

การตรวจวัดสภาพแวดล้อมและการสำรวจชนิดและปริมาณของ จุลินทรีย์ในอากาศของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การแพทย์

Exploration of Environmental and Airborne Microorganisms in Medical Science Laboratory

สุนทรี สวนทับทิม* พรเพ็ญ กำนารายณ์

คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Suntaree Suantubtim* Pornpen Gamnarai

Faculty of Medicine, Thammasat University, Rangsit Centre,

Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีเป้าหมายในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและสำรวจชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องปฏิบัติการก่อนเริ่มเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ ซึ่งการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศใช้การวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี settle plate โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเช้าและช่วงบ่าย พบว่าห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์มีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณจุลินทรีย์มากที่สุดทั้งในช่วงเช้าและช่วงบ่าย และเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าปริมาณราเฉลี่ยเกินค่าดัชนีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศที่ยอมรับได้สำหรับห้องปฏิบัติการ แต่เมื่อกำจัดแหล่งสะสมของจุลินทรีย์และทำความสะอาดห้องปฏิบัติการพบว่าปริมาณราของห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ทั้งนี้แบคทีเรียที่พบ ได้แก่ *Staphylococcus* sp. และ *Bacillus* sp. ส่วนราพบ *Aspergillus* sp. และ *Penicilium* sp. ตามลำดับ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่พบได้ในสภาวะแวดล้อมทั่วไป ไม่ก่อโรคในคนปกติ แต่สามารถเป็นสาเหตุชักนำให้เกิดอาการแพ้ หรืออาจทำให้ผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจมีอาการแย่ลงได้ สรุปได้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องปฏิบัติการขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ และความสะอาดของห้องปฏิบัติการ

คำสำคัญ : จุลินทรีย์ในอากาศ; สภาพแวดล้อม; ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การแพทย์

Abstract

The aims of this research were to measure the environmental conditions, and to survey the type and amount of microorganisms in the medical science laboratories of Faculty of Medicine, Thammasat University. The experiment was done by measuring the temperature, relative humidity and air exchange rate for an hour before microbial air sampling. The air sample was collected by using settle plate method in the morning and afternoon. This results showed that anatomical laboratory had highest temperature, relative humidity and highest the average amount of microorganism in the both times. Comparison with the index of microbial air contamination (IMA), it was found that the average amounts of fungi were higher than an acceptable range. However, they were significantly reduced after cleaning the laboratory room ($p < 0.05$). Moreover, the results of microbial identification and analysis showed that the main bacteria were *Staphylococcus* sp., followed by *Bacillus* sp. whereas the predominant fungi were *Aspergillus* sp., followed by *Penicilium* sp. These microorganisms are generally found in environment and reside as the normal flora on human skin, animals or objects with no harm to human. However, it can cause allergy or negative outcome on some patients with respiratory diseases. In summary, the quantity of microorganisms in the air in the laboratory room depends on several factors such as temperature, relative humidity, air exchange rate and laboratory cleanliness.

Keywords: airborne microorganism; environmental; medical science laboratory

1. บทนำ

คุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ตั้งแต่ปัญหาทางด้านฝุ่นละอองขนาดเล็กซึ่งมนุษย์สามารถหายใจเข้าไปและอาจเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ (fine particle) ปัญหาด้านสารอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile organic compound; VOC) รวมทั้งปัญหาด้านจุลินทรีย์ในอากาศ เช่น แบคทีเรีย รา ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการแพ้หรือโรคทางระบบทางเดินหายใจได้ โดยเฉพาะห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบปิด ซึ่งในกรณีที่ระดับคุณภาพของอากาศภายในอาคารต่ำกว่ามาตรฐาน อาจส่งเสริมให้เชื้อเจริญเติบโตและมีการแพร่กระจายของเชื้อภายในอาคารได้ เช่น กรณีความชื้นสัมพัทธ์ใน

อากาศต่ำ ($< 40\%$ RH) อาจทำให้แบคทีเรียและไวรัสเจริญเติบโตได้มากขึ้น และยังมีผลทำให้ละอองของเหลวจากสารคัดหลั่งจากผู้ป่วยระเหยได้ดีขึ้น ซึ่งทำให้การแพร่กระจายของเชื้อในอากาศมากขึ้นได้ แต่ในกรณีความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินไป ($> 70\%$ RH) จะมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของรา ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและราควรอยู่ในช่วง 40-60% RH เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการอยู่รอดของเชื้อในอากาศต่ำที่สุด และส่งผลเสียต่อผู้ที่อยู่ในอาคารน้อยที่สุด [1] นอกจากนั้นอุณหภูมิภายในอาคารมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อภายในอาคารเช่นเดียวกัน โดยเชื้อที่ก่อโรคในคนส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 25-40 องศาเซลเซียส [2] ส่วนระบบระบาย

อากาศภายในอาคารโดยทั่วไปนั้น เป็นการควบคุมความเข้มข้นของมลพิษหรือจุลินทรีย์ในอากาศ ด้วยการนำอากาศจากภายนอกอาคารเข้ามาเจือจาง ซึ่งอาจใช้วิธีการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาแทนที่อากาศภายในห้องทั้งหมด 100 % หรืออาจนำอากาศเข้ามาเพียงบางส่วนแล้วผสมกับอากาศเก่า หรือใช้วิธีการหมุนเวียนของอากาศเก่ากลับมาใช้ใหม่ทั้งหมด ซึ่งเรียกว่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง (air change rate per hour, ACH) หมายถึงปริมาตรอากาศทั้งหมดภายในห้องที่ถูกแทนที่ด้วยอากาศที่เข้ามาใหม่ภายในเวลาหนึ่งชั่วโมง โดยสำหรับห้องปฏิบัติการกำหนดให้มีอัตราแลกเปลี่ยนไม่ต่ำกว่า 2 ACH [3] ซึ่ง กิตติคุณ [4] ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศกับระยะเวลาในการกำจัดละอองของเชื้อพบว่าเมื่ออัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสูงขึ้น ทำให้สามารถลดเวลาในการกำจัดเชื้อเร็วขึ้น ดังนั้นการศึกษาหาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการศึกษาปริมาณอากาศที่สามารถช่วยลดปริมาณของอนุภาคของเชื้อในอากาศลง ส่วนจุลินทรีย์ที่มีการรายงานการพบภายในอาคาร เช่น ราที่มักได้ทั่วไปภายในอาคาร ได้แก่ *Cladosporium* sp. *Penicillium* sp. *Aspergillus* sp. และ *Alternaria* sp. ซึ่งสปอร์และสายราเหล่านี้มีความสามารถในการก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้และรบกวนชนิดสามารถสร้างสารพิษ [5] ปัจจุบันมีรายงานการสำรวจเกี่ยวกับการปนเปื้อนแบคทีเรียและราที่ปนเปื้อนภายในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนของอาคารหลายแห่ง เช่น การศึกษาของ นรุตม์ [6] ซึ่งประเมินความเสี่ยงในการสัมผัสจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องเรียน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พบว่าการมีระบบการระบายอากาศที่ดีจะช่วยลดการสัมผัสแบคทีเรียได้ ขณะที่การระบายอากาศไม่สามารถลดการสัมผัสรา จึงจำเป็นต้องใช้วิธีอื่น ได้แก่ การควบคุม

อุณหภูมิและความชื้นภายในห้องให้เหมาะสม ส่วนผลการสำรวจของ กติกา และคณะ [7] สำรวจชนิดและปริมาณราที่แขวนลอยในอากาศ ภายในอาคารวิจัยและอาคารชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งประกอบด้วยห้องทำงานบุคลากร ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องประชุม ห้องพักนักศึกษา และห้องสมุด พบว่าการเปิดหน้าต่างและประตูนั้นมีผลต่อปริมาณราแขวนลอยในอากาศ โดยห้องที่มีการเปิดหน้าต่าง ประตู มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของรามากกว่าห้องที่ไม่เปิดหน้าต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าสัดส่วนปริมาณราในอาคารต่อนอกอาคารควรอยู่ในช่วงประมาณ 20-50 % ดังนั้นจึงเสนอแนะให้หลีกเลี่ยงการปนเปื้อนจากภายนอกอาคารและพยายามลดความชื้นในอาคาร ด้วยการไม่ควรเปิดหน้าต่างหรือประตู เมื่อพบว่าสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ มีความชื้นและอาจมีเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากจะป้องกันการปนเปื้อนของอากาศภายในอาคารแล้ว ยังลดภาระการทำงานของระบบปรับอากาศอีกด้วย ซึ่งจากรายงานการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศมักมีปัจจัยของสภาพแวดล้อมภายในอาคารแต่ละแห่งเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ผลการวิจัยต่างกันในแต่ละพื้นที่

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและสำรวจชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ให้บริการด้านการจัดการเรียนการสอนด้านกายวิภาคศาสตร์ จุลชีววิทยา ชีวเคมี สรีรวิทยา ซึ่งแต่ละห้องปฏิบัติการมีการใช้งานสารเคมี ตัวอย่างจุลินทรีย์ ตัวอย่างเลือดและสารคัดหลั่งของผู้ป่วย นอกจากนี้ห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์มีการใช้ร่างคองอาจารย์ใหญ่เป็นหลัก ซึ่งสามารถเป็นแหล่งกำเนิดจุลินทรีย์ภายในห้องปฏิบัติการได้ทั้งสิ้น

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ

สถานที่สำหรับเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จำนวน 4 ห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วยห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ห้องปฏิบัติการชีวเคมี และห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา โดยใช้การเก็บตัวอย่างด้วยวิธี settle plate (passive air sampling) ซึ่งเป็นวิธีการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ โดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก (gravitation) ด้วยการเปิดจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งให้สัมผัสกับอากาศในช่วงระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การเก็บตัวอย่างตามวิธีการ 1/1/1 scheme ของ Index of Microbial Air Contamination (IMA) [8] โดยใช้จานอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร (พื้นที่ภายในจานขนาด 64 ตารางเซนติเมตร) ให้สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง โดยตำแหน่งในการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูงจากพื้น 1 เมตร และห่างจากผนังหรือสิ่งกีดขวาง 1 เมตร ซึ่งอนุภาคที่มีขนาด

ใหญ่จะตกลงสู่อาหารเลี้ยงเชื้อได้เร็วกว่าอนุภาคที่เล็กกว่า (ในอัตรา 1 เซนติเมตร/วินาที) โดยวางตำแหน่งจานอาหารเลี้ยงเชื้อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของห้องปฏิบัติการ โดยคำนวณตัวอย่างตามแบบวิธีของวิภาวี [9] ซึ่งคำนวณการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อจากพื้นที่ห้อง 100 ตารางฟุต/plate โดยเก็บตัวอย่างขณะห้องปิดในช่วงเปิดภาคการศึกษา ปีการศึกษา 2561 แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้าเวลา 09:00-10:00 น. ช่วงบ่ายเวลา 13:00-14:00 น.

การหาปริมาณเชื้อทำโดยนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน และนำมาหาค่าเฉลี่ย แล้วจึงนำมาคูณด้วยค่าคงที่ 1.574 (ค่าคงที่ได้มาจากการคำนวณพื้นที่ของจานอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ในระยะเวลาเปิดจาน 1 ชั่วโมง [9] โดยรายงานผลเป็น CFU/dm²/h เพื่อให้สอดคล้องกับเกณฑ์ดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (Index of Microbial Air Contamination, IMA) [8,10] และเปรียบเทียบจำนวนโคโลนีที่นับได้กับค่ามาตรฐาน โดยดัชนีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศสามารถแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

Table 1 Maximum acceptable levels of index of microbial air contamination (IMA) in environment at risk

IMA values	CFU/dm ² /h	Class	In place at risk
0-5	0-9	Very good	Ultra clean room; reverse isolation, operating room for joint replacement, some procedure of electronics and pharmaceutical industries
6-25	10-39	Good	Clean room; conventional operating theatres, continuous care unit, dialysis unit
26-50	40-84	Fair	Day hospital, hospital wards, food industries, kitchens
51-75	85-124	Poor	Facilities
≥ 76	≥ 125	Very poor	-

2.2 การวิเคราะห์และจำแนกชนิดของจุลินทรีย์

การวิเคราะห์และจำแนกชนิดของแบคทีเรีย [10] ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient agar (NA) สำหรับเก็บตัวอย่างตามจุดที่กำหนดแต่ละห้อง เมื่อเปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อเก็บตัวอย่างเชื้อจากอากาศครบกำหนดเวลา 1 ชั่วโมงแล้ว จึงนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด คำนวณจำนวนโคโลนีโดยมีหน่วยเป็น colony forming unit/ตารางเดซิเมตร/ชั่วโมง (CFU/dm²/h) และสุ่มเลือกโคโลนีแบคทีเรียมาทำให้บริสุทธิ์อีกครั้ง แล้วตรวจจำแนกหาชนิดของแบคทีเรีย โดยการศึกษารูปร่าง ลักษณะและคุณสมบัติต่าง ๆ ของแบคทีเรียเพื่อให้ทราบชนิดของแบคทีเรีย (bacteria identification) ส่วนการวิเคราะห์และจำแนกชนิดของรา [10] โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud dextrose agar (SDA) สำหรับเก็บตัวอย่างตามจุดที่กำหนดแต่ละห้อง เมื่อเปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อเก็บตัวอย่างเชื้อจากอากาศครบกำหนดเวลา 1 ชั่วโมงแล้ว จึงนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน จากนั้นตรวจนับจำนวนราทั้งหมด คำนวณจำนวนโคโลนีเป็นหน่วย colony forming unit/ตารางเดซิเมตร/ชั่วโมง (CFU/dm²/h) และสุ่มเลือกโคโลนีรามาทำให้บริสุทธิ์อีกครั้ง แล้วตรวจจำแนกหาชนิดของรา โดยการศึกษารูปร่าง ลักษณะและคุณสมบัติต่าง ๆ ของราเพื่อให้ทราบถึงชนิดของรา (fungal identification)

2.3 การสำรวจคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความเร็วลม และอัตราการไหลของอากาศภายในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่องมือที่ได้มาตรฐานโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย โดยตรวจวัดสภาพแวดล้อม 1 ชั่วโมง ก่อนการวางจาน

อาหารเลี้ยงเชื้อ

การตรวจวัดอุณหภูมิ (air temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ใช้เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด indoor air quality monitor model 7575 โดยกำหนดให้อุณหภูมิ (air temperature) ค่ามาตรฐาน : ควรมีการควบคุมอุณหภูมิของอากาศภายในอาคารให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ ในช่วงอุณหภูมิ 24-26 องศาเซลเซียส [11] และกำหนดให้ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50-60 % RH [11] การตรวจวัดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (air change rate) เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด indoor air quality monitor model 7575 และ flow rate meter โดยกำหนดให้อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศในกรณีที่มีระบบปรับอากาศสำหรับห้องปฏิบัติการ อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศไม่น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร [3]

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบในห้องปฏิบัติการ และเปรียบเทียบกับระดับค่ามาตรฐาน รวมทั้งใช้สถิติ paired t-test เปรียบเทียบความแตกต่างของช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง รวมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณจุลินทรีย์ภายในห้องปฏิบัติการในแต่ละช่วงเวลา คือ ระหว่างช่วงเช้าและช่วงบ่าย รวมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณจุลินทรีย์ก่อนและหลังการทำความสะอาดในกรณีที่ห้องปฏิบัติการใดที่มีปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศกับคุณภาพของสิ่งแวดล้อมด้วยการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและสถิติ Pearson correlation

3. ผลการวิจัย

ผลการสำรวจปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการทั้ง 4 ห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา ห้องปฏิบัติการชีวเคมี ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา และห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ เมื่อเปรียบเทียบปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพกับปริมาณจุลินทรีย์ในแต่ละห้องปฏิบัติการ พบว่าห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ ทั้งก่อนและหลังทำความสะอาดมีปริมาณแบคทีเรียและรามมากที่สุด ซึ่งเป็นห้องที่มีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์มากที่สุดเช่นเดียวกัน โดยพบว่าปริมาณแบคทีเรียในช่วงเช้า 10.35 และ 8.39 CFU/dm²/h ตามลำดับ ส่วนราในช่วงเช้ามืดมีปริมาณ 309.09 และ 26.06 CFU/dm²/h ตามลำดับ ขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยที่วัดได้ 28.5 และ 31.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยวัดได้ 80.1 และ 68.0 % RH ส่วนในช่วงบ่าย ปริมาณแบคทีเรียที่พบในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ ทั้งก่อนและหลังทำความสะอาด พบว่ามีปริมาณ 5.48 และ 9.79 CFU/dm²/h ตามลำดับ ส่วนปริมาณรามมีปริมาณ 185.38 และ 25.88 CFU/dm²/h

ตามลำดับ อุณหภูมิเฉลี่ยที่วัดได้ 29.9 และ 31.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 74.6 และ 64.7 % RH ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีความแตกต่างของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องปฏิบัติการแต่ละห้องระหว่างช่วงเช้าและช่วงบ่าย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศของห้องปฏิบัติการทั้ง 4 ห้องปฏิบัติการ ในแต่ละช่วงเวลา โดยแยกเป็นปริมาณของแบคทีเรียและราในช่วงเวลาเช้าและบ่ายของแต่ละห้องปฏิบัติการ พบว่าปริมาณแบคทีเรียในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ช่วงก่อนทำความสะอาดเท่า่นั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) ส่วนปริมาณของราพบว่าห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา ห้องปฏิบัติการชีวเคมี และห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศ (Index of Microbial Air Contamination,

Table 2 The averages of microorganisms and environmental conditions in laboratory

Laboratory	Sampling period	Bacteria (CFU/dm ² /h±SD)	Fungi (CFU/dm ² /h±SD)	Temperature (°C±SD)	Humidity (% RH±SD)	Air exchange rates (m ³ /hr/m ² ±SD)
Physiological	09:00-10:00	0.90±1.23	1.58±1.19	27.3±1.15	44.6±3.52	11.7±2.00
	13:00-14:00	0.99±1.35	0.84±0.96	27.5±0.80	42.7±4.82	11.5±2.05
Biochemical	09:00-10:00	6.36±11.49	1.29±1.26	25.1±0.37	51.8±3.63	11.7±3.25
	13:00-14:00	3.89±7.67	1.82±1.21	25.1±1.85	45.1±1.77	11.4±3.18
Microbiological	09:00-10:00	1.16±0.85	1.01±0.64	27.1±0.57	50.3±5.70	17.1±5.82
	13:00-14:00	0.88±0.91	0.44±0.41	27.0±0.87	51.1±5.46	16.8±5.83
Anatomical (before cleaning)	09:00-10:00	10.35±3.99	309.09±170.57	28.5±0.13	80.1±1.17	NA
	13:00-14:00	5.48±2.53	185.38±74.15	29.9±0.26	74.6±2.68	NA
Anatomical (after cleaning)	09:00-10:00	8.39±3.77	26.06±12.98	31.3±0.20	68.0±1.33	NA
	13:00-14:00	9.79±5.93	25.88±8.66	31.3±0.45	64.7±1.95	NA

Table 3 Relationship between amounts of microorganisms in laboratory at various sampling periods

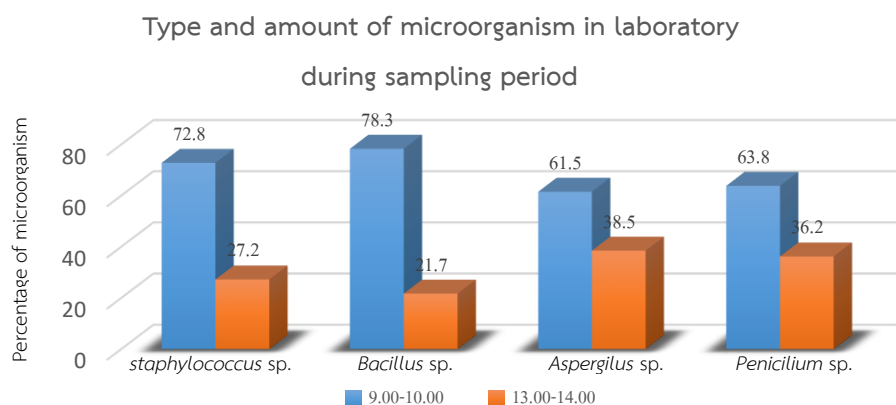
Laboratory	Sampling periods	Bacteria			Fungi		
		$\bar{x}$ (CFU/dm ² /h)	IMA	p-values*	$\bar{x}$ (CFU/dm ² /h)	IMA	p-values*
Physiological	09:00-10:00	0.90	Very good	0.711	1.58	Very good	0.001*
	13:00-14:00	0.99	Very good		0.84	Very good	
Biochemical	09:00-10:00	6.36	Very good	0.104	1.29	Very good	0.088
	13:00-14:00	3.89	Very good		1.82	Very good	
Microbiological	09:00-10:00	1.16	Very good	0.290	1.01	Very good	0.004*
	13:00-14:00	0.88	Very good		0.44	Very good	
Anatomical (before cleaning)	09:00-10:00	10.35	Good	0.010*	309.09	Very poor	0.074
	13:00-14:00	5.48	Good		185.38	Very poor	
(after cleaning)	09:00-10:00	8.39	Very good	0.574	26.06	Good	0.974
	13:00-14:00	9.79	Very good		25.88	Good	

*statistical significance at level 0.05

Table 4 Relationship between amounts of microorganisms in laboratory at various sampling periods

Anatomical Laboratory	Before/after cleaning	Bacteria			Fungi		
		$\bar{x}$ (CFU/dm ² /h)	IMA	p-value*	$\bar{x}$ (CFU/dm ² /h)	IMA	p-value*
09:00-10:00	Before	10.35	Good	0.338	309.09	Very poor	0.001*
	After	8.39	Very good		26.06	Good	
13:00-14:00	Before	5.48	Good	0.069	185.38	Very poor	0.000*
	After	9.79	Very good		25.88	Good	

*statistical significance at level 0.05

**Figure 1** The types and amounts of microorganisms in laboratories during various sapling periods

IMA) พบว่าทุกห้องปฏิบัติการอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ยกเว้นห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ช่วงก่อนทำความสะอาดที่อยู่ในระดับแย่มาก ดังแสดงในตารางที่ 3

เมื่อกำจัดแหล่งสะสมของจุลินทรีย์และทำความสะอาดห้องปฏิบัติการและเก็บตัวอย่างซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ก่อนและหลังการทำความสะอาด พบว่าปริมาณแบคทีเรียและราของห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์มีปริมาณลดลง โดยปริมาณของแบคทีเรียที่เก็บตัวอย่างในช่วงเช้าเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทำความสะอาดลดลงจาก 10.35 เป็น 8.39 CFU/dm²/h ตามลำดับ และในช่วงบ่ายเพิ่มขึ้นจาก 5.48 เป็น 9.79 CFU/dm²/h ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณราที่เก็บตัวอย่างในช่วงเช้าเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทำความสะอาดลดลงจาก 309.09 เป็น 26.06 CFU/dm²/h ตามลำดับ และในช่วงบ่ายลดลงจาก 185.38 เป็น 25.88 CFU/dm²/h ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของจุลินทรีย์ของห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ก่อนและหลังทำความสะอาดในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าปริมาณของแบคทีเรีย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ปริมาณราก่อนและหลังทำความสะอาดในช่วงเวลาเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value < 0.05) รวมทั้งเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานแล้วพบว่าปริมาณแบคทีเรียมีระดับมาตรฐานเพิ่มขึ้นจากระดับดีเป็นมาตรฐานระดับดีมาก ส่วนปริมาณรา มีระดับมาตรฐานเพิ่มขึ้นจากระดับแย่มากเป็นมาตรฐานระดับดี ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 4

การวิเคราะห์และจำแนกชนิดของแบคทีเรียโดยรวมของห้องปฏิบัติการทั้ง 4 ห้องปฏิบัติการ ในช่วงเช้าพบแบคทีเรีย *Staphylococcus* sp. (72.8 %) *Bacillus* sp. (78.3 %) ส่วนช่วงบ่ายพบ *Staphylo-*

coccus sp. (27.2 %) *Bacillus* sp. (21.7 %) ตามลำดับ ส่วนชนิดของราในช่วงเช้าพบรา *Aspergillus* sp. (61.5 %) *Penicilium* sp. (63.8 %) ส่วนช่วงบ่ายพบ *Aspergillus* sp. (38.5 %), *Penicilium* sp. (36.2 %) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1

4. สรุปและอภิปราย

ผลจากการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการและการสำรวจปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศของห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จำนวน 4 ห้องปฏิบัติการ ซึ่งตรวจวัดใน 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเช้าและช่วงบ่าย พบความแตกต่างของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในห้องปฏิบัติการแต่ละห้องระหว่างช่วงเช้าและช่วงบ่ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งพบว่าห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์มีอุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และปริมาณแบคทีเรียและรามากที่สุดทั้งในช่วงเช้าและช่วงบ่าย รวมทั้งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่ามีความหลากหลายของจุลินทรีย์ในอากาศ (Index of Microbial Air Contamination, IMA) ที่ยอมรับได้สำหรับห้องปฏิบัติการ [8] แต่เมื่อกำจัดแหล่งสะสมของเชื้อและทำความสะอาดห้องปฏิบัติการพบว่าปริมาณแบคทีเรียและราของห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้ระดับมาตรฐานปริมาณแบคทีเรียในห้องปฏิบัติการดังกล่าวเพิ่มขึ้นจากระดับดีเป็นระดับดีมาก ขณะที่ระดับมาตรฐานปริมาณราเพิ่มขึ้นจากระดับแย่มากเป็นระดับดี โดยผลจากการวิเคราะห์และจำแนกชนิดของจุลินทรีย์พบแบคทีเรีย *Staphylococcus* sp. มากที่สุด รองลงมา คือ *Bacillus* sp. ส่วนราพบ *Aspergillus* sp. มากที่สุด รองลงมา คือ *Penicilium* sp. ซึ่ง

เป็นจุลินทรีย์ที่พบได้ในสภาวะแวดล้อมทั่วไป ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้เป็นเชื้อประจำถิ่น (normal flora) ที่สามารถพบได้ตามผิวหนังของร่างกายคน สัตว์ หรือสิ่งของ ซึ่งไม่ก่อโรคในคนปกติ [7,12,13] แต่จะสามารถเป็นสาเหตุชักนำให้เกิดอาการแพ้ หรืออาจทำให้ผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจมีอาการแย่ลง รวมทั้งผู้ป่วยที่มีร่างกายอ่อนแอและมีภูมิคุ้มกันโรคต่ำ [13] ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ จักรพงษ์ [14] ที่ศึกษาชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศซึ่งเป็นสาเหตุโรคภูมิแพ้และการติดเชื้อภายในห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ จำนวน 6 ห้องปฏิบัติการเช่นกัน และพบปริมาณ *Bacillus* sp. มากที่สุด รองลงมา คือ *Staphylococcus aureus* และแบคทีเรียแกรมลบรูปแท่ง ตามลำดับ ส่วนรา พบ *Penicillium* sp. มากที่สุด รองลงมา คือ *Aspergillus* sp. และ *Curvularia* sp. ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมกับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศของห้องปฏิบัติการจำนวน 4 ห้องปฏิบัติการ พบว่าอุณหภูมิที่วัดได้ คือ 25.1-31.3 °C ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวเกินช่วงค่าอุณหภูมิมาตรฐาน คือ 24-26 °C [11] โดยห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์มีช่วงอุณหภูมิสูงที่สุดทั้งในช่วงเช้าและช่วงบ่าย และเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างช่วงเช้ากับช่วงบ่ายพบว่าเฉพาะห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ช่วงก่อนทำความสะอาดเท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันกับเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ พบว่าปริมาณแบคทีเรียในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ช่วงก่อนทำความสะอาดเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่วัดได้ ขณะที่อุณหภูมิที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับปริมาณราที่พบในห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา และห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ช่วงก่อนทำความสะอาดเช่นกัน ส่วน

ความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ คือ 42.7-80.1 % RH ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์ดังกล่าวเกินช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐาน คือ 50-60 % RH [11] โดยห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์มีช่วงความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดทั้งในช่วงเช้าและช่วงบ่าย และเมื่อเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างช่วงเช้ากับช่วงบ่าย พบว่าปฏิบัติการชีวเคมีและห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ พบว่าปริมาณราในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาเท่านั้นที่มีสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ และอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศที่วัดได้ คือ 11.4-17.1 m³/hr/m² ซึ่งอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศดังกล่าวอยู่ในช่วงมาตรฐานของอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศในกรณีที่มีเครื่องปรับอากาศสำหรับห้องปฏิบัติการไม่น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์ต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร (m³/hr/m²) [3] โดยพบว่าห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยามีช่วงอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศมากที่สุดทั้งในช่วงเช้าและช่วงบ่าย ส่วนห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ไม่สามารถวัดอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศได้เนื่องจากห้องปฏิบัติการดังกล่าวไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของระหว่างช่วงเช้าและช่วงบ่ายพบว่าเฉพาะห้องปฏิบัติการชีวเคมีเท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศกับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ พบว่าปริมาณราในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศที่วัดได้

ซึ่งจากผลการวิจัยขั้นนี้พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศโดยมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ห้องปฏิบัติการกายวิภาค

ศาสตร์ เป็นห้องปฏิบัติการที่ไม่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ทำให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งมีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคาร ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศที่พบว่ามีปริมาณมากที่สุด แต่ไม่สัมพันธ์กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ อาจมีเหตุผลจากการระบายอากาศแบบเปิดโล่งด้วยวิธีธรรมชาติ ทำให้มีการไหลเวียนของอากาศจากภายนอกตลอดเวลา ซึ่งอาจมีการปนเปื้อนสปอร์ของจุลินทรีย์ได้ตลอดเวลา ซึ่งผลการวิจัยชิ้นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิชชุลดา [15] ที่พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในโรงอาหารที่พบในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระบบระบายอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ การเคลื่อนไหวของอากาศและฤดูกาล เป็นต้น ซึ่งจากผลการวิจัยข้างต้นทำให้ในแต่ละห้องปฏิบัติการต้องมีการวางแผนแนวทางในการควบคุมการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยต้องมีการแก้ปัญหาในองค์รวม ได้แก่ การควบคุมและกำจัดแหล่งสะสมที่อาจก่อให้เกิดการสะสมของจุลินทรีย์ การควบคุมอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ และการออกแบบห้องปฏิบัติการให้การระบายอากาศที่เหมาะสม เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยพร้อมทั้งสถานที่สำหรับการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ ผศ.ดร.อารุณ เกตุสาคร รองคณะบดีฝ่ายวิชาการ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการแต่ละห้อง และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสถานวิทยาศาสตร์ปริคลินิกทุกท่าน ที่ช่วยเหลือและให้ข้อมูลในการศึกษาวิจัยเป็นอย่างดี

5. References

- [1] Rycroft, R. ,1985, Low humidity and microtrauma, Am. J. Ind. Med. 8: 371-373.
- [2] London, M. , 2014, Bioaerosol Sampling 0800 NIOSH Manual of Analytical Methods, Available source: <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0800.pdf>, April 19, 2014.
- [3] The Engineering Institute of Thailand Under H.M. The King's Patronage, 2559, Air Conditioning and Ventilation Standards, The Engineering Institute of Thailand, Bangkok, 298 p. (in Thai)
- [4] Yoksap, K., 2016, Enhancement of Ventilation in Multiple- beds Ward of Hospital, Master thesis, Thammasat University, Pathum Thani, 140 p. (in Thai)
- [5] Bush, R, 1989, Aerobiology of pollen and fungal allergens, J. Allergy Clin. Immunol. 84: 1120-1124.
- [6] Narut Sahanavin, 2012, Risk assessment of microorganism in lecture room indoor air of Srinakharinwirot University, Ongkaruk, J. Facult. Phys. Edu. 15(spec. iss.): 367- 380. (in Thai)
- [7] Samanee- in, K., Buntsee, K., Srisakhamkulwat, S. and Truangwongsa, Y., 2016, Exploration of airborne fungi in research building, Faculty of Science Ubon Ratchathani University, pp. 438-445, 1st National Academic Conference annual 2016, Rattanakosin University of Technology, Nakhon Pathom. (in Thai)

- [8] Pasquarella, C., Pitzurra, O. and Savino, A., 2000, The index of microbial air contamination, *J. Hosp. Infect.* 46: 241-256.
- [9] Wisawatol, W., Yutaoravit, N., Chaimongkolnukul, K., Roongrotchinda, K., Chariyahpongpun, P., Khamleng, P., Sa-ardrit, M. and Kengkoom, K., 2000, Microbiological air quality in laboratory animal room and supporting area National Laboratory Animal Center, Mahidol University, Bangkok, 7 p. (in Thai)
- [10] Chuaybamroong, P., 2014, Airborne microbe disinfection technology for hospitals, Publisher of Chulalongkorn University, Bangkok, 254 p. (in Thai)
- [11] Singapore Standard SS 554, 2009, Code of Practice for Indoor Air Quality for Air Conditioned buildings, Incorporating Erratum No. 1, November 2009, Singapore.
- [12] Srithewin, S. and Nathapindhu, G., 2012, Ambient microbial contamination in different hospital scales, *KKU Res. J.* 12(1): 92-101. (in thai)
- [13] Wut-u-dcmlert, M., 2012, The Infection that Comes with the Poison in the Building: Fungus, Articles to Disseminate Knowledge to the Public, Available source: <https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/116>, April 10, 2017. (in Thai)
- [14] Nimana, J., Charoenrat, S. and Boonyapituksakul, W., 2014, Microbial air contamination in laboratory rooms, Faculty of Science, Payao University, *KKU Sci. J.* 42(2): 341-349. (in Thai)
- [15] Sichanta, W., Prapakdee, B., Sucharitkul, S. and Mutchimwong, A., 2016, Microbiological air quality in mechanical ventilation and natural ventilation, pp. 2259-2267, 8th National and International Research Conference, Mahidol University, Bangkok. (in Thai)