ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาล : กรณีศึกษาโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

วิทยานิพนธ์

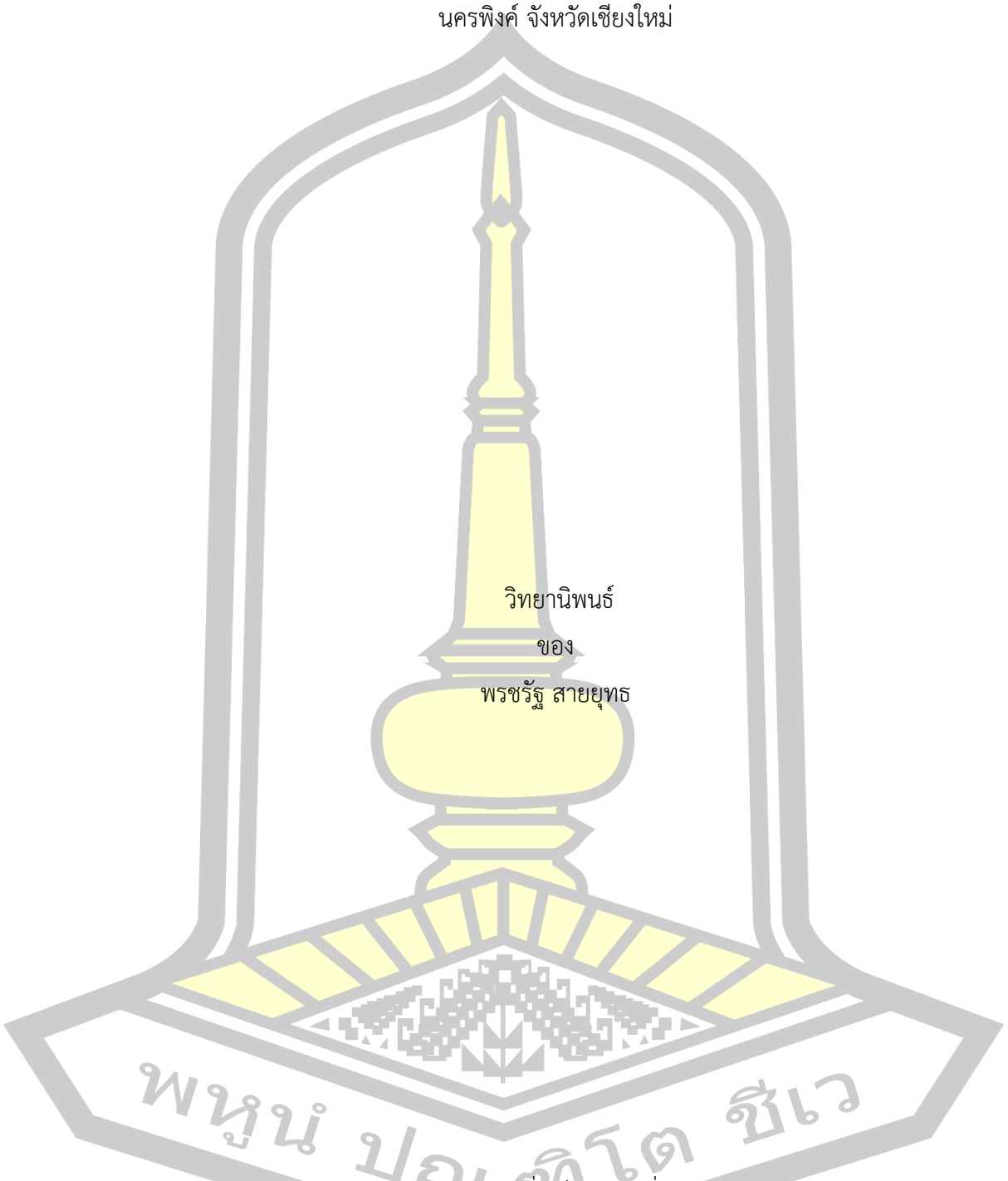
ของ

พรชรัฐ สายยุทธ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม)
พฤษภาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาล : กรณีศึกษาโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่



วิทยานิพนธ์

ของ

พรชรัฐ สายยุทธ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม)

พฤษภาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Quantity of Bioaerosol and Indoor Air Quality of Hospital : Case study of Nakornping hospital, Chiang Mai

Porncharat Saiyuth

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Public Health (Public Health (Environmental Health))

May 2019

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายพรชรัฐ สายยุทธ แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม) ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. ประชุมพร เลาห์ประเสริฐ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อ. ดร. กัลยา หาญพิชาญชัย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผศ. ดร. จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย)

.....กรรมการ
(อ. ดร. ภิญญาพัชญ์ ดุงโคกกรวด)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(อ. ดร. ชาญชัยณรงค์ ทรงคาศรี)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม) ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. วิทยา อยู่สุข)
คณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาล : กรณีศึกษาโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

ผู้วิจัย พรชรัฐ สายยุทธ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. กัลยา หาญพิชาญชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย

ปริญญา สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม)

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2562

บทคัดย่อ

จุลินทรีย์ในอากาศในโรงพยาบาลนั้นสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อทั้งจากเชื้อที่สามารถติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจและเชื้อฉวยโอกาสที่ปกติจะไม่ติดต่อเว้นแต่บุคคลจะอยู่ในสภาพที่อ่อนแอ การติดต่อของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลเกิดขึ้นได้ง่าย โรคติดเชื้อในโรงพยาบาลเป็นปัญหาสำคัญอันหนึ่งในระบบสาธารณสุขของทุกประเทศทั่วโลกรวมทั้งในประเทศไทย วิจัยนี้จึงทำการตรวจวิเคราะห์ศึกษาปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคารที่ปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศในจุดต่างๆ ของโรงพยาบาล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์กับคุณภาพอากาศในอาคาร การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional Analytical study) กลุ่มตัวอย่างคือ หอผู้ป่วยนอก หอผู้ป่วยใน ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน คลินิกวัณโรค และห้องทำงานของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ ด้วยเครื่องมือ Single Stage Impactor และ Indoor Air Quality Monitor วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิความสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient)

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณแบคทีเรียสูงที่สุด คือ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 614.69 CFU/m^3 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตาม Guide lines for Good Indoor Air Quality in Office Premises (1996) โดยกระทรวงสิ่งแวดล้อม ประเทศสิงคโปร์ กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ในบรรยากาศไว้ไม่เกิน 500 CFU/m^3 ช่วงเวลาเช้ามีปริมาณแบคทีเรียสูงกว่าช่วงบ่าย วันจันทร์เป็นวันที่พบปริมาณแบคทีเรียมากกว่าวันพุธและวันศุกร์ ตำแหน่งที่พบปริมาณแบคทีเรียสูงสุดคือ ตำแหน่งช่องทางอากาศ ส่วนปริมาณเชื้อราพบสูงที่สุด คือ หอผู้ป่วยนอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 650.06 CFU/m^3 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และช่วงเวลาเช้ามีปริมาณเชื้อราสูงกว่าช่วงบ่าย วันพุธเป็นวันที่

พบปริมาณเชื้อรามากกว่าวันจันทร์และวันศุกร์ ตำแหน่งที่พบปริมาณแบคทีเรียสูงสุดคือ ตำแหน่งช่องทางอากาศ ส่วนคุณภาพอากาศในอาคาร ปริมาณแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศแบบแปรผกผันในระดับต่ำ ($r = -0.291$, p-value < 0.05) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันกับปริมาณแบคทีเรียในระดับปานกลาง ($r = 0.353$, p-value < 0.05) ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณออกซิเจนมีความสัมพันธ์กับปริมาณแบคทีเรียที่พบแบบแปรตามกันในระดับต่ำ $r = 0.178$ และ 0.155 , p-value < 0.05 ตามลำดับ ปริมาณเชื้อรามีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์แบบแปรตามกันในระดับปานกลาง ($r = 0.465$, p-value < 0.05) ส่วนคุณภาพอากาศในพารามิเตอร์อื่นๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อราที่พบในระดับต่ำแต่ในรูปแบบแปรผกผันกัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน เท่ากับ $r = -0.234$, -0.195, และ -0.107, p-value < 0.05 ตามลำดับ

จากการศึกษาพบว่าปริมาณเชื้อราและแบคทีเรียมีปริมาณเกินมาตรฐานในหลายจุด ควรมีปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมในการทำงาน โดยเฉพาะเรื่องของคุณภาพอากาศในอาคารโดยมีการกำกับ ดูแลเรื่องความสะอาดภายในอาคาร ระบบระบายอากาศ มีการตรวจเฝ้าระวังปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาลเป็นระยะควบคู่กับการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศ เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อโรคในโรงพยาบาลต่อไป

คำสำคัญ : เชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ, คุณภาพอากาศในอาคาร

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

TITLE Quantity of Bioaerosol and Indoor Air Quality of Hospital : Case study of Nakornping hospital, Chiang Mai

AUTHOR Porncharat Saiyuth

ADVISORS Kallaya Harnpicharnchai , Ph.D.
Assistant Professor Jindawan Wibuloutai , Ph.D.

DEGREE Master of Public Health **MAJOR** Public Health (Environmental Health)

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2019

ABSTRACT

Bioaerosal in hospitals can cause infections from people to people through the respiratory system and opportunistic infections that were normally not contagious unless the person was in a weak condition. Contact of infectious diseases in the hospital was easy. Nosocomial infection were one of the major problems in the health systems of all countries around the world, including Thailand. This research studied the amount of microorganisms and indoor air quality contaminated in the atmosphere at various points of the hospital. The objective was to study the amount of microorganisms and indoor air quality in the hospital and to study the relationship between the amount of microorganisms and indoor air quality. This research was a cross-sectional analytical study. A sample was the outpatient department, inpatient department, emergency room, tuberculosis clinic, and the office of Nakornping hospital, Chiangmai. Use Single Stage Impactor and Indoor Air Quality Monitor tools. Data analyzed using descriptive statistics and Pearson correlation coefficient.

The study indicated that the highest amount of bacteria was the emergency room. with an average of 614.69 CFU/m^3 which does not pass the standard criteria to the Guide lines for Good Indoor Air Quality (1996) by Institute of Environmental Epidemiology Ministry of the Environment Singapore set the amount of Bioaerosal to not exceed 500 CFU/m^3. During the morning, the amount of bacteria is

higher than the afternoon. Monday was the day when bacteria were found more than Wednesday and Friday. The position that found the highest bacteria amount was air inlet position. The highest amount of fungus was found in the outpatient department with an average of 650.06 CFU/m^3 which does not pass the standard criteria. During the morning, the amount of fungus was higher than the afternoon. Wednesday was the day that the fungus is found more than Monday and Friday. The position that found the highest bacteria amount was air inlet position. Indoor air quality, Temperature was negative correlated with the low level of bacteria. ($r = -0.291$, p-value < 0.05) Carbon dioxide was positive correlated with the medium level of bacteria. ($r = 0.353$, p-value < 0.05) Relative humidity and Oxygen were positive correlated with the low level of bacteria ($r = 0.178$, 0.155 respectively, p-value < 0.05) Relative humidity was positive correlated with the medium level of fungus. ($r = 0.465$, p-value < 0.05) Oxygen, Carbon dioxide, Temperatures were negative correlated with the low level of fungus. ($r = -0.234$, -0.146, -0.107 respectively, p-value < 0.05)

It was recommended that a change in the working environment. Especially in the areas of indoor air quality with supervision of indoor cleanliness, ventilation. There is periodic monitoring of microbial counts and indoor air quality in hospital, along with collecting dust samples in the air to prevent further pathogens in hospitals.

Keyword : Bioaerosal, Indoor Air Quality

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.กัลยา หาญพิชาญชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ เค้าโครงวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณอาจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ทุกท่านที่ได้สอนวิชาความรู้ทั้งภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ ตลอดจนให้แนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณหัวหน้าห้องปฏิบัติการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 เชียงใหม่ ที่ให้คำแนะนำในการตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์และแนวทางในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณ ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 เชียงใหม่ และเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ที่ได้ให้ข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อการทำวิจัย ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลและให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี และเพื่อนนิสิตสาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ร่วมแลกเปลี่ยนความรู้ต่างๆ ตลอดจนการศึกษาขอขอบคุณภรรยา ครอบครัว เพื่อนร่วมงาน ที่ช่วยสนับสนุน อำนวยความสะดวกและให้กำลังใจอย่างดียิ่งในการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายผลอันเป็นประโยชน์ ความดีความงามทั้งปวงที่เกิดขึ้นจากการศึกษาวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ขอมอบแด่คุณพ่อและคุณแม่ที่เคารพยิ่ง

พรชรัฐ สายยุทธ

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ซ

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ภูมิหลัง 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตและข้อจำกัดของการวิจัย 3

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ 4

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 5

บทที่ 2 ปริทัศน์เอกสารข้อมูล 6

2.1 การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ 6

2.2 จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค 8

2.3 โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล (Nosocomial infection) 10

2.4 จุลินทรีย์ในอากาศ 15

2.5 วิธีการเก็บตัวอย่างจุลชีพ 22

2.6 ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ 25

2.7 มาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ 27

2.8 มาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคาร 29

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30
2.10 กรอบแนวคิดในการวิจัย 33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 34
3.1 รูปแบบการวิจัย 34
3.2 ประชากรและตัวอย่าง 34
3.3 สารเคมีที่ใช้ 35
3.4 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 35
3.5 เครื่องมือ 37
3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล 39
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 43
3.8 ระยะเวลาในการทำวิจัย 43
3.9 สถานที่ทำการทดลอง 43
บทที่ 4 ผลการวิจัย 43
4.1 ลักษณะทั่วไปของโรงพยาบาล 43
4.2 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 44
4.3 คุณภาพอากาศในอาคาร 52
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคาร 60
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล 63
5.1 สรุปผลการวิจัย 63
5.2 อภิปรายผล 64
5.3 ข้อเสนอแนะ 67
บรรณานุกรม 69
ภาคผนวก 74
ประวัติผู้เขียน 78

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลกระทบของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ 19

ตารางที่ 2 ตารางมาตรฐานของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศในแต่ละสถาบัน 28

ตารางที่ 3 ตารางมาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคารแต่ละสถาบัน 29

ตารางที่ 4 แสดงสถานที่และจำนวนเพลตที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างใน 1 สัปดาห์ 41

ตารางที่ 5 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเฉลี่ยจำแนกตามสถานที่ปฏิบัติงาน 45

ตารางที่ 6 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจำแนกตามช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่าง 47

ตารางที่ 7 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจำแนกตามวันของการเก็บตัวอย่าง 50

ตารางที่ 8 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจำแนกตามจุดของการเก็บตัวอย่าง 50

ตารางที่ 9 ค่าการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามสถานที่ 53

ตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างปริมาณแบคทีเรียกับคุณภาพอากาศในอาคาร (n=180) 61

ตารางที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างปริมาณเชื้อรากับคุณภาพอากาศในอาคาร (n=180) 62

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อในโรงพยาบาล 12
ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย 33
ภาพที่ 3 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ZEFON Single Stage Impactor 38
ภาพที่ 4 เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร 38
ภาพที่ 5 ร้อยละของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 45
ภาพที่ 6 ร้อยละของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามสถานที่ 46
ภาพที่ 7 ร้อยละของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามช่วงเวลา 48
ภาพที่ 8 แผนภูมิแสดงคุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามวันที่เก็บตัวอย่าง 51
ภาพที่ 9 ร้อยละของปริมาณจุลินทรีย์ที่ผ่านมาตรฐานจำแนกตามตำแหน่งเก็บตัวอย่าง 52
ภาพที่ 10 ร้อยละการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามสถานที่ 54
ภาพที่ 11 แผนภูมิแสดงคุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามวันที่เก็บตัวอย่าง 55
ภาพที่ 12 ร้อยละการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตาม
วันที่เก็บตัวอย่าง 56
ภาพที่ 13 แผนภูมิแสดงคุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามช่วงเวลา 57
ภาพที่ 14 ร้อยละการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามช่วงเวลา 58
ภาพที่ 15 แผนภูมิแสดงคุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตำแหน่งเก็บตัวอย่าง 59
ภาพที่ 16 ร้อยละการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามตำแหน่ง 60

พหุน ปณ ฑิโต ชิเ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ภูมิหลัง

โรงพยาบาลเป็นสถานบริการทางสาธารณสุขที่เป็นแหล่งรวมของผู้รับบริการโดยเฉพาะผู้รับบริการที่เจ็บป่วยต้องเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลนั้นเป็นโรคต่างๆ มากมายทั้งที่เป็นโรคติดเชื้อและโรคไม่ติดเชื้อผู้ป่วยที่มาเข้ารับการรักษามักเป็นโรครุนแรงและต้องใช้การรักษาที่ซับซ้อน การติดเชื้อในโรงพยาบาลจึงทำให้ผู้ป่วยมีโรคเพิ่มขึ้นผู้ป่วยที่ติดเชื้อแทรกซ้อนหลายโรคจะมีอัตราการเสียชีวิตมากขึ้นและมีผลทำให้โรคเดิมของผู้ป่วยหายช้าลงหรือทำให้ผลการรักษาไม่ดีเท่าที่ควรจึงทำให้เกิดการติดเชื้อในโรงพยาบาลได้ (nosocomial infection) การแพร่กระจายเชื้อของเชื้อก่อโรคแต่ละวิถีทางมีความสำคัญในการระบาดของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลซึ่งสามารถเกิดขึ้นในทุกระบบของร่างกาย จุลินทรีย์ในอากาศนั้นสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อทั้งจากเชื้อที่สามารถติดต่อจากคนสู่คนทางระบบทางเดินหายใจ (communicable respiratory pathogens) และเชื้อฉวยโอกาสที่ปกติจะไม่ติดต่อเว้นแต่บุคคลจะอยู่ในสภาพที่อ่อนแอ (primary nosocomial) การติดต่อของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลเกิดขึ้นได้ง่ายเนื่องจากในอากาศจะมีเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ปนเปื้อนอยู่ ได้แก่ เชื้อ แบคทีเรีย เชื้อรา เชื้อไวรัสต่าง ๆ มากมาย (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, 2553) จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคที่พบแพร่ระบาดในอากาศส่วนมากมาจากระบบทางเดินหายใจมากที่สุด โรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจนอกจากจะติดต่อได้โดยการสัมผัสกับผู้ป่วยโดยตรงด้วยการไอหรือจามแล้ว ยังสามารถติดต่อได้ทางอ้อมด้วยการหายใจนำเชื้อที่ปะปนในอากาศเข้าสู่ร่างกาย การติดเชื้อในลักษณะนี้เรียกว่า droplet infection จึงก่อให้เกิดการติดเชื้อโดยตรงกับผู้เกี่ยวข้องทุกระดับทั้งผู้ป่วย บุคลากรทางการแพทย์ สถานพยาบาล รวมถึงชุมชนและประเทศชาติ

โรคติดเชื้อในโรงพยาบาลนับเป็นปัญหาสำคัญอันหนึ่งในระบบสาธารณสุขของทุกประเทศทั่วโลก รวมทั้งในประเทศไทยที่ปัญหาการติดเชื้อที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาลยังเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาลทุกขนาด ทั้งนี้ในแต่ละปีจะมีผู้ป่วยจำนวนมากที่เกิดการติดเชื้อขึ้นระหว่างเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลส่งผลให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตของผู้ป่วยครอบครัว รวมถึงงบประมาณในระบบบริการสุขภาพโดยรวมของประเทศ ซึ่งนับเป็นมูลค่ามหาศาล (ภูริทัต เมืองบุญ และอนุชา อภิสารธนรักษ์, 2550) ดังนั้นการควบคุมโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล (infection control) จึงเป็นมาตรการสำคัญอย่างยิ่งสำหรับโรงพยาบาลทุกระดับและทุกแห่ง ที่จะนำมาปฏิบัติเพื่อลดอัตราการ

ติดเชื้อในโรงพยาบาล ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อในโรงพยาบาลได้แก่ เชื้อโรค คน และสิ่งแวดล้อม (สมหวัง ด่านชัยวิจิตร, 2539) สถิติการติดเชื้อในโรงพยาบาลศูนย์ โรงพยาบาลทั่วไป มีสถิติการติดเชื้อในโรงพยาบาลสูงถึง 155,725 ครั้งต่อปี ซึ่งสูงกว่าโรงพยาบาลชุมชน โรงพยาบาลของมหาวิทยาลัยและโรงพยาบาลเอกชนที่มีจำนวนสถิติการติดเชื้อในโรงพยาบาลเท่ากับ 64,143, 24,480 และ 24,280 ครั้งต่อปี ตามลำดับ (กรมควบคุมโรค, 2553) อย่างไรก็ตามการนำมาตรการป้องกันและควบคุมโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลของประเทศไทย มีขอบเขตค่อนข้างจำกัดและประสบปัญหาด้านการจัดการโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลอย่างเป็นรูปธรรม ส่งผลให้อัตราการติดเชื้อในโรงพยาบาลยังมีอัตราค่อนข้างสูง

โรงพยาบาลนครพิงค์ เป็นโรงพยาบาลศูนย์ขนาดใหญ่มีอัตราการใช้บริการผู้ป่วยนอกสูงสุดในจังหวัดและมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกๆ ปี จากสถิติอัตราการใช้บริการผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลนครพิงค์ ปี 2558-2560 พบว่ามีจำนวน 369,652 , 437,717, 516,960 คนต่อปีตามลำดับ และอัตราตายผู้ป่วยติดเชื้อในกระแสเลือดแบบรุนแรงชนิด hospital-acquired ปีงบประมาณ 2561 สูงถึงร้อยละ 51.47 ซึ่งสูงกว่าอัตราตายผู้ป่วยติดเชื้อในระดับประเทศที่ร้อยละ 45.44 (Health Data Center : HDC กระทรวงสาธารณสุข, 2561)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจจะศึกษาปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศในสถานที่ปฏิบัติงานที่ต่างกัน รวมถึงคุณภาพอากาศในอาคาร ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจะเป็นแนวทางให้โรงพยาบาลได้กำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ เช่น การจัดระบบระบายอากาศ การดูแลรักษาความสะอาดภายในสถานที่ปฏิบัติงานและอุปกรณ์ต่างๆ ภายในโรงพยาบาล เพื่อลดโอกาสการสัมผัสจุลินทรีย์ในอากาศ โดยทำการตรวจวิเคราะห์ศึกษาปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศในจุดต่างๆ ของโรงพยาบาล

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 วัตถุประสงค์ทั่วไป

ศึกษาปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคารในบรรยากาศของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

1.2.2 วัตถุประสงค์เฉพาะ

1.2.2.1 ศึกษาปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศในโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

1.2.2.2 ศึกษาปริมาณของเชื้อราในอากาศในโรงพยาบาลโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

1.2.2.3 เปรียบเทียบปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศในโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

1.2.2.4 เปรียบเทียบระดับคุณภาพอากาศในอาคารในโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

1.2.2.5 ศึกษาปัจจัยที่อาจส่งผลต่อริมาณของเชื้อจุลิทรีย์ในอากาศ เช่น ช่วงเวลา จำนวนผู้เข้ารับบริการ ลักษณะการทำงาน การระบายอากาศ เป็นต้น

1.2.2.6 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์กับคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

1.3 ขอบเขตและข้อจำกัดของการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศและคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

1.3.1 ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในอาคารจากสถานที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของจุลินทรีย์ในบรรยากาศและคุณภาพอากาศในอาคาร ในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างทั้งหมดด้วยตนเอง

1.3.2 การทำวิจัยครั้งนี้ ศึกษาในช่วงเดือนธันวาคม 2561 ถึง มีนาคม 2562

1.3.3 ตรวจวิเคราะห์ปริมาณของจุลินทรีย์ในบรรยากาศ โดยใช้ห้องปฏิบัติการของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่

1.3.4 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาล โดยใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่

1.3.5 ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณของจุลินทรีย์ในบรรยากาศและคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นข้อมูลช่วงที่ทำการศึกษาเท่านั้น

1.3.6 ศึกษาเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรีย เชื้อรา โดยใช้เครื่องมือ Single Stage Impactor เก็บตัวอย่างอากาศ มีการทำ field blank เพื่อตรวจสอบอาหารเลี้ยงเชื้อว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อนทำการเก็บตัวอย่างและระหว่างการขนส่งตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการหรือมีการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารขณะเก็บตัวอย่างอากาศประกอบด้วย โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคาร (Indoor Air Quality : IAQ)

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 เชื้อจุลินทรีย์ หมายถึง เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ และตรวจพบในบรรยากาศของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

1.4.2 เชื้อแบคทีเรีย หมายถึง จุลชีพหรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมาก มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า มีโครงสร้างเซลล์ที่ไม่ซับซ้อนมาก มีทั้งชนิดที่ไม่ก่อให้เกิดโรค และก่อให้เกิดโรค ในที่นี้หมายถึง แบคทีเรียที่ก่อโรคที่สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Blood agar ได้แก่ *Bacillus spp. , Staphylococcus spp., Acinetobacter spp., Steptpcoccus spp., Diphtheroid spp., Micrococcus spp.* เป็นต้น

1.4.3 เชื้อรา หมายถึง จุลชีพชนิดยูคาลิโอท (Eukaryotic microorganism) ที่มีเซลล์ขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ราสายหรือโมลด์ (Mold) และราเซลล์เดียวหรือยีสต์ (Yeast) ในที่นี้หมายถึงเชื้อราที่สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud Dextrose Agar (SDA) ได้แก่ *Aspergillus spp.* และ *Fusarium spp.*

1.4.4 Control หมายถึง การเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการให้บริการผู้ป่วยว่ามีปริมาณเชื้อแตกต่างจากส่วนที่ให้บริการของโรงพยาบาลอย่างไร ในที่นี้ใช้การเก็บตัวอย่างใน ห้องทำงานบริหารทั่วไปเป็นจุดควบคุม (Control)

1.4.5 Field Blank หมายถึง การเก็บตัวอย่างเหมือนที่เก็บตัวอย่างในจุดต่างๆ ของโรงพยาบาลทุก ประการ แต่ไม่มีการเปิดเครื่องดูดอากาศ Single Stage Impactor เพื่อตรวจสอบดูว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในขณะที่ทำการขนส่งจากแหล่งเก็บตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการหรือไม่

1.4.6 โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล หมายถึง โรคติดเชื้อที่เกิดขึ้นหลังจากผู้ป่วยเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล โดยผู้ป่วยอาจแสดงอาการขณะอยู่โรงพยาบาล หรือออกจากโรงพยาบาลแล้วก็ได้ เชื้อที่เป็นสาเหตุอาจเป็นจุลชีพที่ไม่ทำให้เกิดโรคในคนปกติแต่จะสามารถก่อโรคได้เฉพาะผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำเท่านั้น โดยเรียกจุลชีพเหล่านี้ว่า เชื้อฉวยโอกาส (Opportunistic organism)

1.4.7 คุณภาพอากาศในอาคาร (Indoor Air Quality : IAQ) หมายถึง สภาวะการที่อากาศภายในอาคารที่อาจไม่มีสิ่งเจือปนหรือมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณที่อาจจะทำหรือไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ หรือสิ่งแวดล้อมโดยรอบบริเวณอาคาร ในที่นี้หมายถึง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณออกซิเจน ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ทราบถึงปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศในโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

1.5.2 ทราบถึงคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

1.5.3 ทราบถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศ

1.5.4 เป็นข้อมูลเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการระบายอากาศและการดูแลรักษาความสะอาดในจุดบริการต่างๆ ของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในบรรยากาศของโรงพยาบาลในจังหวัดเชียงใหม่ ได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย โดยมีสาระสำคัญดังนี้

2.1 การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ

2.2 จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค

2.3 โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล (Nosocomial infection)

2.4 จุลินทรีย์ในอากาศ

2.5 วิธีการเก็บตัวอย่างจุลชีพ

2.6 ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.7 มาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

2.8 มาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคาร

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ที่พบในอากาศจะมีชนิดและปริมาณแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการแพร่กระจายของฝุ่นละออง ในสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมสูงจะมีปริมาณแบคทีเรียมากกว่าสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมต่ำกว่า อากาศในห้องที่มีฝุ่นละอองหรือห้องที่สกปรกจะมีจุลินทรีย์มากกว่าอากาศในห้องที่สะอาด และอากาศบริเวณที่เพาะปลูกจะมีจุลินทรีย์มากกว่าอากาศบริเวณที่ไม่มีการเพาะปลูกและเป็นโคลนตม (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534) แบคทีเรียในอากาศที่พบจะมาจาก

1. พื้นผิวดิน จัดเป็นแหล่งใหญ่ที่สุดของแบคทีเรียในอากาศ ทั้งนี้รวมทั้งพื้นผิวอื่นๆ เช่น อาคาร บ้านเรือน โรงงาน ฯลฯ แบคทีเรียจะเกาะติดกับฝุ่นละอองที่ปลิวฟุ้งขึ้นไปจากพื้นผิวเหล่านี้ ฉะนั้นในที่มีฝุ่นละอองมากจึงมีแบคทีเรียมากกว่าในที่มีฝุ่นละอองน้อย

2. จากร่างกายของคนและสัตว์ต่างๆ โดยเฉพาะคน โดยออกมากับการหายใจ การไอ จาม และการพูดคุย หยดเล็กๆ ของน้ำมูก น้ำลาย และเสมหะจะปลิวฟุ้งอยู่ในอากาศและอาจจะระเหยเป็นละอองเล็กๆ ซึ่งเรียกว่า droplet nuclei ในที่ที่มีผู้คนหนาแน่น จึงมีแบคทีเรียในอากาศมากกว่า

ธรรมดา ซึ่งถ้าละอองเหล่านั้นออกมาจากผู้ป่วยด้วยโรคของระบบทางเดินหายใจ ก็จะทำให้เชื้อโรคเหล่านั้นแพร่กระจายไปในอากาศ

3. จากการแตกตัวของฟองอากาศ ในชั้นผิวน้ำที่มีแบคทีเรียอยู่ หรือ microlayer ที่มีความหนาน้อยกว่า 1/10 มิลลิเมตร การแตกของฟองอากาศทำให้เกิดละอองของน้ำในชั้นนี้กระเด็นขึ้นมาเหนือผิวน้ำและถูกกระแสลมพัดพาไป

4. จากการกระทำต่างๆ ของคน เช่น การใช้ sewage effluent รดน้ำพืชโดย sprinkler การกำจัดน้ำเสียโดยวิธี trickling filter จากน้ำหล่อเย็น (cooling water) ซึ่งจะถูกลมพัดให้เป็นละอองเล็กๆ กระจายไป การกระทำบางอย่างภายในอาคารจะเป็นการเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียในอากาศได้ เช่น การปัดกวาด การใช้พัดลมการสลัดผ้าปูที่นอนในขณะจัดที่นอน เป็นต้น (ทวี จิตไมตรี, 2529)

แบคทีเรียในอากาศที่มาจากแหล่งต่างๆ กัน จะอยู่ในอากาศได้นานและแพร่กระจายออกไปไกลมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

1. ขนาดของอนุภาคหรือฝุ่นละอองที่แบคทีเรียเกาะติดอยู่ ถ้าขนาดเล็กและเบาจะสามารถล่องลอยอยู่ในอากาศได้นาน และไปได้ไกล จากการทดลองพบว่าแบคทีเรียที่ติดไปกับฝุ่นละอองสามารถพบได้ในทะเลห่างจากฝั่งออกไปเป็นระยะทางหลายร้อยกิโลเมตร และพบได้ในอากาศที่มีความสูงนับพันเมตร จากการถูกกระแสลมพัดพาไป (ทวี จิตไมตรี, 2529) สปอร์ของราที่พบทั่วไปบนพื้นดินจะพบได้ในอากาศเหนือทะเลที่ห่างจากแผ่นดินใหญ่ถึง 643.6 กิโลเมตร หรือ 400 ไมล์ หรือสปอร์ของราจากผิวหน้าดินจะพบในอากาศเหนือพื้นดินในระดับสูงถึง 10,000 ฟุต (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534)

2. สภาพของดินฟ้าอากาศ เช่น ความชื้น แสงแดด อุณหภูมิ ประเทศในเขตร้อนมีการระบาดของโรคติดเชื้อที่มีสาเหตุจาก Bacteria มากกว่าประเทศในเขตอื่นๆ เนื่องจากอุณหภูมิในเขตร้อนเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิช่วง 35 °C - 37 °C (โชติชนะ วิลัยลักษณคณา, 2534) ซึ่งประเทศไทยก็เป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อน ในจังหวัดเชียงใหม่อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 25.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.2 องศาเซลเซียส (สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560) ซึ่งใกล้เคียงกับช่วงอุณหภูมิที่เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดี แต่อย่างไรก็ตามกระแสลมฝน เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้แบคทีเรียในอากาศตกสู่พื้น และในแสงแดดยังมีแสง UV ซึ่งจะทำลายแบคทีเรียได้ รวมถึงทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นจนถึงระดับที่ทำให้แบคทีเรียบางชนิดตายได้

3. ชนิดของแบคทีเรีย แบคทีเรียบางชนิดทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ในอากาศได้ดี โดยเฉพาะพวกที่มีสปอร์ นอกจากนี้ชนิดของแบคทีเรียในอากาศยังแตกต่างกันไปตามสถานที่และฤดูกาลด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โรคของระบบทางเดินหายใจบางโรค เกิดมากเฉพาะในฤดูใด

ฤดูหนึ่ง ตามปกติแล้วอากาศบริเวณเหนือพื้นดินในเขตร้อนจะพบแบคทีเรียรูปท่อนแกรมลบและแบคทีเรียรูปท่อนแกรมบวกที่เป็น pleomorphic มากกว่าแบคทีเรียที่สร้างสปอร์และ micrococci ส่วนอากาศจากบริเวณมหาสมุทรอาร์กติกจะพบแบคทีเรียในลักษณะที่ตรงข้ามกัน (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534) จุลินทรีย์ที่พบได้น้อยในอากาศ ได้แก่ ยีสต์ โปรโตซัวและสาหร่าย ส่วนเชื้อรา และแบคทีเรียนั้นพบได้มากในอากาศโดยอยู่ในรูปของสปอร์ในสกุล *Alternaria*, *Hormodendrum*, *Penicillium* และ *Aspergillus* (Anderson and Sobieski, 1980)

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคที่พบแพร่ระบาดในอากาศส่วนมากมาจากระบบทางเดินหายใจมากที่สุด โรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจนอกจากจะติดต่อได้โดยการสัมผัสกับผู้ป่วยโดยตรงด้วยการไอหรือจามแล้ว ยังสามารถติดต่อได้ทางอ้อมด้วยการหายใจนำเชื้อที่ปะปนในอากาศเข้าสู่ร่างกาย การติดเชื้อในลักษณะนี้เรียกว่า droplet infection จึงก่อให้เกิดการติดเชื้อกับผู้ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้ง่าย โดยหลุยส์ ปาสเตอร์ เป็นคนแรกที่ได้ทดลองให้เห็นว่าในอากาศมีแบคทีเรียปะปนอยู่ด้วย และต่อมาในปี ค.ศ. 1867 โจเซฟ ลิสเตอร์ ได้เป็นผู้ริเริ่มนำกรดคาร์บอลิคหรือฟีนอลมาฉีดพ่นในห้องผ่าตัดเพื่อทำลายจุลินทรีย์ต่างๆ เป็นการช่วยลดปัญหาการติดเชื้อให้กับผู้ป่วย (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534)

2.2 จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค

2.2.1 กลุ่มแบคทีเรีย Gram positive cocci (แบคทีเรียแกรมบวกทรงกลม)

แบคทีเรียแกรมบวกทรงกลมที่พบได้บ่อย ได้แก่ *Staphylococcus* มีลักษณะเป็นรูปทรงกลมติดกันคล้ายพวงองุ่น เป็นเชื้อที่มีความสำคัญทางการแพทย์ เชื้อจะก่อให้เกิดโรคติดเชื้อที่มีลักษณะของการอักเสบแบบมีหนอง เช่น ก่อให้เกิดฝีตามผิวหนัง เยื่อหุ้มสมองอักเสบ ปอดอักเสบหนองในช่องเยื่อหุ้มปอด ข้ออักเสบ เป็นต้น แหล่งแพร่เชื้อ *Staphylococcus* ที่สำคัญส่วนมากมาจากแผลของผู้ป่วยจากทางเดินหายใจ ภาชนะ สิ่งของเครื่องใช้ รวมทั้งเสื้อผ้าของผู้ป่วย การแพร่กระจายของเชื้อในอากาศก็มีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงพยาบาลที่มีบุคลากรและผู้ป่วยเป็นจำนวนมากจะพบเชื้อ *Staphylococcus* กระจายอยู่โดยทั่วไป (สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูนศิริ, 2527) นอกจากนี้ยังพบ *Streptococcus* ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงกลมหรือทรงรีอยู่เป็นสาย เป็นเชื้อก่อโรคที่สำคัญในระบบทางเดินหายใจ และลามไปยังส่วนอื่นๆ เช่น ปอดและหูส่วนกลาง เป็นต้น ทำให้เกิดการอักเสบทั้งที่มีหนองและไม่มีหนอง รวมทั้งอาจทำให้เกิดเยื่อหุ้มสมองอักเสบ และปอดบวมได้ เป็นต้น (จุณจันทน์ วิลัยลักษณคณา, 2538; ดวงพร คันธโชติ, 2537)

2.2.2 กลุ่มแบคทีเรีย Gram negative cocci (แบคทีเรียแกรมลบทรงกลม)

พบได้บ่อยในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาคลินิก ได้แก่ พวก *Neisseria* มีรูปร่างคล้ายไตหรือเมล็ดกาแฟ มีทั้งที่เป็นเชื้อก่อโรค เช่น เชื้อ *Neisseria meningitidis* จะทำให้เกิดโรคไข้กาฬหลังแอ่น เชื้อ *N.gonorrhoeae* จะทำให้เกิดโรคหนองใน (ประมวญ เทพชัยศรี, 2528) และเป็นแบคทีเรียประจำถิ่นในร่างกาย (normal flora) เช่น ในระบบทางเดินหายใจ ทางเดินอาหาร เป็นต้น แต่เชื้อเหล่านี้ก็สามารถทำให้เกิดโรคได้ โดยเฉพาะในคนที่มีร่างกายอ่อนแอ (จุณจันทน์ วิลัยลักษณคณา, 2538)

2.2.3 กลุ่มแบคทีเรีย Gram negative bacilli (แบคทีเรียแกรมลบทรงแท่ง)

แบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปแท่ง ไม่สร้างสปอร์ เช่น แบคทีเรียในกลุ่ม Enterobacteriaceae เป็นแบคทีเรียแกรมลบทรงแท่งที่พบได้บ่อยที่สุดจากสิ่งตรวจของผู้ป่วย เชื้อในกลุ่มนี้บางพวกเป็นแบคทีเรียประจำถิ่นอยู่ในลำไส้ใหญ่ของคนและสัตว์ และพบได้ทั่วไปทั้งในน้ำในดิน และตามพืชผักผลไม้ต่างๆ เชื้อเหล่านี้ ได้แก่ *E. coli , Klebsiella* spp. และ *Enterobacter* spp. เป็นต้น เชื้อบางกลุ่มก่อให้เกิดโรคติดเชื้อในคนและสัตว์ เช่น *Salmonella* และ *Shigella* เป็นต้น โดยก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหารที่สำคัญที่สุด ได้แก่ โรคอุจจาระร่วง นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้ออื่นๆ ในกลุ่มนี้สามารถก่อให้เกิดโรคติดเชื้อของระบบอวัยวะอื่นๆ นอกเหนือจากโรคของระบบทางเดินอาหาร โดยพบว่า *E. coli* เป็นสาเหตุที่พบได้บ่อยที่สุดของโรคติดเชื้อของระบบทางเดินปัสสาวะและ *Klebsiella pneumoniae* อาจก่อให้เกิดโรคติดเชื้อของระบบหายใจ เป็นต้น (สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูนศิริ, 2526; อรุณวดี ชนะวงศ์, 2538)

2.2.4 กลุ่มแบคทีเรีย Gram positive bacilli (แบคทีเรียแกรมบวกทรงแท่ง)

แบคทีเรียแกรมบวกทรงแท่งที่มีความสำคัญทางการแพทย์ (โชติชนะ วิลัยลักษณคณา, 2538) ได้แก่ แบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* มีรูปร่างเป็นท่อนขนาดใหญ่ จะพบอยู่ตามธรรมชาติในดิน น้ำ และอากาศ เชื้อ *B. anthracis* ซึ่งจะทำให้เกิดโรคแอนแทรกซ์ในปศุสัตว์ เช่น วัว กระบือ และสามารถติดต่อมายังคนได้ แบคทีเรียในกลุ่ม *Corynebacterium* มีรูปร่างเป็นท่อนคล้ายกระบอก เชื้อ *Corynebacterium diphtheriae* ทำให้เกิดโรคคอตีบและโรคติดเชื้อที่ผิวหนัง เชื้อจะแพร่กระจายทางละอองน้ำมูก น้ำลาย หรือโดยการสัมผัส เมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะฝังตัวเจริญเติบโตอยู่ที่เซลล์เยื่อบุเมือกในลำคอ ทำให้เกิดอาการอักเสบ (ปรีชา พุทธาวุฒิไกร, 2528) รวมทั้งแบคทีเรียในกลุ่ม Actinomycetes ด้วย

2.2.5 กลุ่มแบคทีเรีย Nonfermentative Gram negatives bacilli : NFB (แบคทีเรียแกรมลบทรงแท่งไม่หมักย่อยกลูโคส)

แบคทีเรียกลุ่ม NFB ส่วนใหญ่พบได้ทั่วๆ ไปในธรรมชาติไม่ก่อให้เกิดโรคในคนปกติ แต่อาจทำให้เกิดโรคติดเชื้อในพวกที่เป็น compromised host ได้ เช่น ผู้ป่วยที่มีร่างกายอ่อนแอหรือ

มีภาวะผิดปกติของอวัยวะต่างๆ หรือมีปัจจัยชักนำต่างๆ เช่น มีความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันของผู้ป่วยโรคมะเร็ง ผู้ที่ได้รับการรักษาด้วยรังสี หรือด้วยยาประเภทกดระบบภูมิคุ้มกัน การต่อท่อหรือใส่สายต่างๆ เข้าในร่างกาย การติดเชื้ออาจเกิดขึ้นได้ทุกระบบของร่างกาย ส่วนความรุนแรงของการติดเชื้อขึ้นอยู่กับ species ของแบคทีเรียและสภาพของผู้ป่วย ในปัจจุบันพบว่าแบคทีเรียที่เป็นกลุ่ม NFB ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการติดเชื้อในโรงพยาบาล (nosocomial infection) และมักพบมีปัญหาในการรักษาเนื่องจากเชื้อในกลุ่มนี้ดื้อต่อยาต้านจุลชีพหลายชนิด แบคทีเรียที่เป็นกลุ่ม NFB ได้แก่ *Psudomonas*, *Flavobacterium*, *Kingella* เป็นต้น (สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูนศิริ, 2526; อรุณวดี ชนะวงศ์, 2538)

2.2.6 กลุ่มเชื้อรา

เชื้อรามีอยู่มากมายในสิ่งแวดล้อม โดยจะมีเชื้อราที่เป็นชนิดที่ก่อโรคและไม่ก่อโรค หรือจัดเป็นพวก Saprophytes ซึ่งบางชนิดก็อาจทำให้เกิดโรคได้ ในบางโอกาสจึงอาจเรียกเป็นพวกเชื้อฉวยโอกาส (Opportunistic organism) โดยปกติเชื้อราที่เป็นพวก Saprophytes จะไม่ทำให้เกิดโรคในคนปกติแต่จะทำให้เกิดโรคได้ในผู้ที่มีร่างกายอ่อนแอ โดยอาจจะทำให้เกิดโรคร้ายแรงได้ ตัวอย่างเช่น ในคนที่เป็นเบาหวาน หรือคนที่เป็นมะเร็งของระบบน้ำเหลือง เช่น leukemia, lymphosarcoma หรือในคนที่ได้รับยาต้านจุลชีพออกฤทธิ์กว้างนานๆ หรือในผู้ที่ได้รับยาต้านจุลชีพที่ไปกดการทำงานของระบบภูมิต้านทานของร่างกาย โรคที่เกิดอาจจะเป็นพวก systemic mycoses คือกระจายไปทุกระบบของร่างกาย หรืออาจเป็นเฉพาะที่ เช่น aspergillosis (เกิดจากเชื้อ *Aspergillus*) ทำให้เกิดโรคที่ระบบทางเดินหายใจที่พบบ่อย คือที่ปอด และทำให้เกิดอาการแพ้ (allergic aspergillosis) โดยผู้ป่วยได้รับเชื้อจากการหายใจ การกินหรือการสัมผัส (พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์, 2532; วิทยา มีวุฒิสม, 2528)

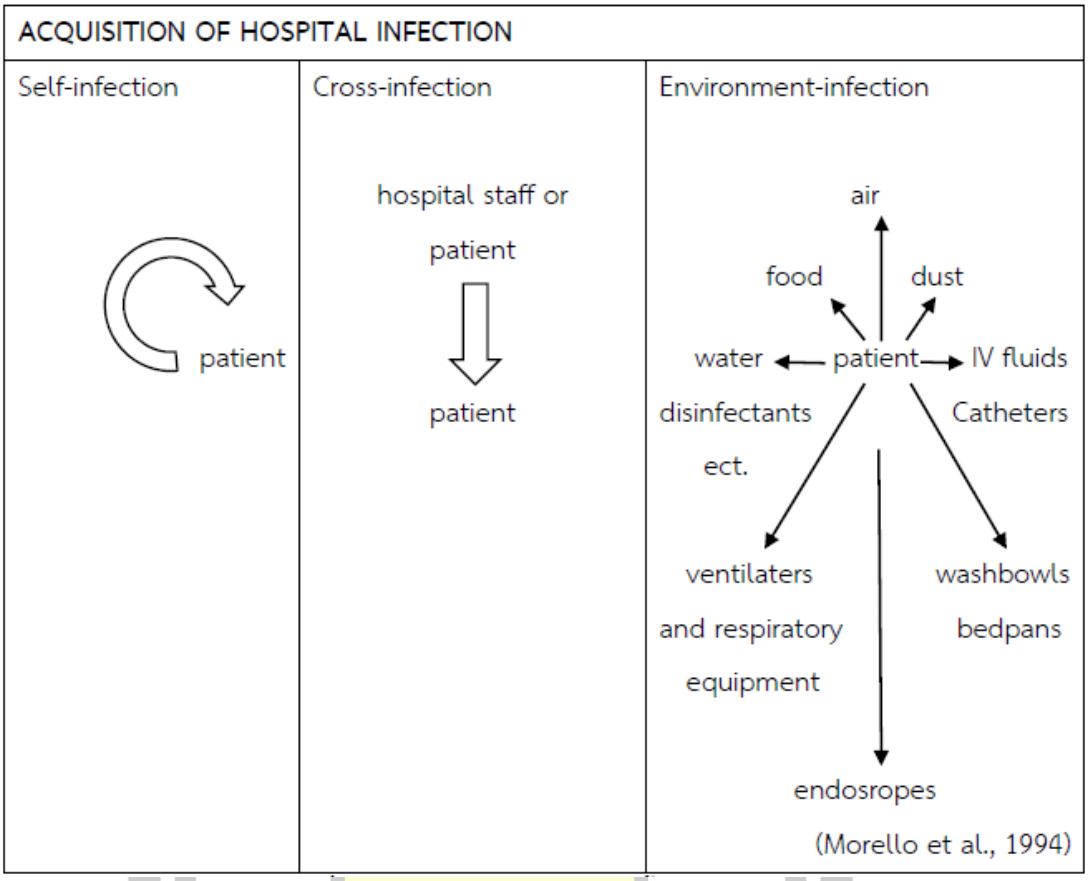
2.3 โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล (Nosocomial infection)

Nosocomial infection หมายถึง โรคติดเชื้อที่เกิดขึ้นหลังจากผู้ป่วยเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล โดยผู้ป่วยอาจแสดงอาการขณะอยู่โรงพยาบาล หรือออกจากโรงพยาบาลแล้วก็ได้ (ในกรณีที่พ้นระยะฟักตัวของโรคนั้นๆ เมื่อออกจากโรงพยาบาลไปแล้ว) โรคติดเชื้อในโรงพยาบาลนี้อาจเรียกอีกอย่างว่า Hospital acquired infection แต่ถ้าเป็นโรคติดเชื้อที่เกิดนอกโรงพยาบาลและเกิดกับประชากรทั่วไปเรียกว่า Community acquired infection (จุฬาพรรณ อิ้งจะนิล, 2540) เชื้อที่เป็นสาเหตุอาจเป็นจุลชีพที่ไม่ทำให้เกิดโรคในคนปกติแต่จะสามารถก่อโรคได้เฉพาะผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำเท่านั้น โดยเรียกจุลชีพเหล่านี้ว่า พวกเชื้อฉวยโอกาส (Opportunistic organism) เช่น *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus, Enterococcus*, Diphteroids ฯลฯ รวมทั้ง

เชื้อรา ไวรัส และปรสิต อีกหลายชนิด เช่น *Aspergillus*, *Mucor*, *Cytomegalovirus*, *Pneumocystic carinii* การติดเชื้อเหล่านี้เรียกว่าการติดเชื้อฉวยโอกาส (โสภณ คงสำราญ, 2524) ปัจจัยที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อในโรงพยาบาลแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

2.3.1 การติดเชื้อที่มีสาเหตุมาจากตัวผู้ป่วยเอง (endogenous source, self infection) เชื้อสาเหตุอยู่ในตัวผู้ป่วยจะเป็นเชื้อประจำถิ่น เนื่องจากผู้ป่วยส่วนใหญ่ ป่วยด้วยโรคที่ทำให้กลไกการต่อต้านโรคของร่างกายเสียไป เช่น มะเร็งเม็ดเลือดขาว โรคเบาหวาน ไตวาย หรือได้รับยากดภูมิคุ้มกัน ฯลฯ ซึ่งทำให้ภูมิต้านทานโรคของร่างกายลดลง เชื้อประจำถิ่นเจริญเติบโตได้ดีขึ้นจนกลายเป็นเชื้อที่ก่อโรคได้ และเมื่อมีการใช้ยาปฏิชีวนะในผู้ป่วยเหล่านี้นานๆ ทำให้สมดุลของเชื้อประจำถิ่นเสียไปเปิดโอกาสให้เชื้อที่ดื้อยาที่มีอยู่ในตัวผู้ป่วยเพิ่มจำนวนขึ้น (จุฬาพรรณ อิ้งจะนิล, 2540) ทั้งนี้ ยังเกี่ยวกับอายุและความเครียดของผู้ป่วยด้วย ผู้ป่วยที่เป็นเด็กทารกแรกเกิดหรือเด็กเล็กและผู้ป่วยที่เป็นคนชราย่อมจะมีอัตราการเกิดโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลสูงกว่าผู้ป่วยที่อยู่ในวัยหนุ่มสาว (ลีรา กิตติกูล,2541 อ้างถึงในกนกรัตน์ ศิริพานิชกร, 2541)

2.3.2 การติดเชื้อที่มีสาเหตุจากภายนอกตัวผู้ป่วย (exogenous source) แบ่งได้ 2 แบบ คือ สาเหตุมาจากบุคลากรทางการแพทย์และจากผู้ป่วยอื่น (cross infection) จะเป็นการติดเชื้อจากผู้ป่วยด้วยกันเองที่อยู่ใกล้เคียงหรือการติดเชื้อจากบุคลากรทางการแพทย์ เช่น แพทย์ หรือพยาบาลซึ่งต้องดูแลผู้ป่วยเป็นจำนวนมาก จึงเป็นพาหะให้เชื้อแพร่กระจายไปในขณะปฏิบัติหน้าที่ซึ่งต้องสัมผัสกับผู้ป่วยโดยตรงได้และสาเหตุมาจากสิ่งแวดล้อม (environmental infection) สภาพแวดล้อมของโรงพยาบาล เช่น ห้องผู้ป่วยรวมซึ่งมีญาติเข้ามาเยี่ยมเป็นจำนวนมาก ทำให้อากาศถ่ายเทได้ไม่สะดวก แหล่งของเชื้อที่อยู่ใกล้เคียง เช่น อุจจาระ ปัสสาวะ อาหารและน้ำที่ไม่ถูกสุขลักษณะมีเชื้อปนเปื้อน เสื้อผ้า เครื่องมือ เครื่องใช้ที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อ การให้น้ำทางเส้นเลือดที่ไม่ระมัดระวังในเทคนิคปราศจากเชื้อ การส่องตรวจอวัยวะภายใน สิ่งต่างๆ เหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลได้ทั้งสิ้น (จุฬาพรรณ อิ้งจะนิล, 2540) ตลอดจนปริมาณและความรุนแรงของเชื้อจุลชีพถ้ามีจำนวนมากและมีความรุนแรงสูงก็จะก่อโรคได้ง่าย และเชื้อโรคที่เป็นสาเหตุของการติดเชื้อในโรงพยาบาลมักเป็นเชื้อที่ดื้อยา ทำให้การรักษาผู้ป่วยให้ได้ผลนั้นทำได้ยาก (ลีรา กิตติกูล, 2541 อ้างถึงใน กนกรัตน์ ศิริพานิชกร, 2541)



ภาพที่ 1 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อในโรงพยาบาล

การแพร่กระจายของเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลสามารถติดต่อได้ 4 ทาง คือ

1. การติดต่อโดยทางอากาศ (Airborne spread) โดยเชื้อจะกระจายในลักษณะเป็นละอองเล็กๆ ลอยไปในอากาศ เมื่อละอองเหล่านี้ตกลงในบาดแผล หรือถูกผู้ป่วยสูดหายใจเข้าไปก็จะทำให้เกิดโรค เชื้อที่มีการติดต่อโดยวิธีนี้ ได้แก่ *Mycobacterium tuberculosis* ที่ทำให้เกิดโรควัณโรค, *Streptococcus pneumonia*, *Neisseria meningitidis* ที่ทำให้เกิดเยื่อหุ้มสมองอักเสบ ฯลฯ

2. การติดต่อโดยการสัมผัส (contact spread) เชื้อเกือบทุกชนิดติดต่อได้โดยการสัมผัสทั้งจากแพทย์และพยาบาลมายังผู้ป่วย หรือจากผู้ป่วยด้วยกันเอง หรือจากการสัมผัสเครื่องมือเครื่องใช้ที่มีเชื้อปนเปื้อน เช่น เสื้อผ้า สายสวนต่างๆ หรือแม้แต่น้ำยาชะล้างบาดแผล

3. การติดต่อโดยอาศัยพาหะ (vehicles) เช่น การติดเชื้อไวรัสตับอักเสบชนิดบีจากเลือด การติดเชื้ออหิวาตกโรคจากอาหารและน้ำ เป็นต้น

4. การติดต่อโดยอาศัยสัตว์และแมลง (vector) เช่น การติดเชื้อ *Shigella* หรือ *Salmonella* จากแมลงวัน การติดเชื้อ Dengue virus จากยุง เป็นต้น (จุฬาพรรณ อิ้งจะนิล, 2540)

สาเหตุที่ทำให้ผู้ป่วยในโรงพยาบาลเกิดโรคติดเชื้อได้บ่อย เนื่องจากผู้ป่วยอาจมีโรคที่ทำให้ภูมิคุ้มกันโรคของร่างกายผิดปกติอยู่แล้ว เช่น โรคขาดอาหาร โรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว โรคโลหิตจาง แผลไฟลวก หรือผู้ป่วยบางรายอาจได้รับยา หรือรังสีที่กดภูมิคุ้มกันของร่างกายหรือผู้ป่วยอาจมีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในร่างกาย เช่น นิ่ว หรือมีการอุดตันของอวัยวะต่างๆ และจากการใช้เครื่องมือต่างๆ อาจเป็นช่องทางนำเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายได้ และจากสิ่งแวดล้อมภายในโรงพยาบาล ผู้ป่วยอาจติดเชื้อจากผู้ป่วยข้างเคียง จากแพทย์ พยาบาล อาหารและน้ำ (นวลจันทร์ ชิตตะโสภณ และคณะ, 2523)

การติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจนับว่าเป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญปัญหาหนึ่ง อัตราการเกิดโรคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยตลอดนับตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2525-2530 ดังจะเห็นได้จากสรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค ของกองระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งเฉพาะโรคปอดอักเสบเพียงโรคเดียวนั้น มีการรายงานอัตราป่วยถึง 70, 130, 125, 155 และ 195 ต่อประชากรแสนคน ในปี 2526, 2527, 2528, 2529 และ 2530 ตามลำดับ (พรรนิภา ศิริเพิ่มพูล, 2537) ทั้งนี้ปอดอักเสบหมายถึง มีการติดเชื้อและอักเสบของเนื้อเยื่อปอด ทำให้มีสิ่งไหลซึม (exudate) เกิดขึ้นในถุงลม มักจะพบในคนที่มีภูมิต้านทานโรคต่ำ เช่น คนที่กินยาสเตอรอยด์เป็นประจำ คนที่เป็นโรคทางปอดเรื้อรัง (เช่น หอบหืด หลอดลมอักเสบ ถุงลมพอง) ผู้ป่วยเอดส์ (Thailabonline Health Site, n.d.) อาการสำคัญของโรคนี้ได้แก่ มีไข้ ไอ เจ็บหน้าอก และหอบ เชื้อส่วนมากทั้งแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส จะเข้าสู่ปอดโดยวิธีการหายใจเอาฝุ่นละอองที่มีเชื้อเหล่านี้เข้าไป หรือโดยการสำลักสิ่งคัดหลั่งจากช่องปาก มีส่วนน้อยที่ติดเชื้อโดยเชื้อแพร่จากตำแหน่งติดเชื้อมาสู่ปอดทางกระแสเลือด เชื้อบางชนิดเมื่อเข้าสู่ปอดแล้วยังไม่ทำให้เกิดอันตรายแก่เนื้อปอดทันที เพียงแต่แฝงตัวหลบรอจนกระทั่งร่างกายของผู้นั้นอ่อนแอลงจึงจะทำให้เกิดอาการของโรค เชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคปอดอักเสบ ได้แก่ *Streptococcus pneumoniae, Haemophilus influenzae, Enteroviruses* และ *Staphylococcus aureus* (พรรนิภา ศิริเพิ่มพูล, 2537) นอกจากโรคปอดอักเสบแล้วยังมีโรคติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจส่วนต้นที่ทำให้เกิดอาการอย่างอ่อน แต่ก็เป็นสาเหตุสำคัญหนึ่งที่ทำให้ผู้ป่วยต้องมารับการรักษาในแผนกผู้ป่วยนอก ซึ่งเป็นภาพที่พบเห็นได้เป็นประจำในโรงพยาบาลทั่วๆ ไป ได้แก่ โรคต่อมทอนซิลอักเสบ (Tonsillitis) คอหอยอักเสบ (Pharyngitis) และแผลในลำคอ (Streptococcal sore throat) เชื้อสาเหตุส่วนใหญ่ ได้แก่ beta-hemolytic Streptococci group A และไวรัส การติดต่อของโรคส่วนมากเกิดจากการหายใจเอาฝอยละออง ไอ จามหรือที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ จากบุคคลหนึ่งไปสู่บุคคลข้างเคียงโดยเฉพาะในระยะแรกของโรค ซึ่งมีเชื้ออยู่ในคอและจมูกเป็นจำนวนมาก บางครั้งอาจพบเชื้ออยู่ในลำคอได้นานถึง 4 เดือนหรือมากกว่านั้นในคนที่ไม่ได้รับการรักษา (พรรนิภา ศิริเพิ่มพูล, 2537)

นอกจากนี้เชื้อจุลินทรีย์ในอากาศยังก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้ (Allergy) ซึ่งหมายถึงระบบภูมิกันของร่างกายมีการตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอมไวเกินกว่าปกติ เป็นผลทำให้เกิดการอักเสบขึ้น เช่น เกิดการแพ้อากาศเกิดการแพ้ละอองเกสรของดอกไม้ แต่ไม่มีการต่อต้านเนื้อเยื่อหรือเซลล์ของตนเอง (พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์, 2532) ทำให้มีอาการน้ำมูกไหล จาม ไอ และทำให้เกิดอาการคันและน้ำตาไหล โดยจะเกิดกับคนไข้ที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ (OSHA, n.d.) โรคติดเชื้อในโรงพยาบาลมีอัตราการเกิดสูงในโรงพยาบาลขนาดใหญ่ที่มีผู้ป่วยเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะโรงพยาบาลของมหาวิทยาลัยและโรงเรียนแพทย์ เพราะมักจะมีผู้ป่วยที่มีโรครุนแรง เช่น โรคมะเร็ง, โรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง เป็นต้น ซึ่งมีการรักษาโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น การใช้เครื่องช่วยหายใจ การผ่าตัดใหญ่ การรักษาที่ทำให้ภูมิคุ้มกันลดลงและอื่นๆ อันเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลได้ง่ายขึ้น (ลีรา กิตติกูล, 2541 อ้างถึงในกนกรัตน์ ศิริพานิชกร, 2541)

จากการศึกษาของ Tighe and Warden (1995) พบว่าในห้องผ่าตัดมีการปนเปื้อนเชื้อรา 54 CFU/m^3 (colony forming units) ส่วนใหญ่ ได้แก่ *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. และ *Cladosporium* spp. และพบการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียจำนวน 74 CFU/m^3 เป็นพวก *Staphylococcus* spp. และ *Micrococcus* spp. นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียชนิดอื่นๆ อีก เช่น *Pseudomonas* spp., *Streptococcus* spp. และ *Bacillus* spp. เป็นต้น ในห้อง ICU และ CCU พบว่ามีการปนเปื้อนเชื้อรา 23 CFU/m^3 และพบแบคทีเรีย 83 CFU/m^3 โดยเป็นชนิดเดียวกับที่พบในห้องผ่าตัด ในห้องที่ทำการรักษาโรคพบว่ามีการปนเปื้อนเชื้อรา 23 CFU/m^3 และพบการปนเปื้อนของแบคทีเรียจำนวน 52 CFU/m^3 โดยเป็นชนิดเดียวกับที่พบในห้องผ่าตัด ในส่วนของห้องพักผู้ป่วยจะพบการปนเปื้อนของเชื้อรา 43 CFU/m^3 โดยพบแบคทีเรียชนิด *Micromonospora* spp. เพิ่มขึ้นมา ในส่วนทางเดินระหว่างตึกของโรงพยาบาลจะพบการปนเปื้อนของเชื้อรา 84 CFU/m^3 และพบแบคทีเรียจำนวน 207 CFU/m^3 ทั้งนี้มาตรฐานคุณภาพอากาศของโรงพยาบาลในต่างประเทศส่วนใหญ่นิยมกำหนดขนาดของอนุภาคหรือจุลินทรีย์เอาไว้ด้วย เช่น University of Geneva Hospital แห่งประเทศสวิทเซอร์แลนด์ ได้กำหนดมาตรฐานของอนุภาคในอากาศในห้องผ่าตัดเอาไว้ดังนี้ คือการผ่าตัดที่มีอัตราการเสี่ยงสูงมากๆจะมีอนุภาคขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 0.5 ไมครอน ได้ไม่เกิน 10 อนุภาคต่อหน่วยลูกบาศก์เมตร และห้ามมีอนุภาคขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 5 ไมครอน ส่วนจุลินทรีย์ในบริเวณที่มีการผ่าตัดอัตราการเสี่ยงสูงมากๆ มีได้ไม่เกิน 1 CFU/m^3 การผ่าตัดที่มีอัตราการเสี่ยงสูงมากจะมีอนุภาคขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 0.5 ไมครอน ได้ไม่เกิน 353 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร และมีอนุภาคขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 5 ไมครอน ได้ไม่เกิน 10 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนจุลินทรีย์ในบริเวณที่มีอัตราการเสี่ยงสูงมากมีได้ไม่เกิน 5 CFU/m^3 การผ่าตัดที่มีอัตราการเสี่ยงปานกลางจะมีอนุภาคขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 0.5 ไมครอน ได้ไม่เกิน 3530 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร และมีอนุภาคขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 5 ไมครอน ได้ไม่เกิน 25 อนุภาคต่อ

ลูกบาศก์เมตร ส่วนจุลินทรีย์ในบริเวณที่มีอัตราการเสี่ยงปานกลางมีได้ไม่เกิน 25 CFU/m^3 และในบริเวณที่มีการผ่าตัดอัตราการเสี่ยงต่ำๆ ไม่มีการจำกัดจำนวนของอนุภาคที่ขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 0.5 ไมครอนและอนุภาคขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 5 ไมครอน และไม่มีการจำกัดจำนวนจุลินทรีย์ (Dharan and Pittet, 2002)

2.4 จุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ในอากาศและสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นมักพบอยู่ในลักษณะที่เกาะกับอนุภาคของละอองเสมหะหรือฝุ่นละอองต่างๆ แขวนลอยในอากาศ มีขนาดตั้งแต่ 0.02 – 100 ไมโครเมตร เรียกว่าอนุภาคมลสาร (Bioaerosols) โดยอาจอยู่ในรูปของของเหลว ของแข็งหรือเป็นส่วนผสมระหว่างของเหลวและของแข็ง

2.4.1 ขนาดของชีวอนุภาคมลสาร อาจแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

2.4.1.1 เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 0.1 ไมโครเมตร เรียกว่า nuclei mode

2.4.1.2 เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.1 – 2 ไมโครเมตร เรียกว่า accumulation mode

2.4.1.3 เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 2 ไมโครเมตร เรียกว่า coarse mode โดยทั่วไปอนุภาคชีวอนุภาคมลสารของแบคทีเรียมักมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 ไมโครเมตร เนื่องจากโดยทั่วไปแบคทีเรียมักมีขนาดประมาณ 0.3 – 1 ไมโครเมตร อนุภาคดังกล่าวจึงมักประกอบด้วยแบคทีเรียหนึ่งในห้าส่วน จุลินทรีย์ในอากาศไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ แต่จะอาศัยอากาศเป็นตัวกลางในการแพร่กระจายอนุภาคจากที่หนึ่งไปที่หนึ่งเท่านั้น

2.4.2 ชนิดของชีวอนุภาคมลสารแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.4.2.1 droplet nuclei คือ ชีวอนุภาคมลสารของละอองเสมหะที่เกิดจากการจาม ไอ หรือการพูดคุยของมนุษย์ droplet nuclei สามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อหากถูกสร้างขึ้นจากการ จาม ไอ หรือพูดคุยของผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ เนื่องจากเชื้อโรคใน droplet nuclei สามารถล่องลอยอยู่ในอากาศและมีชีวิตอยู่ในระยะเวลาหนึ่งจากการห่อหุ้มของละอองเสมหะ

2.4.2.2 dust particle คือชีวอนุภาคมลสารของฝุ่นละอองที่เกิดจากแรงลมหรือแรงกระทำของมนุษย์ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากแหล่งต่างๆ

2.4.3 แหล่งกำเนิดของชีวอนุภาคมลสาร จำแนกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.4.3.1 แหล่งกำเนิดจากสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environment) บ้านพักอาศัย อาคาร สำนักงาน โรงเรียน โรงภาพยนตร์ โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม หรือโกดังเก็บ

ผลผลิตทางการเกษตรถือเป็นบริเวณที่มีอากาศค่อนข้างปิดมีแหล่งกำเนิดของชีวอนุภาคมลสารที่สำคัญ ได้แก่

1) การจาม ไอและพูดคุย การจามอาจก่อให้เกิด 106 droplet nuclei ในขณะที่การพูดคุยและการไออาจก่อให้เกิด 104 nuclei

2) วัสดุก่อสร้างและเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ได้แก่ ผนังหรือเพดานห้องทั้งที่เป็นวอลล์เปเปอร์หรือทาสี พรมและพื้นผิววัสดุต่างๆ ในห้อง เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

3) กิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร เช่นการทำความสะอาดอาคาร การเดิน การวิ่งและการผลิตสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2.4.3.2 แหล่งกำเนิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร (Outdoor Environment)

1) การเกษตรกรรม เช่น กิจกรรมการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร การเพาะเลี้ยงสัตว์ การหมักปุ๋ย เป็นต้น

2) ระบบบำบัดของเสีย เช่น ถังเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสีย ที่มีการเติมอากาศที่ผิวน้ำ บ่อหมักตะกอน ถังเติมอากาศของระบบโปรยกรอง (Tricking Filter) ลานตากตะกอน บ่อฝังกลบขยะมูลฝอยและการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้

3) จากธรรมชาติ ซึ่งมักเกิดจากการกระทำของลมเหนือพื้นผิวดิน น้ำหรือทะเล

2.4.4 การแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ที่พบในอากาศส่วนใหญ่มาจากดิน น้ำ พืช สัตว์ มนุษย์และแหล่งอื่นๆ ดังนั้นชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบในอากาศจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะของสภาพแวดล้อมและการกระจายของฝุ่นละอองในอากาศ เช่น สภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมที่เกิดขึ้นสูงจะมีปริมาณจุลินทรีย์มากกว่าสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมต่ำอากาศที่มีฝุ่นละอองมากก็จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มากกว่าอากาศที่มีปริมาณฝุ่นละอองน้อย ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศในห้องที่มีสภาพปิดหรืออยู่ภายในอาคารจะสูงกว่าในอากาศบริเวณที่โล่งภายนอก (ศิริพรรณ สารินทร์, 2550)

จุลินทรีย์ในอากาศสามารถเคลื่อนที่จากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่งได้โดยการพัดพาของลม อากาศในระดับความสูงต่างๆ กันจะมีชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์แตกต่างกันไป จุลินทรีย์ที่พบในอากาศส่วนมากจะเป็นพวกไวรัส รา และแบคทีเรีย ส่วนยีสต์ โพรโทซัว และสาหร่าย จะพบได้น้อย จุลินทรีย์ในอากาศพบได้หลายชนิดทั้งที่ไม่ทำให้เกิดโรค และที่ทำให้เกิดโรค เช่น *Bacillus* spp. หลายสปีชีส์ไม่ทำให้เกิดโรค จุลินทรีย์ในอากาศก่อให้เกิดปัญหาหลายอย่าง เช่น ปัญหาในการผลิตอาหาร เนื่องจากสามารถแพร่กระจายไปได้ไกล และปนเปื้อนในอาหาร ทำให้อาหารเน่าเสีย จึงต้องมีการจัดการในกระบวนการผลิตอาหาร สภาพแวดล้อมในบริเวณผลิตอาหารจะต้องมีสุขลักษณะที่ดีไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนในอาหาร การตรวจสอบคุณภาพอากาศในบริเวณผลิตอาจทำได้โดยการวางวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดาไว้ตามมุมต่างๆ ในบริเวณผลิต ถ้าในอากาศมีจุลินทรีย์มาก วุ้นอาหารจะมี

เชื้อจุลินทรีย์เจริญ ในกรณีนี้จะต้องมีการฆ่าหรือลดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศโดยการรมด้วยสารฆ่าเชื้อ ใช้เครื่องกรองอากาศ ในบริเวณผลิตอาจติดหลอดไฟอัลตราไวโอเลต เพื่อฆ่าเชื้อโรคในอากาศบริเวณผลิต และบริเวณบรรจุ แต่การฆ่าเชื้อด้วยวิธีนี้มีประสิทธิภาพเฉพาะในรัศมีหรือระยะทางจากแหล่งกำเนิดเท่านั้น และก่อให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ

นอกจากจะติดต่อได้โดยการสัมผัสกับผู้ป่วยโดยตรงด้วยการไอหรือจามแล้ว ยังสามารถติดต่อได้ทางอ้อมด้วยการหายใจเอาเชื้อที่ปนอยู่ในอากาศเข้าสู่ร่างกาย โดยปกติขนจมูกและเยื่อเมือกภายในจมูกจะทำหน้าที่กรองอนุภาคต่างๆ ที่ผ่านเข้ามาในระบบทางเดินหายใจ ยกเว้นแบคทีเรียบางชนิดที่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น *Legionella* และ *Mycobacteria* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีขนาดเล็ก โดยขนาดของอนุภาคเป็นตัวกำหนดการเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ซึ่งถ้าอนุภาคใดสามารถเข้าสู่ปอดได้ก็จะก่อให้เกิดการติดเชื้อได้ง่าย แต่การติดเชื้อโรคในอากาศจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายอย่าง เช่น สุขภาพและระบบภูมิคุ้มกันของผู้ที่ได้รับเชื้อ ระยะเวลาที่ได้รับ ความเข้มข้นและความรุนแรงของเชื้อจุลินทรีย์ และสภาพอากาศในบริเวณนั้นๆ ด้วย เนื่องจากอากาศเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะมนุษย์ การที่มีอากาศมีจุลินทรีย์ต่างๆ ปนเปื้อนจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก เพราะเป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่างๆ จึงต้องมีการควบคุมจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งอาจทำได้โดยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ การใช้รังสีและสารเคมีในการกำจัดจุลินทรีย์เป็นต้น เพื่อทำให้จุลินทรีย์มีปริมาณที่ลดลง ช่วยให้ปลอดภัยจากการแพร่ระบาดของโรคต่างๆ ในอากาศได้

2.4.5 ปัจจัยการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ มีปัจจัยหลัก 2 ประการ ได้แก่

2.4.5.1 ลักษณะทางสภาพแวดล้อมของอากาศ ได้แก่ ความเร็วลม ความชื้นและอุณหภูมิของอากาศ ความเร็วลมมีผลให้ชีวอนุภาคมลสารยังคงแขวนลอยและแพร่กระจายไปได้ไกลในอากาศหรือตกลงสู่พื้นผิวต่างๆ ส่วนความชื้นและอุณหภูมิของอากาศมีผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในอากาศ

2.4.5.2 ลักษณะทางกายภาพของชีวอนุภาคมลสารได้แก่ ขนาด ความหนาแน่นและรูปร่างชีวอนุภาคมลสาร ชีวอนุภาคมลสารที่มีขนาดมากกว่า 6 ไมโครเมตร จะตกลงสู่พื้นต่างๆ ได้เร็วและจะตกค้างอยู่ตามระบบทางเดินหายใจส่วนบน เช่น จมูกและหลอดลม ส่วนขนาดประมาณ 6 ไมโครเมตร สามารถเข้าถึงปอดได้และขนาดเล็กกว่า 6 ไมโครเมตร สามารถเข้าสู่ถุงลมปอดได้

2.4.6 ปัจจัยที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ

2.4.6.1 อุณหภูมิ จุลชีพขนาดเล็กในอากาศ อุณหภูมิไม่ได้เป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตและการแพร่พันธุ์ของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเหล่านี้มากนัก แต่ในบางครั้งอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจส่งผลในทางอ้อม เช่น ทำให้เกิดการขับเหงื่อจากร่างกายของมนุษย์ ซึ่งก่อให้เกิดความอับ

ชื้นและนำไปสู่การแพร่กระจายของเชื้อโรคที่สูงขึ้นโดยเชื้อราสามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง คือ –10 °C – 65°C

2.4.6.2 ความชื้น จากการศึกษาพบว่าสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กพวกจุลชีพสามารถดำรงชีวิตได้อย่างดีในสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นสูง และความชื้นต่ำมากๆ ทั้งนี้ ขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์ เช่น เชื้อราต้องการความชื้นมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ในการเจริญ เชื้อ *Legionella pneumophila* จะแพร่กระจายได้ดีในละอองน้ำและสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสภาวะอากาศชื้น พบว่าในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่าง 40-60 เปอร์เซ็นต์ พบการแพร่กระจายของจุลชีพในอากาศน้อยกว่าช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงอื่นๆ อีกทั้งช่วงความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 40-60 เปอร์เซ็นต์ เป็นช่วงสภาวะอากาศที่พอเหมาะสำหรับมนุษย์ในแง่ความสบาย และช่วยลดความความเสี่ยงจากเชื้อโรคในอากาศ

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น จึงไม่พบสภาวะอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในระดับต่ำกว่า 40 เปอร์เซนต์มากนัก ยกเว้นในบางวันของช่วงฤดูหนาว ดังนั้น ช่วงความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรคในอากาศ คือ ในระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่เกินกว่า 60 เปอร์เซนต์ ห้องน้ำหรือบริเวณเปียกชื้นมักเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ที่ดีสำหรับเชื้อรา จึงควรมีรางระบายน้ำที่ดีและเมื่อพบจุดที่เปียกชื้นต้องรีบแก้ไขโดยเร็วเพื่อป้องกันปัญหาเชื้อรา ระบบระบายอากาศที่ดี จะช่วยลดความชื้นในอากาศได้อีกทางหนึ่ง ห้องน้ำควรจัดให้มีแสงแดดส่องถึง

2.4.6.3 การระบายอากาศ เป็นการลดความเข้มข้นของการปนเปื้อนของเชื้อโรคทางอากาศภายในอาคาร โดยมีการระบายอากาศไปในทิศทางเดียว เช่นจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของการปนเปื้อนสูงไปสู่ระบบบำบัดหรือทิ้งสู่ภายนอก และมีอากาศที่มีความสะอาดกว่าเข้าไปแทนที่ การเจือจางเชื้อดังกล่าวจะได้ผลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการหมุนเวียนของอากาศ

2.4.6.4 ความสะอาด ในอาคารโดยปกติมีฝุ่นละออง สิ่งปนเปื้อนเชื้อโรคและจุลินทรีย์ต่างๆ แพร่กระจายอยู่ทั่วไป ปริมาณจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสถานประกอบการนั้นๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดผลเสียกับมนุษย์ จึงต้องมีการทำความสะอาดพื้นที่อย่างสม่ำเสมอ และมีการจัดโซนพื้นที่การใช้งานที่เหมาะสม นอกจากนั้นควรเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งาน ภายในห้องไม่มีวัสดุหรือไม่มีซอกมุมให้เป็นที่สะสมฝุ่นหรือเชื้อโรคการออกแบบห้องต่างๆ ควรคำนึงถึงความสะดวกในการทำความสะอาด ความสามารถในการดูดซับความชื้น การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และความปลอดภัยต่อสุขภาพจากวัสดุสารเคมี และการปนเปื้อนจากทั้งในและนอกห้อง การออกแบบควรทำให้สามารถเข้าถึงและทำความสะอาดได้ง่ายต่อพื้น ผนัง และพื้นที่ใช้สอยมุมต่างๆ ควรโค้งมนและเรียบ ผนังห้องครัวและตู้ควรบุด้วยวัสดุผิวเรียบที่กันน้ำได้ เครื่องควบคุมความชื้น ห้องอาบน้ำและถังน้ำควรได้รับการดูแลทำความสะอาดเสมออย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง

2.4.7 ผลกระทบของชีวอนุภาคมลสาร

อนุภาคชีวมลสารส่งผลกระทบในด้านลบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลกระทบของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ

จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุ	ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
สาหร่าย	อาการผื่นคัน	- ปัญหาเรื่องกลิ่น
แบคทีเรีย	อาการภูมิแพ้ การติดเชื้อของ ระบบทางเดินหายใจ ไข้ ปวด กล้ามเนื้ออาเจียนและระคาย เคืองเยื่อบุผิว	- ทำลายพื้นผิววัสดุ - ทำความเสียหายต่อผลิตผลทางการเกษตร
เชื้อรา	อาการภูมิแพ้ ผื่นคัน หอบหืด การติดเชื้อ ผลกระทบต่อระบบประสาท ระคายเคืองเยื่อบุ	- ปัญหาเรื่องกลิ่น - ทำลายพื้นผิววัสดุ - ทำความเสียหายต่อผลิตผลทางการเกษตร
โปรโตซัว	อาการภูมิแพ้ การติดเชื้อเยื่อหุ้มสมองอักเสบ	- ปัญหาเรื่องกลิ่น - ทำความเสียหายต่อผลิตผลทางการเกษตร (โรคระบาดของสัตว์)
ไวรัส	การติดเชื้อ	- ทำความเสียหายต่อผลิตผลทางการเกษตร

เชื้อโรคในอากาศ (Airborne Pathogen) ชีวอนุภาคมลสารที่มีขนาดเล็กมักก่อให้เกิดปัญหาของโรคติดเชื้อกับระบบทางเดินหายใจ โรคที่พบบ่อย เช่น

เชื้อโรค	โรค
แบคทีเรีย	
Corynebacterium diphtheriae	โรคคอตีบ (Diphtheria)
Streptococcus pneumoniae และ *Klebsiella pneumoniae*	โรคปอดบวม (Pneumococcal Pneumonia)
Mycobacterium tuberculosis	โรควัณโรค (Tuberculosis)
Streptococcus pyogenes	โรคไข้ดำแดง (Scarlet Fever)

เชื้อโรค	โรค
Haemophilus influenza	โรคไข้หวัดใหญ่และเยื่อหุ้มสมองอักเสบในเด็ก
เชื้อรา	
Coccidioides immitis	โรคค็อกสิดิออยโดไมโคสิส (Coccidioidomycosis)
Histoplasma capsulata	โรคฮีสโตพลาสโมสิส (Histoplasmosis)
เชื้อไวรัส	
Myxovirus influence	โรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza)
Rubeola virus	โรคหัด (Measles)
Rubella virus (RuV)	โรคหัดเยอรมัน (Rubella)

2.4.8 การติดต่อและการแพร่กระจายของเชื้อโรค

โรคแต่ละชนิดมีการติดต่อเข้าสู่ร่างกายคนไม่เหมือนกัน และแม้จะเป็นเชื้อโรคชนิดเดียวกันเมื่อเข้าสู่ร่างกายคนละทาง ก็จะเกิดผลแตกต่างกัน

2.4.8.1 การติดต่อของเชื้อโรค เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายคนได้ 6 ทาง คือ

1) ทางระบบทางเดินหายใจหรือทางอากาศ (Airborne Infection) เป็นการติดต่อหรือแพร่กระจายของโรคที่สำคัญที่สุด เชื้อโรคหลายชนิดล่องลอยอยู่ทั่วไปในอากาศหรือปะปนอยู่กับฝุ่นละอองเช่น เชื้อโรคจากผู้ป่วยที่ไอจามหรือบ้วนเสมหะ ซึ่งสามารถแพร่เชื้อสู่อากาศ เมื่อผู้ที่อยู่ใกล้เคียงหรือคนทั่วไปหายใจเอาเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย จึงทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจได้ เช่น ไข้หวัดธรรมดา ไข้หวัดใหญ่ วัณโรคปอด ปอดบวม คอตีบ หัด หัดเยอรมัน เป็นต้น

2) ทางระบบทางเดินอาหารหรือทางอาหาร (Food-born Infection) เชื้อโรคบางชนิดอาศัยอยู่ในอาหารและน้ำจึงสามารถเข้าสู่ร่างกายทางปากจากการรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ ดื่มนม ที่มีเชื้อโรคหรือพิษของเชื้อโรคปะปนอยู่ ก่อให้เกิดโรคติดต่อระบบทางเดินอาหารได้ เช่น บิด ไทฟอยด์ ไข้รากสาดน้อย อุจจาระร่วง อหิวาตกโรค เป็นต้น การติดต่อและการแพร่กระจายของเชื้อโรค อาจเนื่องมาจากมีเชื้อโรคอยู่ในอาหารนั้นอยู่แล้ว หรือเกิดการติดเชื้อจากการบรรจุ การขนส่ง การปรุง การเสิร์ฟ การจำหน่าย เป็นต้น นอกจากนี้ภาชนะหรือข้าวของเครื่องใช้ของผู้ป่วย เช่น เครื่องใช้ในการรับประทานอาหาร อาจติดเชื้อและสามารถแพร่กระจายเชื้อโรคสู่ผู้อื่นได้ เมื่อมีการใช้ของร่วมกัน หรือเมื่อผู้ป่วยขับถ่ายอุจจาระที่มีเชื้อโรคลงพื้นดินและมีแมลงวันมาตอมแล้วไปตอมอาหาร เชื้อโรคก็สามารถแพร่กระจายไปสู่ผู้อื่นทางระบบทางเดินอาหารได้

3) ทางผิวหนัง (per-cutaneous Infection) ปกติผิวหนังของคนเราทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย แต่เชื้อโรคบางชนิดสามารถเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังได้ด้วยวิธีการดังนี้

(1) โดยการสัมผัส เช่น โรคเรื้อนโรคผิวหนัง กลาก เกลื้อน เป็นต้น

(2) เข้าทางบาดแผลหรือรอยขีดข่วน เช่น เชื้อบาดทะยัก เชื้อแบคทีเรีย อื่นๆ เป็นต้น

(3) ถูกสัตว์หรือแมลงกัด เช่น ยุง ซึ่งเป็นพาหะนำโรคหลายชนิดเข้าสู่ร่างกาย เช่น ไข้มาลาเรีย ไข้เลือดออก ไข้เหลือง เป็นต้น

(4) โดยการไชผ่านทางผิวหนังเข้าสู่ร่างกาย เช่น พยาธิปากขอ

(5) จากการใช้เข็มฉีดยาร่วมกับผู้ที่เป็นโรค หรือรับเลือดจากผู้ที่มีเชื้อในเลือด เช่น โรคเอดส์ ไวรัสตับอักเสบ B เป็นต้น

4) ทางเยื่อบุต่างๆ เชื้อโรคบางชนิดเข้าสู่ร่างกายทางเยื่อบุต่างๆ เช่น เยื่อบุตา เยื่อบุปาก ทั้งมีบาดแผลหรือไม่มีบาดแผลก็ได้ เช่น เชื้อราในช่องปาก เชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดโรคตาแดง เป็นต้น

5) ทางระบบอวัยวะสืบพันธุ์ หรือทางเพศสัมพันธุ์ ติดต่อโดยการร่วมประเวณีกับผู้ป่วย เช่น กามโรค โรคตับอักเสบชนิด B โรคเอดส์ เป็นต้น

6) ทางสายสะดือ (Trans- placental Infection) โดยทารกจะได้รับเชื้อโรคจากมารดาผ่านทางสายสะดือขณะอยู่ในครรภ์ เช่น โรคซิฟิลิส หัดเยอรมัน โรคเอดส์ เป็นต้น

2.4.8.2 การแพร่กระจายของโรค หมายถึง การที่เชื้อโรคเคลื่อนที่จากแหล่งที่อยู่ไปสู่คน สัตว์หรือสิ่งของอื่นๆ แล้วทำให้เกิดโรค การแพร่กระจายของเชื้อโรคมี 2 ทาง ดังนี้

1) การแพร่เชื้อโรคโดยทางตรง (Direct transmission) หมายถึง การที่เชื้อโรคแพร่จากแหล่งหนึ่งไปสู่อีกแหล่งหนึ่งโดยไม่มีสื่อกลางหรือพาหะเป็นตัวนำไป เช่น การสัมผัสหรือได้รับเชื้อจากน้ำมูก น้ำลาย หนอง น้ำเหลือง หรือสะเก็ดแผลของผู้ป่วย นอกจากนี้ยังมีการได้รับเชื้อโดยตรง จากการได้รับเลือดซึ่งมีโรคติดต่อบางอย่างอยู่ในเลือด เช่น โรคเอดส์ โรคไวรัสตับอักเสบชนิด B เป็นต้น

2) การแพร่เชื้อโดยทางอ้อม (Indirect transmission) หมายถึง การที่เชื้อโรคแพร่จากแหล่งหนึ่งไปอีกแหล่งหนึ่งโดยมีสื่อกลาง หรือพาหะเป็นตัวนำ ซึ่งไม่ใช่เป็นการติดต่อกันโดยระหว่างผู้ป่วยกับคนปกติหรือผู้ที่อยู่ใกล้ชิด เช่น เชื้อโรคอาจปะปนอยู่ในน้ำ อาหาร เสื้อผ้าและของใช้ต่างๆ เมื่อดื่มน้ำ กินอาหาร เชื้อโรคก็เข้าสู่ร่างกายได้หรืออาจได้รับเชื้อจากสัตว์นำโรค เช่น ยุง แมลงวัน เป็นต้น การแพร่กระจายของเชื้อโรคโดยทางอ้อม ต้องมีส่วนประกอบคือ ตัวเชื้อโรคต้อง

สามารถดำรงชีวิตอยู่นอกร่างกายในชั่วระยะเวลาหนึ่ง และจะต้องมีตัวพาหะซึ่งเป็นตัวนำเชื้อโรคจากแหล่งหรือจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง

2.5 วิธีการเก็บตัวอย่างจุลชีพ

ใช้หลักการเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างอนุภาค คือ แยกอนุภาคจุลชีพออกจากกระแสอากาศและดักเก็บไว้บนหรือในตัวกลางที่เป็นของเหลว ของแข็ง กระดาษกรอง หรืออาหารเลี้ยงเชื้อ และเทคนิคที่ใช้ทั่วไปคือ การดักเก็บด้วยเพลทเก็บตัวอย่าง (Impaction) การกรอง (Filtration) และการดักด้วยของเหลวในอิมพิงเจอร์ (Impingement) จากนั้นจึงนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาปริมาณและชนิดของจุลชีพต่อไป

2.5.1 เทคนิคที่ใช้เก็บตัวอย่างจุลชีพ มีดังนี้

2.5.1.1 การดักเก็บด้วยเพลทเก็บตัวอย่าง (Impactor method) ด้วยวิธีการเก็บโดยใช้อุปกรณ์อิมแพคเตอร์นี้ จุลชีพซึ่งแขวนลอยในอากาศถูกดูดผ่านช่องเล็กๆ และชนเข้ากับอาหารเพาะเชื้อซึ่งบรรจุอยู่ในจานเพาะเชื้อซึ่งจุลชีพนั้นสามารถเจริญเติบโต เพิ่มจำนวนและสร้างโคโลนีหรือบนแผ่นกระจกหรือเทปกาวและนำไปเพาะเชื้อ หรือส่องกล้องนับและสังเกตลักษณะสปอร์ ความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์อาจเกิดขึ้นได้หากจุลชีพอยู่ชิดกันบนอาหารเพาะเชื้อ และสร้างโคโลนีขึ้นมาติดกันนับได้เป็นหนึ่งโคโลนี ความคลาดเคลื่อนมีมากขึ้นตามความหนาแน่นของโคโลนีบนอาหารเพาะเชื้อ

2.5.1.2 การกรอง (Filtration) การเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศโดยทั่วไปใช้วิธีการกรองจุลชีพแขวนลอยออกจากอากาศด้วยกระดาษกรอง ซึ่งอาศัยกลไกเดียวกับการกรองอนุภาคทั่วๆ ไป คือ การชนกับเนื้อเยื่อหรือเส้นใยกระดาษกรองโดยตรง การเกาะติดกับกระดาษกรอง เนื่องจากแรงเฉื่อย จากการแพร่จากประจุไฟฟ้าที่ต่างกัน และด้วยแรงโน้มถ่วง จากนั้นล่างหรือเขย่าจุลชีพที่ติดบนกระดาษกรองลงในสารละลาย แล้วจึงเจือจางสารละลายดังกล่าวตามความเหมาะสม จากนั้นจึงนำไปเพาะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ และนับจำนวนโคโลนีได้ กระดาษกรองที่นิยมใช้ทั่วไป คือ ชนิดเมมเบรน

2.5.1.3 การดักด้วยของเหลวในอิมพิงเจอร์ (Liquid impinger method) การเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้ทำได้โดยการดูดอากาศในบริเวณที่ต้องการตรวจประเมินผ่านลงในของเหลวบรรจุในอิมพิงเจอร์ จุลชีพถูกดักไว้ในของเหลว มีเดียหรือของเหลวปราศจากเชื้อที่ใช้ในการดักเก็บจุลชีพมีหลายชนิด ที่ใช้อย่างกว้างขวางคือ น้ำ เปปโตนละลายในน้ำ (1% เปปโตนผสมน้ำกลั่นกับ 0.01% Tween 80 และ 0.005% antifoam A) บีเทนละลายในน้ำ (5 mM Betaine กับ Tween 80 และ antifoam A) จากนั้นจึงนำไปเพาะเชื้อบนอาหารที่เหมาะสม โดยทั่วไปของเหลวหรือมีเดียที่ดักจุลชีพ

ไว้จะถูกนำไปเจือจางด้วย sterile isotonic solution ก่อนนำไปเพาะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อให้ความหนาแน่นของโคโลนีเหมาะสม (30-300 โคโลนี/เพลท)

2.5.2 อุปกรณ์และเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลชีพแขวนลอยในอากาศ

2.5.2.1 อุปกรณ์สำหรับการดักเก็บตัวอย่างด้วยเพลทเก็บตัวอย่าง (Impactor method) ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถคัดแยกขนาดอนุภาคและนับจำนวนจุลชีพที่มีชีวิตในเวลาเดียวกันได้มีหลายชนิด ได้แก่ อุปกรณ์ชนิดหกชั้น (Six stage impactor) อุปกรณ์ชนิดสองชั้น (Two stage impactor) อุปกรณ์ชนิดชั้นเดียว (Single stage impactor) ข้อดีของอุปกรณ์ชนิดนี้คือ สามารถดักเก็บจุลชีพบนอาหารเพาะเชื้อได้โดยตรง ไม่ต้องเจือจางหรือล้างอุปกรณ์เก็บเพื่อนำไปเพาะเชื้อต่อขณะที่ปัญหาหลักคือสามารถเก็บเฉพาะจุลชีพที่มีชีวิตเท่านั้น ไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ จุลชีพที่ไม่มีชีวิตหรือไม่สามารถเพาะเชื้อขึ้นซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้เช่นกันหากหายใจเข้าไป และจุดอ่อนอีกประการหนึ่ง คือ หากมีจุลชีพจำนวนมากในอากาศอาจมีจุลชีพมากกว่าหนึ่งตกลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อในจุดเดียวกัน ซึ่งส่งผลให้การวิเคราะห์ต่ำกว่าความเป็นจริง

2.5.2.2 อุปกรณ์สำหรับการดักเก็บตัวอย่างด้วยการกรอง (Filtration) กระดาษกรองชนิดเมมเบรนเป็นกระดาษกรองที่ใช้แพร่หลายในการ ดักเก็บอนุภาคชีวภาพโดยบรรจุกระดาษกรองไว้ในตลับยึดกระดาษกรองเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างอนุภาคทั่วไป สิ่งสำคัญที่แตกต่างจากการเก็บอนุภาคทั่วไป คือ กระดาษกรองนั้นต้องปราศจากเชื้อ หลังจากเก็บตัวอย่างแล้วนำกระดาษกรองไปชะล้าง อนุภาคบนกระดาษกรองออกและนำน้ำจากการล้างไปเพาะเชื้อ ข้อดีของอุปกรณ์ชนิดนี้ คือใช้ได้สำหรับจุลชีพหลายชนิดและง่าย ขณะที่ปัญหาสำคัญของการเก็บตัวอย่างด้วยอุปกรณ์ชนิดนี้ คือ จุลชีพที่มีชีวิตอาจตายในระหว่างการเก็บตัวอย่าง และการล้างอนุภาคออกจากกระดาษกรองไม่สามารถนำจุลชีพออกมาได้ดีนัก

2.5.2.3 อุปกรณ์สำหรับการดักเก็บตัวอย่างด้วยของเหลวในอิมพิงเจอร์ อุปกรณ์ชนิดนี้ถูกพัฒนามากว่า 70 ปีแล้ว และคงใช้จนกระทั่งทุกวันนี้ เนื่องจากราคาถูกและใช้ง่าย ของเหลวในหนึ่งตัวอย่างอาจนำไปเพาะเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อต่างชนิดเพื่อวิเคราะห์จุลชีพต่างชนิดได้ด้วย ข้อจำกัดของอุปกรณ์นี้ คือ จุลชีพอาจตายในระหว่างการเก็บตัวอย่างเนื่องจากการกระแทกกับก้นของอิมพิงเจอร์ และอาจสูญเสียจุลชีพไปจากการกลับเข้าสู่กระแสอากาศและเคลื่อนที่ออกไปกับอากาศอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนั้นจุลชีพบางชนิดอาจช็อกเนื่องจากการเปียกชื้นอย่างกะทันหัน หรือจากการดูดซึมน้ำเข้าไปในขณะที่จมอยู่ในสารละลายในอิมพิงเจอร์

2.5.3 ระยะเวลาในการเก็บและจำนวนตัวอย่าง

โดยทั่วไประยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อประเมินการสัมผัสเฉลี่ยกับสารใดๆ นั้น ควรสะท้อนระยะเวลาการทำงานที่สัมผัสสารนั้นๆ อย่างไรก็ตาม สำหรับการเก็บตัวอย่างจุลชีพนั้น เป็นสิ่งที่ทำได้ยากและสิ้นเปลือง เนื่องจากระยะเวลาที่คนส่วนใหญ่อาศัยหรือทำงานอยู่ใน

อาคารมักมีระยะเวลายาวนาน ในขณะที่การเก็บตัวอย่างจุลชีพที่มีชีวิตแขวนลอยในอากาศและนำมาเพาะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยเฉพาะการเก็บโดยการดักเก็บด้วยจานอาหารเลี้ยงเชื้อนั้น แต่ละตัวอย่างอาจต้องใช้เวลาสั้นๆ เพียงไม่กี่วินาที เนื่องจากจุลชีพอาจตกลงที่จุดเดียวกันหรือจุดที่ใกล้กันมากกว่าหนึ่งอนุภาค เมื่อเพาะบ่มเชื้อโคโลนีของจุลชีพเหล่านี้เจริญเติบโตซ้อนกันหรือรวมเป็นโคโลนีเดียว การนับจุลชีพจึงคลาดเคลื่อนได้ และการเก็บตัวอย่างเป็นเวลานานอาจส่งผลให้จุลชีพบางชนิดตาย เพราะไม่สามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมบนตัวอย่างได้ โดยเฉพาะตัวอย่างที่เก็บด้วยกระดาษกรอง ดังนั้น การเก็บตัวอย่างโดยการดักเก็บด้วยเพลทเก็บตัวอย่างหรือจานอาหารเลี้ยงเชื้อจึงใช้เวลาประมาณ 1-5 นาที หรืออาจสั้นเพียง 15-90 วินาที ขณะที่การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยกระดาษกรองและอิมพิงเจอร์อาจเก็บนานถึง 30 นาที ถึงหลายชั่วโมง ทั้งนี้ระยะเวลาเก็บตัวอย่างอากาศสำหรับอุปกรณ์แต่ละชนิดขึ้นกับอัตราการไหลของอากาศและความเข้มข้นของจุลชีพที่คาดว่าจะมีในอากาศ กล่าวคือ หากคาดว่าความเข้มข้นของจุลชีพในอากาศสูงควรเก็บตัวอย่างอากาศในปริมาตรที่ต่ำกว่า โดยอาจกำหนดให้ระยะเวลาเก็บตัวอย่างสั้นกว่า หรืออัตราการไหลอากาศต่ำกว่า เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว การแปรผันของปัจจัยแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ฤดูกาล และภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อปริมาณและชนิดจุลชีพในอากาศ รวมทั้งกิจกรรมที่อาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจายและการสร้างสปอร์ของจุลชีพ การเก็บตัวอย่างอากาศในเวลาสั้นๆ หลายๆ ตัวอย่างจึงสะท้อนปัจจัยดังกล่าวและปริมาณเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานหรือการสัมผัสได้ดีกว่า ทั้งนี้ ขึ้นกับความแปรปรวนของปัจจัยแวดล้อมเป็นสำคัญ นั่นคือ หากสภาพแวดล้อมมีการแปรผันหรือแตกต่างกันมากในช่วงเวลาหนึ่งๆ อาจต้องการตัวอย่างจำนวนมากกว่าสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างหรือแปรผันน้อยกว่า

2.5.4 สิ่งที่ต้องคำนึงในการเก็บตัวอย่างจุลชีพ

2.5.4.1 อุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำ จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตของจุลชีพชะงักงันได้ แบคทีเรียบางชนิดมีอัตราการรอดในที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80% สูงกว่าในที่ความชื้นสัมพัทธ์ 30% ถึง 35-65 เท่า ขณะที่อุณหภูมิอาจทำให้รูปร่างของจุลชีพเปลี่ยน (Morphological change) ได้ เช่น *Histoplasma capsulatum* เป็นจุลชีพที่ทำให้เกิดโรคชนิดหนึ่งซึ่งในที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส จะอยู่ในรูปของไมซีเลียหรือสปอร์ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะกระตุ้นให้ *Histoplasma capsulatum* เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของยีสต์ ดังนั้น ในการเก็บตัวอย่างจุลชีพจึงต้องจดบันทึกอุณหภูมิและความชื้นด้วยเสมอ

2.5.4.2 ความปลอดภัย เนื่องจากจุลชีพมีอยู่ทั่วไปทุกหนทุกแห่งรวมทั้งบนร่างกายของคนเราด้วย เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของตัวอย่างในขณะจัดการเก็บตัวอย่างอากาศ อุปกรณ์ทุกชนิดจึงต้องผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อ และผู้ทำหน้าที่เก็บตัวอย่างต้องล้างมือให้สะอาดและระมัดระวังไม่สัมผัสกับตัวอย่างหรืออาหารเลี้ยงเชื้อโดยตรง ขณะเดียวกันจุลชีพในสิ่งแวดล้อมที่ต้องการประเมิน

นั้นอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้นการป้องกันตนเองโดยการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมและขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ดีจึงเป็นสิ่งจำเป็นและต้องคำนึงถึงเสมอ

2.5.4.3 การควบคุมคุณภาพ การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์จุลชีพแขวนลอยในอากาศจำเป็นต้องความคุมคุณภาพเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างอากาศอื่นๆ และดังที่กล่าวมาแล้วการปนเปื้อนของตัวอย่างอาจเกิดขึ้นได้ค่อนข้างง่ายและในทุกขั้นตอน ดังนั้น แบลงค์ (คือ อุปกรณ์เก็บตัวอย่างที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศ และได้รับการปฏิบัติเช่นเดียวกับตัวอย่างทุกประการ ยกเว้นไม่ดูดอากาศผ่าน) จึงถูกใช้สำหรับการควบคุมคุณภาพในขั้นตอนต่างๆ ของการเตรียม การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่าง นั่นคือ แบลงค์ในขณะเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ (Laboratory media blank) และแบลงค์ในขณะเก็บตัวอย่างและขนส่งกลับมายังห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ (Field blank)

1) แบลงค์ในขณะเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ ก่อนนำอาหารเลี้ยงเชื้อมาใช้ควรมั่นใจว่าอาหารนั้นไม่ถูกปนเปื้อนมาก่อนโดยการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้ออย่างน้อยสามตัวอย่างและบ่มเพาะเชื้อตามขั้นตอนที่ต้องปฏิบัติสำหรับตัวอย่าง หากไม่มีการปนเปื้อน (ไม่มีจุลชีพเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ) จึงเตรียมอาหารสำหรับเก็บตัวอย่าง สุ่มเก็บอาหารที่เตรียมไว้นี้อย่างน้อย 5 ตัวอย่าง (หรือตามที่ห้องปฏิบัติการกำหนด) เพื่อเป็นแบลงค์ ซึ่งต้องนำเข้าบ่มเพาะเชื้อพร้อมกับตัวอย่างที่เก็บมา

2) แบลงค์ในขณะเก็บตัวอย่าง (Field blank) คืออาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับเก็บตัวอย่างที่นำไปยังพื้นที่ที่ต้องการเก็บตัวอย่างด้วยและปฏิบัติกับแบลงค์เหล่านี้ เช่นเดียวกับตัวอย่างทุกประการยกเว้นไม่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศ กล่าวคือ นำมาวางบนอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง เปิดฝาและปิดฝาทันที และเก็บบรรจุขนส่งเพื่อนำกลับมาบ่มเพาะเชื้อรวมกับตัวอย่าง อย่างน้อยควรสุ่มเก็บแบลงค์สองตัวอย่างสำหรับตัวอย่างอากาศสิบตัวอย่าง แต่ไม่เกินสิบแบลงค์สำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศหนึ่งครั้ง

2.6 ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

2.6.1 อาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งตามส่วนผสม หรือองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่

2.6.1.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ทราบส่วนประกอบทางเคมีแน่นอน (Artificial media หรือ Non-synthetic media) อาหารเลี้ยงเชื้อนี้ประกอบด้วยเนื้อเยื่อพืชและสัตว์ ซึ่งมีสารอินทรีย์อยู่มากมาย เช่น ประกอบด้วยเพปโทน (peptone) สารสกัดจากเนื้อ (meat extract) สารสกัดจากยีสต์ (yeast extract) เป็นต้น อาหารเลี้ยงเชื้อนี้ช่วยในการเจริญของแบคทีเรียหลายชนิด ตัวอย่างอาหาร

เลี้ยงเชื้อชนิดนี้ที่ใช้กันมากในห้องปฏิบัติการ คือ อาหารเลี้ยงเชื้อเหลวเอ็นบี (NB หรือ Nutrient broth) อาหารแข็งเอ็นเอ (NA หรือ Nutrient agar) ซึ่งใช้เลี้ยงแบคทีเรีย

2.6.1.2 อาหารสังเคราะห์ (Synthetic media หรือ chemically defined media) อาหารสังเคราะห์เป็นอาหารที่ทราบองค์ประกอบทางเคมีอย่างแน่นอน เช่น อาหารเลี้ยงเชื้อ Lactobacilli มีหลายสิบชนิด แต่ละชนิดทราบปริมาตรที่แน่นอน

2.6.2 อาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งตามประโยชน์ที่ใช้ ได้แก่

2.6.2.1 เอ็นริชมีเดีย (Enriched media) เป็นอาหารเหลวที่ใช้เฉพาะกับแบคทีเรียบางชนิดที่เลี้ยงยาก (fastidious) เพราะเลี้ยงในอาหารธรรมดาได้ยากหรือไม่เจริญในอาหารธรรมดา อาหารชนิดนี้ต้องเติมสารบางอย่าง เช่น เลือด (blood) ซีรัม (serum) หรือสารที่สกัดจากเนื้อเยื่อหรือสัตว์เพื่อเร่งการเจริญของแบคทีเรียลงในอาหารเอ็นบีหรือเอ็นเอ หรืออาหารชนิดเตตราไธโอเนตมีเดีย (tetrathionate media) จะกระตุ้นการเจริญของ Salmonella typhosa แต่ยับยั้งการเจริญของ E.coli

2.6.2.2 อาหารคัดเลือก (Selective media) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้แยกจุลินทรีย์ที่ต้องการออกจากจุลินทรีย์อื่นที่ปะปนอยู่ โดยการเติมสารเคมีบางอย่างเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ โดยไม่มีผลต่อจุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่ง เช่น การเติมสีคริสตัลไวโอเลต (crystal violet) เพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก โดยไม่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ หรือแบคทีเรียที่สามารถใช้มอลโทสเป็นแหล่งคาร์บอนได้จะเจริญได้ในอาหารที่มีน้ำตาลมอลโทสหรือการใช้ pH เป็นตัวคัดเลือกการเจริญ เช่น แซบโบราวด์ส กลูโคส อะการ์ (Sabouraud’s glucose agar) pH ที่ 5.6 ใช้เลี้ยงเชื้อรา หรือการใช้สารปฏิชีวนะบางชนิด จะห้ามการเจริญของแบคทีเรียอื่นๆ ได้แต่ยอมให้ *Neisseria gonorrhoeae* เจริญได้

2.6.2.3 อาหารเลี้ยงเชื้อที่บอกความแตกต่าง (Differential media) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้แยกชนิดของแบคทีเรียที่เจริญปะปนอยู่ในอาหารนั้นโดยอาศัยความแตกต่างของโคโลนี เช่น บลัดอะการ์มีเดีย (blood agar media) เป็นอาหารวุ้นที่เติมเลือด ถ้าแบคทีเรียนั้นย่อยสลายเม็ดเลือดแดงได้จะเกิดบริเวณใสๆ (clear zone) ขึ้นรอบๆ โคโลนีของแบคทีเรีย ซึ่งแสดงว่าได้เกิดการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (hemolysis) ส่วนแบคทีเรียพวกไม่ทำลายเม็ดเลือดแดงจะไม่เกิดบริเวณใสๆ รอบโคโลนี จึงใช้แยกแบคทีเรียเหล่านี้ได้ นอกจากนี้อาหารบางชนิดยังเป็นทั้งอาหารคัดเลือกและบอกความแตกต่าง (selective and differential media) คือใช้แยกชนิดและบอกความแตกต่างของจุลินทรีย์ได้ เช่น แมคคองกีอะการ์ (Mac Conkey agar) เป็นอาหารที่ใช้แยกแบคทีเรียแกรมลบที่อยู่ในลำไส้ โดยใส่สีคริสตัลไวโอเลตและเกลือน้ำดี (bile salt) ห้ามการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก ส่วนแบคทีเรียแกรมลบที่เจริญได้นั้นถ้าย่อยน้ำตาลแล็กโทสให้เป็นกรดได้ทำให้โคโลนีมีสีแดง เพราะสีอินดิเคเตอร์ของนิวทรัลเรด (neutral red) เปลี่ยนไป ส่วนพวกที่ไม่ย่อยน้ำตาลแล็กโทสโคโลนีจะใส

ไม่มีสีและเนื่องจากพวกที่ย่อยน้ำตาลแล็กโทสได้มักไม่ทำให้เกิดโรค อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดนี้จึงมีประโยชน์ในการแยกเชื้อจากลำไส้ที่ทำให้เกิดโรค และไม่ทำให้เกิดโรค อาหารแมนนิทอล ซอลต์ อะการ์ (Mannitol salt agar) เป็นอาหารคัดเลือกและบอกความแตกต่างอีกชนิดหนึ่ง ใช้บอกความแตกต่างของแบคทีเรียพวกที่ทำให้เกิดโรคซึ่งจะเจริญและย่อยสลายน้ำตาลแมนนิทอลให้เป็นกรด ทำให้สีของฟีนอลเรด (phenol red) ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ เปลี่ยนจากแดงเป็นเหลือง และอาหารนี้มีเกลือโซเดียมคลอไรด์สูงถึงร้อยละ 7.5 จึงยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิดอื่น อาหารเลี้ยงเชื้อนี้ใช้แยกเชื้อ *Staphylococcus aureus*

2.6.2.4 อาหารที่ใช้วิเคราะห์ (Assay media) เป็นอาหารที่มีองค์ประกอบพิเศษเพื่อใช้วิเคราะห์หาปริมาณของวิตามิน กรดอะมิโน และสารปฏิชีวนะ นอกจากนี้ยังใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้ยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ (disinfectant) ด้วย

2.6.2.5 อาหารที่ใช้ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ (Media for enumeration of microorganism) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์บางชนิด เช่น จุลินทรีย์ในน้ำหรือนม องค์ประกอบของอาหารจะต้องเหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์เหล่านั้น

2.6.2.6 อาหารที่ใช้ศึกษาสมบัติของจุลินทรีย์ (Media for characterization of microorganism) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ตรวจสอบสมบัติในการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร รวมทั้งสมบัติที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมี

2.6.2.7 อาหารใช้เก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์ (Maintenance media) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เก็บรักษาเชื้อที่มีชีวิตให้นานที่สุด โดยเชื้อยังมีสมบัติเหมือนเดิม จึงมีการลดองค์ประกอบบางอย่างในอาหารเพื่อให้เชื้อมีการเจริญน้อยลง และปลดปล่อยของเสียน้อยลง เช่น น้ำตาลกลูโคสในอาหารจะเพิ่มการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้สร้างกรดได้มากและทำให้เชื้อตายเร็ว ดังนั้นจึงต้องลดปริมาณน้ำตาลกลูโคสให้น้อยลง

2.7 มาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

2.7.1 สถาบันสิ่งแวดล้อมของสิงคโปร์แนะนำระดับของแบคทีเรียและเชื้อราไม่ควรเกิน 500 CFU/m^3 ซึ่งเป็นคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีของสถานที่ทำงาน (Institute of Environmental Epidemiology Ministry of the Environment Singapore, 1996)

2.7.2 มาตรฐานเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในอาคารของประเทศฮ่องกง คือ 1,000 CFU/m^3 (Hong Kong Special Administrative Region, 2003)

2.7.3 มาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศของ American Conference of Governmental Industrial Hygienists คือ 750 CFU/m^3 (ACGIH, 1996)

2.7.4 คำแนะนำคุณภาพอากาศภายในอาคารและสถานที่สาธารณะเฉลี่ย 8 ชั่วโมง โดย Indoor Air Quality Management Group ของ Hong Kong Special Administrative Region ถ้ามีปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค < 500 CFU/m^3 จัดอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม แต่ถ้ามีปริมาณเชื้อแบคทีเรียก่อให้เกิดโรค < 1,000 CFU/m^3 จัดอยู่ในเกณฑ์ดี (Hong Kong Special Administrative Region, 2003) ดังตารางมาตรฐานของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศในแต่ละสถาบัน

ตารางที่ 2 ตารางมาตรฐานของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศในแต่ละสถาบัน

สถาบัน	มาตรฐาน/ค่าที่แนะนำ	หมายเหตุ
องค์การอนามัยโรค World Health Organization (WHO)	< 500 CFU/m^3	จุลินทรีย์ทั้งหมด
American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)	< 100 CFU/ m^3	สำหรับห้องที่ต้องการความสะอาดสูง เช่น โรงพยาบาล
	100 – 1,000 CFU/ m^3	ในอากาศทั่วไป ในอาคาร, นอกอาคาร
	> 1,000 CFU/ m^3	บริเวณที่มีการเกษตร, การเลี้ยงสัตว์
สิงคโปร์	500 CFU/ m^3	จุลินทรีย์ทั้งหมด
ฮ่องกง	1,000 CFU/ m^3	แบคทีเรีย
เกาหลี	800 CFU/ m^3	จุลินทรีย์ทั้งหมด

หมายเหตุ :

2.8 มาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคาร

ค่ามาตรฐานระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารนั้น ประกอบด้วยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดัชนีความสบาย เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ระดับสารเคมีภายในอาคาร และปัจจัยทางชีวภาพภายในอาคาร ซึ่งระดับค่ามาตรฐานที่กำหนดนั้นจะมีค่าอยู่ในระดับต่ำๆ แตกต่างกับค่ามาตรฐานของสิ่งแวดล้อมจากการทำงาน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางมาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคารแต่ละสถาบัน

ปัจจัยคุณภาพอากาศ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	ระยะเวลา	มาตรฐานอ้างอิง
อุณหภูมิ	20-26 °C	ตลอดเวลา	- ASHRAE Standard 55
ความชื้นสัมพัทธ์	30-60 %	ตลอดเวลา	- ASHRAE Standard 62
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	1,000 ppm	ตลอดเวลา	- ASHRAE Standard 62
	800 ppm	ตลอดเวลา	- OSHA
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	25 ppm	8 ชั่วโมง	- ACGIH (2003)
อนุภาครวม	0.26 mg/m^3	24 ชั่วโมง	- EPA
อนุภาคขนาดเล็ก (PM10)	0.15 mg/m^3	24 ชั่วโมง	- ASHRAE Standard 62
เรดอน	4 พิโคคิวรี่/ลิตร	1 ปี	- EPA
โอโซน	0.04-0.4 ppm	ตลอดเวลา	- WHO (1984)
	0.05 ppm	8 ชั่วโมง	- ACGIH (2002)
	0.08 ppm	8 ชั่วโมง	- EPA
ไนโตรเจนไดออกไซด์	< 0.1 ppm	ตลอดเวลา	- ASHRAE Standard 62
ฟอร์มัลดีไฮด์	< 0.4 ppm	ตลอดเวลา	- ASHRAE Standard 62

หมายเหตุ :

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์ (2548) ได้ศึกษาถึงชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลและการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ โดยการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศจากจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุด ในโรงพยาบาลขนาด 700 เตียง ใน จังหวัดขอนแก่น ด้วยเครื่องมือ 3 ชนิด คือ Andersen Impactor, BioSampler และ Open plate พบว่า Andersen Impactor และOpen plate ให้ผลใกล้เคียงกันทั้งชนิดและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์แต่ Andersen Impactor ใช้ระยะเวลาเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศเพียง 10 – 20 นาที ส่วน Open plate ต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บนานถึง 2 ชั่วโมง และต้องมีจำนวน plate มากพอ ถึงจะครอบคลุม จำนวนชนิดและปริมาณใกล้เคียงกับ Andersen Impactor ได้ ส่วน BioSampler พบเชื้อจุลินทรีย์น้อยมาก ผลการศึกษาพบจำนวนจุลินทรีย์ในอากาศทั้งหมด 11 Genus เป็นเชื้อแบคทีเรีย 7 Genus คือ Staphylococcus, Micrococcus, Pseudomonas, Non–Fermentative Gram negative Bacilli (NFB), Bacillus, Enterobacter และ Klebsiela และเชื้อรา 5 Genus คือ *Aspergillus, Penicillium, Curvularia, Fusarium* และเชื้อราที่ไม่สามารถระบุชนิดได้

ชุลีวัลย์ ธัญญศิรินนท์, พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และ ภารดี ช่วยบำรุง (2551) เปรียบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศระหว่างเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ Anderson Impactor six-stage และ single-stage ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ 10 ครั้งภายในห้องปฏิบัติการทางด้านจุลชีววิทยา คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้สถิติ paired t-test ช่วงเชื่อมั่น $\alpha < 0.01$ และเปรียบเทียบความแตกต่างของเชื้อราในอากาศในอาคารและนอกอาคารโดยใช้ t-test ผลการศึกษาพบว่าการเก็บตัวอย่างทั้งสองวิธีมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเชื้อราที่ตรวจพบด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างชนิดชั้นเดียวมีปริมาณมากกว่าชนิด 6 ชั้น ตรวจพบเชื้อราในอาคารสูงกว่านอกอาคาร 165-167 CFU/m^3 และ 129-134 CFU/m^3 ตามลำดับ เชื้อราที่พบมากสุด ได้แก่ *Aspergillus, Penicillium, Curvularia* ตามลำดับ

วชร โอนพรัตน์วิบูล (2551) ศึกษาความชุกของเยื่อจมูกอักเสบจากภูมิแพ้ในบุคลากรที่ปฏิบัติงานในอาคารแห่งหนึ่งที่มีการตรวจพบเชื้อราและน้ำรั่วซึม ทำการศึกษาโดยใช้แบบสอบถามปรับปรุง ISAAC สอบถามในพนักงาน 253 คน และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับเชื้อราและการเกิดโรค ผลการศึกษาพบว่าใน 1 เดือนที่ผ่านมาความชุกของเยื่อจมูกอักเสบจากภูมิแพ้ที่ในอาคารร้อยละ 9.52 ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเกิดโรคคือ ผู้ที่มีประวัติโรคหอบหืด ห้องที่มีการปูพรม และบริเวณที่ตรวจพบเชื้อรา ($p<0.05$) ผู้ที่ปฏิบัติงานในสถานที่ที่มีปัจจัยดังกล่าวมีโอกาสเกิดเยื่อจมูกอักเสบ

จากภูมิแพ้ในอาคารเป็น 2 เท่าของผู้ที่ไม่ได้สัมผัสปัจจัยตรวจพบเชื้อรา 198 CFU/m^3 โดยปริมาณเชื้อราขึ้นอยู่กับความชื้นและคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำรั่ว น้ำขัง กลิ่นชื้นไม่มีผลต่อปริมาณเชื้อรา

สุวัฒน์ ดำนิล (2552) ศึกษาระดับความเข้มข้นและจำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลศิริราช โดยทำการศึกษาชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศของตึกผู้ป่วยนอก ด้วยเครื่อง Portable BioStage® single stage bioaerosol impaction sampler ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายน ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2551 จำนวน 14 จุด จากการศึกษาพบว่า ปริมาณเชื้อราทั้งหมดในอากาศอยู่ในชวง 1.5 x 10^2 ถึง 7.6 x 10^2 CFU/m^3 โดยพบ Non-sporulate septate mold, Dematiaceous mold, *Penicillium* spp. *และ Aspergillus* spp. เป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นห้องจ่ายยาพบว่ามี ปริมาณเชื้อราในอากาศอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ (500 CFU/m^3) ส่วนปริมาณแบคทีเรียในอากาศภายในอาคารของทุกพื้นที่เก็บตัวอย่างมีปริมาณเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (>500 CFU/m^3) คืออยู่ในช่วง 9.6 x 10^2 ถึง 2.7 x 10^3 CFU/m^3 ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียประจำถิ่นที่พบตามผิวหนังซึ่งไม่ก่อโรค เช่น Coagulase-negative staphylococci และ *Bacillus* spp. และพบว่าปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความหนาแน่นของคนในพื้นที่และชนิดของระบบระบายอากาศ มีผลต่อระดับความเข้มข้นของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ

วสุ ปฐมอารีย์ (2554) ตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียและเชื้อราในห้องสมุด โดยใช้วิธี Open Plate โดยใช้อาหาร Nutrient agar สำหรับตัวอย่างจุลินทรีย์แบคทีเรีย และอาหาร Sabouraud dextrose agar สำหรับตัวอย่างเชื้อรา เก็บตัวอย่างในฤดูร้อนและฤดูฝน ทำการเก็บตัวอย่าง 3 วันต่อสัปดาห์ คือ วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในแต่ละวันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จุลินทรีย์แบคทีเรียในฤดูร้อน 3.5 CFU/15 นาที และฤดูฝนเท่ากบั 7.1 CFU/15 นาที เชื้อราในฤดูร้อน 0.6 CFU/15 นาที และเชื้อราในฤดูหนาวเท่ากับ 0.8 CFU/15 นาที

จักรพงษ์ นิมานะ, ศิริลักษณ์ เจริญรัตน์ และ วราลี บุญญพิทักษ์สกุล (2557) ศึกษาแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้ในห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ จำนวน 6 แห่ง เก็บตัวอย่างด้วยวิธี Open plate โดยใช้อาหาร Tryptone soya agar (TSA) สำหรับเชื้อแบคทีเรีย และอาหาร Sabouraud dextrose agar สำหรับเชื้อรา เก็บตัวอย่างห้องปฏิบัติการละ 2 จุดทุกวันจันทร์-ศุกร์ เวลา 09.00–10.00 น. และ 13.00-14.00 น. เก็บตัวอย่าง 1 เดือน แบคทีเรียในช่วงเช้าและช่วงบ่ายเท่ากับ 10.1-93.1 และ 4.9-63.9 CFU/plate/h ตามลำดับ ส่วนเชื้อราในช่วงเช้าและช่วงบ่ายเท่ากับ 32.1-87.0 และ 17.1-76.3 CFU/plate/h พบว่าแบคทีเรียและเชื้อราในช่วงเช้าสูงกว่าช่วงบ่ายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เชื้อแบคทีเรียก่อโรคภูมิแพ้ที่ตรวจพบได้แก่ *Bacillus* spp.,*Staphylococcus aureus* และ แบคทีเรียแกรมลบรูปแท่งตามลำดับ

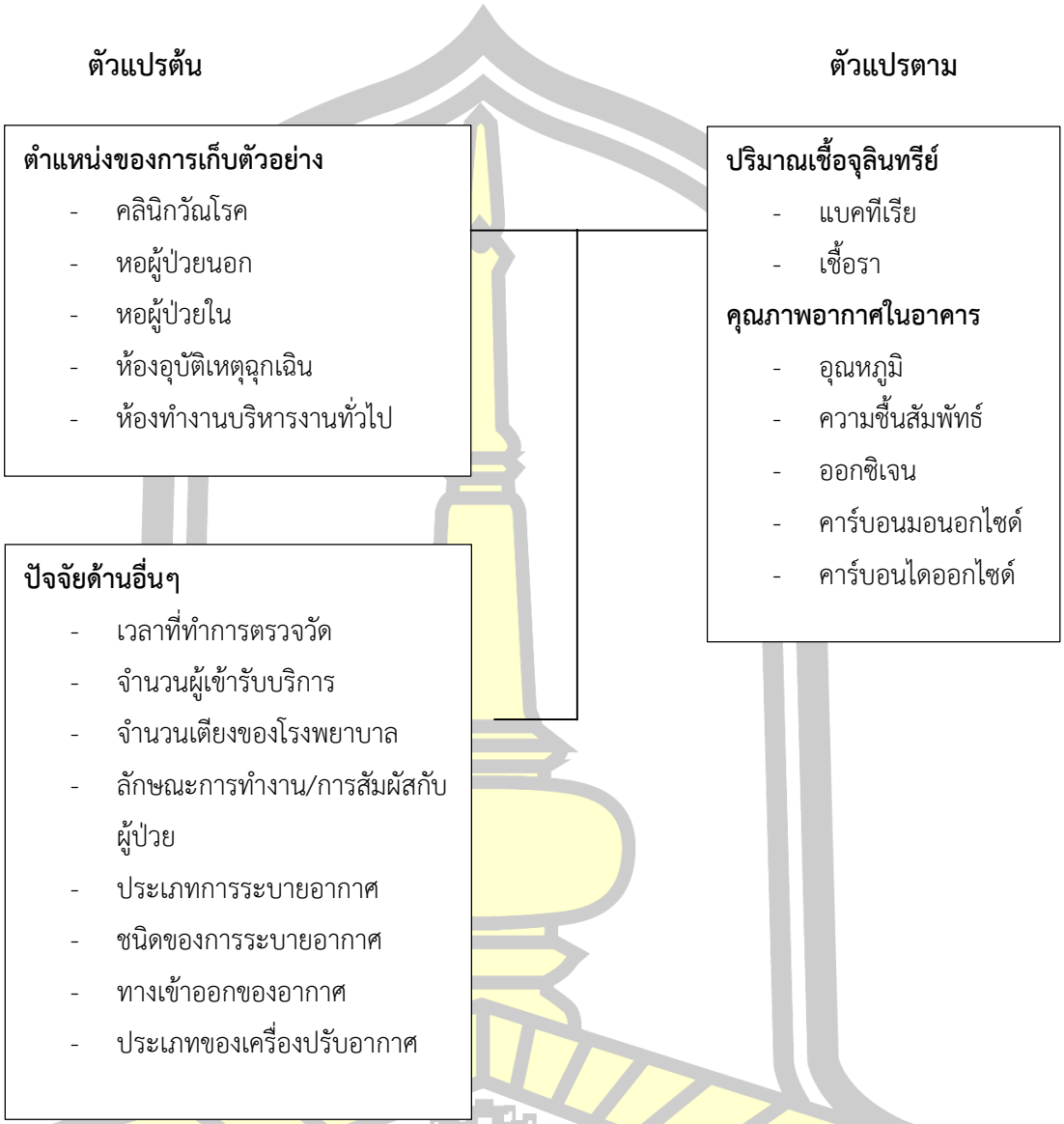
ส่วนเชื้อราได้แก่ *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Curvularia* spp. ตามลำดับ พบเชื้อรา *Cladosporium* spp. สูง ห้องปฏิบัติการจึงเสี่ยงต่อการก่อโรคภูมิแพ้ได้

ศิริพร ศรีเทวิณ (2555) การศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศที่ก่อโรคในโรงพยาบาลขนาดที่แตกต่างกัน เก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศจากจุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด คือ คลินิกวัณโรค, หอผู้ป่วยนอก, ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน และห้องทำงานบริหารงานทั่วไป จากโรงพยาบาลชุมชน 3 แห่งที่มีขนาดแตกต่างกัน ด้วยเครื่องมือ 2 ชนิด คือ Biosampler และ Open plate ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยสูงที่สุดพบที่โรงพยาบาลชุมชนขนาด 120 เตียงรองลงมาคือโรงพยาบาลชุมชนขนาด 30 เตียงและโรงพยาบาลชุมชนขนาด 90 เตียง พบ 456.11 CFU/m^3, 437.42 CFU/m^3 และ 392.97 CFU/m^3 ตามลำดับ จุดที่พบเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุดที่โรงพยาบาลชุมชนขนาด 90 เตียง และ 120 เตียง คือ หอผู้ป่วยนอก ส่วนโรงพยาบาลชุมชนขนาด 30 เตียง พบเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุดที่ คลินิกวัณโรค จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ในจุดที่เก็บตัวอย่างจะพบเชื้อรา *Aspergillus* spp. มากที่สุด ซึ่งเป็นเชื้อฉวยโอกาส ซึ่งอาจก่อโรคกับผู้ที่มีร่างกายอ่อนแอได้

พิทักษ์ คิมนารักษ์ (2558) ศึกษาปริมาณเชื้อราที่ปนเปื้อนในอากาศภายในห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์ จำนวน 5 ห้องของโรงพยาบาลนครปฐม จังหวัดนครปฐม และหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อราที่พบกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ตลอดจนจำนวนผู้ใช้งานห้องดังกล่าว การเก็บตัวอย่างทำโดยวิธี Open plate ห้องปฏิบัติการที่มีเชื้อรามากที่สุด คือ ห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์แผนกผู้ป่วยนอก พบจำนวน 17.51 CFU/plate/hr รองลงมา คือ ห้องธนาคารเลือด 10.49 CFU/plate/hr และ ห้องปฏิบัติการกลาง 7.27 CFU/plate/hr ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient, r) บ่งชี้ว่าปริมาณเชื้อราที่พบมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกันกับจำนวนผู้ใช้งานมากกว่าอุณหภูมิภายในห้องปฏิบัติการ (r = 0.892 และ r = 0.6377 ตามลำดับ) ส่วนความชื้นสัมพัทธ์แทบจะไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อราที่พบ (r = - 0.543)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

2.10 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional Analytical sudy) เพื่อหาปริมาณจุลินทรีย์ในโรงพยาบาลเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือ Single Stage Impactor และตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารโดยใช้เครื่องวัดคุณภาพอากาศในอาคาร (Indoor Air Quality : IAQ)

3.2 ประชากรและตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ สถานที่ปฏิบัติงานภายในโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ แบ่งเป็นแผนกต่างๆ ภายในโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

3.2.2 ตัวอย่าง

ตัวอย่างอากาศ การคัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างตัวอย่างในโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ โดยการศึกษาครั้งนี้ เลือกสถานที่ปฏิบัติงานที่มีการสัมผัสกับผู้ป่วยหรือผู้เข้ามารับบริการในโรงพยาบาล ดังนี้ คัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างนั้นดูจากภาพรวมของผู้มาเข้ารับบริการในจุดที่เก็บตัวอย่างมีความหลากหลายในลักษณะของอาการเจ็บป่วยที่เข้ารับบริการ โดยเน้นที่จุดบริการที่คาดว่าจะมีผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจเข้ารับบริการ ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ 4 จุด คือ 1) หอผู้ป่วยนอก 2) หอผู้ป่วยใน 3) ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน 4) คลินิกวัณโรค โดยทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้ Single Stage Impactor เก็บจุดละ 3 ครั้ง และมีการเก็บอากาศที่บริเวณห้องทำงานบริหารงานทั่วไปเป็นสถานที่เปรียบเทียบปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการดูแลรักษาผู้ป่วย ว่ามีปริมาณเชื้อแตกต่างจากห้องที่มีการดูแลรักษาผู้ป่วยอย่างไร

3.3 สารเคมีที่ใช้

3.3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับ Bacteria

Blood Agar (Oxoid Limited, England)

3.3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับ Fungi

Sabouraud Dextrose Agar (SDA) (BLL Becton Dickinson, U.S.A.)

3.4 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับงานวิจัยนี้มี 2 ชนิด คือ อาหารเลี้ยงเชื้อ Blood Agar ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรีย และอาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud Dextrose Agar ใช้สำหรับเก็บเชื้อรา ซึ่งทั้งสองชนิดเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป ลักษณะเป็นผง (Dehydrated media) เมื่อหลังจากเปิดฝาแล้วควรปิดฝาให้แน่น เพื่อป้องกันอากาศภายนอกเข้าไปทำให้เกิดความชื้นและทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อจับตัวกันเป็นก้อน เก็บไว้ในที่มืด อุณหภูมิห้อง อายุการใช้งานเมื่อเปิดฝาแล้วควรใช้ให้หมดภายใน 6 เดือน โดยมีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ดังนี้

3.4.1.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย Blood Agar โดยอัตราส่วนที่ใช้ในการตวง Blood Agar จำนวน 40 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร ทำค่อยๆ ละลายอาหารเลี้ยงกับน้ำกลั่นนำไปตั้งบน Hot plate อุณหภูมิไฟในระดับ 45-60 °C คนจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลาย ถ้าใช้ไฟสูงเกินไปจะทำให้ก้นภาชนะที่ใช้ในการต้มไหม้ จะทำให้อาหารเลี้ยงเกิดตะกอนได้ จากนั้น บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อในขวดอาหารเลี้ยง เพื่อเตรียมไปทำการสเตอริไรส์ โดยนำไปนึ่งในหม้อนึ่งอัดความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที ไม่ควรปิดฝาขวดอาหารเลี้ยงเชื้อแน่นเกินไป ควรคลายเกลียวออกเล็กน้อย เนื่องจากขณะ การนึ่งอาจเกิดแรงดันทำให้ถ้าแน่นเกินไป อาจทำให้ขวดแตกได้ เมื่อครบกำหนดเวลานำอาหารเลี้ยงเชื้อออก รอให้เย็นสักพัก เตรียมเพลต ขนาด 15 mm x 90 mm ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วที่อุณหภูมิ 180 °C นาน 2 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง Hot air oven ทำการเทอาหารเลี้ยงเชื้อ รอให้เพลตเย็นเมื่อเพลตอาหารแข็งแล้วทำการ คว่ำเพลตลง เก็บใส่ถุงพลาสติกเตรียมเก็บตัวอย่างต่อไป โดยแบคทีเรียที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดนี้ ได้แก่ *Bacillus spp. , Staphylococcus spp., Acinetobacter spp., Steptpcoccus spp., Diphtheroid spp., Micrococcus spp.*

3.4.1.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อรา Sabouraud Dextrose Agar (SDA) โดยอัตราส่วนที่ใช้ในการตวง SDA จำนวน 65 กรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร ทำค่อยๆ ละลายอาหารเลี้ยงกับน้ำกลั่นนำไปตั้งบน Hot plate อุณหภูมิไฟในระดับ 45-60 °C คนจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลาย ถ้าใช้ไฟสูงเกินไปจะทำให้ก้นภาชนะที่ใช้ในการต้มไหม้ จะทำให้อาหารเลี้ยงเกิดตะกอนได้ จากนั้น บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อในขวดอาหารเลี้ยง เพื่อเตรียมไปทำการสเตอริไรส์ โดยนำไปนึ่งในหม้อนึ่งอัดความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที ไม่ควรปิดฝาขวดอาหารเลี้ยงเชื้อแน่นเกินไป ควรคลายเกลียวออกเล็กน้อย เนื่องจากขณะ การนึ่งอาจเกิดแรงดันทำให้ถ้าแน่นเกินไปอาจทำให้ขวดแตกได้ เมื่อครบกำหนดเวลานำอาหารเลี้ยงเชื้อออก รอให้เย็นสักพัก เตรียมเพลตขนาด 15 mm x 90 mm ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วที่อุณหภูมิ 180 °C นาน 2 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง Hot air oven ทำการเทอาหารเลี้ยงเชื้อ รอให้เพลตเย็นเมื่อเพลตอาหารแข็งแล้วทำการ คว่ำเพลตลงเก็บใส่ถุงพลาสติก เตรียมเก็บตัวอย่างต่อไป โดยเชื้อราที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดนี้ ได้แก่ *Aspergillus spp.* และ *Fusarium spp.*

ทำการทดสอบการปราศจากการปนเปื้อนของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยการนำอาหารเลี้ยงเชื้อ 5% ของอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมนำไปบ่ม ในสองส่วนคือ ที่อุณหภูมิห้อง คือ 34-37 °C และอุณหภูมิในตู้บ่มเชื้อ คือ อุณหภูมิ 35 °C นาน 24 ชั่วโมง ถ้าพบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ขึ้นต้องทำการทิ้งอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมทั้งหมด

3.4.2 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ

3.4.2.1 ทำการปรับตั้งค่าเครื่อง Single Stage Impactor

1) ทดสอบความเที่ยงตรง (calibration) ของอัตราการดูดอากาศก่อนการใช้งานเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศต้องมีการทดสอบความเที่ยงของอัตราการดูดอากาศซึ่งเครื่อง ZEFON Single Stage Impactor นี้ได้ใช้อัตราการไหล 28.3 L/min โดยจะต่อปั๊มดูดอากาศเข้ากับ Rotameter และปรับอัตราการดูดอากาศของเครื่องให้ได้ 28.3 L/minโดยจะดูที่ตำแหน่งของลูกลอยใน Rotameter โดยใช้วิธีการตรวจตามวิธีมาตรฐานของ NIOSH 0800 (National Institute for Occupational Safety and Health) ประเทศสหรัฐอเมริกา

2) ใช้สำลีชุบด้วย 70% Ethanol เช็คอุปกรณ์ทุกชิ้นของเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ จากนั้นปล่อยให้แห้งประมาณ 5 นาที

3) ประกอบเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ ตั้งบนขาตั้งสามขา ให้มีความสูงที่ระดับ 1.5 เมตร จากระดับพื้นราบ ซึ่งถือว่าอยู่ระดับการหายใจ (Breathing zone)

4) ตรวจสอบเครื่องมือเก็บตัวอย่างและปั๊มดูดอากาศว่าไม่มีการอุดตัน

5) จัดทำ Field blank โดยการนำจานเลี้ยงเชื้อสำหรับจุลินทรีย์แต่ละชนิดวางในเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ โดยไม่ต้องปั๊มดูดอากาศเสร็จแล้วนำออกจากชั้นวางทันที พร้อมทั้งเขียนรายละเอียดบนฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.4.2.2 การเตรียมเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Expert Indoor Air Quality Monitor) ยี่ห้อ E-instruments รุ่น AQ Expert หมายเลขเครื่อง Serial No. 12316

1) เปิดเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพในอาคารไว้เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้เครื่องได้ทำการดูดอากาศเข้าเครื่องก่อนทำการตรวจวัดจริง

2) ตรวจสอบวัน/เวลาการสอบเทียบ (Calibration) ของเครื่องทุกครั้งก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ

3.5 เครื่องมือ

3.5.1 เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศ ประกอบด้วย

3.5.1.1 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศหลักการกระแทกของอากาศชนิดชั้นเดียว (Single stage) โดยใช้เครื่องมือ ZEFON Single Stage Impactor พร้อมเครื่องดูดอากาศ ที่สามารถดูดอากาศด้วยอัตราการไหล 28.3 ลิตร/นาที ด้านล่างจะเจาะรูให้อากาศและอนุภาคไหลผ่านไปได้จำนวน 400 รู โดยอนุภาคที่เขาเครื่องมือมาพร้อมกับอากาศ เมื่ออากาศถูกดึงผ่านตัวเก็บตัวอย่างอากาศหลายชั้นจะพ่นอนุภาคในอากาศไปยังพื้นผิวของพื้นผิวสื่อเก็บสารอาหารที่เก็บอนุภาคไว้ จากนั้นสื่อเก็บข้อมูลของวุ้นจะถูกส่งไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์ โดยอนุภาคที่เข้าเครื่องมือมาพร้อมกับอากาศเมื่อไหลผ่านรูจะตกกระทบลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่รองรับอยู่ข้าง กระแสอากาศจะกระทบกับบริเวณผิวของจานเพาะเชื้อ Blood Agar สำหรับเชื้อแบคทีเรีย และ Sabouraud Dextrose Agar (SDA) สำหรับเชื้อรา

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ภาพที่ 3 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ZEFON Single Stage Impactor

3.5.1.2 เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Expert Indoor Air Quality Monitor) ยี่ห้อ E-instruments รุ่น AQ Expert หมายเลขเครื่อง (Serial No.) 12316 สำหรับตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยปั๊มจะดูดอากาศเพื่อเก็บตัวอย่างเข้ามาในเครื่อง และผ่าน Sensors และวิเคราะห์คุณภาพอากาศ แสดงผลผ่านหน้าจอและเก็บข้อมูลได้ต่อเนื่องแบบ Real-Time พารามิเตอร์ที่ต้องการตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณออกซิเจน ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ตรวจวัดได้ และเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคารของ ASHRAE Standard (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

ภาพที่ 4 เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร

3.5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.5.2.1 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)

3.5.2.2 หม้อนึ่งอัดความดัน (Autoclave)

3.5.2.3 เตาอบร้อน (Hot-air Sterilizing Oven)

3.5.2.4 เครื่องชั่งอย่างละเอียด (Analytical balance)

3.5.2.5 ตู้เย็น

3.5.2.6 กล้องจุลทรรศน์

3.5.2.7 แอลกอฮอล์ 70% สำหรับเช็ดทำความสะอาด

3.5.2.8 ถุงมือยาง

3.5.2.9 หน้ากากอนามัย

3.5.2.10 พาราฟิล์ม (Parafilm) สำหรับปิดปากจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.5.2.11 ไอซ์แพค (Ice pack) สำหรับเก็บตัวอย่างในระหว่างการขนส่ง

3.5.3 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.5.3.1 Blood Agar ใช้ในการวิเคราะห์หา Bacteria

3.5.3.2 Sabouraud Dextrose Agar (SDA) ใช้ในการวิเคราะห์เชื้อรา

3.5.4 แบบบันทึกการเก็บข้อมูล

ใช้เพื่อเก็บข้อมูลทั่วไปของสถานที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์และตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคาร เพื่อศึกษาปัจจัย ได้แก่ เวลาที่ทำการตรวจวัด, จำนวนผู้เข้ารับบริการต่อวัน, ขนาดของโรงพยาบาล, จำนวนเตียงของโรงพยาบาล, ลักษณะการทำงาน/การสัมผัสกับผู้ป่วย, ประเภทการระบายอากาศ, ชนิดการระบายอากาศ, ทางเข้าออกของอากาศ, และประเภทของเครื่องปรับอากาศ (ถ้ามี)

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

3.6.1 ดำเนินก่อนการเก็บข้อมูล

3.6.1.1 จัดทำหนังสือจากคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ไปยังสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่ และโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อชี้แจงการขอเก็บข้อมูลและดำเนินการวิจัยศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

3.6.1.2 ประสานงานกับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องอันประกอบด้วยสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่และโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย

3.6.1.3 สำรวจสิ่งแวดล้อมการดำเนินงานภายในโรงพยาบาลนครงพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ก่อนการเก็บตัวอย่าง

3.6.1.4 จัดทำหนังสือขออนุญาตแจ้งหัวหน้าศูนย์ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ในการขอใช้ห้องปฏิบัติการทางด้านจุลชีววิทยาในการตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

3.6.2 การเก็บตัวอย่าง

3.6.2.1 การเก็บตัวอย่างแบคทีเรียและเชื้อรา

ในการศึกษานี้ต้องการทราบถึงปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราที่พบในคลินิกวัณโรค หอผู้ป่วยนอก หอผู้ป่วยใน และห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินของโรงพยาบาลศูนย์ในจังหวัดเชียงใหม่ เก็บตัวอย่างโดยใช้ Single Stage Impactor มีการเก็บอากาศที่บริเวณห้องทำงานบริหารทั่วไป เพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการดูแลรักษาผู้ป่วยว่ามีปริมาณเชื้อแตกต่างจากห้องที่มีการดูแลรักษาผู้ป่วยอย่างไร และมีการทำ filed blank เพื่อตรวจสอบดูว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในขณะเก็บตัวอย่างและการขนส่งจากแหล่งเก็บตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการ วิธีการเก็บจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศ ทำได้ดังนี้

1) เปิดตั้งเครื่องเครื่องดูดอากาศที่ติดตั้ง Single Stage Impactor ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อบรรจุอยู่ภายใน จากนั้นทำการดูดด้วยอัตราดูดอากาศ 28.3 ลิตร/นาที ดูดอากาศเป็นเวลา 10 นาทีและนำจานเพาะเชื้อที่ได้ไปอบอุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยนับแยกโคโลนีที่เหมือนกันตามวิธีของ American Society for Microbiology คำนวณและรายงานผลเป็น CFU/m^3 ทั้งนี้ก่อนทำการเก็บตัวอย่างทุกครั้งต้องทำความสะอาดเครื่องมือด้วยแอลกอฮอล์ 70% เพื่อฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ในเครื่อง Single Stage Impactor และในระหว่างการเปลี่ยนชุดของอาหารเลี้ยงเชื้อต้องทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ 70% เช่นกัน เพื่อฆ่าเชื้อที่อาจหลงเหลืออยู่

2) กำหนดวัน เวลาและสถานที่ของการเก็บตัวอย่างไว้ ดังนี้

(1) เก็บตัวอย่างในวันจันทร์ พุธ และศุกร์ของโรงพยาบาลนครพิงค์ (3 วัน/สัปดาห์) เก็บตัวอย่างเป็นเวลา 2 สัปดาห์

(2) เก็บตัวอย่างใน 2 ช่วงเวลา คือ เช้า 9.00–12.00 น. และบ่าย 13.00–16.00 น.

(3) เก็บตัวอย่างใน 5 สถานที่ในโรงพยาบาล คือ คลินิกวัณโรค หอผู้ป่วยนอก หอผู้ป่วยใน ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน และห้องทำงานบริหารทั่วไป โดยเก็บตัวอย่างจากห้องทำงานบริหารงานทั่วไปเป็นจุดควบคุม (Control)

3) เก็บตัวอย่างสถานที่ละ 3 จุด คือ บริเวณกลางห้อง บริเวณมุมห้องหรือจุดอับ และบริเวณทางเข้าออกของอากาศ แต่ละจุดเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง รวมมีจำนวนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการศึกษา 1,200 เพลต จำแนกตามชนิดของเครื่องมือ ได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงสถานที่และจำนวนเพลตที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างใน 1 สัปดาห์

วันที่ทำการตรวจใน 1 สัปดาห์	**สถานที่เก็บตัวอย่าง**	**อาหารเลี้ยงเชื้อ**	
		Blood agar	SDA
วันจันทร์	คลินิกวัณโรค	18	18
	หอผู้ป่วยนอก	18	18
	หอผู้ป่วยใน	18	18
	ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน	18	18
	ห้องทำงานบริหารงานทั่วไป (Control)	18	18
	Filed blank	10	10
วันพุธ	คลินิกวัณโรค	18	18
	หอผู้ป่วยนอก	18	18
	หอผู้ป่วยใน	18	18
	ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน	18	18
	ห้องทำงานบริหารงานทั่วไป (Control)	18	18
	Filed blank	10	10
วันศุกร์	คลินิกวัณโรค	18	18
	หอผู้ป่วยนอก	18	18
	หอผู้ป่วยใน	18	18
	ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน	18	18
	ห้องทำงานบริหารงานทั่วไป (Control)	18	18
	Filed blank	10	10
	รวม	300	300

3.6.2.2 การตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร

การตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารทำเพื่อวัดปริมาณของออกซิเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิและความชื้นในสถานที่ที่ทำการตรวจวัด โดยเครื่องจะแสดงผลการตรวจวัดทันทีผ่านหน้าจอแสดงผล และเก็บข้อมูลการตรวจวัดไว้ในเครื่องในเวลาเดียวกัน โดยทำการตรวจวัดที่จุดที่ใกล้เคียงกับการตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด มีดังนี้

1. อุณหภูมิ
2. ความชื้นสัมพัทธ์
3. ปริมาณออกซิเจน
4. ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์
5. ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

เมื่อทำการตรวจวัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการเชื่อมต่อข้อมูลด้วยสายเคเบิลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ เพื่อส่งข้อมูลการตรวจวัดเพื่อดูค่าการตรวจที่วัดได้ พร้อมกับบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกการเก็บข้อมูล เพื่อนำไปวิเคราะห์และเทียบกับค่ามาตรฐานต่อไป

3.6.2.3 การนำส่งตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งต้องนำตัวอย่างจากจุดเก็บมาตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อทำการวิเคราะห์และป้องกันการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงต้องเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ภายในกระติกน้ำแข็งหรือกล่องโฟม แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการให้เร็วที่สุดเท่าที่สามารถทำได้

3.6.3 การตรวจวิเคราะห์ทางแบคทีเรียและเชื้อรา

การวิจัยครั้งนี้เลือกใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Blood agar เพื่อเลี้ยงแบคทีเรียกลุ่มจุลินทรีย์ก่อโรค (Pathologic bacteria) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่เติมสารอาหารพิเศษ (Enrichment media) ที่เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดที่เลี้ยงยาก (Fastidious bacteria) เกือบทุกชนิดเจริญได้ อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดนี้เป็นอาหารเฉพาะที่ใช้กับแบคทีเรียชนิดที่เลี้ยงยาก คือ ไม่เจริญหรือเจริญได้น้อยในอาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดา (Oxoid Limited, England) และเลือกใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ SDA ใช้เลี้ยงเชื้อราจากการทบทวนงานวิจัย ซึ่งเป็นที่มาของการเลือกศึกษาชนิดของแบคทีเรียและราในการวิจัยครั้งนี้ การตรวจวิเคราะห์ทางแบคทีเรียและเชื้อราทั้งหมด โดยวิธีนับจำนวนโคโลนี (Colony Count) โดยวิธีการ American Society for Microbiology จากจานเพาะเชื้อมาตรฐาน (Standard plate count) เป็นการตรวจวิเคราะห์หาค่าจำนวนแบคทีเรียและเชื้อราทั้งหมดที่เจริญบนจาน เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียสในเวลา 24-48 ชั่วโมง การนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมดเทียบต่อหน่วยซึ่งรายงานผลเป็น CFU/m^3 (CFU=Colony Forming Unit) ดังสมการ

$$\text{จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอากาศ} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีทั้งหมด} \times 10^3}{\text{ปริมาตรอากาศ (ลิตร)}} \quad \text{CFU/m}^3$$

ทำการเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศที่ทำตรวจวิเคราะห์ได้กับมาตรฐานของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศตามมาตรฐานของ Guide lines for Good Indoor Air Quality in Office Premises (1996) โดยกระทรวงสิ่งแวดล้อม ประเทศสิงคโปร์ กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ในบรรยากาศไว้ไม่เกิน 500 CFU/m^3

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) วิเคราะห์ข้อมูล แสดงผลเป็นการจัดกลุ่ม ค่าเฉลี่ย ร้อยละ เพื่ออธิบายปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในอากาศในโรงพยาบาล และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิความสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคาร โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปมาวิเคราะห์ข้อมูล

3.8 ระยะเวลาในการทำวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ใช้เวลาเก็บตัวอย่างอากาศในโรงพยาบาลตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือนธันวาคม 2561 ถึง มีนาคม 2562

3.9 สถานที่ทำการทดลอง

งานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาในโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ และนำตัวอย่างอากาศที่เก็บได้ไปทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 เชียงใหม่

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถก่อโรคได้ในบรรยากาศและคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่

4.1 ลักษณะทั่วไปของโรงพยาบาล

การศึกษาครั้งนี้ ทำการเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่พบในอากาศของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ พร้อมตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารทำเพื่อวัดปริมาณของออกซิเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยทำการตัวอย่างจากสถานที่ปฏิบัติงานของบุคลากรในโรงพยาบาลจำนวน 5 สถานที่ ได้แก่ คลินิกวัณโรค หอผู้ป่วยนอก หอผู้ป่วยใน ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินและห้องทำงานบริหารงานทั่วไป (Control) ทำการเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารทั้งหมด 3 จุดๆ ละ 3 ครั้ง เก็บตัวอย่าง ภาคเช้า ช่วงเวลา 9.00–12.00 น. และภาคบ่าย 13.00–16.00 น. รายละเอียดด้านสภาพแวดล้อมแบ่งตามสถานที่เก็บตัวอย่าง ดังนี้

4.1.1 หอผู้ป่วยนอก ผู้วิจัยเลือกใช้พื้นที่ของคลินิกอายุกรรม ซึ่งมีจำนวนผู้เข้ารับบริการจำนวนมาก มีลักษณะเปิดโล่งกว้าง มีโถงสูง โดยมีผู้ป่วยและญาตินั่งรอรับการตรวจหน้าห้องตรวจ มีการระบายอากาศโดยใช้ช่องระบายอากาศ มีพัดลมตั้งพื้นและพัดลมติดผนัง มีพนักงานทำความสะอาดวันละ 2 ครั้งทุกวัน เช้า-เย็น

4.1.2 หอผู้ป่วยใน ผู้วิจัยเลือกใช้พื้นที่ของหอผู้ป่วยโรคติดเชื้อ 3/4 ซึ่งเป็นหอผู้ป่วยที่รับคนไข้ที่มีโรคติดเชื้อทางเดินหายใจเข้ารับการรักษา ลักษณะของหอผู้ป่วยในมีโถงทางเดินยาว มีประตูเข้า-ออกทางเดียว มีพัดลมระบายอากาศ 2 ตัว ทำหน้าที่ดูดอากาศออก และมีห้องแยกผู้ป่วยทางเดินหายใจ จำนวน 10 ห้อง ภายในห้องเป็นผู้ป่วยเป็นระบบ Negative Pressure มีพนักงานทำความสะอาดวันละ 2 ครั้งทุกวัน เช้า-เย็น และทำความสะอาดอุปกรณ์ เครื่องมือภายในหอผู้ป่วยโรคติดเชื้อทุกวันศุกร์ ด้วยแอลกอฮอล์ 70% Ethyl alcohol ฆ่าเชื้อ

4.1.3 คลินิกวัณโรค ให้บริการคลินิกวัณโรคในทุกวันจันทร์และพฤหัสบดี โดยช่วงเช้าจะทำการซักประวัติ คัดกรองเบื้องต้นและเก็บเสมหะ ช่วงบ่ายผู้ป่วยจะเข้าพบแพทย์เพื่อทำการตรวจรักษา บริเวณคลินิกมีการอากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่มีผนังกั้น ส่วนห้องตรวจโรค มีประตูเข้า-ออกทางเดียว มีลักษณะโล่ง มีหน้าต่างเพื่อระบายอากาศโดยใช้พัดลมระบายอากาศแขวนผนัง 2 เครื่อง

มีพนักงานทำความสะอาดวันละ 2 ครั้งทุกวัน เช้า-เย็น และทำความสะอาดอุปกรณ์ เครื่องมือภายในคลีนิกหลังจากให้บริการคลีนิกวัณโรค (วันจันทร์ , วันพฤหัสบดี) ด้วย 70% Ethyl alcohol ฆ่าเชื้อโรค

4.1.4 ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน ให้บริการตลอด 24 ชั่วโมง มีประตูเข้าออกจำนวน 2 ทาง มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศจำนวน 4 ตัว เปิดเครื่องปรับอากาศทีละ 2 ตัว สลับกัน มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศจำนวน 6 ตัว มีพนักงานทำความสะอาดวันละ 2 ครั้งทุกวัน เช้า-เย็น

4.1.5 ห้องทำงานบริหารทั่วไป ผู้วิจัยเลือกใช้ห้องทำงานของงานป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ได้ให้บริการแก่ผู้ป่วยในโรงพยาบาล ซึ่งตั้งอยู่ชั้น 7 ของตึกอำนวยการของโรงพยาบาล มีเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานจำนวน 5 คน มีประตูทางเข้า-ออกทางเดียว มีหน้าต่างระบายอากาศ 2 ช่องทาง มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบชุด (Package Air Conditioning)

4.2 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

จากการศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในโรงพยาบาลตามสถานที่ปฏิบัติงานต่างๆ พบปริมาณแบคทีเรียสูงที่สุด คือ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 591.32 CFU/m^3 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศตามมาตรฐานของ Guide lines for Good Indoor Air Quality in Office Premises (1996) โดยกระทรวงสิ่งแวดล้อม ประเทศสิงคโปร์ กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ในบรรยากาศไว้ไม่เกิน 500 CFU/m^3 ส่วนปริมาณเชื้อราที่ตรวจพบเฉลี่ยไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (500 CFU/m^3) ในทุกสถานที่ตรวจวัด โดยปริมาณเชื้อราเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่คลินิกวัณโรค หอผู้ป่วยนอก หอผู้ป่วยใน และห้องทำงาน (Control) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 718.83, 674.83, 669.02 และ 628.61 CFU/m^3 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5

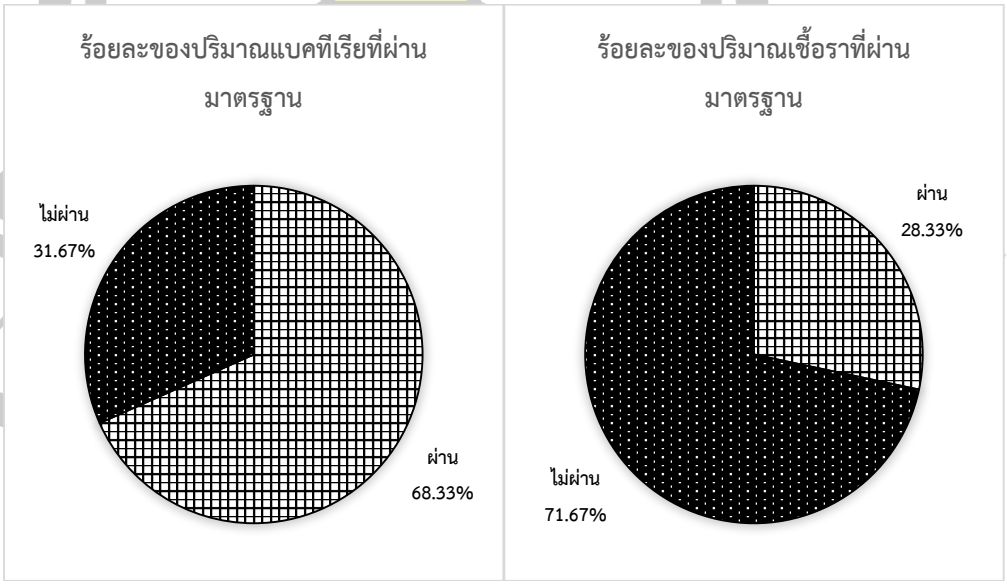
พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 5 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเฉลี่ยจำแนกตามสถานที่ปฏิบัติงาน

สถานที่	ปริมาณแบคทีเรีย		ปริมาณเชื้อรา	
	เฉลี่ย±SD CFU/m^3	ต่ำสุด-สูงสุด CFU/m^3	เฉลี่ย CFU/m^3	ต่ำสุด-สูงสุด CFU/m^3
คลินิกวัณโรค	446.59±155.89	215.11-960.48	*718.83±185.48	387.69-1,060.53
หอผู้ป่วยนอก	435.61±250.69	115.06-1,030.60	*674.83±199.33	375.19-1,200.60
หอผู้ป่วยใน	223.07±105.17	55.03-480.24	*669.02±284.86	130.07-1,513.26
ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน	*591.32±144.48	382.69-937.97	*535.83±165.82	268.91-882.94
ห้องทำงาน (Control)	262.66±163.15	27.51-630.32	*628.61±268.54	40.02-1,293.15
รวมทุกห้อง	391.85±215.79	27.51-1,030.60	*645.42±231.69	40.02-1,513.26

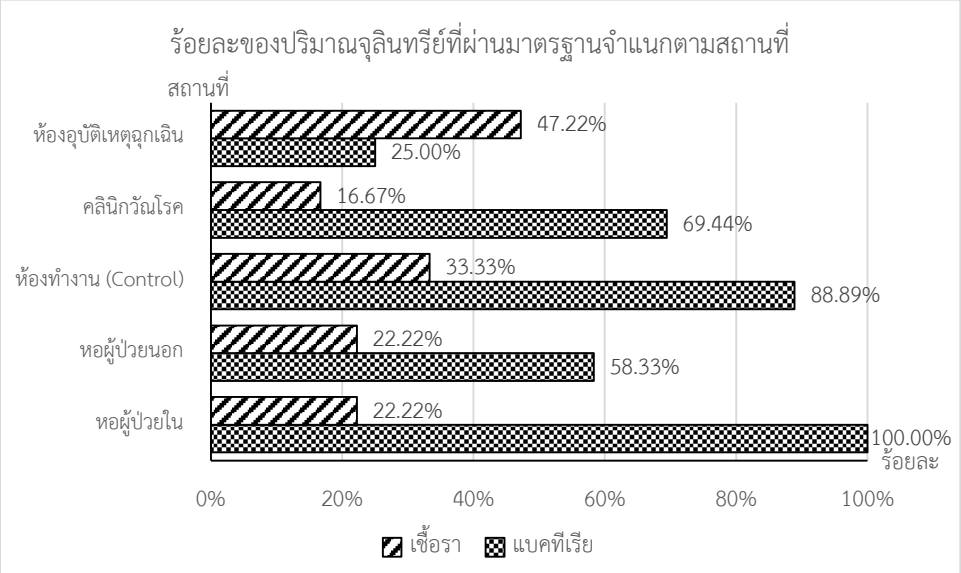
หมายเหตุ : * ไม่ผ่านมาตรฐาน (<500 CFU/m^3)

เมื่อเปรียบปริมาณแบคทีเรียกับค่ามาตรฐานมาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศตามมาตรฐานของ Guide lines for Good Indoor Air Quality in Office Premises (1996) โดยกระทรวงสิ่งแวดล้อม ประเทศสิงคโปร์ กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ในบรรยากาศไว้ไม่เกิน 500 CFU/m^3 พบว่าปริมาณแบคทีเรียผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 68.33 ส่วนปริมาณเชื้อราผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียง ร้อยละ 28 ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ร้อยละของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

เมื่อจำแนกร้อยละของการมาตรฐานตามเกณฑ์ตามสถานที่การตรวจวัดจะพบว่าปริมาณแบคทีเรียที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานสูงสุด คือ หอผู้ป่วยใน ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด ร้อยละ 100 รองลงมาเป็นห้องทำงาน (Control), คลินิกวัณโรค, หอผู้ป่วยนอก และห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน เท่ากับร้อยละ 88.89, 69.44, 58.33 และ 25.00 ตามลำดับ ส่วนปริมาณเชื้อราที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานสูงสุด คือ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน เท่ากับร้อยละ 47.22 รองลงมาคือ ห้องทำงาน (Control) เท่ากับร้อยละ 33.33 ถัดมาคือ หอผู้ป่วยนอกและหอผู้ป่วยใน มีค่าเท่ากันเท่ากับร้อยละ 22.22 และคลินิกวัณโรคมีปริมาณเชื้อราที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 16.67 ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ร้อยละของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามสถานที่

ภาพรวมของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจำแนกตามช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างคือช่วงเวลาเช้าและบ่าย พบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียในช่วงเวลาเช้าที่มีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนด ได้แก่ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน หอผู้ป่วยนอกและคลินิกวัณโรค มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 582.32, 519.85 และ 512.26 CFU/m^3 ตามลำดับ สำหรับปริมาณเชื้อราในช่วงเช้ามีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนดในทุกสถานที่ และมีปริมาณเชื้อราสูงในห้องทำงาน (Control) หอผู้ป่วยนอกและคลินิกวัณโรค มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 835.00, 816.10 และ 804.38 CFU/m^3 ตามลำดับ

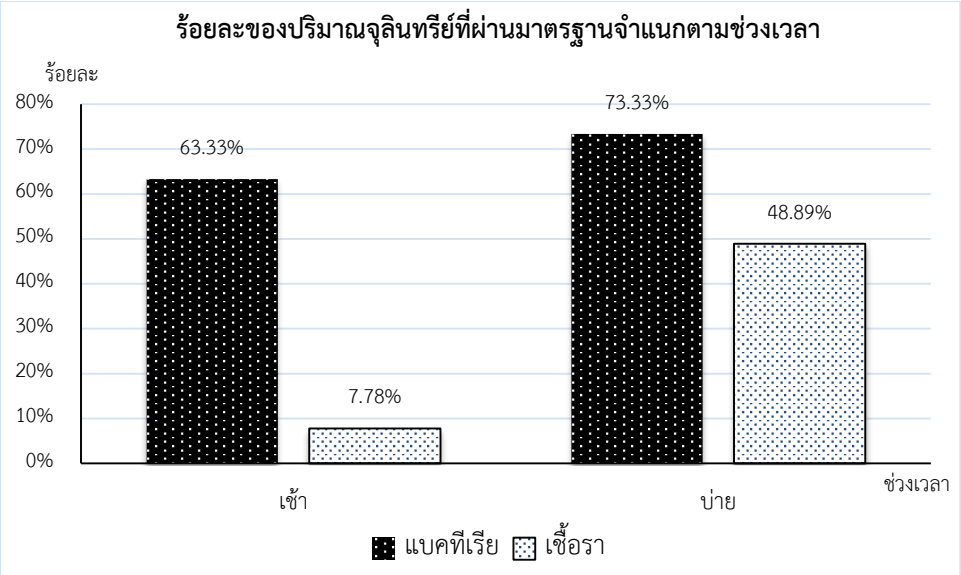
ช่วงเวลาบ่าย พบว่าปริมาณแบคทีเรียที่มีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนด ได้แก่ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 600.32 CFU/m^3 ปริมาณเชื้อราที่มีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนด ได้แก่ คลินิกวัณโรค ห้องอุบัติเหตุและหอผู้ป่วยนอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 633.28, 540.11 และ 533.55 CFU/m^3 ตามลำดับ ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจำแนกตามช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่าง

สถานที่	เช้า		บ่าย	
	แบคทีเรีย เฉลี่ย±SD (CFU/m^3)	เชื้อรา เฉลี่ย±SD (CFU/m^3)	แบคทีเรีย เฉลี่ย±SD (CFU/m^3)	เชื้อรา เฉลี่ย±SD (CFU/m^3)
คลินิกวัณโรค	512.26±172.56	804.38±157.13	380.92±105.47	633.28±175.05
หอผู้ป่วยนอก	519.85±272.16	816.10±168.32	351.38±200.71	533.55±105.85
หอผู้ป่วยใน	270.34±111.29	797.93±315.82	175.81±75.20	540.11±179.25
ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน	582.32±136.18	616.47±160.45	600.32±155.76	455.19±130.74
ห้องทำงาน (Control)	370.85±155.42	835.00±187.22	154.47 76.53	422.21±152.33

เมื่อจำแนกร้อยละของการมาตรฐานตามเกณฑ์ตามช่วงเวลาของการตรวจวัดจะพบว่าปริมาณแบคทีเรียที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าปริมาณเชื้อราทั้งช่วงเวลาเช้าและบ่ายของการเก็บตัวอย่าง ปริมาณแบคทีเรียในช่วงเวลาบ่ายผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าช่วงเวลาเช้า เท่ากับร้อยละ 73.33 และ 63.33 ตามลำดับ ปริมาณเชื้อราในช่วงบ่ายผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าช่วงเวลาเช้าเท่ากับร้อยละ 48.89 และ 7.78 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 7

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพที่ 7 ร้อยละของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามช่วงเวลา

ภาพรวมของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจำแนกตามวันที่เก็บตัวอย่างคือ วันจันทร์ วันพุธและวันศุกร์ ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในวันจันทร์พบว่ามีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนด ได้แก่ หอผู้ป่วยนอก ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน และคลินิกวัณโรค มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 617.75, 559.82 และ 528.73 CFU/m^3 ตามลำดับ สำหรับปริมาณเชื้อราในวันจันทร์มีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนดในทุกสถานที่ และมีปริมาณเชื้อราสูงในคลินิกวัณโรค มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 719.18 CFU/m^3

ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในวันพุธพบว่าปริมาณแบคทีเรียสูงเกินมาตรฐานกำหนดเพียง 1 สถานที่ ได้แก่ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 582.37 CFU/m^3 สำหรับปริมาณเชื้อรามีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนดในทุกสถานที่ และมีปริมาณเชื้อราสูงสุดในหอผู้ป่วยใน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 743.91 CFU/m^3

ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในวันศุกร์ พบว่าปริมาณแบคทีเรียมีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนดเพียง 1 สถานที่ ได้แก่ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 631.77 CFU/m^3 สำหรับปริมาณเชื้อรามีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนดในทุกสถานที่ และมีปริมาณเชื้อราสูงสุดในคลินิกวัณโรค มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 700.77 CFU/m^3 ดังแสดงในตารางที่ 7

หากจำแนกปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศตามจุดเก็บตัวอย่างคือ มุมห้อง กลางห้องและช่องทางของอากาศ พบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียในบริเวณมุมห้องที่มีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนด ได้แก่ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 575.91 CFU/m^3 สำหรับปริมาณเชื้อราในบริเวณมุมห้องมีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนดในทุกสถานที่ และมีปริมาณเชื้อราสูงสุดในหอผู้ป่วยนอก มีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 724.25 CFU/m^3 ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ในบริเวณกลางห้อง ปริมาณแบคทีเรียที่มีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนดเพียง 1 สถานที่ ได้แก่ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 610.13 CFU/m^3 สำหรับปริมาณเชื้อราในบริเวณมุมห้องมีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนดในทุกสถานที่ยกเว้นห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน และมีปริมาณเชื้อราสูงสุดในคลินิกวัณโรค มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 743.5 CFU/m^3 ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ในบริเวณช่องทางของอากาศ ปริมาณแบคทีเรียที่มีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนด 2 สถานที่ ได้แก่ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินและหอผู้ป่วยนอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 587.92 และ 502.13 CFU/m^3 ตามลำดับ สำหรับปริมาณเชื้อราในบริเวณมุมห้องมีค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนดในทุกสถานที่ และมีปริมาณเชื้อราสูงสุดในหอผู้ป่วยใน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 754.14 CFU/m^3 ดังแสดงในตารางที่ 8

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

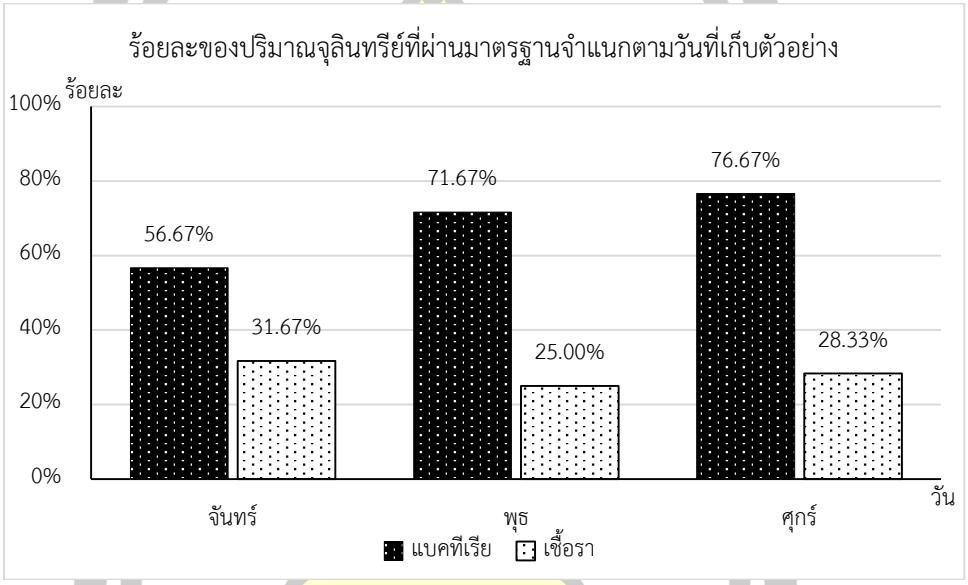
ตารางที่ 7 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจำแนกตามวันของการเก็บตัวอย่าง

สถานที่	วันจันทร์		วันพุธ		วันศุกร์	
	แบคทีเรีย Mean±SD (CFU/m^3)	เชื้อรา Mean±SD (CFU/m^3)	แบคทีเรีย Mean±SD (CFU/m^3)	เชื้อรา Mean±SD (CFU/m^3)	แบคทีเรีย Mean±SD (CFU/m^3)	เชื้อรา Mean±SD (CFU/m^3)
คลินิกวัณโรค	528.73±184.24	719.18±109.15	362.47±84.50	736.55±232.39	448.56±145.46	700.77±207.00
หอผู้ป่วยนอก	617.75±254.92	667.35±186.28	454.6±226.64	715.98±234.76	234.49±53.85	641.15±182.92
หอผู้ป่วยใน	277.95±119.40	564.72±158.47	176.55±87.61	743.91±389.91	214.72±86.81	698.42±249.24
ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน	559.82±145.73	516.53±177.73	582.37±89.88	506.09±161.86	631.77±184.80	584.88±160.33
ห้องทำงาน (Control)	341.92±198.34	608.31±214.50	283.89±137.81	738.49±301.44	162.16±89.45	539.02±264.95

ตารางที่ 8 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจำแนกตามจุดของการเก็บตัวอย่าง

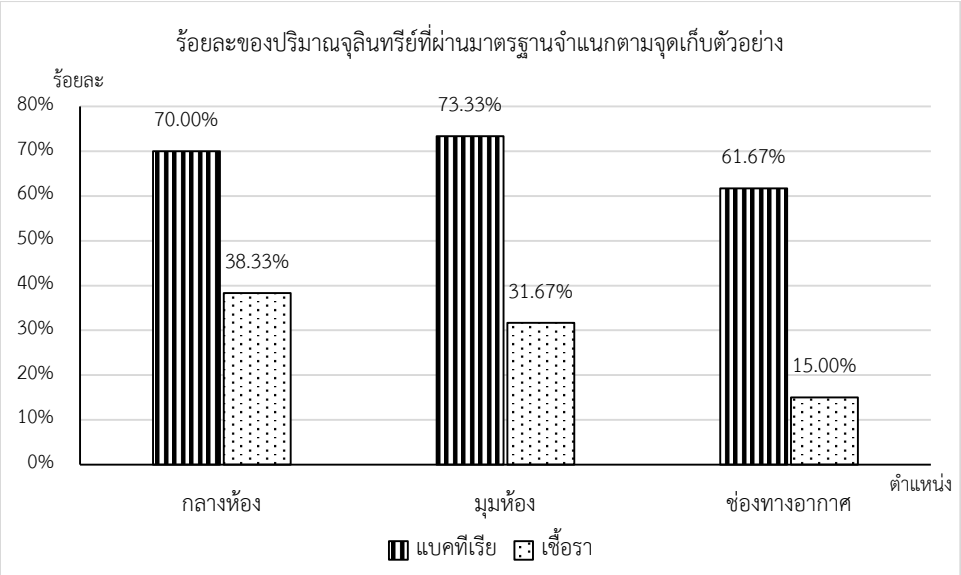
สถานที่	มุมห้อง		กลางห้อง		ช่องทางอากาศ	
	แบคทีเรีย Mean±SD (CFU/m^3)	เชื้อรา Mean±SD (CFU/m^3)	แบคทีเรีย Mean±SD (CFU/m^3)	เชื้อรา Mean±SD (CFU/m^3)	แบคทีเรีย Mean±SD (CFU/m^3)	เชื้อรา Mean±SD (CFU/m^3)
คลินิกวัณโรค	383.23±132.94	660.64±178.72	487.33±180.34	743.5±200.56	469.2±142.77	752.36±178.08
หอผู้ป่วยนอก	420.77±269.1	724.25±188.18	383.94±202.12	622.19±175.42	502.13±280.55	678.05±233.53
หอผู้ป่วยใน	142.54±73.71	556.11±252.26	275.95±122.56	696.81±248.58	250.73±61.45	754.14±331.82
ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน	575.91±141.78	505.25±152.2	610.13±180.3	453.87±143.94	587.92±114.7	648.37±146.42
ห้องทำงาน (Control)	265.76±147.45	616.77±283.1	236.79±150.45	618.23±303.86	285.43±197.5	650.83±236.98

ร้อยละของปริมาณแบคทีเรียที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามวันที่เก็บตัวอย่าง พบว่า ปริมาณแบคทีเรียที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุด คือ วันศุกร์ วันพุธ และวันจันทร์ เท่ากับร้อยละ 76.67, 71.67 และ 56.67 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของปริมาณเชื้อราที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามวันที่เก็บตัวอย่าง พบว่า ปริมาณเชื้อราที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุด คือ วันจันทร์ วันศุกร์ และวันพุธ เท่ากับร้อยละ 31.67, 28.33 และ 25.00 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แผนภูมิแสดงคุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามวันที่เก็บตัวอย่าง

ร้อยละของปริมาณแบคทีเรียที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามจุดที่เก็บตัวอย่าง พบว่า ปริมาณแบคทีเรียที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุด คือ บริเวณมุมห้อง กลางห้อง และช่องทางอากาศ เท่ากับร้อยละ 73.33, 70.00 และ 61.67 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของปริมาณเชื้อราที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามจุดที่เก็บตัวอย่าง พบว่า ปริมาณเชื้อราที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุด คือ บริเวณกลางห้อง และมุมห้อง เท่ากับร้อยละ 38.33 และ 31.67 ตามลำดับ ปริมาณเชื้อราที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้อยที่สุด คือ บริเวณช่องทางของอากาศ ผ่านมาตรฐานเพียงร้อยละ 15.00 ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ร้อยละของปริมาณจุลินทรีย์ที่ผ่านมาตรฐานจำแนกตามตำแหน่งเก็บตัวอย่าง

4.3 คุณภาพอากาศในอาคาร

4.3.1 คุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามสถานที่

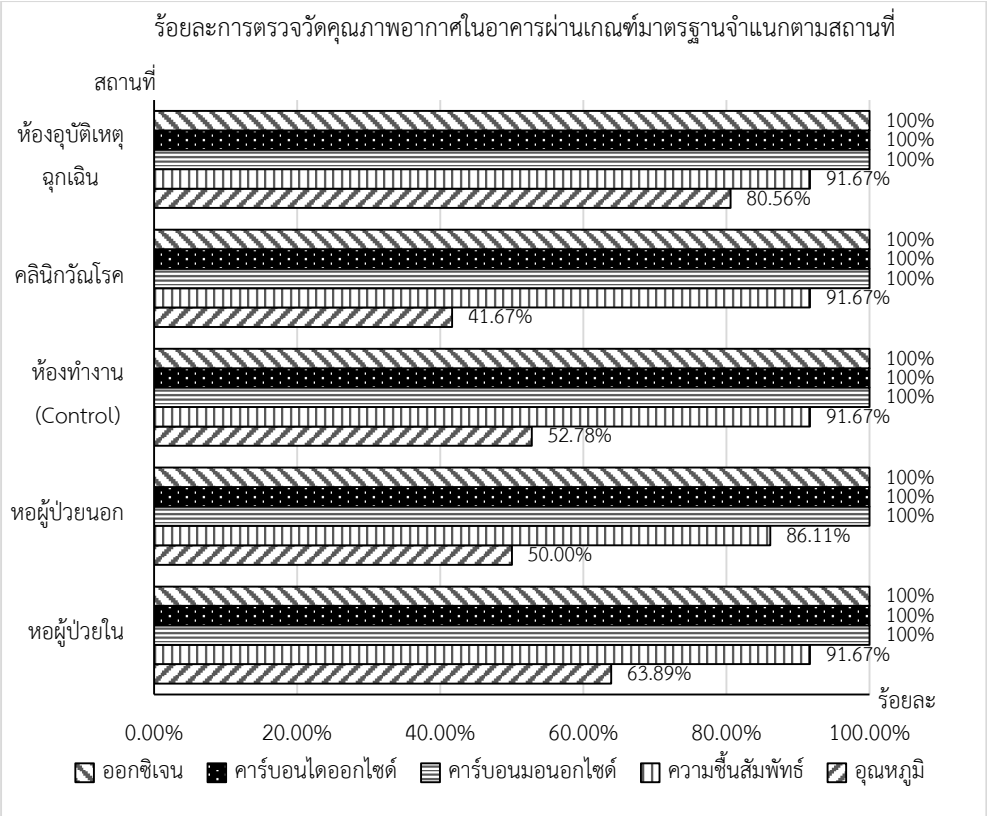
จากการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารตามถานที่ปฏิบัติงานของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ ภาพรวมของคุณภาพอากาศในอาคารอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามเกณฑ์ ASHRAE Standard พบว่าจากการตรวจอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 25.2 ± 2.15 องศาเซลเซียส ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (20-26 องศาเซลเซียส) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย เท่ากับ 47.94 ± 8.44% ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (30-60%) ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์เฉลี่ย เท่ากับ 0.02 ± 0.18 ppm ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 25 ppm) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย เท่ากับ 380.10 ± 150.38 ppm ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 1,000 ppm) ปริมาณออกซิเจนในอากาศเฉลี่ย เท่ากับ 20.71 ± 0.06 ppm ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (19.5-23.5 ppm) ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามสถานที่

สถานที่	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%Rh)	คาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)	คาร์บอนไดออกไซด์ (ppm)	ออกซิเจน (ppm)
คลินิกวัณโรค	26.18±1.92	46.34±7.51	0	295.92±91.14	20.7±0.04
หอผู้ป่วยนอก	25.16±2.23	47.09±9.99	0	379±107.46	20.68±0.06
หอผู้ป่วยใน	24.25±2.61	50.99±9.19	0	307.06±38.26	20.71±0.05
ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน	24.82±1.39	48.62±5.95	0.09±0.4	571.28±187.51	20.74±0.07
ห้องทำงาน (Control)	25.59±2.01	46.68±8.56	0	347.24±87.71	20.69±0.04

ร้อยละของการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามสถานที่ พบว่า ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE Standard ทุกจุดที่ทำการตรวจวัด ส่วนอุณหภูมิมีร้อยละการผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุดอยู่ที่ ห้องอุบัติฉุกเฉิน เท่ากับร้อยละ 80.56 รองลงมาคือ หอผู้ป่วยใน, ห้องทำงาน, หอผู้ป่วยนอก และคลินิกวัณโรค เท่ากับร้อยละ 63.89, 52.78, 50.00 และ 41.67 ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์มีร้อยละการผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุดอยู่ที่ หอผู้ป่วยใน ห้องทำงาน คลินิกวัณโรคและห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน มีค่าเท่ากันเท่ากับร้อยละ 91.67 รองลงมาคือ หอผู้ป่วยนอก เท่ากับร้อยละ 86.11 ดังแสดงในภาพที่ 10

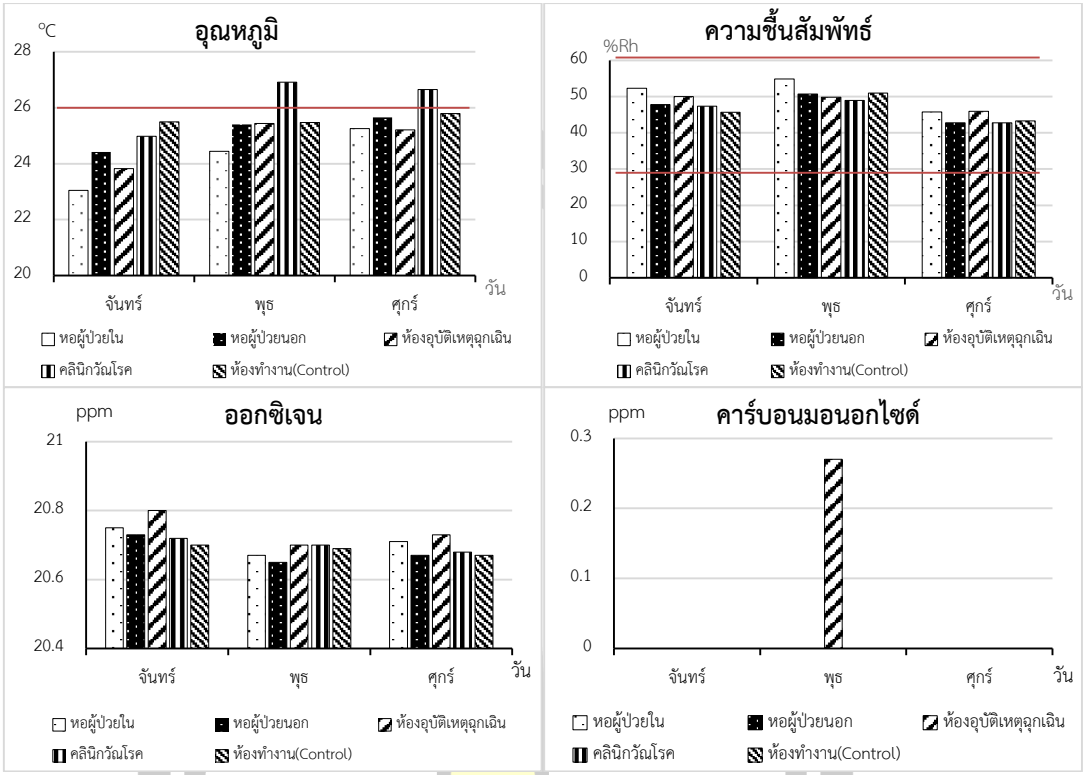
พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพที่ 10 ร้อยละการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามสถานที่

4.3.2 คุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามวันที่เก็บตัวอย่าง

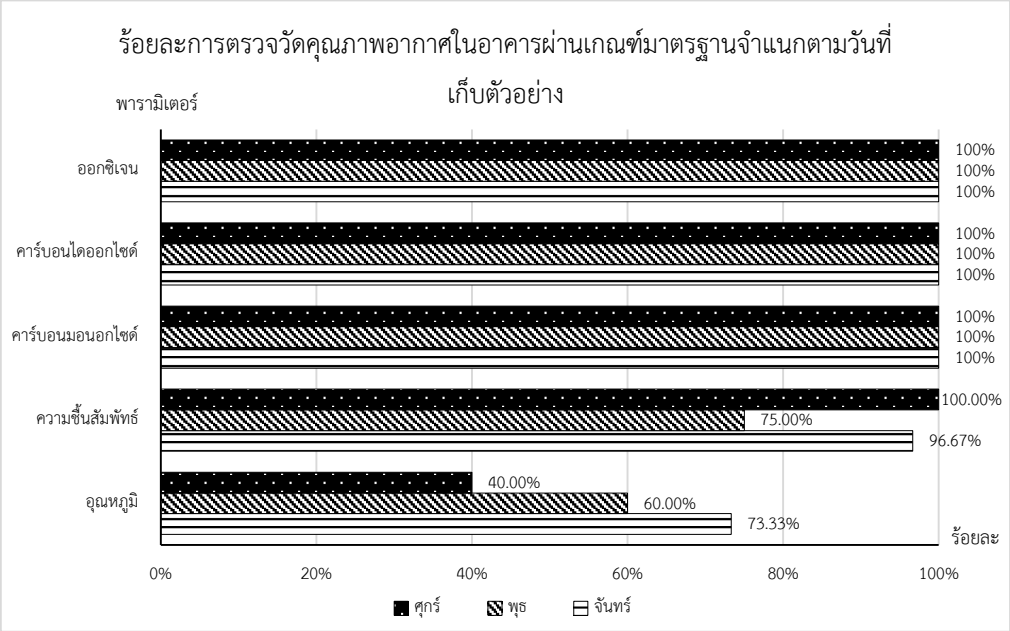
หากนำค่าของการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารมาจำแนกตามวันที่เก็บตัวอย่าง แบ่งเป็น 3 วันคือ วันจันทร์ วันพุธและวันศุกร์ จะพบว่า อุณหภูมิสูงสุดในวันศุกร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.71±2.02 องศาเซลเซียส ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (20-26 องศาเซลเซียส) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงสุดในวันพุธ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.08±10.82% ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (30-60%) ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในวันพุธมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05±0.31 ppm ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน 25 ppm ส่วนวันจันทร์และวันศุกร์ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ppm ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงสุดในวันจันทร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 395.13±136.06 ppm ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 1,000 ppm) ปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยสูงสุดในวันจันทร์ เท่ากับ 20.74 ± 0.06 ppm ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (19.5-23.5 ppm) ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แผนภูมิแสดงคุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามวันที่เก็บตัวอย่าง

ร้อยละของการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามวันที่เก็บตัวอย่าง พบว่า ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE Standard ทุกจุดที่ทำการตรวจวัด ส่วนอุณหภูมิมีร้อยละการผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุดในวันจันทร์ เท่ากับร้อยละ 73.33 รองลงมาคือ วันพุธและวันศุกร์ เท่ากับร้อยละ 60.00 และ 40.00

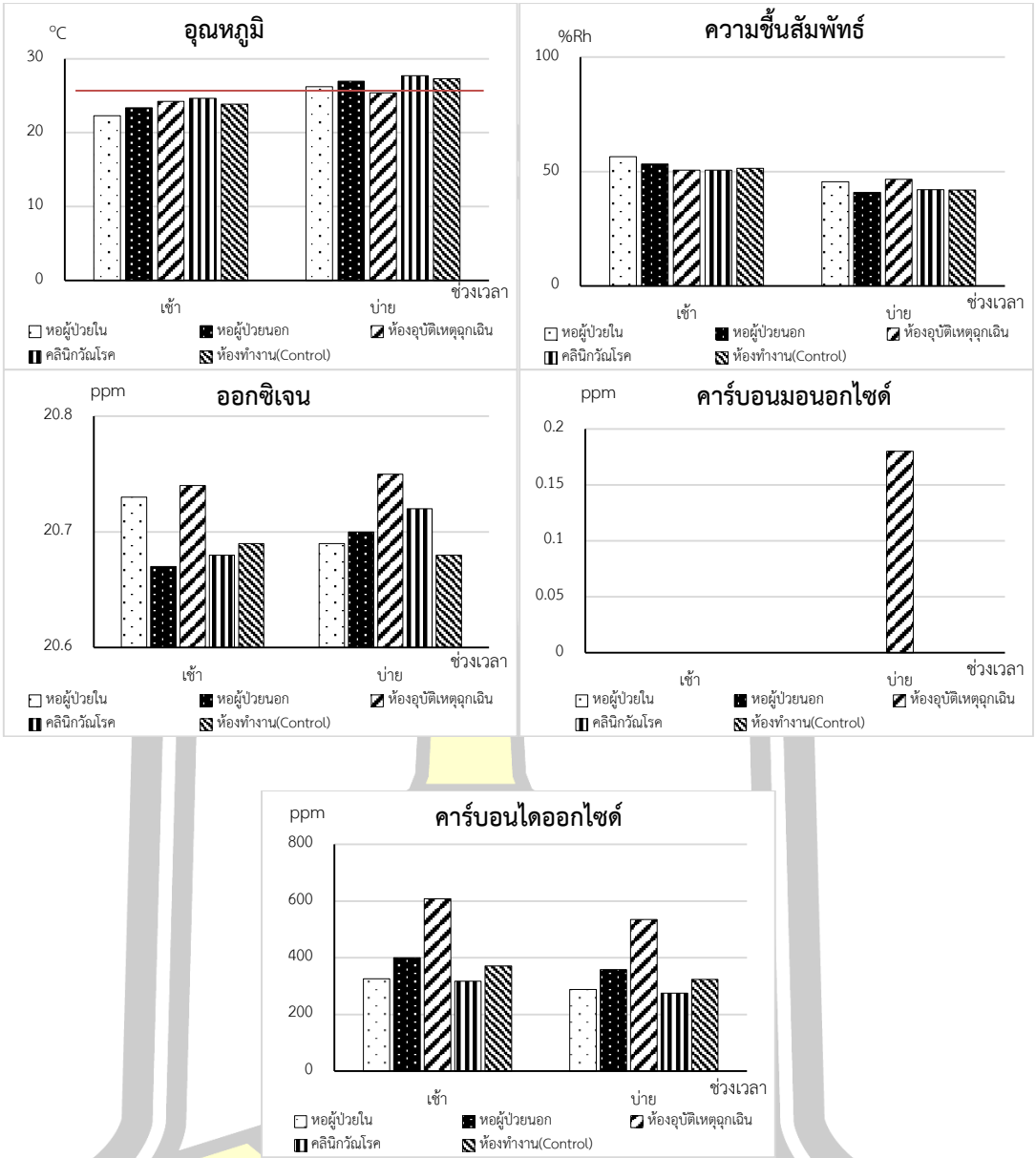
ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์มีร้อยละการผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุดในวันศุกร์ เท่ากับร้อยละ 100 รองลงมาคือ วันจันทร์และวันพุธเท่ากับร้อยละ 96.67 และ 75.00 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ร้อยละการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามวันที่เก็บตัวอย่าง

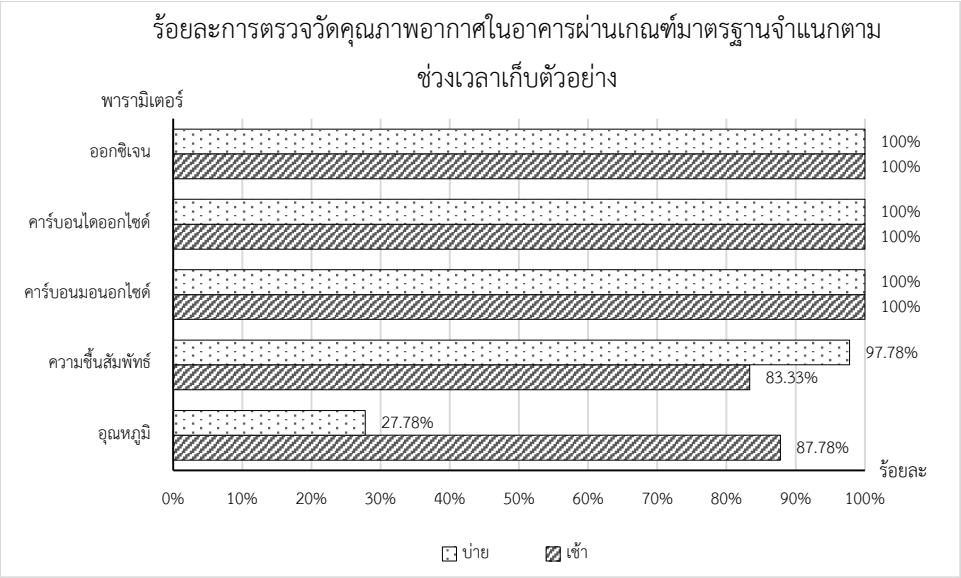
4.3.2 คุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามช่วงเวลา

คุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเช้าและบ่าย พบว่า อุณหภูมิสูงในช่วงเวลาบ่าย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.71±1.38 องศาเซลเซียส ซึ่งเกินจากค่าเกณฑ์มาตรฐาน (20-26 องศาเซลเซียส) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงในช่วงเวลาเช้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.45±7.92% ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (30-60%) ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลาบ่ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04±0.25 ppm ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน 25 ppm ส่วนช่วงเวลาเช้าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ppm ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลาเช้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 404.47± 168.44 ppm ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 1,000 ppm) ปริมาณออกซิเจนในช่วงเวลาเช้าและบ่ายมีค่าต่างกันเล็กน้อย เท่ากับ 20.70 และ 20.71 ppm ตามลำดับ ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (19.5-23.5 ppm) ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แผนภูมิแสดงคุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามช่วงเวลา

ร้อยละของการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE Standard ทุกจุดที่ทำการตรวจวัด ส่วนอุณหภูมิมีร้อยละการผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุดในช่วงเวลาเช้า เท่ากับร้อยละ 87.78 ช่วงเวลาบ่ายมีร้อยละการผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียงร้อยละ 27.78 ความชื้นสัมพัทธ์มีร้อยละการผ่านเกณฑ์มาตรฐานในช่วงเวลาบ่ายมากกว่าช่วงเวลาเช้า เท่ากับร้อยละ 97.78 และ 83.33 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 14

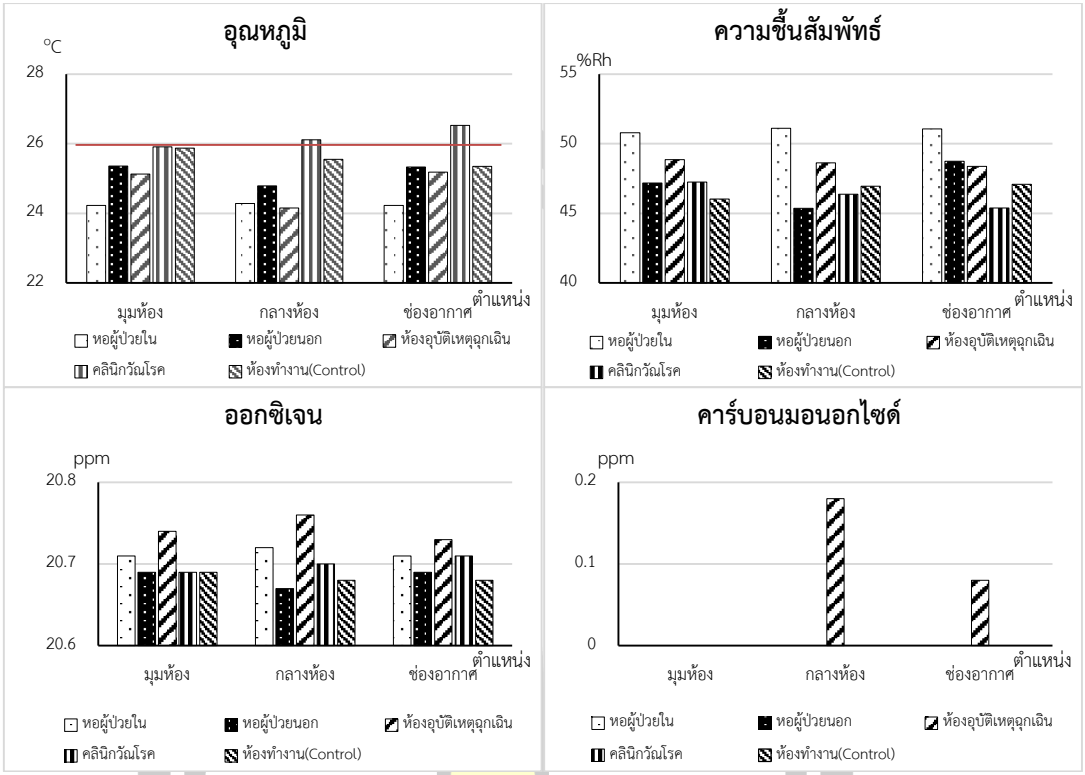


ภาพที่ 14 ร้อยละการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามช่วงเวลา

4.3.2 คุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตามตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง

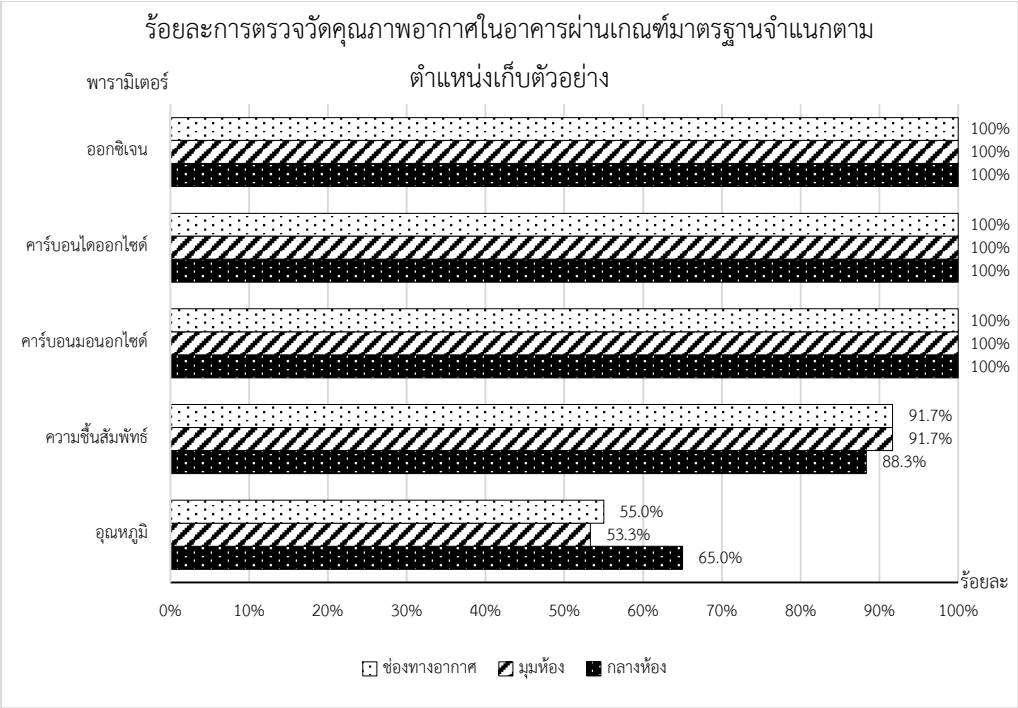
การตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารมาจำแนกตามตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง แบ่งเป็น 3 ตำแหน่ง คือ บริเวณมุมห้อง กลางห้องและช่องทางของอากาศ พบว่า อุณหภูมิแต่ละตำแหน่งมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.30, 24.98 และ 25.32 องศาเซลเซียสตามลำดับ ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในทุกจุด (20-26 องศาเซลเซียส) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.02, 47.69 และ 48.13% ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกจุด (30-60%) ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน 25 ppm ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงสุดบริเวณกลางห้อง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 399.18±190.16 ppm ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 1,000 ppm) ปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยมีค่าเท่ากันในทุกตำแหน่ง 20.7 ppm ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (19.5-23.5 ppm) ดังภาพที่ 15

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพที่ 15 แผนภูมิแสดงคุณภาพอากาศในอาคารจำแนกตำแหน่งเก็บตัวอย่าง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพที่ 16 ร้อยละการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามตำแหน่ง

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคาร

คุณภาพอากาศในโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์กับปริมาณจุลินทรีย์ที่พบ ได้แก่

4.4.1 ปริมาณแบคทีเรียกับคุณภาพอากาศในอาคาร

ข้อมูลปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศในอาคารที่แตกต่างกันในแต่ละสถานที่ ได้นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างกันโดยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิความสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient; r) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และแสดงผลที่ได้ไว้ในตารางที่ 10 หลังจากนั้นได้นำค่าในตารางมาเทียบกับเกณฑ์ในการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิความสัมพันธ์ ซึ่งมีดังนี้ (วิรัช วรรณรัตน์, 2535)

- ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ เท่ากับ 1 คือ มีความสัมพันธ์ในระดับสูงที่สุด
- ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ อยู่ระหว่าง 0.90-0.99 คือ มีความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก
- ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ อยู่ระหว่าง 0.70-0.89 คือ มีความสัมพันธ์ในระดับสูง
- ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ อยู่ระหว่าง 0.30-0.69 คือ มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง
- ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ อยู่ระหว่าง 0.01-0.29 คือ มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ
- ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ เท่ากับ 0 คือ ไม่มีความสัมพันธ์

ตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างปริมาณแบคทีเรียกับคุณภาพอากาศในอาคาร (n=180)

ตัวแปร	Pearson Correlation; r	p-value
อุณหภูมิ	-0.291	<0.001
ความชื้นสัมพัทธ์	0.178	0.017
คาร์บอนมอนอกไซด์	0.087	0.247
คาร์บอนไดออกไซด์	0.353	<0.001
ออกซิเจน	0.155	0.038

หมายเหตุ: กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) 0.05

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เพียร์สัน พบว่า ปริมาณแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศแบบแปรผกผันในระดับต่ำ (r = -0.291, p-value < 0.05) ความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณแบคทีเรียที่พบแบบแปรผันตามกันในระดับต่ำ (r = 0.178, p-value < 0.05) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกันกับปริมาณแบคทีเรียในระดับปานกลาง (r = 0.353, p-value < 0.05) ส่วนปริมาณออกซิเจนมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกันกับปริมาณแบคทีเรียในระดับต่ำ (r = 0.155, p-value < 0.05)

ผลการทดสอบทางสถิตินี้ชี้ให้เห็นว่า ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์ตามปริมาณแบคทีเรียที่พบมากที่สุด ซึ่งห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 571.28±187.51 ppm พบปริมาณแบคทีเรียมากที่สุด เท่ากับ 614.69 CFU/m^3 นอกจากนี้ลักษณะของห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินเป็นห้องแบบปิดและใช้เครื่องปรับอากาศตลอดเวลา ทำให้อากาศเทถ่ายไม่สะดวก ที่สำคัญยังเป็นจุดรับผู้ป่วยที่มีอาการติดเชื้อต่างๆ และบุคคลที่เกี่ยวข้องเข้ามาใช้บริการจำนวนมากและตลอดเวลาทำการเมื่อเทียบกับห้องอื่นๆ ส่วนห้องที่พบปริมาณแบคทีเรียรองลงมาได้แก่ หอผู้ป่วยนอก คลินิกวัณโรค ห้องทำงาน (Control) และหอผู้ป่วยใน ตามลำดับ จะพบปริมาณแบคทีเรียลดลงตามความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ

4.4.2 ปริมาณเชื้อรากับคุณภาพอากาศในอาคาร

ข้อมูลปริมาณเชื้อราและคุณภาพอากาศในอาคารที่แตกต่างกันในแต่ละสถานที่ ได้นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างกันโดยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิความสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient; r) ให้ค่าที่แสดงในตารางที่ 11 ดังนี้

ตารางที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างปริมาณเชื้อรากับคุณภาพอากาศในอาคาร (n=180)

ตัวแปร	Pearson Correlation; r	p-value
อุณหภูมิ	-0.234	0.002
ความชื้นสัมพัทธ์	0.465	<0.001
คาร์บอนมอนอกไซด์	-0.146	0.050
คาร์บอนไดออกไซด์	-0.107	0.155
ออกซิเจน	-0.195	0.009

หมายเหตุ : กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) 0.05

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เพียร์สัน พบว่าปริมาณเชื้อรามีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์แบบแปรผันตามกันในระดับปานกลาง ($r = 0.465$, p-value < 0.05) ส่วนคุณภาพอากาศในพารามิเตอร์อื่นๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อราที่พบในระดับต่ำ แต่ในรูปแบบแปรผกผันกัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน เท่ากับ $r = -0.234$, -0.195 และ -0.107 ที่ p-value < 0.05 ตามลำดับ

ผลการทดสอบทางสถิตินี้ชี้ให้เห็นว่า ความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ตามปริมาณเชื้อราที่พบมากที่สุด ซึ่งหอผู้ป่วยนอกพบปริมาณเชื้อราเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 650.06 CFU/m^3 นอกจากนี้ลักษณะของหอผู้ป่วยนอกเป็นจุดรับผู้ป่วยที่มีอาการติดเชื้อต่างๆ และบุคคลที่เกี่ยวข้องเข้ามาใช้บริการจำนวนมากเมื่อเทียบกับห้องอื่นๆ

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศของโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ ทั้งหมด 6 จุดปฏิบัติงาน ทำการเก็บตัวอย่างใน 2 ช่วงเวลาเช้า-บ่าย จำนวน 3 วัน ทำการคือ วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ผลการศึกษาเป็นดังต่อไปนี้

5.1.1 ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ พบว่า ปริมาณแบคทีเรียสูงที่สุด คือ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 614.69 CFU/m^3 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และช่วงเวลาเช้ามีปริมาณแบคทีเรียสูงกว่าช่วงบ่าย วันจันทร์เป็นวันที่พบปริมาณแบคทีเรียมากกว่าวันพุธและวันศุกร์ ตำแหน่งที่พบปริมาณแบคทีเรียสูงสุดคือ ตำแหน่งช่องทางอากาศ ส่วนปริมาณเชื้อรา พบสูงที่สุด คือ หอผู้ป่วยนอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 650.06 CFU/m^3 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และช่วงเวลาเช้ามีปริมาณเชื้อราสูงกว่าช่วงบ่าย วันพุธเป็นวันที่พบปริมาณเชื้อรามากกว่าวันจันทร์และวันศุกร์ ตำแหน่งที่พบปริมาณแบคทีเรียสูงสุดคือ ตำแหน่งช่องทางอากาศ

5.1.2 คุณภาพอากาศในอาคาร จากการศึกษาคุณภาพอากาศในอาคารทำการเก็บ 5 พารามิเตอร์ในจุดที่มีเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ ผลการเก็บตัวอย่างพบว่า

1) อุณหภูมิ คลินิกวัณโรคมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 26.18 ±1.92 องศาเซลเซียส อุณหภูมิช่วงบ่ายสูงกว่าช่วงเช้า วันศุกร์มีอุณหภูมิสูงกว่าวันจันทร์และวันพุธ ตำแหน่งที่อุณหภูมิสูงที่สุด คือ ช่องทางอากาศ

2) ความชื้นสัมพัทธ์ คลินิกวัณโรคมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 50.99±9.19% ช่วงเช้ามีคาความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าช่วงบ่าย วันพุธมีคาความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าวันจันทร์และวันศุกร์ ตำแหน่งที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดคือ ช่องทางอากาศ

3) คาร์บอนมอนอกไซด์ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์เฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 0.09 ± 0.39 ppm ช่วงบ่ายมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเช้า วันพุธมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ เฉลี่ยเท่ากับ 0.05 ± 0.31 ppm ส่วนปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ของวันจันทร์และวันศุกร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ppm ตำแหน่งที่มีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์สูง คือ บริเวณกลางห้องและช่องทางอากาศ มีค่าเท่ากับ 0.04 และ 0.02 ppm ตามลำดับ ส่วนบริเวณมุมห้องมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ เท่ากับ 0 ppm

4) คาร์บอนไดออกไซด์ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 571.28 ± 187.51 ppm ช่วงเช้ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าช่วงบ่าย วันจันทร์มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าวันพุธและวันศุกร์ ตำแหน่งที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด คือ บริเวณกลางห้อง

5) ออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนในแต่ละสถานที่มีค่าไม่แตกต่างกันเฉลี่ย เท่ากับ 20.70 ± 0.06% มีปริมาณต่ำสุด-สูงสุดเท่ากับ 20.6-20.9% ปริมาณออกซิเจนในช่วงเช้า-บ่ายมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 20.70 และ 20.71% ตามลำดับ วันจันทร์มีปริมาณออกซิเจนสูงกว่าวันพุธและวันศุกร์ ปริมาณออกซิเจนในแต่ละตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง มีปริมาณเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 20.71%

5.1.3 ความสัมพันธ์ระหวางปริมาณจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคาร

ปริมาณแบคทีเรียกับคุณภาพอากาศในอาคารปริมาณแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศแบบแปรผกผันในระดับต่ำ ($r = -0.291$, p-value < 0.05) ความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณแบคทีเรียที่พบแบบแปรผันตามกันในระดับต่ำ ($r = 0.178$, p-value < 0.05) ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกันกับปริมาณแบคทีเรียในระดับต่ำ ($r = 0.087$, p-value < 0.05) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกันกับปริมาณแบคทีเรียในระดับปานกลาง ($r = 0.353$, p-value < 0.05) ส่วนปริมาณออกซิเจนมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกันกับปริมาณแบคทีเรียในระดับต่ำ ($r = 0.155$, p-value < 0.05) ปริมาณเชื้อรามีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์แบบแปรผันตามกันในระดับปานกลาง ($r = 0.465$, p-value < 0.05) ส่วนคุณภาพอากาศในพารามิเตอร์อื่นๆ ไดแก อุณหภูมิ ออกซิเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อราที่พบในระดับต่ำ แตในรูปแบบแปรผกผันกัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียรสัน เท่ากับ $r = -0.234, -0.195, -0.146$ และ -0.107 ที่ p-value < 0.05 ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผล

การเก็บตัวอย่างอากาศในโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือนธันวาคม 2561 ถึง มีนาคม 2562 ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว แต่สภาวะอากาศในช่วงนั้นค่อนข้างแปรปรวน มีทั้งอากาศร้อน และอากาศหนาวในช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง ทำให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีความแตกต่างกันไป ในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่าง ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ อุณหภูมิขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง

อยู่ในช่วง 20.8 – 31.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 43–68% เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อที่เจริญเติบโตได้เหมาะสมในช่วงอุณหภูมิมีโซฟายส์ (Mesophile) ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส

เชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศที่พบในที่เก็บตัวอย่าง พบมากปริมาณแบคทีเรียสูงที่สุด คือ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน เท่ากับ 591.32 CFU/m^3 เนื่องจากห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินให้บริการตลอด 24 ชั่วโมงและมีการใช้เครื่องปรับอากาศตลอดเวลาการทำงานจึงอาจเป็นแหล่งสะสมของเชื้อแบคทีเรียในอากาศ ซึ่งถือว่าเป็นจุดเสี่ยงต่อการเกิดโรคฉวยโอกาสได้ง่าย เพราะมีผู้ป่วยที่มีภูมิต้านทานโรคต่ำเข้ารับบริการ สัมพันธ์กับร้อยละของปริมาณเชื้อแบคทีเรียในห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินที่ผ่านมาตรฐานน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 25 ปริมาณแบคทีเรียที่ต่ำสุด คือ หอผู้ป่วยใน เท่ากับ 223.07 CFU/m^3 ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าห้องทำงานที่เป็นจุดควบคุม (Control) เท่ากับ 262.66 CFU/m^3 เนื่องจากห้องทำงานดังกล่าวอยู่ในอาคารเดียวกันกับหอผู้ป่วยนอก คลินิกและส่วนของการให้บริการผู้ป่วยอื่นๆ เพียงแต่อยู่คนละชั้นของตัวอาคาร จึงอาจทำให้มีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียจากบุคลากรที่ขึ้น-ลงภายในอาคารได้ ส่วนปริมาณเชื้อราพบสูงที่สุด คือ คลินิกวัณโรค เท่ากับ 718.83 CFU/m^3 เนื่องจากคลินิกวัณโรคเป็นห้องที่ใช้อากาศจากภายนอก (การระบายอากาศตามธรรมธาติ) ทำให้มีการปนเปื้อนของเชื้อราภายในอากาศมากที่สุด ประกอบกับความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงทำให้ปริมาณเชื้อราพบสูงสุดที่คลีนิกวัณโรค ส่วนห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินที่มีปริมาณเชื้อราต่ำกว่าห้องทำงาน (Control) เนื่องจากห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ไว้คงที่ตลอดเวลาเพราะมีการใช้เครื่องปรับอากาศตลอดเวลาการทำงาน ทำให้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมเพียงพอกับการเจริญเติบโตของเชื้อรา ภาพรวมจากการศึกษาปริมาณเชื้อราในโรงพยาบาลส่วนใหญ่ไม่ผ่านมาตรฐานจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งไม่ผ่านมาตรฐานร้อยละ 71.67 อาจเนื่องมาจากฤดูกาลที่เก็บตัวอย่างเป็นช่วงฤดูหนาวที่มีความชื้นสัมพัทธ์ตามธรรมชาติสูง อีกทั้งสถานที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างใช้การระบายแบบธรรมชาติทำให้สภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อรา สอดคล้องกับการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่จำแนกการเก็บตัวอย่างตามช่วงเวลา พบว่าร้อยละของการผ่านมาตรฐานของจุลินทรีย์ในช่วงบ่ายผ่านมาตรฐานมากกว่าช่วงเช้า สัมพันธ์ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเวลาเช้าสูงกว่าช่วงบ่ายและสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างปริมาณเชื้อรากับความชื้นสัมพัทธ์ที่แปรผันตามกันในระดับปานกลาง ($r=0.465$, p-value<0.05)

เมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์จำแนกตามวันที่เก็บตัวอย่างแล้ว พบว่าวันจันทร์และวันพุธมีสถานที่ที่มีปริมาณแบคทีเรียมากกว่าปริมาณแบคทีเรียที่ห้องทำงาน (Control) เห็นได้จากวันจันทร์และวันพุธปริมาณแบคทีเรียที่หอผู้ป่วยในมีปริมาณแบคทีเรียต่ำกว่าห้องทำงาน (Control) เนื่องจากหอผู้ป่วยในมีการทำความสะอาดหลังจำหน่ายผู้ป่วยรักษาตัวต่อที่บ้านทุกราย ปริมาณแบคทีเรียของคลินิกวัณโรคมีการเปลี่ยนแปลงมากในแต่ละวัน เนื่องจากคลินิกวัณโรคเปิดใช้บริการวันจันทร์และวันพฤหัสบดีของทุกสัปดาห์ จึงทำให้ปริมาณแบคทีเรียที่ตรวจจากการเก็บตัวอย่างในวันจันทร์ พุธ

และศุกร์มีความแตกต่างของปริมาณค่อนข้างมาก โดยปริมาณแบคทีเรียวันจันทร์มีปริมาณสูงสุด รองลงมาคือวันศุกร์และวันพุธ เท่ากับ 528.73, 448.56 และ 362.47 CFU/m^3 ตามลำดับ หากวิเคราะห์ตามวันของการให้บริการคลินิกวัณโรคกับปริมาณแบคทีเรียที่ตรวจวัดแล้วพบว่าปริมาณแบคทีเรียสูงสุดในวันที่มีการให้บริการคลินิกคือวันจันทร์ ส่วนปริมาณแบคทีเรียในวันพุธและวันศุกร์ของคลินิกวัณโรคมีปริมาณน้อยกว่าวันที่ให้บริการคลินิก และวันพุธมีปริมาณแบคทีเรียน้อยกว่าวันศุกร์ เนื่องจากวันพุธมีระยะห่างของวันที่ให้บริการคลินิกมากกว่าวันศุกร์จึงทำให้มีปริมาณแบคทีเรียในวันศุกร์มากกว่าวันพุธ

เชื้อราเป็นปัญหาหลักๆ ของโรงพยาบาล หากจำแนกตามสถานที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างแล้วจะพบว่า คลินิกวัณโรค มีร้อยละของการผ่านมาตรฐานน้อยที่สุด คือเท่ากับร้อยละ 16.67 เนื่องมาจากคลินิกวัณโรคเป็นที่ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติและอากาศภายนอกเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อราจึงทำให้เชื้อราที่คลินิกวัณโรคสูงที่สุด เมื่อจำแนกตามช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างแล้วพบว่า ช่วงเช้ามีปริมาณเชื้อราเฉลี่ยสูงกว่าช่วงบ่ายในทุกห้องและช่วงเช้ายังมีร้อยละของปริมาณเชื้อราที่ผ่านมาตรฐานน้อยกว่าช่วงบ่าย คือเท่ากับร้อยละ 7.78 และ 48.89 ตามลำดับ เนื่องจากช่วงเช้าเป็นช่วงเวลาเริ่มเปิดให้บริการและเป็นห้องปิดไม่มีการระบายอากาศ แต่ช่วงเวลาบ่ายมีการใช้บริการมากขึ้นมีการเพิ่มการระบายอากาศในห้องจึงทำให้ปริมาณเชื้อราลดลง สอดคล้องกับอุณภูมิในช่วงเช้าที่ต่ำกว่าช่วงบ่ายและยังสอดคล้องกับความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเช้าที่สูงกว่าช่วงบ่าย ส่งผลให้เชื้อราในช่วงเช้าสูงกว่าช่วงบ่าย หากจำแนกปริมาณเชื้อราตามจุดของการเก็บตัวอย่างแล้วพบว่าจุดกลางห้องมีร้อยละของการผ่านมาตรฐานมากกว่ามุมห้องและช่องทางของอากาศ เพราะกลางห้องเป็นจุดที่มีการฟุ้งกระจายมากกว่าในจุดอื่นๆ จึงทำให้จุดกลางห้องพบปริมาณเชื้อราสูงที่สุด

คุณภาพอากาศในอากาศในโรงพยาบาล อุณหภูมิสูงที่สุดที่คลินิกวัณโรคสูงสุดที่คลินิกวัณโรค เท่ากับ 26.18 องศาเซลเซียส เนื่องจากคลินิกวัณโรคไม่ได้ใช้เครื่องปรับอากาศจึงทำให้อุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่น ความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดอยู่ที่หอผู้ป่วยใน เท่ากับร้อยละ 50.99 เนื่องจากหอผู้ป่วยในเป็นส่วนของห้องปิดเพื่อป้องกันการแพร่เชื้อสู่ภายนอกทำให้บรรยากาศภายในหอผู้ป่วยในมีการระบายอากาศที่น้อยและเกิดความชื้นสัมพัทธ์ขึ้นสูงกว่าจุดอื่นๆ ปริมาณคารบอนไดออกไซด์ที่สูงที่สุดในห้องอุบัติเหตุเฉิน เท่ากับ 571.28 ppm เนื่องจากช่วงของการตรวจวัดมีจำนวนผู้ใช้บริการในห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินเป็นจำนวนมาก ทั้งบุคลากรทางการแพทย์ ผู้ป่วยและญาติผู้ป่วย จึงทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องอุบัติเหตุฉุกเฉินสูงที่สุด หากพิจารณาตามช่วงเวลาของการตรวจวัดคุณภาพอากาศพบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่าง โดยอุณหภูมิช่วงเช้าจะต่ำกว่าช่วงบ่ายแต่ความชื้นสัมพัทธ์ช่วงเช้าจะสูงกว่าช่วงบ่าย สัมพันธ์กับร้อยละของการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำแนกตามช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่าง คือ อุณหภูมิในช่วงเช้าผ่านมาตรฐานมากกว่าช่วงบ่าย เท่ากับร้อยละ 87.78 และ

27.78 ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์ผ่านมาตรฐานในช่วงบ่ายมากกว่าช่วงเช้า เท่ากับร้อยละ 97.78 และ 83.33 ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคารโดยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิความสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient; r) พบว่า ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกันกับปริมาณแบคทีเรียในระดับปานกลาง ($r = 0.353$, p-value < 0.05) เนื่องจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากความหนาแน่นในอาคารเป็นปัจจัยทางอ้อมที่มีผลทำให้ปริมาณแบคทีเรียในอาคารเปลี่ยนแปลงไป อุณหภูมิมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันในระดับต่ำกับปริมาณแบคทีเรีย ($r = -0.291$, p-value < 0.05) แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิปริมาณแบคทีเรียจะมีค่าลดลด อาจเนื่องจากแบคทีเรียที่อยู่ในบรรยากาศเป็นแบคทีเรียที่ไม่เจริญเติบโตในอุณหภูมิที่สูง จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาชนิดของแบคทีเรียดังกล่าว ความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณแบคทีเรียที่พบแบบแปรผันตามกันในระดับต่ำ ($r = 0.178$, p-value < 0.05) เป็นไปตามทฤษฎีที่กล่าวไว้ว่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตและแพร่พันธุ์ของจุลินทรีย์ ส่วนค่าสัมประสิทธิความสัมพันธ์เพียร์สันแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อรากับคุณภาพอากาศในอาคาร พบว่าปริมาณเชื้อรามีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์แบบแปรผันตามกันในระดับปานกลาง ($r = 0.465$, p-value < 0.05) ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ว่า เชื้อราสามารถแพร่กระจายได้ดีในละอองน้ำและสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสภาวะอากาศชื้นในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่าง 40-60 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น จึงไม่พบสภาวะอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในระดับต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์มากนัก สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ที่เท่ากับ 47.94±8.44% ส่วนคุณภาพอากาศในพารามิเตอร์อื่นๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อราที่พบในระดับต่ำแต่ในรูปแบบแปรผกผันกัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน เท่ากับ $r = -0.234$, -0.195 และ -0.107 ที่ p-value < 0.05 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา เช่น สุวัฒน์ ดำนิล (2552) อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความหนาแน่นของคนในพื้นที่และชนิดของระบบระบายอากาศ มีผลต่อระดับความเข้มข้นของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าหลายแห่งมีปริมาณจุลินทรีย์เกินมาตรฐานกำหนดโดยเฉพาะปริมาณเชื้อรามีปริมาณเกินมาตรฐานในหลายจุด โรงพยาบาลควรมีปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมใน

การทำงาน โดยเฉพาะเรื่องของคุณภาพอากาศในอาคารโดยมีการกำกับ ดูแลเรื่องความสะอาดภายในอาคาร ระบบระบายอากาศ และการจัดการปริมาณผู้เข้ารับบริการ ดังจะเห็นได้จากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งตัวชี้วัดเรื่องการระบายอากาศในอาคารรวมถึงความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอากาศ และปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอากาศของโรงพยาบาล ควรมีตรวจเฝ้าระวังปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาลเป็นระยะควบคู่กับการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศเนื่องจากการกระจายตัวของเชื้อจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับอนุภาคของฝุ่นละอองที่เชื้อจุลินทรีย์นั้นเกาะติดอยู่ และเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อโรคในโรงพยาบาลต่อไป

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาประเมินสภาวะสุขภาพของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานที่ต้องสัมผัสกับผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงต่อโรคทางเดินหายใจทุกราย ควรทำการเก็บตัวอย่างใน 2 ฤดูกาล เพื่อดูความแตกต่างของปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในโรงพยาบาลในแต่ละฤดูกาล

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กฤษณียา ศังขจันทรานนท์. (2548). *ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคในโรงพยาบาลและการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ*. รายงานการวิจัย. ขอแนก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จักรพงษ์ นิมานะ และคณะ. (2557). การปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศของห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ. *KKU Sci. J*, 42(2), 341–49. http://scijournal.kku.ac.th/files/Vol_42_No_2_P_341-349.pdf (November 12, 2018).

จุณจันทร์ วิลัยลักษณคณา. (2538). *การวินิจฉัยแบคทีเรียแกรมบวกทรงกลม*. ใน: วิภาวดี แมนมนตรี, อรุณวดี ชนะวงค์, โชติชนะ วิลัยลักษณ์. ขอนแก่น: ภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จุฬาพรรณ อึ้งจะนิล. (2540). *การติดเชื้อในโรงพยาบาล*. ใน: จริยา ชมวารินทร์ และนเรศ วโรภาสตระกูล (บรรณาธิการ). ขอนแก่น: ภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชุลีวัลล์ ธัญญศิรินนท์ และคณะ. (2551). การเปรียบเทียบเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศระหว่าง Andersen Impactor ชนิด 6 ชั้นและชั้นเดียว (N6). *วารสารวิจัย มข*. 1, 45–54. http://resjournal.kku.ac.th/article/13_1_45.pdf (November 12, 2018).

โชติชนะ วิลัยลักษณคณา. (2538). *การเพาะเชื้อเพื่อสนับสนุนงานควบคุมและป้องกันการติดเชื้อ.* ขอนแก่น: ภาควุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. (2541). *จุลชีววิทยาทั่วไป*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. http://clm.up.ac.th/BibDetail.aspx?bibno=175242 (November 12, 2018).

นวลจันทร์ ชิตตะโสภณ. (2523). *Hospital Hazardous*. ขอนแก่น: ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บัญญัติ สุขศรีงาม. (2534). *จุลชีววิทยาทั่วไป*. คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาจุลชีววิทยามหาวิทยาลัยบูรพา. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. http://library.sirin.ac.th/ULIB/dublin.php?ID=13399114744 (November 12, 2018).

พิทักษ์ คิมนารักษ์. (2558). *การแพร่กระจายของเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์ : กรณีศึกษาห้องปฏิบัติ การเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลนครปฐม จังหวัดนครปฐม*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร. http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/412/1/พิทักษ์.pdf (November 12, 2018).

พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์. (2532). *การก่อโรคจากเชื้อรา: จุลชีววิทยาเบื้องต้น*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์.

ลีรา กิตติกูล. (2541). *โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล*. กรุงเทพฯ: โฮลิสติก พับลิชชิ่ง.

วชร โอนพรัตน์วิบูล. (2551). *ความชุกของเยื่อจมูกอักเสบจากภูมิแพ้ในบุคลากรและเชื้อราในอากาศในอาคารที่มีระบบจัดการอากาศ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/31796 (November 12, 2018).

วสุ ปฐมอารีย์. (2554). *การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศในห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์*. รายงานการวิจัย. เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. (2555). *การประเมินสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

ศิริพร ศรีเทวิณ. (2555). การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศในโรงพยาบาลขนาดที่แตกต่างกัน. *วารสารวิจัย มข,* 12(1), 92–101.

สมหวัง ด่านชัยวิจิตร. (2544). *โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล (Nosocomial Infection). มหาวิทยาลัยมหิดล คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล.* กรุงเทพฯ: งานตำราวารสารและสิ่งพิมพ์ สถานเทคโนโลยีการศึกษาแพทยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล. http://www.phraehospital.go.th/library/dublin.php?ID=2205 (November 12, 2018).

สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูนสิริ. (2526). *แบคทีเรียแกรมลบ*. ขอนแก่น: คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุภาภรณ์ พัวเพิ่มพูนสิริ. (2527). *แบคทีเรียแกรมบวก*. ขอนแก่น: คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วัฒน์ ดำนิล. (2552). *การสำรวจระดับความเข้มข้นและการจำแนกชนิดของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลศิริราช*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

โสภณ คงสำราญ และคณะ. (2524). *แบคทีเรียทางการแพทย์.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์พิฆเณศ.

CDC, and Niosh. (2018). *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition*. https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0800.pdf (November 14, 2018).

Cinkotai, F. F. (1973). Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants. *British Journal of Industrial Medicine*, 30(2), 204. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1009510/ (November 14, 2018).

Cohen, Beverly S., Susanne V. Hering and American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (1995). *Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants*. ACGIH.

Environmental Protection Department The Goverment of the Hong Kong Special Adminstrative Region. (2009). *Agreement No. CE57/2006 (EP) Review of the Air Quality Objectives and Development of a Long Term Air Quality Strategy for Hong Kong - Feasibility Study*. Hong Kong. https://www.epd.gov.hk/epd/sites/default/files/epd/english/environmentinhk/air/studyrpts/files/executive_summary_en.pdf (November 14, 2018).

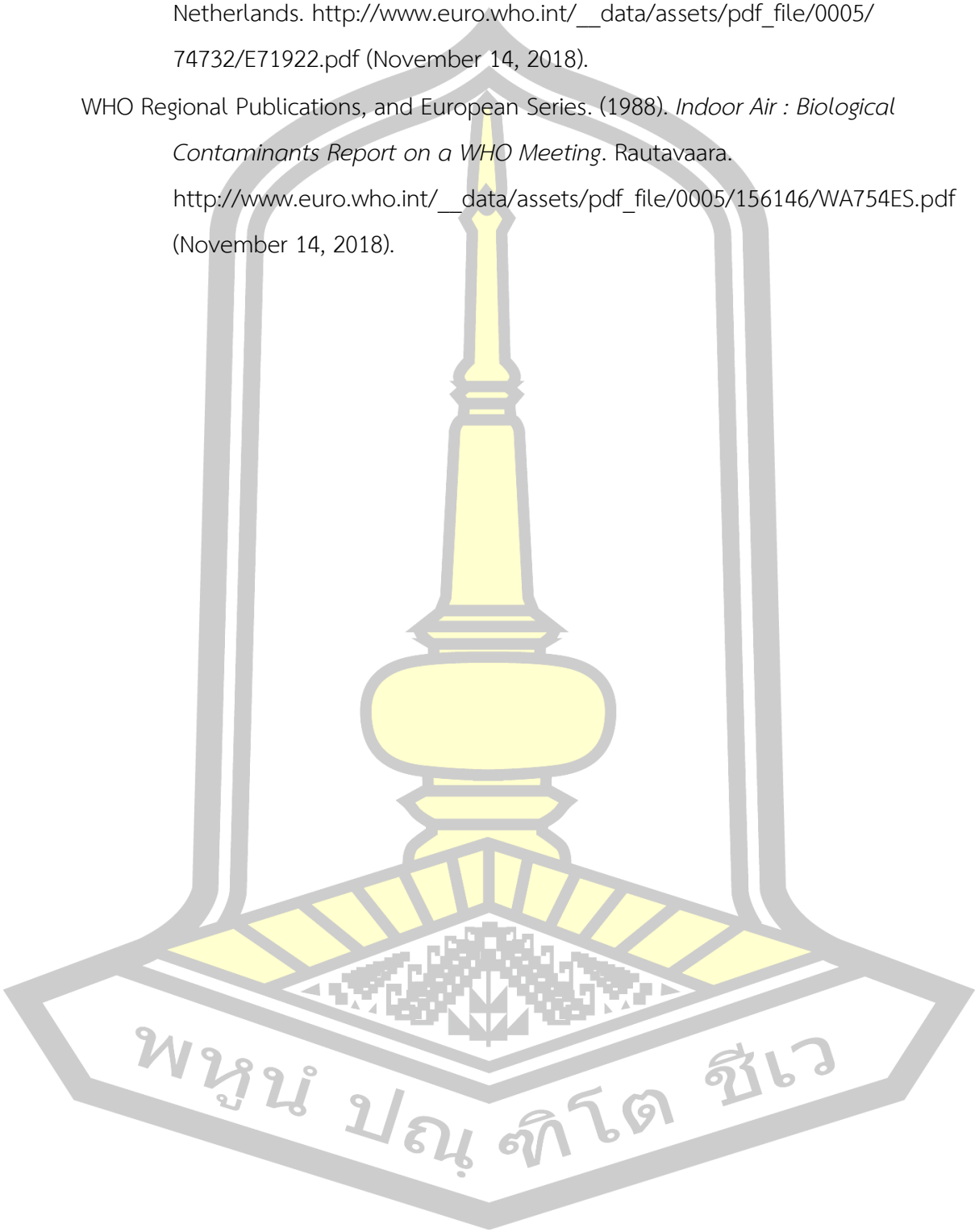
Environmental Protection Department The Goverment of the Hong Kong Special Adminstrative Region. (2018). *Indoor Air Quality | Environmental Protection Department.* https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/indoorair_quality/air_indoorair.html (October 14, 2018).

Jones William, Kathy Morring, Philip Morey and William Sorenson. (1985). "Evaluation of the Andersen Viable Impactor for Single Stage Sampling." *American Industrial Hygiene Association Journal* 46(5): 294–98. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4003283 (November 14, 2018).

The Government of the Hong Kong Special Administrative Region Indoor Air Quality Management Group. (2003). *A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places Indoor Air Quality Management Group A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places*. https://www.iaq.gov.hk/media/8694/certguide-eng.pdf (November 14, 2018).

WHO Regional Publications. (2000). *Air Quality Guidelines for Europe Second Edition*. Netherlands. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf (November 14, 2018).

WHO Regional Publications, and European Series. (1988). *Indoor Air : Biological Contaminants Report on a WHO Meeting*. Rautavaara. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/156146/WA754ES.pdf (November 14, 2018).

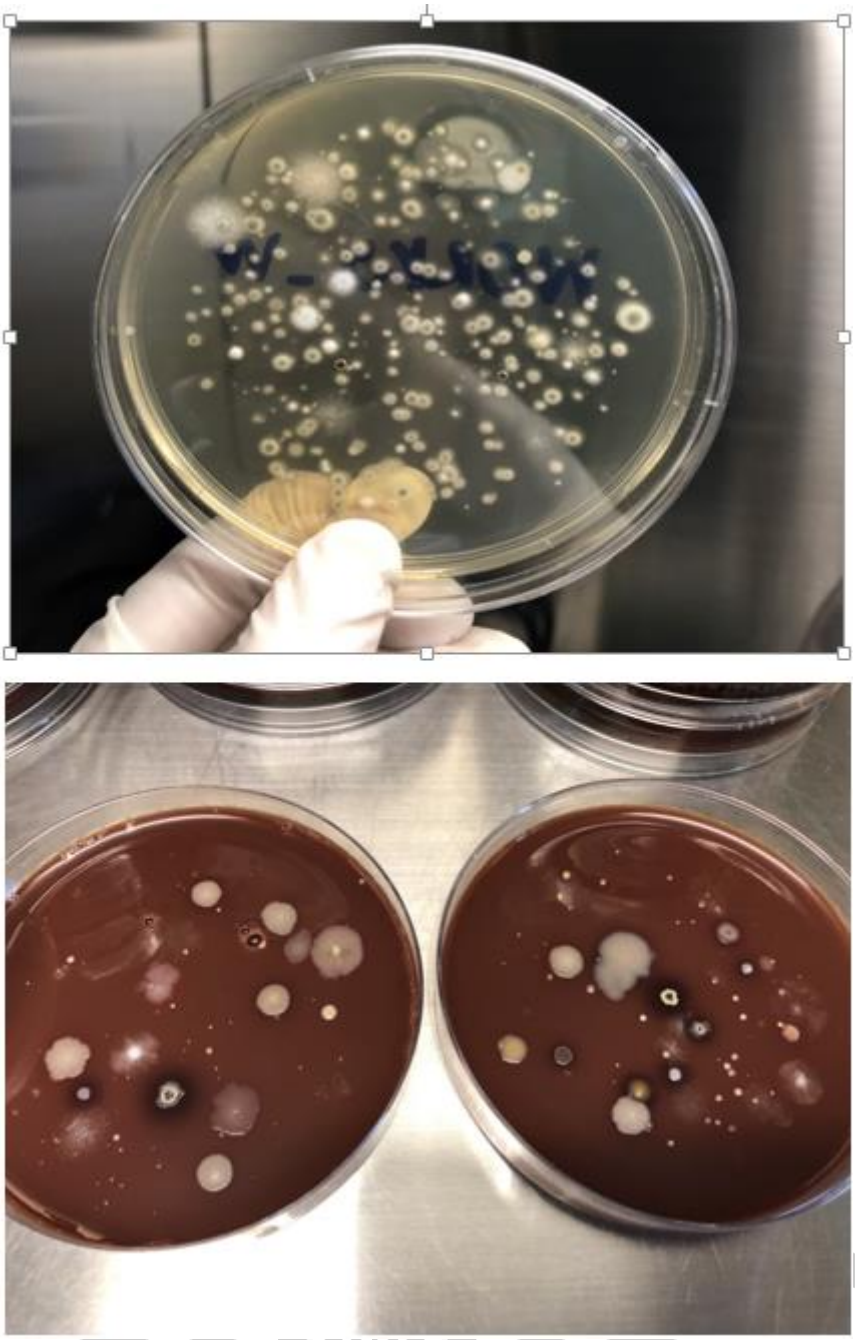


ภาคผนวก

การเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศ

เครื่องมือเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคาร

พหุน ปณ ฑิโต ชีว



ตัวอย่างของโคโลนีที่ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายพรชรัฐ สายยุทธ
วันเกิด	วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2533
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 79 หมู่ 19 ตำบลรอบเมือง อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นักวิชาการสาธารณสุขปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ เลขที่ 447 ถนน เชียงใหม่-ลำพูน ตำบลวัดเกต อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2551 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2555 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2562 ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (ส.ม.) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว