ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องเรียนและห้องสำนักงาน อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Airborne microbial contamination in classrooms and office of the biological cciences building, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

นิภาพร คำหลอม[1] ธนัชพร บุษบา[1] นารีรัตน์ สมวงค์[1] นารีรัตน์ มูลใจ[2*] จีราพร ทิพย์พิลา[3]

Nipaporn Khamhlom[1] Thanatchaporn Bussaba[1] Nareerat Somwong[1] Nareerat Moonjai[2*] Jeeraporn Tippila[3]

(Received: June 10, 2026; Revised: July 22, 2026; Accepted: August 4, 2026)

[*]Corresponding author: nareerat.m@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ ศึกษาความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพ (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม) และเปรียบเทียบปริมาณเชื้อระหว่างช่วงเช้าและช่วงบ่าย ภายในห้องเรียนจำนวน 5 ห้อง และห้องสำนักงานจำนวน 1 ห้อง อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เก็บตัวอย่างอากาศด้วยเครื่อง Single Stage Impactor ตามวิธีมาตรฐาน NIOSH Method 0800 ช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม 2568 รวมทั้งสิ้น 96 ตัวอย่าง ที่ระดับความสูง 1.5 เมตร ประเมินผลเปรียบเทียบกับเกณฑ์แนะนำของกรมอนามัย (ประเทศไทย) SPRING Singapore และ NIOSH วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Paired Samples Test และ Spearman Rank Correlation ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียช่วงเช้าและช่วงบ่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 75.58–226.74 CFU/m^3 และ 72.64–388.69 CFU/m^3 ตามลำดับ ส่วนเชื้อราช่วงเช้าและช่วงบ่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 211.99–400.47 CFU/m^3 และ 106.99–314.09 CFU/m^3 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในทุกห้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมอนามัยและสิงคโปร์ (ไม่เกิน 500 CFU/m^3) รวมถึง NIOSH (ไม่เกิน 1,000 CFU/m^3) ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ปริมาณเชื้อระหว่างช่วงเช้าและช่วงบ่ายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งแบคทีเรีย ($p = 0.201$) และเชื้อรา ($p = 0.109$) ข้อเสนอแนะจากการศึกษา ควรมีการทำความสะอาดเฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ เก้าอี้ และชั้นวางของอย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดการสะสมและป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อโรคบริเวณพื้นผิวสัมผัสต่างๆ

คำสำคัญ: เชื้อราในอากาศ เชื้อแบคทีเรียในอากาศ ห้องเรียน ห้องสำนักงาน

[1]สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชานี

[1]Occupational Health and Safety Program, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

[2]สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชานี

[2]Microbiology Program, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

[3]ภาควิชาสาธารณสุขศาสตร์ วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[3]Public Health Sub Division, College of Medicine and Public Health, Ubonratchathani University

Abstract

This study aimed to evaluate the airborne concentrations of bacteria and fungi, examine their relationship with physical factors (temperature, relative humidity, and wind speed), and compare microbial counts between morning and afternoon sessions. The research was conducted across five classrooms and one office room in the Biological Sciences Building, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University. Air samples were collected using a Single-Stage Impactor in accordance with the standard NIOSH Method 0800 from June to July 2025, yielding a total of 96 samples taken at a height of 1.5 meters from the floor. The results were evaluated against the recommended guidelines of the Department of Health (Thailand), SPRING Singapore, and NIOSH. Data were analyzed using Paired Samples Test and Spearman Rank Correlation at a 95% confidence level ($p < 0.05$). The results indicated that bacterial concentrations ranged from 75.58 to 226.74 CFU/m^3 in the morning and from 72.64 to 388.69 CFU/m^3 in the afternoon. Fungal concentrations ranged from 211.99 to 400.47 CFU/m^3 in the morning and from 106.99 to 314.09 CFU/m^3 in the afternoon. The total microbial counts detected in all rooms complied with the recommended standards of the Department of Health and SPRING Singapore (500 CFU/m^3), as well as NIOSH (1,000 CFU/m^3). Correlation analysis revealed that temperature, relative humidity, and wind speed had no statistically significant correlation with airborne bacterial or fungal levels. Furthermore, no statistically significant differences were observed between morning and afternoon microbial levels for either bacteria ($p = 0.201$) or fungi ($p = 0.109$). Recommendations from this study suggest that, regular cleaning of furniture, desks, chairs, and shelves is recommended to reduce microbial accumulation and prevent pathogen growth on contact surfaces.

Keywords: Airborne fungi, Airborne bacteria, Classroom, Office

1. บทนำ

คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality; IAQ) เป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อสุขภาพของประชากรทั่วโลก เนื่องจากในปัจจุบันมนุษย์ใช้เวลามากกว่าร้อยละ 80–90 ของชีวิตอยู่ภายในอาคาร ไม่ว่าจะเป็นที่พักอาศัย อาคารสำนักงาน โรงเรียน มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล และอาคารสาธารณะต่างๆ คุณภาพอากาศภายในอาคารจึงส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพ คุณภาพชีวิต ประสิทธิภาพในการเรียนรู้ และประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ใช้อาคาร[1,2] การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ยิ่งตอกย้ำให้เห็นถึงความสำคัญของคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยเฉพาะบทบาทของการแพร่กระจายเชื้อผ่านละอองลอยในอากาศ (Airborne Transmission) ซึ่งทำให้หลายประเทศให้ความสำคัญกับการออกแบบระบบระบายอากาศ การเพิ่มอัตราการหมุนเวียนอากาศ และการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรคระบบทางเดินหายใจและลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร[1,2]

คุณภาพอากาศภายในอาคารได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ตลอดจนจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เนื่องจากสามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคารได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว[2] Gilbert และ Hartmann ได้อธิบายว่าอาคารเป็นระบบนิเวศของจุลินทรีย์ที่มีความซับซ้อน โดยองค์ประกอบของจุลินทรีย์ภายในอาคารได้รับอิทธิพลจากผู้อยู่อาศัย การระบายอากาศ วัสดุก่อสร้าง ระบบประปา ระบบปรับอากาศ และสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร จุลินทรีย์ที่เข้าสู่อาคารแม้จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งหมด แต่ยังคงมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ ทั้งในด้านการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน การเกิดโรคติดเชื้อ และการตอบสนองต่อสารก่อภูมิแพ้[1]

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคที่แพร่ระบาดในอากาศส่วนมากมาจากระบบทางเดินหายใจมากที่สุด โรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจนอกจากจะติดต่อได้โดยการสัมผัสกับผู้ป่วยโดยตรงด้วยการไอหรือจามแล้ว ยังสามารถติดต่อได้ทางอ้อมด้วยการหายใจนำเชื้อที่ปะปนในอากาศเข้าสู่ร่างกาย การติดเชื้อในลักษณะนี้เรียกว่า Droplet Infection[3]

ตึกหรืออาคารที่อยู่ในสถาบันการศึกษาเป็นหนึ่งในสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากนักเรียน นักศึกษา และบุคลากรใช้เวลาภายในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการเป็นเวลานานในแต่ละวัน คุณภาพอากาศภายในอาคารจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสุขภาพ สมรรถนะในการเรียนรู้ ประสิทธิภาพการทำงาน และอัตราการขาดเรียน จากการทบทวนวรรณกรรมชี้ให้เห็นว่าการประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารสถานศึกษาไม่ควรพิจารณาเฉพาะฝุ่นละอองหรือก๊าซมลพิษเท่านั้น แต่ควรรวมถึงปัจจัยด้านลักษณะอาคาร ระบบระบายอากาศ จำนวนผู้ใช้อาคาร กิจกรรมภายในห้องเรียน ตลอดจนการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารและสุขภาพของผู้ใช้อาคาร[4–6]

งานวิจัยที่ดำเนินการภายหลังการระบาดของโรคโควิด-19 พบว่า ห้องเรียนจำนวนมากยังคงประสบปัญหาการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าค่าที่แนะนำ และมีการสะสมของอนุภาคแขวนลอยและจุลินทรีย์ในอากาศ โดยเฉพาะในอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบปิดหรือมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่ำ ปัจจัยดังกล่าวอาจเพิ่มโอกาสการแพร่กระจายของเชื้อก่อโรคทางเดินหายใจและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้ใช้อาคาร จึงมีข้อเสนอแนะให้มีการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารการศึกษาอย่างต่อเนื่องและใช้ข้อมูลดังกล่าวประกอบการปรับปรุงระบบระบายอากาศและการบริหารจัดการอาคาร[4,5]

สำหรับประเทศไทย ซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงตลอดทั้งปี สภาพแวดล้อมดังกล่าวเอื้อต่อการเจริญของเชื้อราและจุลินทรีย์หลายชนิด โดยเฉพาะในอาคารที่มีการใช้งานต่อเนื่องและมีการระบายอากาศไม่เพียงพอ แม้ว่าจะมีงานวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงเรียนและมหาวิทยาลัยเพิ่มขึ้น แต่การศึกษาส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการประเมินฝุ่นละออง

ขนาดเล็ก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือดัชนีคุณภาพอากาศ ขณะที่ข้อมูลเกี่ยวกับการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศยังมีจำนวนจำกัด โดยเฉพาะในอาคารเรียนระดับมหาวิทยาลัยของประเทศไทย[3] มีงานวิจัยจำนวนน้อยที่ประเมินการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราร่วมกับปัจจัยทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และระบบระบายอากาศ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดพลวัตของจุลินทรีย์ภายในอาคาร[7-9] ผลจากงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่าระดับการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศมีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลายด้าน เช่น จำนวนผู้ใช้อาคาร ความหนาแน่นของการใช้งาน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ระบบระบายอากาศ และลักษณะกิจกรรมภายในอาคาร ดังนั้นการประเมินจุลินทรีย์ในอากาศเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ แต่ควรศึกษาร่วมกับปัจจัยทางกายภาพของสภาพแวดล้อม เพื่ออธิบายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายและการสะสมของจุลินทรีย์ภายในอาคารได้อย่างเหมาะสม

อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เป็นอาคารที่มีการใช้งานอย่างต่อเนื่องทั้งในส่วนของห้องเรียน ห้องประชุม ห้องสำนักงาน และห้องปฏิบัติการ โดยมีนักศึกษา อาจารย์ และบุคลากรใช้งานเป็นประจำตลอดวัน การประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยเฉพาะการประเมินปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ จึงมีความสำคัญต่อการเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อม การลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร และการสนับสนุนการพัฒนามาตรการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมกับบริบทของมหาวิทยาลัย การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องเรียนและห้องสำนักงานของอาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม กับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ รวมทั้งเปรียบเทียบผลการตรวจวัดกับแนวทางหรือเกณฑ์มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เพื่อจัดทำข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร และสนับสนุนการกำหนดมาตรการด้านสุขาภิบาลอาคารที่เหมาะสมในสถาบันอุดมศึกษาต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยตรวจวัดปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราภายในห้องเรียนและห้องสำนักงาน อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ดำเนินการเก็บตัวอย่างช่วงเดือนมิถุนายน-เดือนกรกฎาคม

2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

จำนวนห้องที่ใช้ในการศึกษา คือ ห้องเรียนและห้องสำนักงาน อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวนทั้งหมด 6 ห้อง โดยเก็บตัวอย่างห้องละ 3 จุด รวมจำนวนตัวอย่างอากาศทั้งหมด 96 ตัวอย่าง

2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

- เครื่องตรวจวัด Single-Stage Impactor ตาม NIOSH Method 0800 BIOAEROSOL SAMPLING
- ปั๊มดูดอากาศ (Sampling Pump) ที่มีอัตราการไหล 28.3 ลิตรต่อนาที (ยี่ห้อ Zefon, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- เครื่องมือใช้วัดความเร็วลม (Anemometer) TSI รุ่น 9545–A Serial Number T95452011006
- อาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ Malt Extract Agar: MEA และ Trypticase Soy Agar: TSA (Himedia)
- แบบบันทึกการเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย
- แบบบันทึกการเก็บตัวอย่างอากาศ (Air Sampling Data Form)
- แบบสำรวจแหล่งกำเนิดจุลชีพแขวนลอยในอากาศ

2.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1) ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ผ่านคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในการเก็บตัวอย่างที่ห้องเรียนและห้องสำนักงาน อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวน 6 ห้อง

2) การเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย เริ่มจากการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างด้วยการเดินสำรวจเบื้องต้น (Walk Through Survey) ดูลักษณะของห้องเรียนและห้องสำนักงาน การทำกิจกรรมต่างๆ ภายในห้องที่อาจทำให้เกิดการสะสมเชื้อ และมีการเจริญเติบโตได้ดี โดยกำหนดจุดการเก็บตัวอย่างตาม NIOSH Method 0800[10]

3) การเก็บตัวอย่างอากาศดำเนินการ ณ 3 ตำแหน่งภายในห้อง ได้แก่ บริเวณหน้าห้อง กลางห้อง และหลังห้อง เพื่อให้ครอบคลุมความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งอาจได้รับอิทธิพลจากการกระจายตัวของผู้ใช้อาคาร รูปแบบกิจกรรมภายในห้อง และลักษณะการไหลเวียนของอากาศ[11] เก็บตัวอย่างจุดละ 2 นาที (เก็บซ้ำ 2 รอบ) โดยทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเช้า (08.30 น.) และช่วงบ่าย (16.30 น.) แต่ละจุดเก็บตัวอย่างเชื้อรา 2 จาน เก็บตัวอย่างแบคทีเรีย 2 จาน Field Blank 2 จาน (เชื้อรา 1 จาน และแบคทีเรีย 1 จาน) นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

4) ทำการเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรียในอากาศโดยใช้เครื่องตรวจวัด Single-Stage Impactor เป็นเวลา 2 นาทีต่อจุด ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Malt Extract Agar: MEA (Himedia) ในการเก็บตัวอย่างเชื้อรา และ Trypticase Soy Agar: TSA (Himedia) ในการเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรีย วางสูงจากพื้นประมาณ 1.5 เมตร และห่างจากผนัง 1 เมตร

5) สำหรับตัวอย่าง Field Blank ดำเนินการเก็บพร้อมกันกับการเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในห้อง และในส่วนการเก็บตัวอย่างภายนอกห้อง ดำเนินการเลือกจุดด้านหน้าห้องเรียนและห้องสำนักงาน โดยมีระยะห่างจากประตู 1.5 เมตร และอยู่ในพื้นที่ของอาคาร

6) นำตัวอย่างเชื้อที่ได้เก็บตัวอย่างจากแต่ละจุด โดยเชื้อรานำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เชื้อแบคทีเรียนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปนับจำนวนโคโลนี และบันทึกผลการทดลอง

7) กำหนดจุดตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม (Velocity Meter) ยี่ห้อ TSI รุ่น 9545–A Serial Number T95452011006 ตามจุดที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะทำการตรวจวัดทั้งในและนอกห้องเรียนและห้องสำนักงาน

2.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1) จำนวนโคโลนีที่นับได้แต่ละจานเพาะเชื้อนำไปคำนวณให้อยู่ในหน่วยโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ (CFU/m^3) ดังแสดงในสมการ

$$CFU/m^3 = \frac{\text{จำนวนโคโลนีที่นับได้ในจานเลี้ยงเชื้อ}}{\text{ปริมาณอากาศทั้งหมด}} \times 1{,}000 \qquad (1)$$

CFU/m^3 คือ จำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ

ปริมาณอากาศทั้งหมด คือ ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (นาที) x อัตราการดูดอากาศช่วงเก็บตัวอย่าง (ลิตรต่อนาที)

2) บันทึกผลการตรวจวัดข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล

3) เปรียบเทียบกับประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ค่ามาตรฐานของ SPRING SINGAPORE และค่าแนะนำของ NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)

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 Wilcoxon Signed-Rank Test เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างช่วงเช้าและช่วงบ่าย เนื่องจากได้มีการทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล โดยใช้ Shapiro–Wilk test ในการอธิบายความสัมพันธ์ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศกับปัจจัยด้านกายภาพ จึงได้มีการเลือกใช้สถิติ Spearman Rank Correlation

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการสำรวจสถานที่ในการตรวจวัดความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในและภายนอกห้องเรียนและห้องสำนักงาน

จากการสำรวจห้องเรียนและห้องสำนักงาน พบว่าทั้ง 6 ห้องเป็นระบบระบายอากาศแบบปิด ไม่มีการเปิดหน้าต่างเพื่อรับอากาศภายนอกขณะใช้งาน ทุกห้องมีการนำอาหารและเครื่องดื่มเข้ามา รวมถึงมีเครื่องปรับอากาศและพัดลม และมีวัสดุเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ติดตั้งอยู่ภายในห้อง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการสำรวจภายในห้องเรียนและห้องสำนักงาน

ห้องที่เก็บตัวอย่าง	เฟอร์นิเจอร์	ระบบระบายอากาศ
BIO1 (ปริมาตรห้อง 20x8x3 ม.)	- โต๊ะอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ - เก้าอี้เรียน - โปรเจคเตอร์ - ไมค์โครโฟน - กระดานไวท์บอร์ด	- เครื่องปรับอากาศ จำนวน 4 เครื่อง - พัดลม
BIO2 (ปริมาตรห้อง 8x8x4 ม.)	- โต๊ะอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ - เก้าอี้เรียน - โปรเจคเตอร์ - ไมค์โครโฟน - กระดานไวท์บอร์ด	- เครื่องปรับอากาศ จำนวน 2 เครื่อง - พัดลม
BIO3 (ปริมาตรห้อง 12x8x4 ม.)	- โต๊ะอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ - เก้าอี้เรียน - โปรเจคเตอร์ - ไมค์โครโฟน - กระดานไวท์บอร์ด - โซฟา	- เครื่องปรับอากาศ จำนวน 3 เครื่อง - พัดลม
BIO4 (ปริมาตรห้อง 20x8x3 ม.)	- โต๊ะอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ - เก้าอี้เรียน - โปรเจคเตอร์ - ไมค์โครโฟน - กระดานไวท์บอร์ด	- เครื่องปรับอากาศ จำนวน 4 เครื่อง - พัดลม
BIO5 (ปริมาตรห้อง 8x8x3 ม.)	- โต๊ะอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ - เก้าอี้เรียน - โปรเจคเตอร์ - ไมค์โครโฟน - กระดานไวท์บอร์ด - ไฟไลฟ์สด	- เครื่องปรับอากาศ จำนวน 2 เครื่อง - พัดลม
ห้องสำนักงาน (ปริมาตรห้อง 12x8x3 ม.)	- โต๊ะอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ - เก้าอี้ - เครื่องถ่ายเอกสาร - ตู้ล็อคเกอร์ - ชั้นวางของ	- เครื่องปรับอากาศ จำนวน 2 เครื่อง - พัดลม

3.2 ผลการตรวจวัดปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมภายในห้องเรียนและห้องสำนักงาน

3.2.1 ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศทั้ง 6 ห้อง ดังแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3

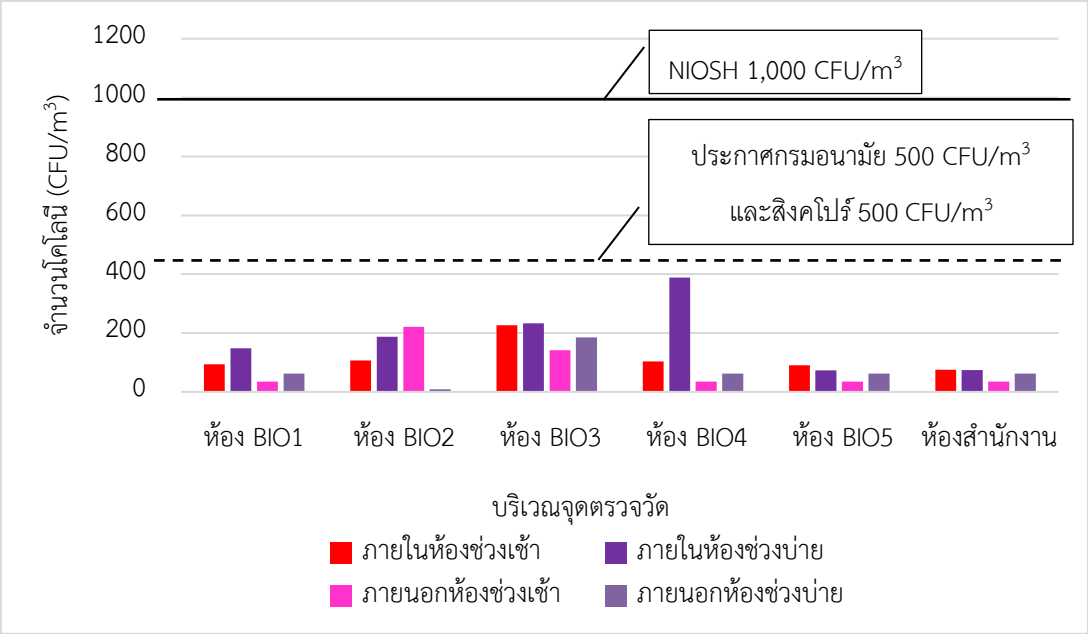
ตารางที่ 2 ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในและภายนอกห้องเรียนและห้องสำนักงาน

ห้องที่เก็บตัวอย่าง	เชื้อแบคทีเรียช่วงเช้า (CFU/m^3)					เชื้อแบคทีเรียช่วงบ่าย (CFU/m^3)				
	ภายในห้อง				ภายนอก	ภายในห้อง				ภายนอก
	หน้าห้อง	กลางห้อง	หลังห้อง	เฉลี่ย		หน้าห้อง	กลางห้อง	หลังห้อง	เฉลี่ย	
BIO1	108.95	88.34	82.45	93.25	35.33	167.85	132.51	144.29	148.22	61.83
BIO2	85.39	179.62	55.95	106.99	220.84	250.30	200.24	111.90	187.48	8.83
BIO3	111.90	159.01	409.31	226.74	141.34	144.30	253.24	300.35	232.63	185.51
BIO4	50.06	182.57	76.57	103.07	35.33	412.25	385.74	368.08	388.69	61.83
BIO5	91.28	164.90	14.72	90.30	35.33	76.58	94.23	47.12	72.64	61.83
ห้องสำนักงาน	38.28	53.00	135.45	75.58	35.33	35.34	41.23	144.29	73.62	61.83

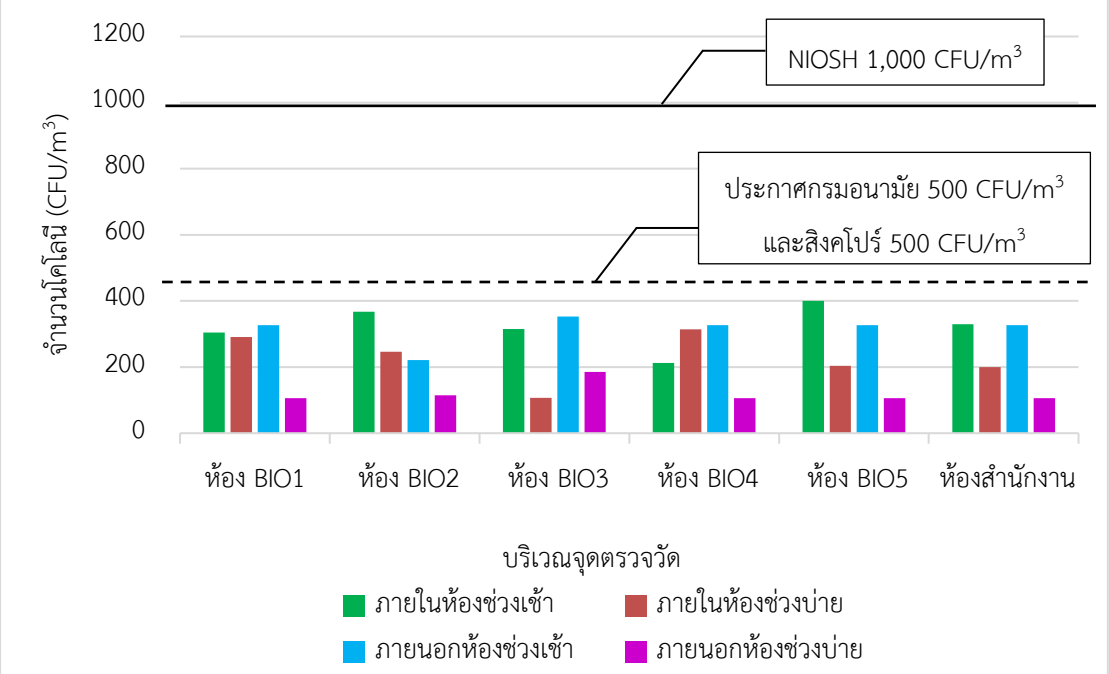
ตารางที่ 3 ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศภายในและภายนอกห้องเรียนและห้องสำนักงาน

ห้องที่เก็บตัวอย่าง	เชื้อราช่วงเช้า (CFU/m^3)					เชื้อราช่วงบ่าย (CFU/m^3)				
	ภายในห้อง				ภายนอก	ภายในห้อง				ภายนอก
	หน้าห้อง	กลางห้อง	หลังห้อง	เฉลี่ย		หน้าห้อง	กลางห้อง	หลังห้อง	เฉลี่ย	
BIO1	191.40	391.64	329.75	304.26	326.85	253.24	356.30	262.07	290.54	106.00
BIO2	409.31	371.02	321.03	367.12	220.84	294.46	182.57	262.07	246.37	114.84
BIO3	191.24	385.75	368.08	315.02	353.35	8.83	185.51	126.62	106.99	185.51
BIO4	267.96	2.94	365.08	211.99	326.85	273.85	323.91	344.52	314.09	106.00
BIO5	462.31	214.96	524.15	400.47	326.85	203.23	114.84	294.47	204.18	106.00
ห้องสำนักงาน	250.29	288.57	397.53	329.62	326.85	129.56	176.68	294.47	200.24	106.00

เมื่อนำค่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราภายในห้องเรียนและห้องสำนักงาน ทั้งหมดจำนวน 6 ห้อง ในหน่วย CFU/m^3 เปรียบเทียบกับประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ซึ่งมีเกณฑ์ค่าเฝ้าระวังเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรารวมไม่เกิน 500 CFU/m^3 ค่ามาตรฐานของ SPRING SINGAPORE ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราไม่เกิน 500 CFU/m^3 และค่าแนะนำของ NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราไม่เกิน 1,000 CFU/m^3 ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศของทุกห้องไม่เกินค่าคำแนะนำ รายละเอียดผลการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 1 และ รูปที่ 2



รูปที่ 1 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศเทียบค่าคำแนะนำจากประกาศกรมอนามัย ค่าคำแนะนำจากประเทศสิงคโปร์ และค่าคำแนะนำของ NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)



รูปที่ 2 ปริมาณเชื้อราในอากาศเทียบค่าคำแนะนำจากประกาศกรมอนามัย ค่าคำแนะนำจากประเทศสิงคโปร์ และค่าคำแนะนำของ NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องเรียนและห้องสำนักงาน ของช่วงเช้าและช่วงบ่ายในหน่วย CFU/m^3 โดยใช้สถิติ Paired Samples Test พบว่า

จำนวนเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราช่วงเช้าและช่วงบ่ายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.201 และ p-value = 0.109) แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียและชื้อราภายในห้องเรียนและห้องสำนักงานช่วงเช้าและช่วงบ่ายในหน่วย CFU/m^3

ห้องที่เก็บตัวอย่าง	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4	BIO5	ห้องสำนักงาน	t	p-value
เชื้อแบคทีเรีย								
ช่วงเช้า	93.25	106.99	226.74	103.07	90.30	75.58		
ช่วงบ่าย	148.22	187.48	232.63	388.69	72.64	73.62	-1.473	0.201
ค่าความแตกต่าง	- 54.97	- 80.49	- 5.89	- 285.68	17.66	1.96		
เชื้อรา								
ช่วงเช้า	304.26	367.12	315.02	211.99	400.47	329.62		
ช่วงบ่าย	290.54	246.37	106.99	314.09	204.18	200.24	1.949	0.109
ค่าความแตกต่าง	13.72	120.75	208.03	- 102.10	196.29	129.38		

3.2.2 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมภายในห้องเรียนและห้องสำนักงาน

ผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมภายในอาคารช่วงเช้า พบว่า อุณหภูมิภายในห้องอยู่ในช่วง 29.1 – 31.0 ℃ อุณหภูมิภายนอกห้องอยู่ในช่วง 29.1 – 29.9 ℃ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอยู่ในช่วง 66.6 – 84.5 %RH ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกห้องอยู่ในช่วง 79.1 – 81.3 %RH ความเร็วลมภายในอยู่ในช่วง 0.000 – 0.010 m/s ความเร็วลมภายนอกอยู่ในช่วง 0.000 – 0.121 m/s แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมภายในอาคารช่วงบ่าย พบว่า อุณหภูมิภายในห้องอยู่ในช่วง 24.4 – 31.3 ℃ อุณหภูมิภายนอกห้องอยู่ในช่วง 30.3 – 30.6 ℃ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอยู่ในช่วง 62.9 – 80.2 %RH ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกห้องอยู่ในช่วง 79.1 – 80.3 %RH ความเร็วลมภายในอยู่ในช่วง 0.000 – 0.030 m/s ความเร็วลมภายนอกอยู่ในช่วง 0.010 – 0.076 m/s แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมภายในห้องเรียนและห้องสำนักงาน

ห้องที่เก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)		ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)		ความเร็วลม (m/s)	
	ภายใน	ภายนอก	ภายใน	ภายนอก	ภายใน	ภายนอก
ช่วงเช้า						
BIO1	29.3	29.9	84.5	81.3	0.000	0.106
BIO2	29.4	29.1	80.1	85.6	0.000	0.000
BIO3	31.0	29.9	75.4	79.1	0.000	0.121
BIO4	29.8	29.9	66.6	81.3	0.010	0.106
BIO5	29.4	29.9	84.2	81.3	0.000	0.106
ห้องสำนักงาน	29.1	29.9	77.3	81.3	0.000	0.106

ห้องที่เก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)		ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)		ความเร็วลม (m/s)	
	ภายใน	ภายนอก	ภายใน	ภายนอก	ภายใน	ภายนอก
ช่วงบ่าย						
BIO1	29.4	30.3	67.5	80.3	0.000	0.045
BIO2	30.4	30.3	62.9	79.1	0.000	0.010
BIO3	31.3	30.6	71.3	80.1	0.000	0.076
BIO4	29.8	30.3	71.3	80.3	0.000	0.045
BIO5	29.6	30.3	80.2	80.3	0.000	0.045
ห้องสำนักงาน	24.4	30.3	64.9	80.3	0.030	0.045

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติโดยใช้สถิติ Spearman Rank Correlation พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และ ความเร็วลม มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในห้องอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 รายละเอียดดังตารางที่ 6 และมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณเชื้อราในอากาศภายในห้องอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 รายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในห้อง

ปัจจัยทางกายภาพ	ห้องที่เก็บตัวอย่าง						ผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียภายในห้อง	
	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4	BIO5	ห้องสำนักงาน	(r_s)	p-value
ช่วงเช้า								
อุณหภูมิ (°C)	29.3	29.4	31.0	29.8	29.4	29.1	0.812	0.055
ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	84.5	80.1	75.4	66.6	84.2	77.3	- 0.371	0.468
ความเร็วลม (m/s)	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.372	0.468
ช่วงบ่าย								
อุณหภูมิ (°C)	29.4	30.4	31.3	29.8	29.6	24.4	0.657	0.156
ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	67.5	62.9	71.3	71.3	80.2	64.9	- 0.058	0.913
ความเร็วลม (m/s)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	- 0.393	0.441

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพต่อปริมาณเชื้อราในอากาศภายในห้อง

ปัจจัยทางกายภาพ	ห้องที่เก็บตัวอย่าง						ผลต่อปริมาณเชื้อราภายในห้อง	
	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4	BIO5	ห้องสำนักงาน	(r_s)	p-value
ช่วงเช้า								
อุณหภูมิ (°C)	29.3	29.4	31.0	29.8	29.4	29.1	-0.232	0.658
ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	84.5	80.1	75.4	66.6	84.2	77.3	0.429	0.397
ความเร็วลม (m/s)	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	-0.338	0.512
ช่วงบ่าย								
อุณหภูมิ (°C)	29.4	30.4	31.3	29.8	29.6	24.4	0.775	0.070
ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	67.5	62.9	71.3	71.3	80.2	64.9	- 0.465	0.353
ความเร็วลม (m/s)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	- 0.200	0.704

4. อภิปรายผล

ผลการสำรวจห้องเรียนและห้องสำนักงานทั้ง 6 ห้อง เป็นระบบปรับอากาศแบบปิด ไม่มีการเปิดหน้าต่างระหว่างการใช้งาน มีการใช้เครื่องปรับอากาศและพัดลมร่วมกัน รวมทั้งมีเฟอร์นิเจอร์ อุปกรณ์การเรียนการสอน และมีการนำอาหารและเครื่องดื่มเข้ามาภายในห้องเป็นประจำ ลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลให้เกิดการสะสมของฝุ่นละออง และจุลินทรีย์ในอากาศได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้งานห้องอย่างต่อเนื่องและมีการถ่ายเทอากาศกับภายนอกจำกัด ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร[1,4] เนื่องจากอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบปิดมักมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Exchange Rate) ต่ำกว่าการระบายอากาศตามธรรมชาติ ส่งผลให้อนุภาคชีวภาพ (Bioaerosols) ที่เกิดจากผู้ใช้อาคาร การพูด การไอ การเดิน การเคลื่อนย้ายฝุ่น รวมถึงจุลินทรีย์จากระบบปรับอากาศ สามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศเป็นเวลานานและสะสมภายในห้องได้ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการใช้งานหนาแน่นหรือมีการระบายอากาศไม่เพียงพอ[1,2]

ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Built Environment Microbiome ซึ่งอธิบายว่าองค์ประกอบของจุลินทรีย์ภายในอาคารไม่ได้ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดเพียงอย่างเดียว แต่ได้รับอิทธิพลร่วมจากลักษณะอาคาร ระบบระบายอากาศ วัสดุภายในอาคาร ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร และกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในอาคาร จึงทำให้แต่ละอาคารมีลักษณะของชุมชนจุลินทรีย์ (Microbial Community) แตกต่างกัน[1] และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rai et al. (2021)[12] ที่ทำการศึกษาปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมในอาคารที่มีอิทธิพลต่อจุลชีพแขวนลอย และพบว่าจุลชีพแขวนลอยแทรกซึมมาจากพื้นที่นอกอาคารและพื้นที่ในอาคาร กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ รวมถึงปัจจัยทางกายภาพ เช่น ระบบระบายอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและปัจจัยทางกายภาพส่งผลทำให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศแตกต่างกัน

นอกจากนี้ งานวิจัยในอาคารการศึกษาหลายประเทศรายงานตรงกันว่า ห้องเรียนที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบปิดหรือมีการระบายอากาศไม่เพียงพอมักพบการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฝุ่นละออง และจุลินทรีย์ในอากาศสูงกว่าห้องที่มีการระบายอากาศที่เหมาะสม ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ความเป็นอยู่ที่ดี และประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้ใช้อาคาร ดังนั้น การประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารจึงควรพิจารณาทั้งปัจจัยทางกายภาพและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ควบคู่กัน[4,5]

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าห้องที่ศึกษาในครั้งนี้จะมีลักษณะทางกายภาพที่อาจเอื้อต่อการสะสมของจุลินทรีย์ แต่ผลการตรวจวัด พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในทุกห้องยังอยู่ต่ำกว่าค่าแนะนำของของกรมอนามัย ประเทศไทย (ไม่เกิน 500 CFU/m³) เกณฑ์ของ SPRING Singapore (ไม่เกิน 500 CFU/m³) และค่าแนะนำของ NIOSH (ไม่เกิน 1,000 CFU/m³) แสดงให้เห็นว่าระบบระบายอากาศและการดูแลรักษาสภาพแวดล้อมภายในอาคารยังสามารถควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และไม่พบการสะสมของจุลินทรีย์ในระดับที่บ่งชี้ถึงปัญหาด้านสุขาภิบาลอาคารหรือระบบระบายอากาศ แม้ว่าจะเป็นอาคารที่มีการใช้งานต่อเนื่องก็ตาม

สำหรับผลการตรวจวัดปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศภายในห้องเรียนและห้องสำนักงาน พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในห้องเรียนและห้องสำนักงานมีค่าอยู่ในช่วง 75.58–388.69 CFU/m³ ขณะที่เชื้อรามีค่าอยู่ในช่วง 106.99–400.47 CFU/m³ โดยทุกห้องมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์แนะนำของกรมอนามัย ประเทศไทย SPRING Singapore และ NIOSH ซึ่งสอดคล้องกับงานของนุชจรีและคณะ (2560)[7] ที่ทำการศึกษาเรื่องปริมาณเชื้อราในอากาศภายในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณ เชื้อราในอากาศทั้งหมดภายในห้องเรียน และห้องปฏิบัติการคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เทียบกับค่ามาตรฐานอยู่ในระดับดี (ไม่เกิน 500 CFU/m³) การที่ค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์แสดงให้เห็นว่าระบบระบายอากาศ การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ และการจัดการสุขาภิบาลของอาคาร สามารถควบคุมการสะสมของจุลินทรีย์ในอากาศได้ในระดับที่ยอมรับได้ แม้ว่าจะเป็นอาคารที่มีการใช้งานอย่างต่อเนื่องก็ตาม

สำหรับผลการศึกษาที่พบเชื้อราในปริมาณสูงกว่าเชื้อแบคทีเรียในหลายห้องสอดคล้องกับลักษณะทางนิเวศวิทยาของเชื้อรา ซึ่งสามารถสร้างสปอร์ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และแขวนลอยในอากาศได้นานกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น อีกทั้งสปอร์ของเชื้อรายังทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นได้ดี จึงตรวจพบในอากาศภายในอาคารได้บ่อย โดยเฉพาะในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น[1,2] ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Branco et al. (2024) [4] ที่ระบุว่าอาคารการศึกษามักพบเชื้อราในปริมาณสูงกว่าแบคทีเรีย เนื่องจากสปอร์ของเชื้อราสามารถเข้าสู่อาคารผ่านระบบระบายอากาศ การเปิดประตู และการพัดพาจากอากาศภายนอกได้ง่าย ขณะที่ความเข้มข้นของแบคทีเรียมักได้รับอิทธิพลจากจำนวนผู้ใช้อาคารและกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องมากกว่า นอกจากนี้ แม้ว่าห้องทั้งหมดจะเป็นระบบปรับอากาศแบบปิด แต่ปริมาณจุลินทรีย์ยังคงอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งอาจเกิดจากการทำความสะอาดห้องอย่างสม่ำเสมอ การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ และจำนวนผู้ใช้อาคารในช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง สอดคล้องกับ Grassie et al. (2025) [5] ที่รายงานว่าการจัดการระบบระบายอากาศและการดูแลคุณภาพอากาศภายในอาคารอย่างเหมาะสมสามารถลดการสะสมของจุลินทรีย์และช่วยส่งเสริมสุขภาพของผู้ใช้อาคารได้

อย่างไรก็ตาม การที่ปริมาณจุลินทรีย์อยู่ต่ำกว่าค่าแนะนำ ไม่ได้หมายความว่าไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยสมบูรณ์ เนื่องจากเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าวใช้สำหรับการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศในภาพรวม และไม่ได้คำนึงถึงชนิดของจุลินทรีย์ ความสามารถในการก่อโรค ความไวต่อการสัมผัสของแต่ละบุคคล หรือระยะเวลาการสัมผัส ผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด หรือมีภูมิคุ้มกันบกพร่องอาจยังได้รับผลกระทบจากการสัมผัสจุลินทรีย์ในระดับต่ำได้ [1,2] อีกทั้งในงานวิจัยนี้ใช้การตรวจวัดเพียงครั้งเดียวในแต่ละช่วงเวลาอาจยังไม่สะท้อนความแปรผันของจุลินทรีย์ในแต่ละฤดูกาลหรือช่วงที่มีการใช้งานอาคารหนาแน่น จึงควรมีการติดตามตรวจวัดในระยะยาว เพื่อประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ผลการเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างช่วงเช้าและช่วงบ่าย พบว่า ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศระหว่างช่วงเช้าและช่วงบ่ายมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าระดับการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคารมีความคงที่ตลอดช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง และไม่ได้รับอิทธิพลจากช่วงเวลาของวัน ผลดังกล่าวอาจเกิดจากอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบปิดและมีรูปแบบการใช้งานค่อนข้างสม่ำเสมอ ทำให้อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการไหลเวียนของอากาศเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ประกอบกับการทำความสะอาดห้องเรียนและการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ จึงช่วยลดความแปรผันของจุลินทรีย์ภายในอาคาร[4,5] สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่รายงานว่า อาคารที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในอย่างเหมาะสมมักไม่พบความแตกต่างของความเข้มข้นของแบคทีเรียและเชื้อราระหว่างช่วงเวลาของวัน เนื่องจากแหล่งกำเนิดหลักของจุลินทรีย์คือผู้ใช้อาคารและฝุ่นภายในอาคาร ซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง[1,2] อย่างไรก็ตาม บางการศึกษาพบว่าช่วงบ่ายมีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าช่วงเช้า โดยสัมพันธ์กับจำนวนผู้ใช้อาคาร กิจกรรมภายในห้องเรียน และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ความแตกต่างของผลการศึกษาน่าจะเกิดจากความแตกต่างของฤดูกาล ภูมิอากาศ ระบบระบายอากาศ ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร และช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง[4]

เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของจุลินทรีย์ตามตำแหน่งการเก็บตัวอย่างอากาศทั้ง 3 ตำแหน่ง ได้แก่ หน้าห้อง กลางห้อง และหลังห้อง เพื่อประเมินความแปรผันเชิงพื้นที่ของความเข้มข้นของจุลินทรีย์ภายในห้องเรียนและห้องสำนักงาน ซึ่งอาจได้รับอิทธิพลจากตำแหน่งของผู้ใช้อาคาร ระบบระบายอากาศ และรูปแบบการใช้งานของห้อง เนื่องจากการเก็บตัวอย่างหลายตำแหน่งเป็นแนวทางที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพราะช่วยสะท้อนความแตกต่างของการกระจายตัวของจุลินทรีย์ภายในพื้นที่เดียวกัน[11,13] ผลการตรวจวัดพบว่า ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราแตกต่างกันในบางตำแหน่ง แต่ไม่พบรูปแบบที่แน่นอนว่าตำแหน่งใดมีค่าความเข้มข้นสูงที่สุดในทุกห้อง แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของจุลินทรีย์ได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัยร่วมกัน ได้แก่ การไหลเวียนของอากาศ ตำแหน่งช่องจ่าย

และช่องรับลมของระบบปรับอากาศ ความหนาแน่นและการเคลื่อนไหวของผู้ใช้อาคาร รวมถึงการฟุ้งกระจายของฝุ่น[1,2] บางห้องพบความเข้มข้นของจุลินทรีย์สูงบริเวณหลังห้อง ซึ่งอาจเกิดจากการไหลเวียนของอากาศไม่ทั่วถึงจนเกิดบริเวณอากาศนิ่ง (dead zone) ที่เอื้อต่อการสะสมของอนุภาคแขวนลอยและจุลินทรีย์ ขณะที่บางห้องพบค่าสูงบริเวณหน้าห้องหรือกลางห้อง ซึ่งอาจสัมพันธ์กับตำแหน่งของผู้ใช้อาคารและทิศทางการจ่ายลมของเครื่องปรับอากาศ สะท้อนว่ารูปแบบการกระจายตัวของจุลินทรีย์มีความจำเพาะตามลักษณะทางกายภาพและการใช้งานของแต่ละห้อง[4]

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการเก็บตัวอย่างเพียงตำแหน่งเดียวอาจไม่สามารถเป็นตัวแทนคุณภาพอากาศของทั้งห้องได้อย่างเหมาะสม การเก็บตัวอย่างหลายตำแหน่งจึงช่วยลดความคลาดเคลื่อนและทำให้การประเมินการกระจายตัวของจุลินทรีย์มีความครอบคลุมมากขึ้น[4,6] ทั้งนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับแนวคิด Built Environment Microbiome ที่อธิบายว่าชุมชนจุลินทรีย์ภายในอาคารเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้อาคาร ระบบระบายอากาศ และสภาพแวดล้อมภายในอาคาร มากกว่าจะเกิดจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงลำพัง[1]

5. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนและห้องสำนักงานของอาคารปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยตรวจวัดความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศร่วมกับการประเมินอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในทุกห้องต่ำกว่าเกณฑ์แนะนำของกรมอนามัย ประเทศไทย, SPRING Singapore และ NIOSH แสดงให้เห็นว่าคุณภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในระดับเหมาะสมสำหรับการใช้งานในช่วงเวลาที่ศึกษา นอกจากนี้ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างช่วงเช้าและช่วงบ่าย ขณะที่การเก็บตัวอย่างหลายตำแหน่งภายในห้องแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของจุลินทรีย์สามารถแปรผันภายในพื้นที่เดียวกันได้ โดยขึ้นอยู่กับการไหลเวียนของอากาศ ลักษณะการใช้งานห้อง และกิจกรรมของผู้ใช้อาคาร

แม้ผลการศึกษาจะไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เกินเกณฑ์มาตรฐาน แต่การเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารยังมีความจำเป็น โดยเฉพาะในอาคารการศึกษาที่มีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ควรมีการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ ทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศ รวมถึงทำความสะอาดพื้นผิวสัมผัส เช่น โต๊ะ เก้าอี้ และชั้นวางของอย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดการสะสมของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา และรักษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเรียนและการทำงาน

การศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารของสถาบันการศึกษาในเขตร้อนชื้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาในอนาคตควรเพิ่มการประเมินอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Changes per Hour; ACH) ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$ และ PM_{10}) รวมทั้งการวิเคราะห์ชนิดของจุลินทรีย์ด้วยเทคนิคชีวโมเลกุล เช่น 16S rRNA gene sequencing และ ITS sequencing เพื่อให้การประเมินคุณภาพอากาศและความเสี่ยงต่อสุขภาพมีความครอบคลุมและแม่นยำยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

1. Gilbert JA, Hartmann EM. The indoors microbiome and human health. Nature Reviews Microbiology 2024; 22(12): 742–55.
2. Chawla H, Anand P, Garg K, et al. A comprehensive review of microbial contamination in the indoor environment: sources, sampling, health risks, and mitigation strategies. Frontiers in Public Health. 2023; 11: 1285393.

3. พรชรัฐ สายยุทธ. ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาล : กรณีศึกษาโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิชาการ สคร. 9 2563; 26(1): 14-24.
4. Branco PTBS, Sousa SIV, Dudziński MR, et al. A review of relevant parameters for assessing indoor air quality in educational facilities. Environmental Research 2024; 261: 119713.
5. Grassie D, Milczewska K, Renneboog S, Scuderi F, Dimitroulopoulou S. Impact of Indoor Air Quality, Including Thermal Conditions, in Educational Buildings on Health, Wellbeing, and Performance: A Scoping Review. Environments 2025; 12(8): 261.
6. Di Loreto S, Falone M, Pierantozzi M, Montelpare S. Field Measurements of Indoor Environmental Quality in School Buildings Post-COVID-19: Systematic Review. Applied Sciences 2025; 15: 5692.
7. นุชจรี นะรินยา, ขนิษฐกุล คูณเมือง และพรพรรณ สกุลคู. การประเมินการปนเปื้อนปริมาณเชื้อราในอากาศภายในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ 2560; 10(1): 11-18.
8. อารุญ เกตุสาคร, และรุจิพรรณ แฝงจินดา. การประเมินคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน. วารสารคณะพลศึกษา 2558; 18(1), 238-47.
9. ปมณฑ์ ภูมาศ. การตรวจสอบคุณภาพอากาศ ภายในอาคารของห้องเรียนบางห้องในภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วทท.) 2564; 29(1): 91-100.
10. Miriam K. Lonon. [Internet]. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. 1998. (cited 2026 May 14] Available from: https://stacks.cdc.gov/view/cdc/176455
11. Qian J, Hospodsky D, Yamamoto N, Nazaroff WW, Peccia J. Size-resolved emission rates of airborne bacteria and fungi in an occupied classroom. Indoor Air 2012; 22(4): 339–51.
12. Rai, S., Singh, D. K., & Kumar, A. Microbial, environmental and anthropogenic factors influencing the indoor microbiome of the built environment. Journal of Basic Microbiology 2021; 61(4): 267–92.
13. Bhangar S, Huffman JA, Nazaroff WW. Size-resolved fluorescent biological aerosol particle concentrations and occupant emissions in a university classroom. Indoor Air 2014; 24(6): 604–17.