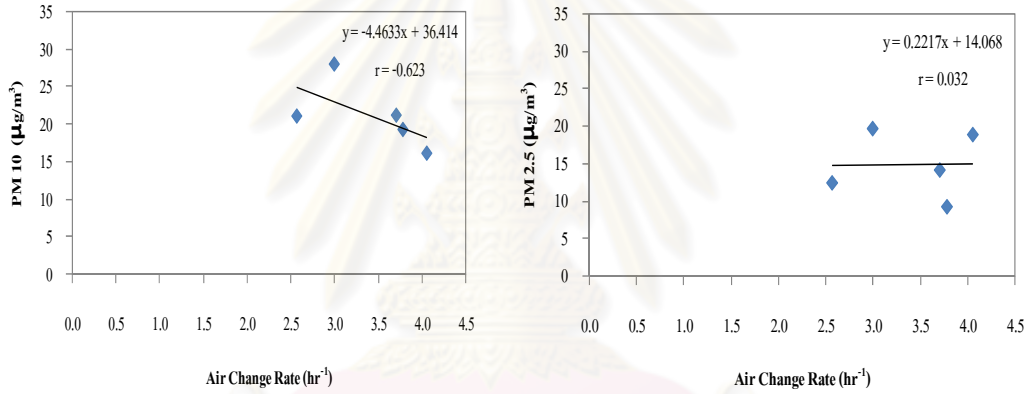
รูปที่ จ.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม



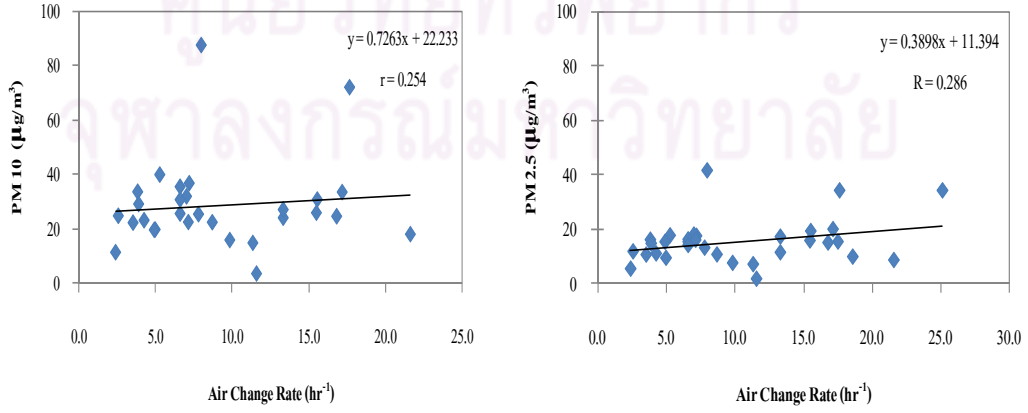
รูปที่ จ.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและความเร็วภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ



รูปที่ จ.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก



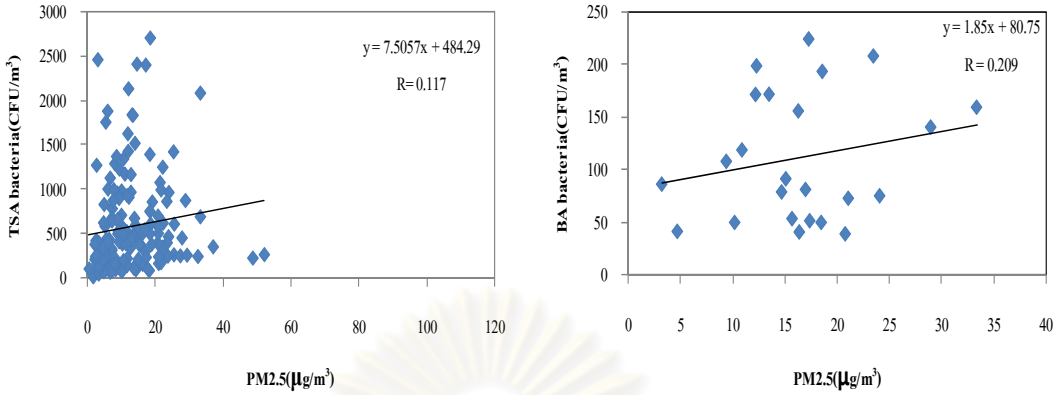
รูปที่ จ.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม



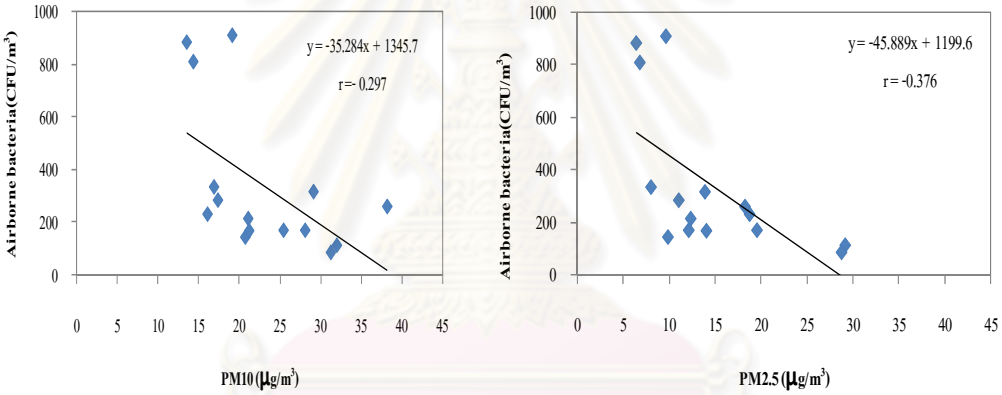
รูปที่ จ.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

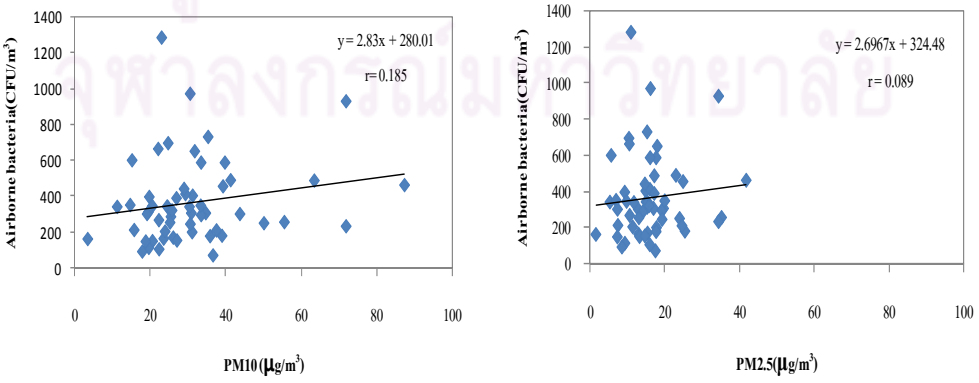
ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรีย



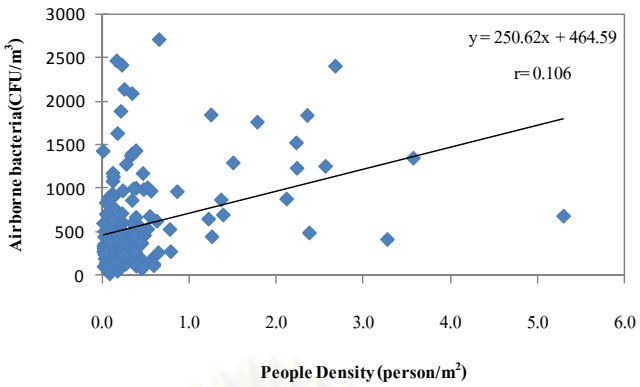
รูปที่ จ.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียและความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก



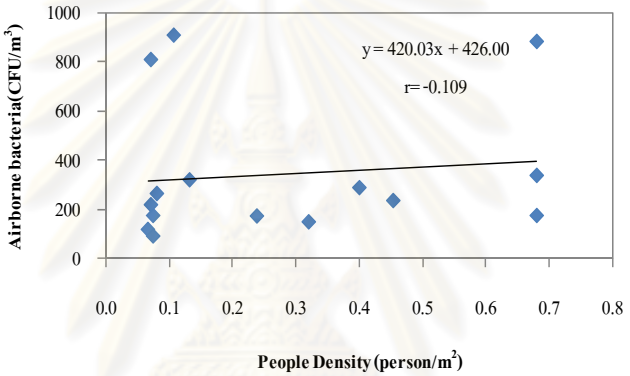
รูปที่ จ.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม



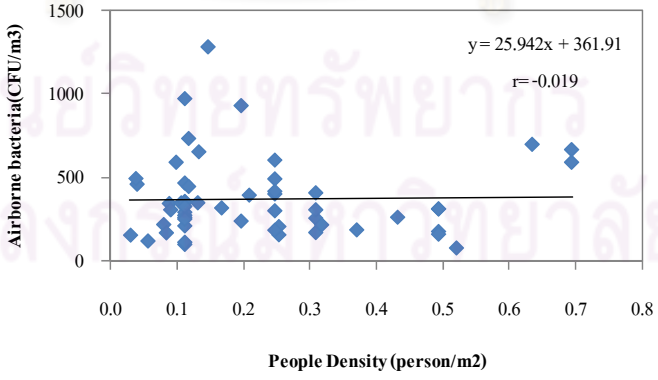
รูปที่ จ.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ



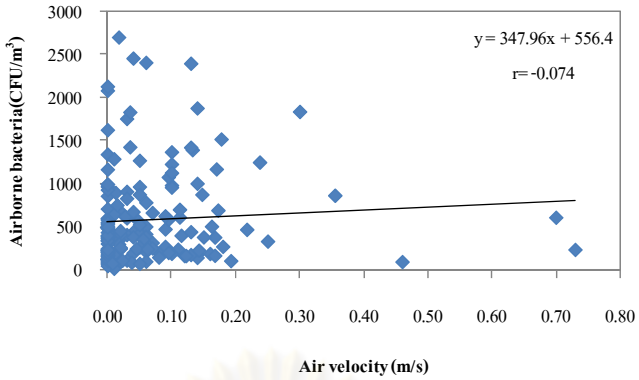
รูปที่ จ.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก



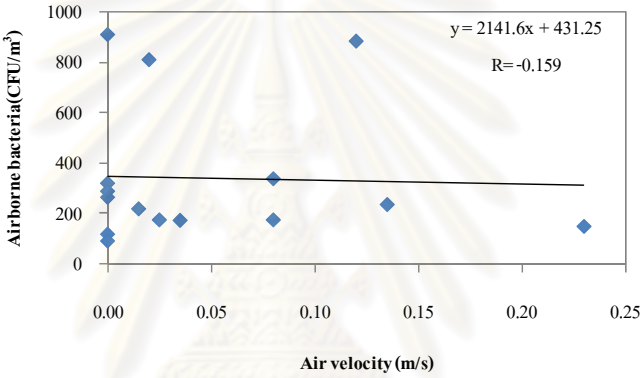
รูปที่ จ.14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม



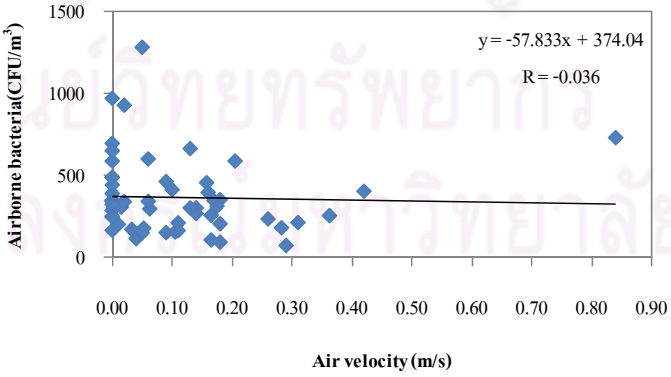
รูปที่ จ.15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความหนาแน่นของคนภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ



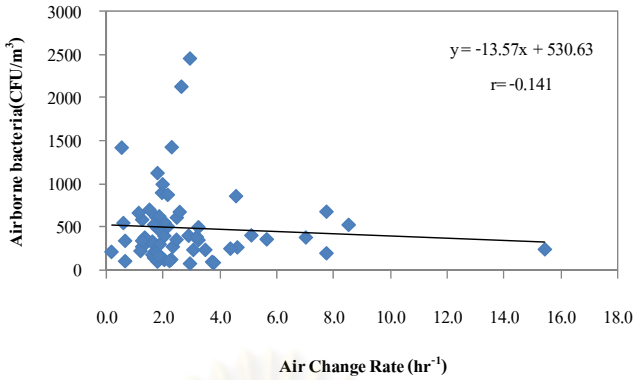
รูปที่ จ.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก



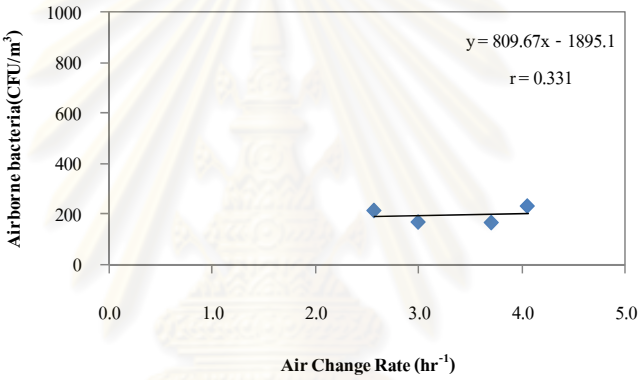
รูปที่ จ.17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความเร็วลมภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม



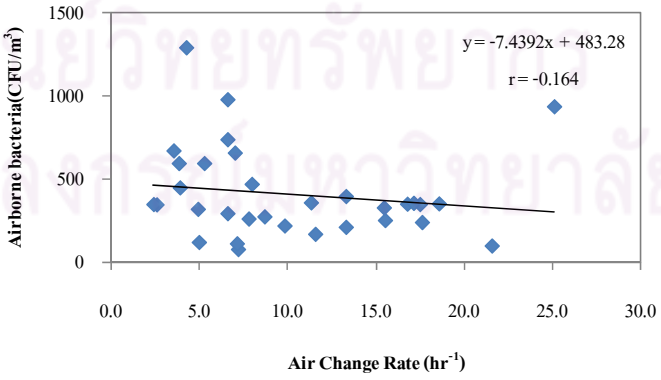
รูปที่ จ.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและความเร็วลมภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ



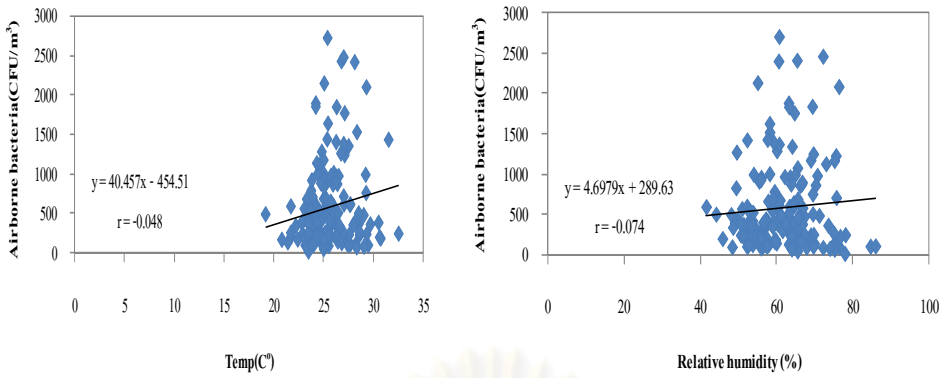
รูปที่ จ.19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก



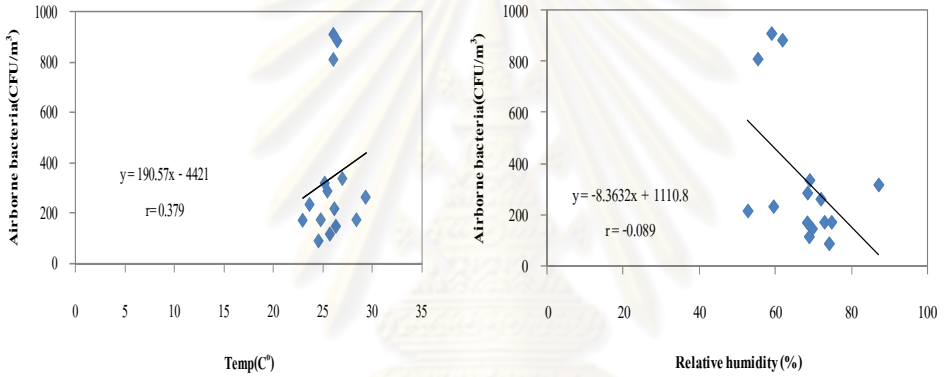
รูปที่ จ.20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม



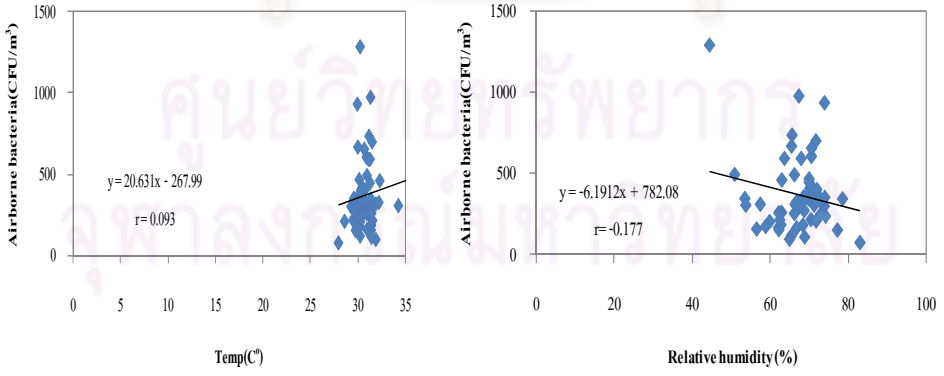
รูปที่ จ.21 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศและอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ



รูปที่ จ.22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยก



รูปที่ จ.23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวม



รูปที่ จ.24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ภายในห้องที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ

ภาคผนวก ฉ
อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ และการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ และการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

Tryptic soy Agar

ประกอบก้วย

Pancreatic Digest of Casein	15 กรัม
Papaic Digest of Soybean	5 กรัม
Sodium Chloride	5 กรัม

ชั่ง Tryptic soy Agar 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร นำไปทำลายเชื้อโดยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ สำหรับฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ด้วยอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้จนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เทลงในจานเลี้ยงเชื้อจานละ 20 – 25 มิลลิลิตร ปล่อยให้แข็งตัว คว่ำจานลง นำไปเก็บในตู้เย็น จนกว่าจะนำไปใช้

Blood Agar

ประกอบด้วย

Beef Heart Digest	10 กรัม
Pancreatic Digest of Casein	8 กรัม
Proteose Peptone	2 กรัม
Sodium Chloride	5 กรัม
Agar	15 กรัม

ชั่ง Blood Agar Base 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร นำไปทำลายเชื้อโดยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ สำหรับฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ด้วยอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้จนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เติมเลือด 50 มิลลิลิตร (ร้อยละ5 ของอาหารที่เตรียม) ผสมให้เข้ากัน เทลงในจานเลี้ยงเชื้อจานละ 20 – 25 มิลลิลิตร ปล่อยให้แข็งตัว คว่ำจานลง นำไปเก็บในตู้เย็น จนกว่าจะนำไปใช้

สารเคมีที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ Gram' s reagents)

1) สารละลายคริสตัลไวโอเลต (Crystal Violet Solution)

ละลายคริสตัลไวโอเลต	4.0	กรัม
น้ำกลั่นบริสุทธิ์	400	มิลลิลิตร

2) สารละลายแกรมไอโอดีน (Gram' Iodine Solution)

ไอโอดีนคริสตัล	10.0	กรัม
โปตัสเซียมไอโอดีน (KI)	0.5	กรัม
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	2.0	กรัม
น้ำกลั่นบริสุทธิ์	50	มิลลิลิตร

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำกลั่นช้าๆ เติมไอโอดีนคริสตัล และโปตัสเซียมไอโอดีน

3) สารละลายสีซาฟรานิน (Safranin O)

ซาฟรานิน	4.0	กรัม
น้ำกลั่นบริสุทธิ์	200	มิลลิลิตร

4) สารละลายแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธีรวงศ์ มีชื่น เกิดเมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดนครสวรรค์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาราชภัฏจันทรเกษม เมื่อปีการศึกษา 2547 และปริญญาสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาสุโขทัยธรรมาธิราช เมื่อปีการศึกษา 2550 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551

ธีรวงศ์ มีชื่น วงพันธ์ ลิมปเสนีย์ และวิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี. ความแปรปรวนของความเข้มข้นฝุ่นและปริมาณแบคทีเรียในอากาศกับการระบายอากาศและกิจกรรมภายในห้องของโรงพยาบาลกลาง (VARIABILITY OF PARTICULATE MATTER AND AIRBORNE BACTERIA WITH VENTILATION AND ROOM ACTIVITIES IN KLANG HOSPITAL). เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมและการจัดการสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 2. 18-19 มีนาคม 2553 ณ อาคารสถาบัน 2 ชั้น 2 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย