ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Airborne Microbial Concentrations in Microbiology Laboratories, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ชัญญากานต์ โกกะพันธ์[1] นิภาพร คำหลอม[1*] เจนณิสตา สถาวร[1] อินทิรา พงพันธ์[1] ศศิธร หล่อเรืองศิลป์[2]
ยุภารัตน์ เครือวงษา[3] ปทุมทิพย์ ผลโยญ[3] และ สิริวรัญญา ศรีษาคำกุลวัฒน์[3]

Chanyakarn Kokaphan[1] NIpaporn Khamhlom[1*] Jennista Sathawon[1] Inthira Pongpan[1] Sasithorn Lorroengsil[2]
Yuparat Kruawongsa[3] Patoomthip Polyon[3] and Siriwaranya Srisakhamkullawat[3]

[1]สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชานี อุบลราชธานี 34190 ประเทศไทย
[2]สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชานี อุบลราชธานี 34190 ประเทศไทย
[3]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชานี อุบลราชธานี 34190 ประเทศไทย
[1]Occupational Health and Safety Program, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand
[2]Microbiology Program, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand
[3]Department of Biological Sciences, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand
*E-mail: nipaporn.k@ubu.ac.th

Received: Jul 27, 2024
Revised: Oct 16, 2024
Accepted: Oct 21, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวน 5 ห้อง การเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ก่อนและหลังการเรียน ใช้สถิติ Paired Samples t Test และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณจุลินทรีย์กับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ใช้สถิติ Pearson correlation และสถิติ Spearman's rank correlation การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศใช้เครื่อง Single-stage impactor โดยอ้างอิงวิธีการตรวจวัดจาก Manual of Analytical Methods 0800 : Bioaerosols Sampling ของ The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) และการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ใช้เครื่องวัดความเร็วลม ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศของห้องปฏิบัติการทุกห้องมีปริมาณไม่เกินค่าแนะนำของกรมอนามัย SPRING (The Standards, Productivity and Innovation Board) Singapore และ NIOSH การเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ก่อนและหลังการเรียน พบว่า จำนวนเชื้อราก่อนเริ่มเรียนและหลังเลิกเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (p-value = 0.010) และจำนวนเชื้อแบคทีเรียก่อนเริ่มเรียนและหลังเลิกเรียนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.769) ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณจุลินทรีย์กับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศหลังเลิกเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (p-value = 0.011 และ 0.017 ตามลำดับ) ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้มีสามารถนำไปใช้สำหรับการวางแผนการใช้และการจัดการห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาให้มีความปลอดภัยทางจุลชีวิทยา

คำสำคัญ: จุลินทรีย์ในอากาศ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา

Abstract

This research is a survey aiming to investigate the concentrations of airborne microorganisms in 5 microbiology laboratories, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University. The concentrations of microorganisms before and after classes were compared using the Paired Samples t Test and the relationship between microbial concentrations

and environmental factors was analyzed using Pearson correlation and Spearman's rank correlation. Microbial concentrations were measured using a single-stage impactor following the Manual of Analytical Methods 0800 : Bioaerosols Sampling of the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Temperature, relative humidity and air velocity were also measured using a velocity meter. The results revealed that the concentrations of airborne microorganisms in all laboratories did not exceed the recommended guidelines of the Thai Ministry of Public Health, SPRING (The Standards, Productivity and Innovation Board) Singapore and NIOSH. A comparison of microbial concentrations before and after classes found that the number of fungi before the class started and after the class ended were significantly different at the 0.05 level (p-value = 0.010), while the number of bacteria before the class started and after the class ended were not significantly different (p-value = 0.769). The analysis of the relationship between the microbial concentrations and environmental factors revealed that temperature and relative humidity were significantly correlated with the concentrations of fungi in the air after the class ended at the 0.05 level (p-value = 0.011 and 0.017, respectively). The research findings can be used for planning the use and management of microbiology laboratories to ensure microbiological safety.

Keywords: Airborne microorganisms, Environmental factors, Microbiology laboratory

1. บทนำ

คุณภาพของเครื่องปรับอากาศและระบบระบายอากาศในห้องปฏิบัติการมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดูแลสุขภาพของผู้ใช้อย่างเหมาะสม [1] เพราะน้ำที่ควบแน่นจากระบบปรับอากาศสามารถเป็นแหล่งของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศได้ [2] อนึ่งอากาศภายในอาคารได้รับอิทธิพลมาจากอากาศภายนอก โดยการไหลเข้ามาของอากาศภายนอกอย่างต่อเนื่อง ถือเป็นแหล่งที่มาหลักของการปนเปื้อนทางชีวภาพในสภาพแวดล้อมภายในอาคาร [3] ดังนั้นในห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องรักษาสภาพแวดล้อมที่ปิดล้อมให้สะอาดและเหมาะสม เพื่อรักษาสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและคงสภาพความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ สารเคมี และตัวอย่างจุลินทรีย์ [4]

ปัจจุบันมีรายงานการสำรวจเกี่ยวกับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ปนเปื้อนภายในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนของอาคารหลายแห่ง เช่น การศึกษาของ Stanley et al. [5] ทำการประเมินจุลินทรีย์ในอากาศภายในของระบบระบายอากาศ ประเทศไนจีเรีย พบว่าในห้องปฏิบัติการที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียเท่ากับ 29.2 CFU/m^3 และเชื้อราเท่ากับ 11.5 CFU/m^3 ส่วนห้องปฏิบัติการที่มีการใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียเท่ากับ 95.7 CFU/m^3 และเชื้อราเท่ากับ 19.6 CFU/m^3 การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าในอาคารที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศมีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในระดับต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ การศึกษาของ Sahanavin [6] ซึ่งประเมินความเสี่ยงในการสัมผัสจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องเรียน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พบว่าการมีระบบระบายอากาศที่ดีช่วยลดการสัมผัสเชื้อแบคทีเรียได้ ในขณะที่การระบายอากาศไม่สามารถลดการสัมผัสเชื้อราจึงจำเป็นต้องใช้วิธีอื่น ได้แก่ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องให้เหมาะสม ส่วนผลการสำรวจของ Samanee-in et al. [7] สำรวจชนิดและปริมาณเชื้อราที่แขวนลอยในอากาศภายในอาคารวิจัยและอาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งประกอบด้วย ห้องทำงานบุคลากร ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องประชุม ห้องพักนักศึกษา และห้องสุมด พบว่า การเปิดหน้าต่างและประตูมีผลต่อปริมาณเชื้อราแขวนลอยในอากาศ โดยห้องที่มีการเปิดหน้าต่าง ประตู มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเชื้อรามากกว่าห้องที่ไม่เปิดหน้าต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าสัดส่วนปริมาณเชื้อราในอาคารต่อนอกอาคารควรอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 20-50 ดังนั้นจึงเสนอแนะให้หลีกเลี่ยงการปนเปื้อนจากภายนอกอาคาร และพยายามลดความชื้นในอาคารด้วยการไม่เปิดหน้าต่างหรือประตู เมื่อพบว่าสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ มีความชื้นและอาจมีเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากจะป้องกันการปนเปื้อนของอากาศภายในอาคารแล้ว ยังลดภาระการทำงานของระบบปรับอากาศอีกด้วย ซึ่งจากรายงานการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศมักมีปัจจัยของสภาพแวดล้อมภายในอาคารแต่ละแห่งเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ผลการวิจัยต่างกันในแต่ละพื้นที่

จากการสำรวจภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่า ลักษณะภายในห้องปฏิบัติการทุกห้องมีลักษณะเป็นห้องสี่เหลี่ยม โครงสร้างของห้องเป็นปูนซีเมนต์ ภายในห้องปฏิบัติการ 1201, 1202 และ 1203 มีการเดินท่อน้ำภายในห้อง ส่วนภายในห้องปฏิบัติการ 1301 และ 1302 ไม่มีการเดินท่อน้ำภายในห้อง จากห้องปฏิบัติการทุกห้องที่ผู้วิจัยได้สำรวจล้วนพบเชื้อราตามฝ้า ผนัง ชั้นวางอุปกรณ์มากกว่า 2 แห่งขึ้นไปของแต่ละห้อง ซึ่งคุณภาพอากาศภายในอาคารในพื้นที่ปิดอาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางกายภาพหลายอย่าง เช่น ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ รวมถึงปัจจัยทางเคมี เช่น สารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้อนุภาคในอากาศที่มีจุลินทรีย์ เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส ถือเป็นปัญหาต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารเช่นกัน [8], [9]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสำรวจปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ให้บริการด้านการจัดการเรียนการสอนด้านจุลชีววิทยา ซึ่งแต่ละห้องปฏิบัติการมีการใช้งานสารเคมี และตัวอย่างจุลินทรีย์ เป็นต้น นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการหาแนวทางในการควบคุมหรือการลดปริมาณเชื้อในอากาศ ถ้าพบว่ามีปริมาณสูงเกินกำหนด จะได้มีการวางแผนในการทำความสะอาดห้องปฏิบัติการ การฆ่าเชื้อด้วยวิธีการต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีที่เหมาะสม และการกำหนดแนวทางปฏิบัติที่ปลอดภัยของผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะช่วยให้ห้องปฏิบัติการมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่เหมาะสมต่อไป และสร้างความมั่นใจในความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ใช้งานห้องปฏิบัติการ

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1. วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey research) โดยตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราแขวนลอยในอากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวน 5 ห้อง

2.2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ใช้ในการเรียนการสอน มีจำนวนทั้งหมด 5 ห้อง คือ ห้อง 1201, 1202, 1203, 1301 และ 1302 โดยทำการศึกษาทุกห้อง

2.3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

เครื่องตรวจวัด Single-stage impactor ยี่ห้อ Zefon ปั๊มดูดอากาศ (Sampling pump) ที่มีอัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที ยี่ห้อ SKC เครื่องวัดความเร็วลม (Velocity meter) Serial No. T95452011006 ยี่ห้อ TSI รุ่น 9545 อาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ Malt extract agar (MEA) และ Trypticase soy agar (TSA) ยี่ห้อ Himedia แบบบันทึกการเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา แบบบันทึกการเก็บตัวอย่างอากาศ (Air sampling data form) และแบบสำรวจแหล่งกำเนิดจุลินทรีย์แขวนลอยในอากาศ

2.4. การดำเนินการรวบรวมข้อมูล

1) ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ผ่านคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในการเก็บตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวน 5 ห้อง

2) การเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา

การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างด้วยการเดินสำรวจเบื้องต้น (Walk through survey) ดูลักษณะของห้องปฏิบัติการ การทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายในห้องที่อาจทำให้เกิดการสะสมเชื้อและมีการเจริญเติบโตได้ดี โดยกำหนดจุดการเก็บตัวอย่างตาม the Manual of Analytical Methods 0800 : Bioaerosols Sampling ของ The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [10] ห้องละ 3 จุด เก็บตัวอย่างจุดละ 2 นาที (เก็บซ้ำ 2 รอบ) แต่ละจุด เก็บตัวอย่างเชื้อรา 2 จาน เก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรีย 2 จาน และมี Field blank 2 จาน (เชื้อรา 1 จาน และเชื้อแบคทีเรีย 1 จาน) นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

จุดเก็บตัวอย่างในแต่ละห้องมี 3 จุด ดังนี้

จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 หน้าห้อง

จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 กลางห้อง

จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 หลังห้อง (มุมอับ)

นอกจากนี้ยังมีการเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรานอกอาคารด้วย

การเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศทำโดยใช้เครื่อง Single-stage impactor จุดละ 2 นาที ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MEA ในการเก็บตัวอย่างเชื้อรา และอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA ในการเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรีย นำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จากการเก็บตัวอย่างเข้าตู้บ่มเพาะเชื้อ ตัวอย่างเชื้อราใช้เวลาบ่มเชื้อ 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เชื้อแบคทีเรียใช้เวลาบ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศา

เซลเซียส จากนั้นนำไปนับจำนวนโคโลนี และบันทึกผลการทดลอง

3) การตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

การกำหนดจุดตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม กำหนดจุดตรวจวัด 1 จุด และจุดวาง Field blank อยู่บริเวณกลางห้อง นอกจากนี้ยังมีการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมนอกห้องปฏิบัติการด้วย

การวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ทำโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมตามจุดที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะทำการตรวจวัดทั้งใน และนอกห้องปฏิบัติการ

2.5. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1) จำนวนโคโลนีที่นับได้แต่ละจานเพาะเชื้อนำไปคำนวณให้อยู่ในหน่วยโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ (CFU/m^3) ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$CFU/m^3 = \frac{\text{จำนวนโคโลนีที่นับได้}}{\text{ปริมาตรอากาศทั้งหมด}} \times 1{,}000$$

เมื่อ

CFU/m^3 คือ จำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ

ปริมาตรอากาศทั้งหมด หาได้จาก ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (นาที) x อัตราการดูดอากาศช่วงเก็บตัวอย่าง (ลิตรต่อนาที)

2) บันทึกผลการตรวจวัดข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล

3) เปรียบเทียบค่าที่ได้กับประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ค่ามาตรฐานของ SPRING (The Standards, Productivity and Innovation Board) Singapore และค่าแนะนำของ NIOSH

2.6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1) สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เพื่ออธิบายลักษณะการกระจายของข้อมูลทั่วไป หาค่าร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation; SD) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum) นำเสนอข้อมูลด้วยตารางและกราฟ

2) สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ใช้สถิติ Paired Samples t Test เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ก่อนและหลังการเรียน เนื่องจากได้มีการทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล ในการอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศกับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการเลือกใช้สถิติสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation) และสถิติ Spearman's rank correlation

3. ผลการวิจัย

3.1. ผลสำรวจสถานที่ในการตรวจวัดความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในและภายนอกห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา

ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทั้ง 5 ห้อง มีลักษณะห้องเป็นสี่เหลี่ยมที่มีโต๊ะใช้สำหรับการทำปฏิบัติการหรือการเรียนการสอน ซึ่งมีจำนวนโต๊ะปฏิบัติการและขนาดห้องที่แตกต่างกัน จำนวนผู้เข้าใช้ห้องปฏิบัติการก็แตกต่างกันออกไปในแต่ละวัน อุปกรณ์ทำปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ก็มีความแตกต่างกัน เพราะมีจำนวนนักศึกษาลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติการด้านจุลชีววิทยาไม่เท่ากันในแต่ละรายวิชา ประเภทของระบบทำความเย็นและระบบระบายอากาศแตกต่างกันออกไป จากการทำแบบสำรวจแหล่งกำเนิดเชื้อของแต่ละห้อง ปฏิบัติการ พบว่ามีการใช้ระบบทำความเย็นและระบบระบายอากาศ จำนวนผู้ใช้ห้องปฏิบัติการ และความสะอาดของห้องปฏิบัติการ (Table 1)

Table 1 The environmental factors in microbiology laboratories at Ubon Ratchathani University

Laboratory	Environmental factors					
	Cooling system		Ventilation system	Number of laboratory users per day	Cleanliness of laboratory per day	
	Ceiling fan	Air conditioner			Clean	Not clean
1201	√	√	Exhaust fan	14	√	-
1202	√	-	Exhaust fan	10	√	-
1203	√	-	Exhaust fan	57	√	-
1301	√	-	Exhaust fan	4	√	-
1302	-	√	Exhaust fan	7	√	-

3.2. ผลการตรวจวัดปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ในอากาศ ภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา

1) จำนวนโคโลนีที่นับได้

การเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศทั้งภายในและภายนอกห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ก่อนเริ่มเรียน (08.00-09.00 น.) และหลังเลิกเรียน (16.30-17.30 น.) ทั้งหมด 5 ห้อง เมื่อนำมานับจำนวนโคโลนี ผลการตรวจวัดดังแสดงใน Table 2 และดังแสดงใน Figure 1

2) ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา

การเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศทั้งภายในและภายนอกห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ก่อนเริ่มเรียน (08.00-09.00 น.) และหลังเลิกเรียน (16.30-17.30 น.) ทั้งหมด 5 ห้อง ในหน่วย CFU/m^3 ผลการตรวจวัดดังแสดงใน Table 3 และดังแสดงใน Figure 2

Table 2 Mean airborne bacterial and fungal counts in microbiology laboratories

Laboratory	Bacterial count before class (CFU)		Bacterial count after class (CFU)		Fungal count before class (CFU)		Fungal count after class (CFU)	
	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor
1201	14.44	4.33	4.22	2.33	19.56	56.33	13.67	32.33
1202	10.11	4.33	3.67	2.33	47.11	56.33	37.78	32.33
1203	5.78	4.33	21.44	2.33	50.00	56.33	43.22	32.33
1301	9.89	9.67	10.89	2.33	53.89	43.33	41.33	33.67
1302	9.56	9.67	16.89	2.33	22.78	43.33	19.78	33.67
Mean	9.96	6.47	11.42	2.33	38.67	51.13	31.16	32.87
Max	14.44	9.67	21.44	2.33	53.89	56.33	43.22	33.67
Min	5.78	4.33	3.67	2.33	19.56	43.33	13.67	32.33
SD	3.07	2.92	7.79	0.00	16.19	7.12	13.49	0.73

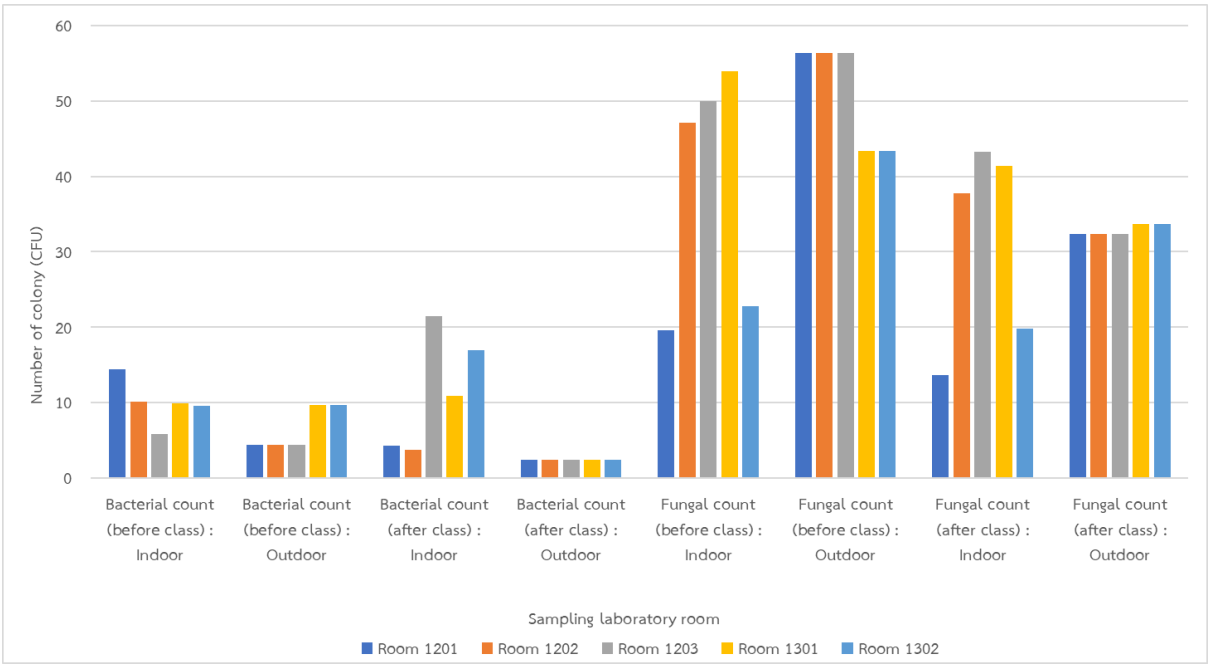

Figure 1 Total number of indoor and outdoor airborne bacterial and fungal colonies (CFU) collected before class and after class

Table 3 Mean airborne bacterial and fungal concentrations in microbiology laboratories

Laboratory	Bacterial concentration before class (CFU/m^3)		Bacterial concentration after class (CFU/m^3)		Fungal concentration before class (CFU/m^3)		Fungal concentration after class (CFU/m^3)	
	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor
1201	127.67	38.30	37.30	20.61	172.74	497.64	120.73	285.63
1202	89.32	38.30	32.40	20.61	416.17	497.64	333.82	285.63
1203	51.04	38.30	189.44	20.61	441.70	497.64	381.82	285.63
1301	87.36	85.40	96.19	20.61	476.05	382.80	365.14	297.41
1302	84.41	85.40	149.19	20.61	201.22	382.80	174.72	297.41
Mean	87.96	57.14	100.90	20.61	341.58	451.70	275.23	290.34
Max	127.60	85.40	189.44	20.61	476.05	497.64	381.82	297.41
Min	51.04	38.30	32.40	20.61	172.75	382.80	120.73	285.63
SD	24.31	25.80	61.53	0.00	127.97	62.90	106.62	6.45

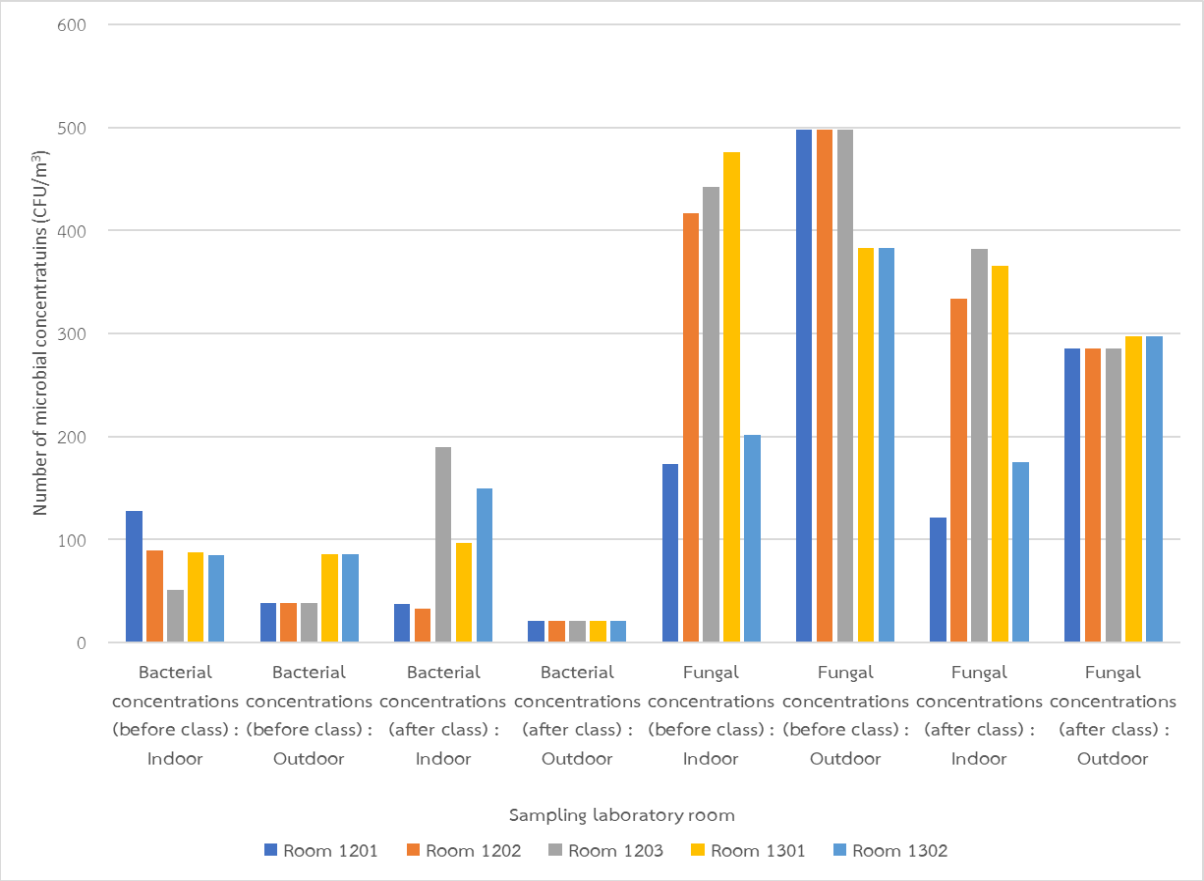

Figure 2 Indoor and outdoor airborne bacterial and fungal concentrations (CFU/m^3) collected before class and after class

3.3. การประเมินปริมาณจุลินทรีย์ภายในและภายนอกห้องปฏิบัติการ

การประเมินปริมาณจุลินทรีย์ภายในห้องปฏิบัติการและภายนอกห้องปฏิบัติการ ซึ่ง ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist) ได้แนะนำว่า สัดส่วนระหว่างปริมาณเชื้อแบคทีเรียภายในห้องปฏิบัติการและภายนอกห้องปฏิบัติการ (ค่า I/O) ของจุลินทรีย์ปกติ ควรอยู่ในช่วง 0.30-0.80 [11]

จากผลการศึกษา พบว่า สัดส่วนระหว่างปริมาณเชื้อแบคทีเรียภายในห้องปฏิบัติการและภายนอกห้องปฏิบัติการทั้งช่วงเวลาก่อนและหลังทำปฏิบัติการมากกว่า 1 คิดเป็นร้อยละ 100.00 สัดส่วนระหว่างปริมาณเชื้อราภายในห้องปฏิบัติการและภายนอกห้องปฏิบัติการทั้งช่วงเวลาก่อนและหลังทำปฏิบัติการน้อยกว่า 1 คิดเป็นร้อยละ 60.00 รายละเอียดผลการศึกษาดังแสดงใน Table 4

3.4. ผลการตรวจวัดอุณภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทั้ง 5 ห้อง

ผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ ในห้องปฏิบัติการทั้ง 5 ห้อง พบว่า

อุณหภูมิภายในห้องปฏิบัติการ 1301 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 30.80 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายนอกห้องปฏิบัติการ 1301 และ 1302 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 31.20 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปฏิบัติการ 1203 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 83.67% และความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกห้องปฏิบัติการ 1201, 1202 และ 1203 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 80.10%

ความเร็วลมภายในห้องปฏิบัติการ 1201 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.002 m/s และความเร็วลมภายนอกห้องปฏิบัติการ 1201, 1202 และ 1203 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.284 m/s รายละเอียดผลการศึกษาดังแสดงใน Table 5

Table 4 Indoor/outdoor ratios of airborne fungal and bacterial concentrations

Laboratory	Indoor/outdoor ratio of airborne bacterial concentrations		Indoor/outdoor ratio airborne fungal concentrations	
	Before class	After class	Before class	After class
1201	3.33	1.81	0.35	0.42
1202	2.33	1.57	0.84	1.17
1203	1.33	9.19	0.89	1.34
1301	1.02	4.67	1.24	1.23
1302	0.98	7.24	0.53	0.59

Table 5 Temperature, relative humidity and air velocity inside five microbiology laboratories

Laboratory	Temperature (°C)		Relative humidity (%)		Air velocity (m/s)	
	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor
1201	29.50	29.90	83.00	80.10	0.002	0.284
1202	29.60	29.90	83.67	80.10	0.000	0.284
1203	30.20	29.90	82.30	80.10	0.000	0.284
1301	30.80	31.20	79.43	75.60	0.000	0.203
1302	29.40	31.20	81.60	75.60	0.000	0.203
Mean	29.90	30.42	82.00	78.30	0.000	0.252
Max	30.80	31.20	83.67	80.10	0.002	0.284
Min	29.40	29.90	79.43	75.60	0.000	0.203
S.D.	0.53	0.64	1.46	2.20	0.001	0.040

3.5. การเปรียบเทียบความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยากับค่ามาตรฐาน

จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศของทุกห้องปฏิบัติการ พบว่ามีค่าไม่เกินค่าแนะนำของกรมอนามัย SPRING Singapore และ NIOSH (Table 6) โดยประกาศกรมอนามัย เรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ต้องมีค่าเฝ้าระวังเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรารวมไม่เกิน 500 CFU/m^3 ส่วนค่ามาตรฐานของ SPRING Singapore ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราไม่เกิน 500 CFU/m^3 ในขณะที่ค่าแนะนำของ NIOSH ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราไม่เกิน 1,000 CFU/m^3

3.6. การเปรียบเทียบความแตกต่างของความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ก่อนเริ่มเรียนและหลังเลิกเรียน

ผลการทดสอบทางสถิติโดยใช้ Paired Samples t Test พบว่า จำนวนเชื้อแบคทีเรียก่อนเริ่มเรียนและหลังเลิกเรียนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.769) และจำนวนเชื้อราก่อนเริ่มเรียนและหลังเลิกเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.010) รายละเอียดผลการศึกษาดังแสดงใน Table 7

3.7. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมกับความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศก่อนเริ่มเรียนและหลังเลิกเรียน

จากการวเคราะห์โดยใช้สถิติ Pearson correlation และสถิติ Spearman's rank correlation พบว่า

อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียในอากาศก่อนเริ่มเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.497, p-value = 0.759, p-value = 0.182 ตามลำดับ)

อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียในอากาศหลังเลิกเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.862, p-value = 0988, p-value = 0.563 ตามลำดับ)

อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศก่อนเริ่มเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.114, p-value = 0.593, p-value = 0.182 ตามลำดับ)

อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศหลังเลิกเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (p-value = 0.011, r = 0.957 และ p-value = 0.017, r = 0.942 ตามลำดับ) ส่วนความเร็วลมไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศหลังเลิกเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.146) รายละเอียดผลการศึกษาดังแสดงใน Table 8

4. อภิปรายผลการวิจัย

4.1. ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา

เมื่อทำการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศทั้งภายในและภายนอกห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา พบว่า ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในห้องปฏิบัติการก่อนเริ่มเรียนพบมากที่สุดที่ห้องปฏิบัติการ 1201 มีจำนวนสูงสุดเท่ากับ 127.67 CFU/m^3 และหลังเลิกเรียนพบมากที่สุดที่ห้องปฏิบัติการ 1203 มีจำนวนสูงสุดเท่ากับ 189.44 CFU/m^3 และปริมาณความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการก่อนเริ่มเรียนพบมากที่สุดที่ห้องปฏิบัติการ 1301 มีจำนวนสูงสุดเท่ากับ 476.05 CFU/m^3 และหลังเลิกเรียนพบมากที่สุดที่ห้องปฏิบัติการ 1203 มีจำนวนสูงสุดเท่ากับ 381.82 CFU/m^3 ซึ่งแต่ละห้องไม่เกินค่ามาตรฐาน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าเฝ้าระวังประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ค่าเฝ้าระวังเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรารวมและไม่เกิน 500 CFU/m^3 ค่ามาตรฐานของ SPRING Singapore มีค่าแนะนำของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราไม่เกิน 500 CFU/m^3 และค่าแนะนำของ NIOSH มีค่าแนะนำของเชื้อราไม่เกิน 1,000 CFU/m^3 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ikon et al. [12] ได้ทำการศึกษาการประเมินจุลินทรีย์ในอากาศภายในของห้องปฏิบัติการในมหาวิทยาลัยโอบง (Obong University) ประเทศไนจีเรีย พบว่า ระดับของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และเป็นไปตามมาตรฐานปริมาณจุลินทรีย์ที่กำหนด คือ ไม่เกิน 500 CFU/m^3 จากผลการวิจัย พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการ 1301 และ 1203 พบว่า มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ซึ่งแสดงว่าคุณภาพอากาศภายในห้องปฏิบัติการไม่มีปัญหาในด้านคุณภาพอากาศ แต่ข้อเสนอแนะ

ดังกล่าวเป็นเพียงแนวทางที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ซึ่งไม่ได้หมายความว่าจำนวนของเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียมีค่าความเข้มข้นที่สูงกว่านี้จะไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ หรือหากต่ำกว่านี้จะปลอดภัยต่อสุขภาพ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าแนะนำของ ACGIH ระหว่างปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราภายในและภายนอกในช่วงระยะเวลาก่อนเรียนและหลังเลิกเรียนของห้องปฏิบัติการ สัดส่วนระหว่างปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการและภายนอกห้องปฏิบัติการก่อนเรียน พบว่า ห้องปฏิบัติการ 1201 และ 1302 มีค่าน้อยกว่า 1 คือ 0.35 และ 0.53 ตามลำดับ สัดส่วนระหว่างปริมาณของเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการและภายนอกห้องปฏิบัติการหลังเลิกเรียน พบว่า ห้องปฏิบัติการ 1201 และ 1302 มีค่าอยู่ในช่วงค่าแนะนำ คือ 0.42 และ 0.59 ตามลำดับ และสัดส่วนระหว่างปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในห้องปฏิบัติการและภายนอกห้องปฏิบัติการก่อนและหลังเรียน พบว่า ทุกห้องปฏิบัติการ มีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียในอากาศห้องปฏิบัติการมีแหล่งกำเนิดภายในห้องปฏิบัติการมากกว่าภายนอกห้องปฏิบัติการ

4.2. การเปรียบเทียบความแตกต่างของความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ก่อนเริ่มเรียนและหลังเลิกเรียน

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา พบว่า ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียก่อนเริ่มเรียน อยู่ในช่วงระหว่าง 51.04-127.60 CFU/m^3 และหลังเลิกเรียน อยู่ในช่วงระหว่าง 32.40-189.44 CFU/m^3 ทั้งนี้ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียเฉลี่ยหลังเลิกเรียนจะสูงกว่าก่อนเริ่มเรียน ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียในอากาศในแต่ละช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.769) และการเปรียบเทียบความแตกต่างของความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา พบว่า ความเข้มข้นของเชื้อราก่อนเริ่มเรียนอยู่ในช่วงระหว่าง 172.75-476.05 CFU/m^3 และหลังเลิกเรียน อยู่ในช่วงระหว่าง 120.73-381.82 CFU/m^3 ทั้งนี้ความเข้มข้นของเชื้อราเฉลี่ยก่อนเริ่มเรียนจะสูงกว่าหลังเลิกเรียน ความเข้มข้นของเชื้อราก่อนเริ่มเรียนและหลังเลิกเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (p-value = 0.010) ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nimana et al. [13] ซึ่งได้ทำการศึกษาเรื่องการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศของห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ ทำการศึกษาด้วยวิธี settle plate ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียเฉลี่ยในช่วงเช้าของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร เท่ากับ 71.80 CFU/plate/h ปริมาณเชื้อแบคทีเรียช่วงบ่าย เท่ากับ 49.00 CFU/plate/h ส่วนปริมาณเชื้อราในช่วงเช้า เท่ากับ 59.50 CFU/plate/h ช่วงบ่าย เท่ากับ 76.30 CFU/plate/h ทั้งนี้ปริมาณเชื้อแบคทีเรียเฉลี่ยในช่วงเวลาเช้าจะสูงกว่าช่วงเวลาเช้า และปริมาณเชื้อราเฉลี่ยในช่วงเวลาบ่ายจะสูงกว่าช่วงเวลาบ่าย ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศในแต่ละช่วงเวลา คือ เช้าและบ่าย พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) อาจเนื่องจากช่วงเช้ายังไม่ได้ผ่านการทำความสะอาดห้องก่อนเริ่มทำปฏิบัติการ

4.3. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมกับความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศก่อนเริ่มเรียนและหลังเลิกเรียน

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมที่มีผลต่อความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราก่อนเริ่มเรียนและหลังเลิกเรียน พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีความสัมพันธ์ต่อความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราก่อนเริ่มเรียน และความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียหลังเลิกเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Andriana et al. [14] ได้ทำการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศกับอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จากผลการทดสอบด้วยสถิติ Pearson correlation พบว่า p-value = 0.668 หมายความว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างอุณหภูมิกับจำนวนแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการ

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมกับความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศหลังเลิกเรียน พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศหลังเลิกเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p-value = 0.011, r = 0.957 และ p-value = 0.017, r = 0.942 ตามลำดับ) ส่วนความเร็วลมไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศหลังเลิกเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suantubtim and Gamnarai [15] ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและสำรวจชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์ มหาวิทยาลัย

ธรรมศาสตร์ ซึ่งจากผลการวิจัย พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศ โดยมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ เป็นห้องปฏิบัติการที่ไม่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ทำให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งมีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคาร ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศที่พบมีปริมาณมากที่สุด แต่ไม่สัมพันธ์กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ อาจมีเหตุผลจากการระบายอากาศแบบเปิดโล่งด้วยวิธีธรรมชาติ ทำให้มีการไหลเวียนของอากาศจากภายนอกตลอดเวลา ซึ่งอาจมีการปนเปื้อนสปอร์ของจุลินทรีย์ได้ตลอดเวลา เช่นเดียวกับผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ซึ่งผลที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา พบว่า ห้องปฏิบัติการที่พบเชื้อราหลังเลิกเรียนมากที่สุด มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งห้องปฏิบัติการนี้มีการเปิดหน้าต่างทิ้งไว้เป็นบางจุด และมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีการหมุนเวียนของอากาศ ซึ่งอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมมีความใกล้เคียงกับภายนอกอาคารทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศที่พบว่ามีปริมาณมากที่สุด

4.4. แนวทางการควบคุมหรือลดปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา

ข้อมูลพื้นฐานที่ได้สามารถนำมาเป็นแนวทางการใช้ห้องปฏิบัติการได้อย่างปลอดภัยโดยมีแนวทางดังนี้

1) เพิ่มแนวทางในการลดปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ โดยอาจมีกำหนดมาตรการในการจัดการ เช่น เปิดหลอด UV สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อในอากาศได้ทั้งเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา สปอร์ของเชื้อรา และเชื้อไวรัส

2) จัดทำแผนงานการจัดซื้อครุภัณฑ์ประจำปีเพื่อจัดหาอุปกรณ์ด้านความปลอดภัย และอุปกรณ์ที่ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศเพิ่มเติมในห้องปฏิบัติการที่จำเป็นต้องใช้ ได้แก่

- ตู้ชีวนิรภัย (Biological Safety Cabinet; BSC Class II จะนำอากาศที่ไหลเข้าตู้ทำการกรองผ่าน HEPA filter แล้วลงสู่พื้นที่ปฏิบัติงานในตู้ปลอดเชื้อ และอากาศก่อนปล่อยออกนอกตู้จะถูกกรองผ่าน HEPA filter ก่อนปล่อยออกนอกตู้ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานที่ใช้ตู้ชีวนิรภัยในห้องปฏิบัติการมีความปลอดภัยในระหว่างการปฏิบัติงานกับเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค

- เครื่องปรับอากาศ ชนิดที่มีเครื่องกรองอากาศ ควรควบคุมอุณหภูมิของห้องประมาณ 25 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 45-70% ซึ่งเป็นสภาวะที่ควบคุมการเจริญของเชื้อได้

3) ให้นักศึกษาทำความสะอาดพื้นโต๊ะและอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการทุกวันหลังเสร็จสิ้นการทำปฏิบัติการ

4) ให้แม่บ้านกำจัดขยะภายในห้องปฏิบัติการทุกวัน

5) จัดทำระเบียบในการใช้ห้องปฏิบัติการอย่างเคร่งครัด

4.5. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรทำการศึกษาการระบุชนิดของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ เพื่อหาวิธีลดปริมาณความเข้มข้นของเชื้อให้ตรงกับชนิดของเชื้อนั้น ๆ มากที่สุด ไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจายของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเพิ่มขึ้น และเพื่อป้องกันการเกิดโรคจากชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในห้องปฏิบัติการ

5. บทสรุป

จากผลการเก็บตัวอย่างแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ทั้งหมดจำนวน 5 ห้อง ในหน่วย CFU/m^3 เปรียบเทียบกับค่าเฝ้าระวังประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ค่ามาตรฐานของ SPRING Singapore และค่าแนะนำของ NIOSH พบว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในทุกห้องไม่เกินค่าแนะนำ แต่ห้องปฏิบัติการ 1201 และ1302 ภายในห้องนี้มีการใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งอาจเป็นแหล่งสะสมของเชื้อแบคทีเรียภายในห้องปฏิบัติการได้ ดังนั้นการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญ ควรทำความสะอาดอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา และควรมีการทำความสะอาดเฟอร์นิเจอร์โต๊ะปฏิบัติการ ชั้นวางของ อย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดการสะสมของชื้อโรคที่ติดอยู่บริเวณพื้นผิว

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากทุนวิจัยสถาบันมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2566 และขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลวิจัย

Table 6 Airborne bacterial and fungal concentrations in indoor microbiology laboratories

Laboratory	Airborne bacterial concentrations (CFU/m^3)								Airborne fungal concentrations (CFU/m^3)							
	Before class				After class				Before class				After class			
	Mean	Max	Min	S.D.	Mean	Max	Min	S.D.	Mean	Max	Min	S.D.	Mean	Max	Min	S.D.
1201	127.67	229.90	29.45	81.88	37.30	55.95	20.61	14.49	172.74	200.21	132.51	29.08	120.73	161.96	79.51	33.66
1202	89.32	117.79	44.17	32.29	32.40	64.78	11.78	23.18	416.17	482.92	312.13	74.55	333.82	371.02	282.96	37.22
1203	51.04	82.45	26.50	23.3	189.44	267.96	141.34	55.99	441.70	494.70	347.47	66.80	381.82	503.53	247.35	104.97
1301	87.36	223.80	8.83	96.84	96.19	129.56	61.84	27.66	476.05	512.37	418.14	41.39	365.14	594.82	244.41	162.48
1302	84.41	94.23	70.67	10.01	149.19	179.62	100.12	35.03	201.22	226.74	176.68	20.45	174.72	226.74	147.23	36.81

Table 7 Comparison of airborne bacterial and fungal concentrations in microbiology laboratories (CFU/m^3) before class and after class

Laboratory	1201	1202	1203	1301	1302	Mean	S.D.	t	95% CI	p-value
Airborne bacterial concentrations										
Before class	127.67	89.32	51.04	87.36	84.41	87.96	24.31	-0.315	-127.404 - -101.472	0.769
After class	37.30	32.40	189.44	96.19	149.19	100.90	61.53			
Airborne fungal concentrations										
Before class	172.74	416.17	441.70	476.05	201.22	341.58	143.07	4.646	26.696-106.008	0.010*
After class	120.73	333.73	381.82	365.14	174.72	275.23	106.62			

*Significantly different (p-value<0.05)

Table 8 Correlation between environmental factors (temperature, relative humidity and air velocity) and microbial concentrations in microbiology laboratories before class and after class

Environmental factors	Mean values in each laboratory					Bacterial concentrations in laboratory (Before class)		Bacterial concentrations in laboratory (After class)		Fungal concentrations in laboratory (Before class)		Fungal concentrations in laboratory (After class)	
	1201	1202	1203	1301	1302	Correlation coefficient (r)	p-value	Correlation coefficient (r)	p-value	Correlation coefficient (r)	p-value	Correlation coefficient (r)	p-value
Temperature (°C)	29.50	29.60	30.20	30.80	29.40	-0.406	0.497[a]	0.109	0.862[a]	0.787	0.114[a]	0.957	0.011[a]
Relative humidity (%)	83.00	83.67	82.30	79.43	81.60	0.191	0.759[a]	0.010	0.988[a]	-0.325	0.593[a]	0.942	0.017[a]
Air velocity (m/s)	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.707	0.182[b]	-0.350	0.563[a]	-0.707	0.182[b]	-0.748	0.146[a]

[a]Pearson correlation and [b]Spearman's rank correlation

7. References

[1] Yogeswaran, K. and et al. 2023. Physical parameters influence the microbial quality of indoor air in research laboratories: A report from Malaysia. **Kuwait Journal of Science.** 50(4): 665-673.

[2] Acerbi, E. and et al. 2017. Ecological succession of the microbial communities of an air-conditioning cooling coil in the tropics. **Indoor Air.** 27(2): 345-353.

[3] Jain, A.K. 2000. Survey of bioaerosol in different indoor working environments in central India. **Aerobiologia.** 16: 221-225.

[4] Yau, Y.H., Chew, B.T. and Saifullah, A.Z.A. 2012. Studies on the indoor air quality of pharmaceutical laboratories in Malaysia. **International Journal of Sustainable Built Environment.** 1(1): 110-124.

[5] Stanley, H.O., Onwuna, O. and Ugboma, C.J. 2019. Microbial assessment of indoor air quality of ventilation systems. **Asian Journal of Advanced Research and Reports.** 3(4): 1-7.

[6] Sahanavin, N. 2012. Risk assessment of microorganism in lecture room indoor air of Srinakharinwirot University, Ongkaruk. **Journal of Faculty of Physical Education.** 15(Suppl.): 367-380. (*in Thai*)

[7] Samanee-in, K. and et al. 2016. Exploration of airborne fungi in research building, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University. In: **Proceedings of the 1st RMUTR National Conference,** 10-11 August 2016. Nakhon Pathom, Thailand. (*in Thai*)

[8] Di Giulio, M. and et al. 2010. Indoor air quality in university environments. **Environmental Monitoring and Assessment.** 170(1-4): 509-517.

[9] Hizrri, A. and et al. 2015. Indoor microbial contamination and its relation to physical indoor air quality characteristics at selected libraries in Pahang. **Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering).** 77(24): 51-56.

[10] Lonon, M.K. 1998. **Bioaerosal Sampling (Indoor Air).** https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0800.pdf**.** Accessed 14 July 2024.

[11] Chotigawin, R. and et al. 2020. Assessment of airborne bacteria concentration and type in health promoting hospitals. **Burapha Journal of Medicine.** 7(1): 47-62. (*in Thai*)

[12] Ikon, G.M. and et al. 2022. Microbial assessment of indoor air Quality of laboratory sections in Obong University, Obong Ntak, Nigeria. **International Journal of Research and Review.** 9(11): 345-355.

[13] Nimana, J., Charoenrat, S. and Bunyapitaksakul, W. 2022. Microbial air contamination in laboratory rooms, Faculty of Science, Payap University. **KKU Science Journal.** 42(2): 341–349. (*in Thai*)

[14] Andriana, Y., Widodo, A.D.W. and Endraswari, P.D. 2023. A correlation between the number of airborne bacteria and fungi using the settle plate method with temperature and relative humidity at the clinical microbiology laboratory of Dr. Soetomo Regional General Hospital Surabaya, Indonesia. **Journal of Pure and Applied Microbiology.** 17(2): 1-9.

[15] Suantubtim, S. and Gamnarai, P. 2020. Exploration of environmental and airborne microorganisms in medical science laboratory. **Thai Science and Technology Journal.** 28(8): 1463-1472. (*in Thai*)