

การประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารและประสิทธิภาพ

ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์

เมธาวี ศรีไพศาล¹, ศุภภรณ์ วงวิวัฒน์², จุฑามาศ สมบูรณ์จิตติ³, พัฒน์ชิตา เจริญรักษ์⁴,

ภัทรารุณ ดอกงาม⁵, ชัยวิชิต คิตชนะ⁶, อารุญ เกตุสาคร⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Email: arroon.k@fph.tu.ac.th⁷

Received: May 05, 2026

Revised: May 22, 2026

Accepted: May 28, 2026

บทคัดย่อ

ห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์เป็นพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีและแหล่งกำเนิดมลพิษหลายประเภทโดยเฉพาะสารฟอร์มาลดีไฮด์ ฝุ่นละออง และจุลชีพในอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานหากระบบระบายอากาศและสภาพแวดล้อมภายในอาคารไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารกับประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ โดยเป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง ดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2568 เป็นเวลา 4 เดือน โดยใช้เครื่องมือด้านสุขศาสตร์ตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารและประสิทธิภาพระบบระบายอากาศ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ผลการศึกษา พบว่า ระดับความเข้มข้นส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ขณะที่ปริมาณเชื้อราในอากาศและความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กส่วนใหญ่อยู่ในระดับยอมรับได้ แม้ว่าบางจุดตรวจวัดจะพบปริมาณเชื้อราเกินค่ามาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ส่วนใหญ่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้ อุณหภูมิในบางจุดตรวจวัด (17 จาก 56 จุด) รวมถึงความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมในหลายจุดตรวจวัดไม่อยู่ในช่วงค่าที่ยอมรับได้ และประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ส่วนใหญ่ไม่เป็นไปตามค่าที่ออกแบบไว้ โดยไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมและระบบระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: คุณภาพอากาศภายในอาคาร, ระบบระบายอากาศเฉพาะที่, ห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์

Assessment of Indoor Environmental Quality and Performance of Local Exhaust Ventilation Systems in Anatomy Laboratory

**Methawee Sripaisai¹, Kachapon Wongwiphat², Jutamas Somboonjitruedee³,
Phanchita Rengrak⁴, Pattarawut Dokngam⁵, Chaiwichit kitchana⁶, Arroon Ketsakorn⁷**

^{1,2,3,4,5,6,7}Faculty of Public Health, Thammasat University

Email: arroon.k@fph.tu.ac.th⁷

Received: May 05, 2026

Revised: May 22, 2026

Accepted: May 28, 2026

Abstract

An anatomy laboratory is an area where various chemicals and pollutant sources are present, particularly formaldehyde, particulate matter, and airborne microorganisms, which may adversely affect the health and safety of workers if the ventilation system and indoor environmental conditions are inadequate. This study aimed to evaluate indoor environmental quality, assess the performance of local exhaust ventilation systems, and investigate the relationship between indoor environmental quality and ventilation system performance in an anatomy laboratory. A cross-sectional descriptive study was conducted from August to November 2025 over a four-month period. Indoor air quality parameters and ventilation system performance were measured using industrial hygiene instruments. Data were analyzed using descriptive statistics and Pearson's correlation coefficient. The results showed that illumination levels were mostly within standard limits, while airborne fungal concentrations and fine particulate matter levels were generally within acceptable ranges, although some sampling locations exceeded the fungal standard limits. However, formaldehyde concentrations in most areas exceeded the recommended standard values. In addition, temperature at some monitoring locations (17 out of 56 points), as well as relative humidity and air velocity at several locations, were outside acceptable ranges. The performance of local exhaust ventilation systems was also found to be below the designed criteria in most areas. No statistically significant relationship was found between indoor environmental quality and ventilation system performance at the 0.05 significance level. These findings may serve as baseline information for improving environmental conditions and ventilation system performance to enhance safety and operational efficiency in anatomy laboratories.

Keywords: Indoor air quality, local exhaust ventilation, anatomy laboratory

บทนำ

คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพ ความปลอดภัย และประสิทธิภาพการทำงานของผู้ใช้อาคาร ซึ่งห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์เป็นสถานที่สำคัญสำหรับการเรียนการสอนทางการแพทย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการศึกษากายวิภาคจากร่างอาจารย์ใหญ่ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับนักศึกษาแพทย์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการฝึกปฏิบัติทางคลินิกในอนาคต ในกระบวนการเรียนการสอนมีการใช้สารฟอร์มาลีนในการรักษาสภาพร่างอาจารย์ใหญ่เพื่อคงสภาพอวัยวะและโครงสร้างของร่างกายมนุษย์ให้สามารถศึกษาได้อย่างละเอียด ทำให้เกิดปัญหาที่มักพบได้ทั่วไป ได้แก่ การปนเปื้อนของฝุ่นละอองขนาดเล็ก การสะสมของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) รวมถึงการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ เช่น แบคทีเรียและเชื้อรา ทำให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายและความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร[1] อาคารทั่วโลกประมาณร้อยละ 30 มีแนวโน้มประสบปัญหาด้านคุณภาพอากาศภายใน และบางกรณีพบว่าความเข้มข้นของมลพิษภายในอาคารอาจสูงกว่าภายนอกถึง 100 เท่า [2] แหล่งกำเนิดมลพิษเหล่านี้ หากกระบวนการระบายอากาศไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ สารมลพิษดังกล่าวจะสะสมจนมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นซึ่งอาจส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับสารมลพิษเกินค่ามาตรฐาน และเกิดผลกระทบต่อสุขภาพแตกต่างกันไปตามชนิด ปริมาณ และระยะเวลาการได้รับ

สัมผัส รวมถึงความไวของแต่ละบุคคล [3] นอกจากปัจจัยด้านเคมีและชีวภาพแล้ว ปัจจัยด้านกายภาพของสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และสภาวะน่าสบายทางความร้อน (Thermal Comfort) มีบทบาทสำคัญต่อความรู้สึกและประสิทธิภาพของผู้ใช้อาคาร โดยสมาคมวิศวกรเครื่องทำความร้อน การทำความเย็น และการปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา [4] ระบุว่า สภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิเป็นผลจากตัวแปรหลัก 6 ประการ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ปัจจัยด้านบุคคล ได้แก่ อัตราการเผาผลาญพลังงานหรือกิจกรรม (Metabolic Rate) และความเป็นฉนวนของเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clothing Insulation) และ 2) ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature) และความเร็วลม (Air Velocity) เมื่อค่าดังกล่าวไม่อยู่ในระดับที่เหมาะสมอาจส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานรู้สึกไม่สบายตัวเกิดความเมื่อยล้า สมาธิลดลง หรือประสิทธิภาพการทำงานลดลง และหากเกิดขึ้นเป็นระยะเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวได้ จากการทบทวนวรรณกรรมของพรรณพิภา ศูนย์กลางและคณะ พบว่า ความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และผลการประเมินจากการรับสัมผัสสารฟอร์มาลดีไฮด์ พนักงานกายวิภาคศาสตร์มีความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการรับสัมผัสสารฟอร์มาลดีไฮด์ อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สามารถยอมรับได้ [5] ชนัญญา พานิชและคณะ พบว่า ผลการ

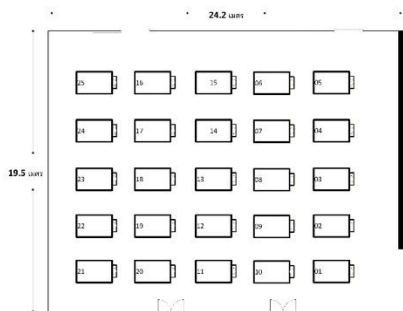
ประเมินคุณภาพอากาศและความเสี่ยงภายในอาคารของโรงพยาบาล ห้องปฏิบัติการ มีค่าฟอร์มาลดีไฮด์สูงสุด มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานสัมผัสใน 8 ชั่วโมงการทำงาน แต่หากสัมผัสในระยะยาว 10 ปีขึ้นไป มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งได้ [6] Bhat et al. [7] รายงานว่าระดับการรับสัมผัสสารฟอร์มาลดีไฮด์ในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการควบคุมการแพร่กระจายและการสะสมของสารฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงด้านสุขภาพของนักศึกษาและบุคลากรที่ปฏิบัติงานภายในพื้นที่ ดังนั้น การประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ ซึ่งมีการใช้สารเคมีและมีปัจจัยเสี่ยงที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ใช้งาน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง แม้ว่าจะงานวิจัยดังกล่าวได้รายงานความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ คุณภาพอากาศภายในอาคาร และผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ แต่การศึกษาส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นการประเมินปัจจัยเฉพาะด้านหรือมลพิษรายชนิดเป็นหลัก ขณะที่ยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับการประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารแบบบูรณาการที่ครอบคลุมปัจจัยด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ร่วมกับการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ นอกจากนี้ ยังขาดการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารกับประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการควบคุมการรับสัมผัส

สารปนเปื้อนและความปลอดภัยของผู้ใช้งาน ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้ดังกล่าว เพื่อพัฒนาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารและระบบระบายอากาศให้เหมาะสมต่อการใช้งานในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารกับประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศภายในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์

วิธีดำเนินการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษา

ผู้วิจัยทำการตรวจวัดห้องปฏิบัติการกายวิภาค (Anatomy Laboratory) ของคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยมีโครงสร้างที่มีขนาดพื้นที่ห้อง 471.9 ตารางเมตร กว้าง 19.5 เมตร ยาว 24.2 เมตร ภายในห้องประกอบด้วยเตียงอาจารย์ใหญ่ จำนวน 25 เตียง ระบบแสงสว่าง ระบบระบายอากาศภายในห้องใช้ระบบปรับอากาศ Heating Ventilation and Air Conditioning (HAVC) แบบแยกเฉพาะ (Dedicated HVAC System) ทำงานร่วมกับระบบระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust System) แบบ Exterior Hood ชนิด Side Draft Hood รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปฏิบัติการ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์

การศึกษานี้ได้ดำเนินการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ โดยได้ทำการแบ่งพื้นที่ห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ขนาด 3 x 3 เมตร ทั้งทั้งพื้นที่ห้องทำให้ได้จุดตรวจวัดจำนวน 56 จุด ตรวจวัดพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ เชื้อราโดยรวมในอากาศ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Surfer 3D เพื่อสร้างแผนที่การกระจายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์และพารามิเตอร์ต่าง ๆ และโปรแกรม DIALux evo 13.2 เพื่อออกแบบและจำลองการกระจายของแสงสว่างภายในอาคาร

2. วิธีการเก็บตัวอย่าง

2.1 แสงสว่าง

การตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดแสง Lux Meter ยี่ห้อ HIOKI รุ่น FT3424 หมายเลขเครื่อง 181121386 โดยการตรวจวัดดำเนินการในสองลักษณะ ได้แก่

1) การตรวจวัดแสงแบบพื้นที่ทั่วไป โดยแบ่งพื้นที่ขนาด 3 x 3 เมตร และตรวจวัดจำนวน 56 จุดที่ระดับความสูง 75 เซนติเมตรจากพื้น

ค่าที่ได้รายงานในหน่วย ลักซ์ (Lux) และนำไปใช้วิเคราะห์ร่วมกับโปรแกรม DIALux evo 13.2 เพื่อจำลองการกระจายแสงภายในห้องปฏิบัติการ

2) การตรวจวัดแสงเฉพาะจุด ในบริเวณที่มีการปฏิบัติงานบริเวณเตียงอาจารย์ใหญ่ และตรวจวัดจำนวน 25 จุดที่ระดับความสูง 75 เซนติเมตรจากพื้น ค่าที่ได้รายงานในหน่วยลักซ์ (Lux) และนำไปเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน Illuminating Engineering Society of North America (IESNA)

2.2 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

การตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือ Indoor air Quality monitor ยี่ห้อ Q-Trak รุ่น 7575 หมายเลขเครื่อง 7575x2452003 ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมได้พร้อมกัน ตรวจวัดจำนวน 56 จุดที่ระดับความสูง 75 เซนติเมตรจากพื้น โดยให้เครื่องมืออ่านค่าคงที่ก่อนบันทึกผลทุกครั้ง เพื่อความถูกต้องของข้อมูล

2.3 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก

การตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ ได้แก่ PM₁₀ , PM_{2.5} และ PM₁₀ ตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดฝุ่นยี่ห้อ Gray wolf รุ่น PC-4005 หมายเลขเครื่อง 4850 โดยมีอัตราการดูดอากาศ 0.1 CFM ตรวจวัดจำนวน 56 จุดที่ระดับทางเดินหายใจ เก็บตัวอย่างจุดละ 3 นาที และเครื่องจะประมวลผลและแสดงผลออกมาผ่านจอ อ่านค่าและบันทึกผล

2.4 ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์

การตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือ ยี่ห้อ Gasmet รุ่น GT5000 Terra จำนวน 1 เครื่อง ก่อนเก็บตัวอย่าง

Purge โล่อากาศ จากนั้นตรวจวัดทั้งหมด 56 จุด เก็บตัวอย่างที่ระดับทางเดินหายใจ จุดละ 3 นาที โดยใช้หลักการ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) วิเคราะห์และอ่านค่าความเข้มข้นได้พร้อมกันสูงสุด 50 ชนิดก๊าซ สามารถใช้งานร่วมกับแท็บเล็ต ออกแบบมาเพื่อเพิ่มความสะดวกในการพกพา อ่านค่าผลลัพธ์ได้ในทันทีผ่านจอ Gasmet Display และบันทึกผล

2.5 ความเข้มข้นเชื้อราโดยรวมในอากาศ

ดำเนินการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับเชื้อรา Malt Extract Agar ทำการเก็บตัวอย่างเชื้อราจำนวน 56 จุด ด้วยชุดเครื่องมือในการเก็บตัวอย่างเชื้อราในอากาศ ยี่ห้อ IUL รุ่น Spin Air หมายเลขเครื่อง Nr 10005520/822 จุดที่ 1-15 และ ยี่ห้อ International VWR รุ่น DUO SAS Super 360 หมายเลขเครื่อง 24-D-21185 จุดที่ 16-37 และ ยี่ห้อ International VWR รุ่น DUO SAS Super 360 จุดที่ 38-56 โดยวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ระดับความสูงประมาณ 75 เซนติเมตรจากพื้น เก็บตัวอย่างจุดละ 3 นาที ปริมาตรอากาศ 100 ลิตร/นาที หลังจากทำการเก็บตัวอย่างให้จานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นนำมานับจำนวนโคโลนี ปรับค่าและคำนวณผลการศึกษาโดยคำนวณได้จาก

$$C = \frac{N}{V} \text{ หน่วย CFU/m}^3$$

ซึ่งค่า N คือ จำนวนโคโลนีที่ปรับแก้ หน่วย CFU

V คือ ปริมาตรอากาศ หน่วย m

2.6 อัตราการไหลของอากาศในเส้นท่อ

ทำการตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศภายในเส้นท่อระบบระบายอากาศของห้องปฏิบัติการ ดำเนินการตรวจวัดโดยใช้ Pitot Tube anemometer ยี่ห้อ Testo รุ่น 420 หมายเลขเครื่อง 50604872 ตรวจวัดจำนวน 25 จุด ในแนวหน้าตัดของท่อ เครื่องจะประมวลผลและแสดงผลอ่านค่าและบันทึกผล

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้ได้รับการสอบเทียบและตรวจสอบความพร้อมก่อนการใช้งาน รวมถึงการตรวจสอบค่าศูนย์และการปรับตั้งค่าตามมาตรฐานของผู้ผลิต เพื่อเพิ่มความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ตรวจวัด

2.7 สถานะสบายทางความร้อน (Thermal Comfort)

การตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม จำนวน 56 จุด ในแต่ละพารามิเตอร์ และค่าความเป็นฉนวนจากเสื้อผ้า (Clothing Insulation, Clo) และอัตราการเผาผลาญของร่างกาย (Metabolic Rate, MET) แสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ นำค่าข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผลด้วย CBE Thermal Comfort Tool จะได้กราฟ Psychrometric Chart และค่าทำนายความรู้สึกร้อน (Predicted Mean Vote ; PMV) เป็นเกณฑ์วัดระดับความสบายมีค่าอยู่ระหว่าง -3 ถึง +3 คือ -3 หนาว (cold), -2 เย็น (cool), -1 เย็น (slightly), 0 ปกติ/สบาย (neutrality), +1 อบอุ่นเล็กน้อย (slightly warm), +2 อบอุ่น (warm), +3 ร้อน (hot) แล้วนำค่า PMV ที่ได้ในแต่ละจุดนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Surfer 30 เพื่อสร้างแผนที่การกระจายตัว

ตารางที่ 1 อัตราการเผาผลาญของร่างกายของแต่ละกิจกรรมในห้องปฏิบัติการกายวิภาค [4]

กิจกรรม	อัตราการเผาผลาญของร่างกาย
นั่ง	1.0
ยืน	1.2
เดิน	1.7

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นฉนวนจากเสื้อผ้าในห้องปฏิบัติการกายวิภาค [4]

ฉนวนเสื้อผ้า	Clo	ฉนวนเสื้อผ้า	Clo
เสื้อผ้าทั่วไปในฤดูร้อน	0.5	กระโปรงยาวถึงเข่า เสื้อแขนยาว สวมเต็มตัว	0.67
กระโปรงยาวถึงเข่า เสื้อแขนสั้น รองเท้าแตะ ชุดชั้นใน	0.54	กางเกงวอร์มแขนยาว	0.74
กางเกง เสื้อแขนสั้น ถุงเท้า รองเท้า ชุดชั้นใน	0.57	เสื้อแจ็คเก็ต กางเกง เสื้อแขนยาว	0.96
กางเกง เสื้อแขนยาว	0.61	เสื้อผ้าทั่วไปในฤดูหนาว	0.1

3. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลคุณภาพอากาศภายในอาคารใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) แสดงผลเป็นจำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคารกับระบบระบายอากาศ โดยใช้วิธีการทางสถิติด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation Coefficient : r)

3.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาและประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์

เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการประกอบด้วยปัจจัยด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยอุณหภูมิอากาศอ้างอิงตามเกณฑ์กรมอนามัย [8] กำหนดให้อยู่ในช่วง 24–26 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์กำหนดให้อยู่ในช่วง 50–60%RH ตามกรมอนามัย [8] และไม่เกิน 65%RH ตามมาตรฐาน ASHRAE 55 [4] ขณะที่ความเร็วลมต้องมีค่าน้อยกว่า 0.30 m/s ตามเกณฑ์กรมอนามัย [8] สำหรับคุณภาพอากาศด้านชีวภาพและเคมี กรมอนามัย [8] กำหนดให้ค่าความเข้มข้นเชื้อราโดยรวมในอากาศไม่เกิน 500 CFU/m³ และความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} และ PM₁₀ ต้องไม่เกิน 25 และ 50 µg/m³ ตามลำดับ ขณะที่ความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ต้องไม่เกิน 0.75 ppm ตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน [9] นอกจากนี้ ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศพิจารณาจากค่าอัตราการไหลของอากาศภายในเส้นท่อ ซึ่งต้องมีค่ามากกว่า 700 CFM ตามค่าที่ใช้ในการออกแบบระบบ (Design) ส่วนความเข้มแสงสว่างเฉลี่ยและความเข้มแสงสว่างเฉพาะจุดต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 500 Lux และ 1,000 Lux ตามมาตรฐาน EN 12464-1 [10] และ IESNA [11] ตามลำดับ

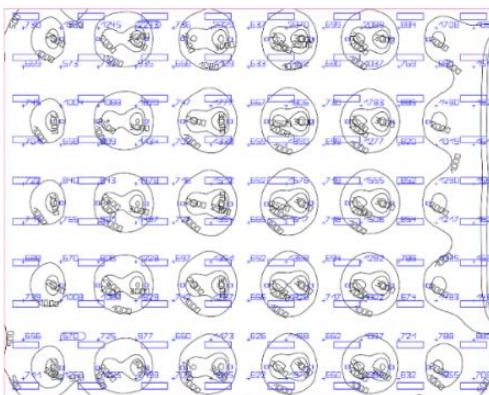
ผลการวิจัย

1. ผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการกายวิภาค

1.1 ผลการตรวจวัดแสงสว่าง

1) ผลการตรวจวัดแสงสว่างเฉลี่ยแบบพื้นที่

ผลการตรวจวัดแสงเฉลี่ยแบบพื้นที่ทั่วไปของห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์จำนวน 56 จุด ซึ่งค่าเกณฑ์ EN 12464-1: Light and Lighting-Lighting of Work Places-Part 1: Indoor Work Places ต้องไม่น้อยกว่า 500 Lux พบว่า ค่าความเข้มของแสงสว่างเฉลี่ย (Mean $\pm$ SD) เท่ากับ 1149 ± 298.41 Lux เมื่อนำไปเข้าโปรแกรม DIALux evo 13.2 เพื่อจำลองการกระจายแสงภายในห้องปฏิบัติการ ดังรูปที่ 2

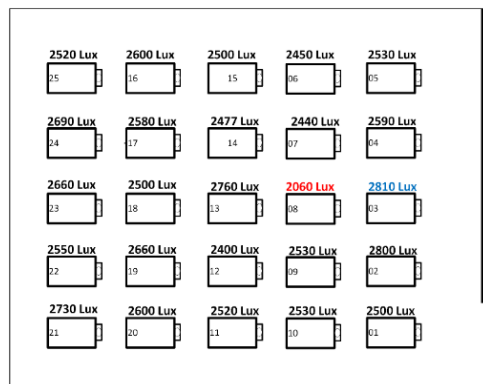


รูปที่ 2 การจำลองการกระจายแสงสว่าง

2) ผลการตรวจวัดแสงสว่างแบบใช้สายตามองเฉพาะจุด

เป็นการตรวจวัดแสงในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ ลักษณะงานละเอียดสูงมากเป็น

พิเศษ จำนวน 25 จุด ซึ่งค่าเกณฑ์มาตรฐาน IESNA ได้กำหนดให้ค่าความเข้มของแสงต้องไม่น้อยกว่า 1000 Lux พบว่า บริเวณจุดที่ 18 เพียงหมายเลข 8 มีค่าความเข้มของแสงสว่างต่ำสุดเท่ากับ 2060 Lux และบริเวณจุดที่ 23 เพียงหมายเลข 3 มีค่าความเข้มของแสงสว่างสูงสุดเท่ากับ 2810 Lux แสดงดังรูปที่ 3



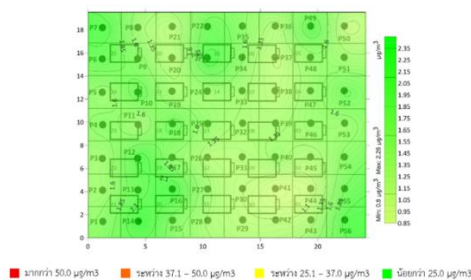
รูปที่ 3 ความเข้มของแสงสว่างแบบเฉพาะจุด

1.2 ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก

ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 1.0 ไมครอน จำนวน 56 จุด ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีเกณฑ์มาตรฐานอ้างอิง ผลการตรวจวัดพบว่า มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 0.44 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร บริเวณจุดที่ 8 และความเข้มข้นสูงสุด 1.36 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร บริเวณจุดที่ 35 และ 56 และมีค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ SD) เท่ากับ 0.75 ± 0.23 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

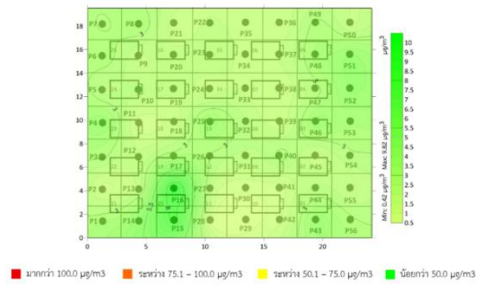
ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน จำนวน 56 จุด ซึ่งค่าตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมอนามัยได้กำหนดค่าความเข้มข้นไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากรูปที่ 4 พบว่าบริเวณแถบสีเขียว จำนวน 56

จุด คิดเป็นร้อยละ 100 มีค่าเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 0.08 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อยู่บริเวณจุดที่ 35 และค่าสูงสุดเท่ากับ 2.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอยู่บริเวณ จุดที่ 8 และมีค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ SD) เท่ากับ 1.57 ± 0.46 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$

ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน จำนวน 56 จุด ซึ่งค่าตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมอนามัยได้กำหนดค่าความเข้มข้นต้องไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากรูปที่ 5 พบว่าบริเวณแถบสีเขียว จำนวน 56 จุด คิดเป็นร้อยละ 100 และมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 0.42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อยู่บริเวณจุดที่ 34 และค่าสูงสุดเท่ากับ 9.82 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อยู่บริเวณจุดที่ 16 และมีค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ SD) เท่ากับ 2.76 ± 1.66 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แสดงดังรูปที่ 5

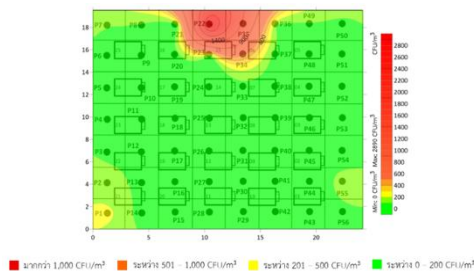


รูปที่ 5 ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10}

จากผลการตรวจวัดจำนวนอนุภาคแขวนลอยในอากาศ (Particulate Matter; PM) ขนาดต่าง ๆ ได้แก่ $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ภายในห้องปฏิบัติการกายวิภาค และเปรียบเทียบผลกับเกณฑ์มาตรฐานห้องสะอาดตามมาตรฐาน Cleanroom ISO 14644-1:2015 พบว่า $PM_{1.0}$ มีจำนวนอนุภาคต่ำสุดเท่ากับ 1,317 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร และค่าสูงสุดเท่ากับ 4,125 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่บริเวณจุดที่ 56 และ 8 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ SD.) เท่ากับ 2273.8 ± 685.3 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร $PM_{2.5}$ มีจำนวนอนุภาคต่ำสุดเท่ากับ 246 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร และค่าสูงสุดเท่ากับ 960 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร อยู่บริเวณจุดที่ 35 และ 29 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ SD.) เท่ากับ 479.6 ± 140.7 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร และ PM_{10} มีจำนวนอนุภาคต่ำสุดเท่ากับ 2 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร และค่าสูงสุดเท่ากับ 47 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร อยู่บริเวณจุดที่ 16 และ 34 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ SD.) เท่ากับ 13.3 ± 8.0 อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร

1.3 ผลการตรวจเชื้อราโดยรวมในอากาศ

แผนผังแสดงความเข้มข้นเชื้อรา (Fungal Contour Map) ซึ่งค่าตามมาตรฐานของประกาศกรมอนามัยได้กำหนดให้ค่าที่ยอมรับได้ของเชื้อราโดยรวมในอากาศไม่เกิน 500 CFU/m³ จำนวน 56 จุด จากรูปที่ 6 พบว่า บริเวณแถบสีเขียว จำนวน 54 จุด คิดเป็นร้อยละ 96.42 บริเวณแถบสีเหลือง จำนวน 1 จุด คิดเป็นร้อยละ 1.79 บริเวณแถบสีแดง จำนวน 1 จุดคิดเป็นร้อยละ 1.79 และจากจุดตรวจวัดค่าเชื้อราโดยรวมในอากาศต่ำสุด เท่ากับ ตรวจไม่พบ (Not Detected: ND) อยู่บริเวณจุดที่ 17, 27 และ 32 และค่าสูงสุด เท่ากับ 2,890 CFU/m³ อยู่บริเวณจุดที่ 28 และมีค่าเฉลี่ยของเชื้อราโดยรวมในอากาศ (Mean $\pm$ SD) เท่ากับ 102.5 ± 381.18 CFU/m³ แสดงดังรูปที่ 6

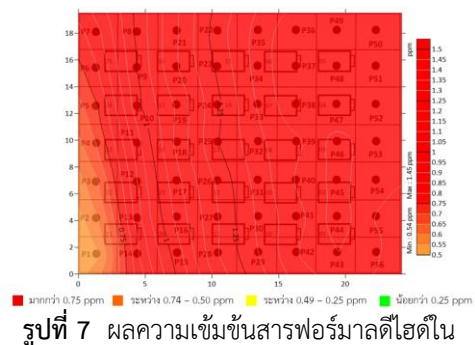


รูปที่ 6 ผลปริมาณเชื้อราโดยรวมในอากาศ

1.4 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

แผนผังแสดงค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ภายในอากาศ (Formaldehyde Contour Map) ซึ่งค่าตามมาตรฐานของประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานได้กำหนดค่าขีดจำกัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ไว้ไม่เกิน 0.75 ppm จำนวน 56 จุด จากรูปที่ 7 พบว่า บริเวณ

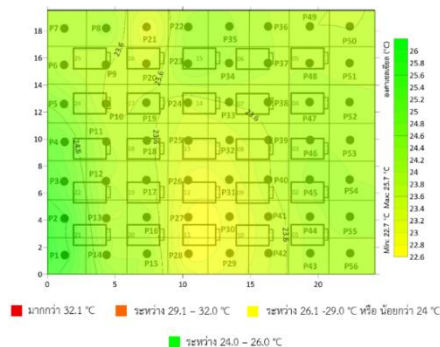
สีส้ม จำนวน 4 จุด คิดเป็นร้อยละ 7.14 และบริเวณแถบสีแดง จำนวน 52 จุด คิดเป็นร้อยละ 92.86 ppm และจากจุดตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.54 ppm อยู่บริเวณจุดที่ 1 และค่าสูงสุด เท่ากับ 1.47 ppm อยู่บริเวณจุดที่ 44 และ 46 และมีค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ SD) เท่ากับ 1.19 ± 0.26 ppm แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลความเข้มข้นสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

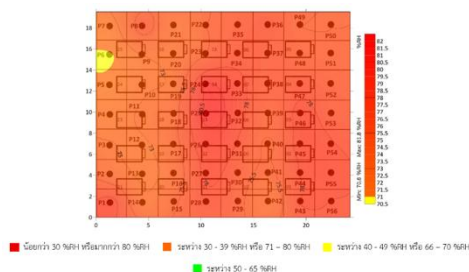
1.5 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

แผนผังแสดงอุณหภูมิ (Temperature Contour Map) ซึ่งค่ามาตรฐานของประกาศกรมอนามัยได้กำหนดค่าอุณหภูมิ 24.0 ถึง 26.0 องศาเซลเซียส จำนวน 56 จุด จากรูปที่ 8 พบว่า บริเวณแถบสีเขียว จำนวน 17 จุด คิดเป็นร้อยละ 30.3 บริเวณแถบสีเหลือง จำนวน 39 จุด คิดเป็นร้อยละ 69.7 และจากจุดตรวจวัดค่าอุณหภูมิต่ำสุด เท่ากับ 22.7 องศาเซลเซียส อยู่บริเวณจุดที่ 1 และค่าอุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 25.7 องศาเซลเซียส อยู่บริเวณจุดที่ 22 และ 23 และมีค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ SD) เท่ากับ 23.84 ± 0.55 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลอุณหภูมิ

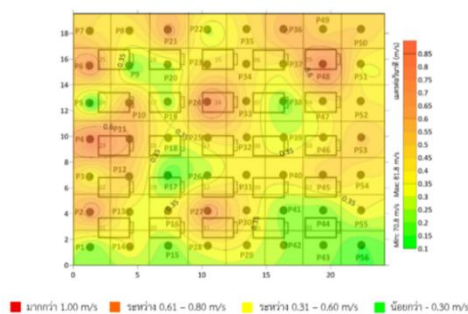
แผนผังแสดงความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity Contour Map) ซึ่งค่ามาตรฐานของประกาศกรมอนามัยได้กำหนดค่าแนะนำความชื้นสัมพัทธ์ 50 ถึง 65 %RH ตรวจวัดจำนวน 56 จุด จากรูปที่ 9 พบว่าบริเวณแถบสีเหลือง จำนวน 1 จุด คิดเป็นร้อยละ 1.79 และบริเวณแถบสีส้ม จำนวน 53 จุด คิดเป็นร้อยละ 94.63 บริเวณแถบสีแดง จำนวน 2 จุด คิดเป็นร้อยละ 3.58 และจากจุดตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด เท่ากับ 70.8 %RH อยู่บริเวณจุดที่ 6 และค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด เท่ากับ 81.8 %RH อยู่บริเวณจุดที่ 25 และมีค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ SD) เท่ากับ 75.48 ± 2.51 %RH แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลความชื้นสัมพัทธ์

1.6 ผลการตรวจวัดความเร็วลม

แผนผังแสดงความเร็วลม (Air Velocity Contour Map) ซึ่งค่าตามมาตรฐานของประกาศกรมอนามัยได้กำหนดค่าที่ยอมรับได้ของความเร็วลมไว้น้อยกว่า 0.30 เมตรต่อวินาที จำนวน 56 จุด จากรูปที่ 10 พบว่า บริเวณแถบสีส้ม จำนวน 8 จุด คิดเป็นร้อยละ 14.28 บริเวณแถบสีเหลือง จำนวน 27 จุด คิดเป็นร้อยละ 48.21 บริเวณแถบสีเขียว จำนวน 21 จุด คิดเป็นร้อยละ 37.5 และจากจุดตรวจวัดค่าความเร็วต่ำสุด เท่ากับ 0.12 m/s อยู่บริเวณจุดที่ 5 ค่าสูงสุด เท่ากับ 0.85 m/s อยู่บริเวณจุดที่ 4 และ 48 และมีค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ SD) เท่ากับ 0.38 ± 0.18 m/s แสดงดังรูปที่ 10

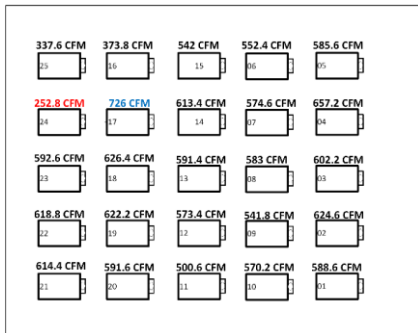


รูปที่ 10 ผลความเร็วลม

1.7 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพระบบระบายอากาศ

ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพระบบระบายอากาศ ตรวจวัดบริเวณเตียงปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ จำนวน 25 จุด ซึ่งค่าที่แนะนำออกแบบและประเมินระบบระบบการระบายอากาศเฉพาะที่กำหนดให้ค่าอัตราการไหลในเส้นท่อไว้ 700 CFM จากรูปที่ 11 พบว่า เตียงหมายเลข 24

มีค่าอัตราการไหลในเส้นท่อต่ำสุดเท่ากับ 252.8 CFM และเตียงหมายเลข 17 มีค่าอัตราการไหลในเส้นท่อบริเวณสูงสุดเท่ากับ 726 CFM แสดงดังรูปที่ 11

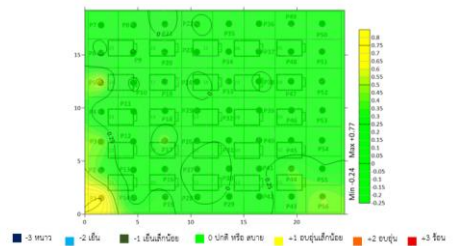


รูปที่ 11 ผลประสิทธิภาพระบบระบายอากาศ

1.8 ผลสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิ (Thermal Comfort)

แผนผังแสดงค่าทำนายความรู้สึกเชิงร้อน (Predicted Mean Vote Contour Map) จำนวน 56 จุด ซึ่งค่าความเป็นฉนวนจากเสื้อผ้า และอัตราการเผาผลาญของร่างกาย มีค่าเท่ากับ 0.96 และ 1.4 ตามลำดับ จากรูปที่ 12 พบว่า บริเวณแถบสีเขียวอ่อน แสดงถึงค่าแสดงถึงระดับดัชนี

สภาวะน่าสบายปกติ จำนวน 54 จุด คิดเป็นร้อยละ 96.4 บริเวณแถบสีเหลือง แสดงถึงค่าแสดงถึงระดับดัชนีสภาวะน่าสบายอบอุ่นเล็กน้อย จำนวน 2 จุด คิดเป็นร้อยละ 3.6 และจากจุดตรวจวัดค่าดัชนีสภาวะน่าสบายต่ำสุด เท่ากับ -0.24 อยู่บริเวณจุดที่ 23 และค่าสูงสุด เท่ากับ +0.77 อยู่บริเวณจุดที่ 1 และค่าดัชนีสภาวะน่าสบายเฉลี่ย (Mean $\pm$ SD) เท่ากับ 0.18 ± 0.19 ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ผลดัชนีสภาวะน่าสบายภายในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์

2. ผลความสัมพันธ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคารกับระบบระบายอากาศ

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมในอาคารกับระบบระบายอากาศ

ตัวแปร	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	p-value
อุณหภูมิกับเชื้อราโดยรวมในอากาศ	0.1490	0.2720
ความเร็วลมกับเชื้อราโดยรวมในอากาศ	-0.0653	0.6325
ความชื้นสัมพัทธ์กับเชื้อราโดยรวมในอากาศ	0.0200	0.8837
เชื้อราโดยรวมในอากาศกับ PM _{2.5}	0.1500	0.2710
เชื้อราโดยรวมในอากาศกับ PM ₁₀	-0.0460	0.7350
ความเข้มข้นสารฟอร์มัลดีไฮด์กับอัตราการไหลในเส้นท่อ	0.3590	0.0780

หมายเหตุ: p-value < 0.05 หมายถึงมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ r คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient)

อภิปรายผล

1. การตรวจวัดสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์

1.1 การตรวจวัดแสงสว่าง

ผลการตรวจวัดแสงสว่างเฉลี่ยแบบพื้นที่ทั่วไป พบว่า ค่าความเข้มของแสงสว่างเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานตาม EN 12464-1 [10] ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากลักษณะเฉพาะของห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้แสงสว่างในระดับสูง เพื่อสนับสนุนการผ่าร่างอาจารย์ใหญ่และการศึกษารายละเอียดของโครงสร้างทางกายวิภาค ซึ่งต้องอาศัยการมองเห็นรายละเอียดของอวัยวะ หลอดเลือด เส้นประสาท และโครงสร้างขนาดเล็กอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังมีงานวิจัยที่ศึกษาประเด็นด้านความเข้มแสงสว่างในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์หรือห้องผ่าศพโดยตรงค่อนข้างจำกัด ทำให้การอภิปรายผลในด้านนี้ยังไม่สามารถเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่มีบริบทใกล้เคียงได้อย่างชัดเจน

ดังนั้น การเปรียบเทียบผลการศึกษาในครั้งนี้จึงอ้างอิงจากงานวิจัยในสภาพแวดล้อมทางกายวิภาคศาสตร์ที่ใกล้เคียง เช่น การศึกษาการออกแบบระบบแสงสว่างเพื่อปรับปรุงระดับความส่องสว่างภายในห้องพักรักษา [12] ซึ่งพบว่าความเข้มแสงสว่างไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากการติดตั้งระบบแสงสว่างไม่สอดคล้องกับลักษณะกิจกรรมการใช้งานพื้นที่ ความแตกต่างของผลการศึกษาดังกล่าวอาจเกิดจากวัตถุประสงค์การใช้งานพื้นที่ที่แตกต่างกัน โดยห้องปฏิบัติการกาย

วิภาคศาสตร์เป็นพื้นที่ที่ต้องใช้การมองเห็นรายละเอียดสูง ขณะที่ห้องพักรักษาผู้ป่วยมุ่งเน้นความสบายและการพักผ่อนเป็นสำคัญ

การตรวจวัดแสงสว่างแบบใช้สายตามองเฉพาะจุด พบว่า ค่าความเข้มของแสง ผ่านตามาตรฐานของ The Illumination Engineering Society of North America: IESNA [11] จำนวน 24 จุด คิดเป็นร้อยละ 96 หลอดไฟบนเตียงกายวิภาคศาสตร์ หมายเลข 8 เปิดไม่ติด ทำให้ค่าความเข้มของแสงไม่ผ่านมาตรฐาน จำนวน 1 จุด คิดเป็นร้อยละ 4 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ประเมินความเข้มแสงสว่างเฉพาะจุดในห้องเรียน [13] พบว่า สาเหตุที่ทำให้ค่าความเข้มแสงสว่างต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มีสาเหตุจากภายในห้องหลอดไฟไม่เพียงพอ หลอดไฟชำรุด และหลอดไฟไม่สะอาด

1.2 การตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก

การตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กจำนวน 56 จุด โดย PM_{1.0} ในปัจจุบันยังไม่มีเกณฑ์มาตรฐานอ้างอิง การรายงานค่านี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินแนวโน้มคุณภาพอากาศภายในห้องปฏิบัติการและใช้เป็นฐานข้อมูลในการเฝ้าระวังในระยะยาว

ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.57 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่กำหนดโดยกรมอนามัย [8] ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Seseña et al. [14] ที่ประเมินคุณภาพอากาศในห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัย โดยครอบคลุมปัจจัยด้านกายภาพ

เคมี และชีวภาพ รวมถึงการประเมินอัตราการระบายอากาศ (Air Change per Hour; ACH) และความเสี่ยงต่อสุขภาพ ซึ่งรายงานว่าการควบคุมและจัดการระบบระบายอากาศที่เหมาะสมมีบทบาทสำคัญในการลดการสะสมของมลพิษภายในอาคารและช่วยรักษาระดับฝุ่นละอองให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

การตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่า เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมอนามัย โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.76 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคารในห้องปฏิบัติการเคมีและวิศวกรรมเคมีที่สถาบันเทคโนโลยีอิมเมียร์ พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ย PM_{10} เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของ US EPA โดยที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 48.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [14]

การตรวจจำนวนอนุภาคแขวนลอยในอากาศ (Particulate Matter; PM) ขนาดต่าง ๆ ได้แก่ $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$ และ PM_{10} เมื่อเปรียบเทียบผลกับเกณฑ์มาตรฐานตามมาตรฐาน ISO 14644-1:2015 [15] พบว่า ห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ไม่จัดเป็นห้องสะอาด ซึ่งหากเปรียบเทียบระดับความสะอาด ค่าที่ตรวจวัดจำนวนอนุภาค $PM_{1.0}$ มีค่าใกล้เคียงกับห้องสะอาด ISO Class 6 ค่าที่ตรวจวัดจำนวนอนุภาค $PM_{2.5}$ มีค่าใกล้เคียงกับห้องสะอาด ISO Class 5 ค่าที่ตรวจวัดจำนวนอนุภาค PM_{10} มีค่าใกล้เคียงกับห้องสะอาด ISO Class 6 ซึ่งยังไม่มีการศึกษาที่รายงานการเปรียบเทียบระดับความสะอาดของห้องปฏิบัติการกับมาตรฐาน ISO 14644-1 โดยตรง

1.3 การตรวจความเข้มข้นเชื้อราโดยรวมในอากาศ

เชื้อรารวมในอากาศที่ตรวจวัดได้มีค่าเฉลี่ย 220 CFU/m³ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารตามที่กรมอนามัยกำหนด [8] ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ปานทิพย์ ธิโนชัย และคณะ (2562) ที่ประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล และรายงานค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของเชื้อรารวมในอากาศเท่ากับ 289 CFU/m³ ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน สะท้อนให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมภายในอาคารของสถานพยาบาลที่มีระบบการจัดการคุณภาพอากาศที่เหมาะสมสามารถช่วยควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อราให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ [16]

ผลการตรวจวัดเชื้อรารวมในอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการควบคุมการแพร่เข้าสู่ภายในอาคารของสปอร์เชื้อราจากภายนอกในระดับที่ดี โดยพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของเชื้อรารวมภายในห้องปฏิบัติการมีค่าเท่ากับ 102.5 CFU/m³ ขณะที่ การตรวจวัดบริเวณภายนอกอาคาร (ระเบียงชั้น 5) โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ 2 ชนิด ได้แก่ DUO SAS Super 360 และ Spin Air IUL พบความเข้มข้นของเชื้อรารวมเท่ากับ 220 CFU/m³ และ 120 CFU/m³ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นสูงสุดของเชื้อรารวมภายนอกอาคารที่ 220 CFU/m³ และนำมาคำนวณอัตราส่วนความเข้มข้นเชื้อราระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (Indoor/Outdoor

Ratio; I/O Ratio) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.47 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงถึงผลลัพธ์ในเชิงบวกต่อการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากหลักการประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารระบุว่า ความเข้มข้นของสปอร์เชื้อราภายในอาคารที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างเหมาะสมควรมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นของสปอร์เชื้อราในอากาศภายนอกอาคาร [17] ผลการศึกษาดังกล่าวจึงสะท้อนให้เห็นว่าระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อราจากแหล่งกำเนิดภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม แม้ว่า I/O Ratio จะต่ำกว่า 1 แต่ความเข้มข้นเชื้อรารวมเฉลี่ยภายในที่ค่า 102.5 CFU/m³ นั้นยังคงเป็นปริมาณที่แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงที่ยังคงมีอยู่จากการปนเปื้อนภายในหรือ การสะสมของสปอร์ในโครงสร้างหรืออุปกรณ์ จึงควรเน้นการตรวจสอบสุขลักษณะภายในห้องกายวิภาคศาสตร์ แหล่งกำเนิดความชื้นที่อาจนำไปสู่การเติบโตของเชื้อราภายในอาคาร

1.4 การตรวจวัดความเข้มข้นสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ

ความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดในประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน [9] โดยพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.19 ppm ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากในช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัดมีจำนวนร่างอาจารย์ใหญ่ภายในห้องปฏิบัติการมากกว่าจำนวนเตียงที่ติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ส่งผลให้

ประสิทธิภาพในการควบคุมและกำจัดไอระเหยของสารฟอร์มาลดีไฮด์ลดลง และอาจทำให้เกิดการสะสมของสารปนเปื้อนในบรรยากาศภายในห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้น ผลการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ ทัดดาว พาหาทรัพย์อนันต์ และคณะ (2563) ที่ศึกษาการประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารฟอร์มาลดีไฮด์ในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ซึ่งรายงานว่าคุณค่าเฉลี่ยของสารฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าเท่ากับ 0.155 ppm และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน [18] นอกจากนี้ ยังไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ กมลวรรณ พรหมเทศ และคณะ (2567) ที่ประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจากการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจในนิติแพทยระหว่างการเรียนปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ ซึ่งพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 0.31 ppm และยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด [19] ความแตกต่างของผลการศึกษาดังกล่าวอาจเกิดจากลักษณะการจัดการภายในห้องปฏิบัติการ จำนวนร่างอาจารย์ใหญ่ ตำแหน่งการจัดวางร่างและประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาของ กมลวรรณ พรหมเทศ และคณะ ยังรายงานว่าตำแหน่งการปฏิบัติงานทางกายวิภาคศาสตร์มีผลต่อการแพร่กระจายและการระเหยของสารฟอร์มาลดีไฮด์สู่บรรยากาศ และพื้นที่ผิวเปิดของร่างอาจารย์ใหญ่ที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้เกิดการปลดปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์ออกสู่บรรยากาศในปริมาณที่สูงขึ้น [19]

1.5 การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิไม่เป็นไปตามค่าเผื่อ ระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารที่กรมอนามัย กำหนด [8] โดยพบว่าค่าอุณหภูมิภายในห้อง ปฏิบัติการมีค่าต่ำกว่าช่วงมาตรฐานที่กำหนด และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.84°C ทั้งนี้อาจมีสาเหตุ มาจากในช่วงเวลาทำการตรวจวัดมีจำนวน ผู้ใช้งานภายในห้องปฏิบัติการค่อนข้างน้อย ส่งผล ให้ความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมและการสะสม ความร้อนจากร่างกายมนุษย์ภายในพื้นที่ลดลง จึง ทำให้อุณหภูมิภายในห้องมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่ กำหนด ผลการศึกษาดังกล่าวไม่สอดคล้องกับ การศึกษาของ นภฐมณ มโนรัตน์ และคณะ (2562) ที่ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และ คุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล ระดับตติยภูมิ ซึ่งพบว่าอุณหภูมิภายในห้อง ชั้นสูตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.5°C ซึ่งสูงกว่าค่า มาตรฐานที่กำหนด [20] ความแตกต่างของผล การศึกษาดังกล่าวอาจเกิดจากลักษณะการใช้งาน พื้นที่ จำนวนผู้ใช้งาน ระบบปรับอากาศ และ สภาพแวดล้อมของแต่ละสถานที่ที่แตกต่างกัน สำหรับผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายใน ห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ พบว่าค่าเฉลี่ย ของความชื้นสัมพัทธ์ไม่เป็นไปตามค่าที่ยอมรับได้ ตามเกณฑ์ของกรมอนามัย [8] และ ASHRAE [4] โดยพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องมีค่าสูงกว่า ช่วงมาตรฐานที่กำหนด และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $75.48\%\text{RH}$ ทั้งนี้อาจเกิดจากข้อจำกัดของการ หมุนเวียนและการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่าง ภายในและภายนอกห้อง ส่งผลให้เกิดการสะสม ของความชื้นภายในพื้นที่เพิ่มขึ้น ผลการศึกษา

ดังกล่าวไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ จารุพัฒน์ กาญจนรงค์ และคณะ (2566) ที่ศึกษาคุณภาพ อากาศทางจุลินทรีย์และสภาพแวดล้อมใน ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ซึ่งพบว่า ห้องปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อมมีค่าความชื้น สัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ $37.4\%\text{RH}$ ซึ่งต่ำกว่าค่า มาตรฐานที่กำหนด [21] ความแตกต่างของผล การศึกษาดังกล่าวอาจเกิดจากลักษณะกิจกรรม ภายในห้อง ระบบระบายอากาศ และสภาพแวดล้อม เฉพาะของห้องปฏิบัติการแต่ละประเภทที่ แตกต่างกันไป

1.6 การตรวจวัดความเร็วลม

ค่าเฉลี่ยของความเร็วลมไม่เป็นไปตามเกณฑ์ มาตรฐานที่กำหนดโดยกรมอนามัย [8] โดยมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.38 m/s ทั้งนี้อาจเกิดจาก การกระจายตัวของกระแสอากาศภายในห้องที่ ไม่สม่ำเสมอ ทิศทางการไหลของอากาศที่ไม่คงที่ รวมถึงอาจมีปัจจัยด้านกายภาพภายในพื้นที่ เช่น การจัดวางอุปกรณ์ เครื่องมือ หรือสิ่งกีดขวางอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อรูปแบบการไหลเวียนของอากาศภายใน ห้อง ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ชัยนันท์ ปุแก้ว และคณะ (2567) ที่ประเมินคุณภาพ อากาศภายในอาคารและกลุ่มอาการป่วยเหตุ อาคารของบุคลากรทางการแพทย์ในโรงพยาบาล แห่งหนึ่ง จังหวัดสระบุรี ซึ่งรายงานว่าความเร็วลม เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.93 m/s และไม่เป็นไปตาม เกณฑ์มาตรฐานของกรมอนามัยเช่นเดียวกัน [22] แม้ว่าค่าความเร็วลมที่ตรวจพบจะมีความแตกต่าง กัน แต่ผลการศึกษาทั้งสองแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของการกระจายตัวของอากาศและ

ระบบระบายอากาศภายในอาคารมีบทบาทสำคัญ
ต่อคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

1.7 การตรวจวัดประสิทธิภาพระบบระบาย อากาศ

ผลการตรวจวัดอัตราการไหลในเส้นท่อของ
ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust
Ventilation; LEV) พบว่าไม่เป็นไปตามค่าที่ผู้ผลิต
แนะนำสำหรับการออกแบบระบบ โดยพบว่าจุด
ตรวจวัดส่วนใหญ่ภายในห้องปฏิบัติการมีค่าอัตรา
การไหลในเส้นท่อดำกว่ามาตรฐานจำนวน 24 จุด
คิดเป็นร้อยละ 96 ของจุดตรวจวัดทั้งหมด ทั้งนี้
อาจเกิดจากประสิทธิภาพของระบบระบาย
อากาศที่ลดลงตามอายุการใช้งานของอุปกรณ์
โดยเฉพาะพัดลมที่อาจมีความเร็วรอบลดลงหรือมี
ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ส่งผลให้อัตรา
การไหลของอากาศภายในระบบต่ำกว่าค่าที่
กำหนดในการออกแบบ (Design flow rate) ผล
การศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Zdilla
(2021) ซึ่งศึกษาประสิทธิภาพของระบบระบาย
อากาศเฉพาะที่สำหรับห้องปฏิบัติการกายวิภาค
ศาสตร์ โดยพบว่าระบบ LEV ที่มีอัตราการไหล
ของอากาศเท่ากับ 777 CFM สามารถกำจัดสาร
ฟอร์มาลดีไฮด์และฟีนอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ
[23] ความแตกต่างของผลการศึกษาดังกล่าวอาจ
สะท้อนให้เห็นว่าประสิทธิภาพของระบบระบาย
อากาศเฉพาะที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตรา
การไหลของอากาศภายในระบบ โดยเมื่ออัตรา
การไหลต่ำกว่าค่าที่ออกแบบไว้ อาจส่งผลให้
ประสิทธิภาพในการกำจัดสารปนเปื้อนทางอากาศ
ลดลง และเพิ่มโอกาสการสะสมของสารปนเปื้อน
ภายในพื้นที่ปฏิบัติงาน

1.8 สภาพะนาสบายเชิงอุณหภูมิ (Thermal Comfort)

ผลการประเมินดัชนีสภาพะนาสบายเชิง
อุณหภูมิภายในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์
พบว่าจุดตรวจวัดส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ปกติหรือ
สภาพะสบาย (Comfortable condition) จำนวน
54 จุด คิดเป็นร้อยละ 96.4 ขณะที่พบจุดตรวจวัด
ที่อยู่ในเกณฑ์อบอุ่นเล็กน้อย (Slightly warm)
จำนวน 2 จุด คิดเป็นร้อยละ 3.6 ทั้งนี้ อาจ
เนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวมีค่าความชื้นสัมพัทธ์
สูงกว่าพื้นที่อื่น ส่งผลให้การระเหยของเหงื่อจาก
ผิวหนังลดลง และทำให้ประสิทธิภาพในการ
ระบายความร้อนของร่างกายลดลง จึงส่งผลให้
ผู้ปฏิบัติงานเกิดความรู้สึกอบอุ่นมากกว่าระดับ
อุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จริง

2. ความสัมพันธ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคาร กับระบบระบายอากาศ

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ
กับเชื้อรารวมในอากาศ พบว่า อุณหภูมิไม่มี
ความสัมพันธ์กับเชื้อรารวมในอากาศอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05 ($p\text{-value} = 0.272$, $r = 0.149$) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิ
เฉลี่ยภายในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์มีค่า
เท่ากับ 23.84 °C ซึ่งอยู่ในระดับที่อาจส่งผลต่อ
การเจริญเติบโตของเชื้อราในอาคารค่อนข้างน้อย
เนื่องจากเชื้อราก่อโรคในมนุษย์ส่วนใหญ่มัก
เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิประมาณ 25–40
°C ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายใน
ห้องปฏิบัติการในช่วงที่ศึกษาอาจยังไม่เพียงพอ
ที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเชื้อ

ราในอากาศอย่างชัดเจน ผลการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ พัทธกิจ คิมนาร์กซ์ (2559) ที่ศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์ และรายงานว่าคุณภาพอากาศมีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับปานกลางกับปริมาณเชื้อราในอากาศ ($r = 0.637$) โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาณเชื้อราในอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม [24]

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเชื้อรารวมในอากาศ พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเชื้อรารวมในอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\text{-value} = 0.8837$, $r = 0.0200$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณเชื้อราในอากาศไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับความชื้นสัมพัทธ์เพียงปัจจัยเดียว แต่ยังมียปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมอื่นร่วมด้วย เช่น การระบายอากาศ การแลกเปลี่ยนอากาศ และแหล่งกำเนิดเชื้อรา ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ชัยญานกานต์ โกเกะพันธ์ และคณะ (2568) ซึ่งศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อราในอากาศก่อนเริ่มเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.593$, $r = -0.325$) [25]

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรารวมในอากาศกับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\text{-value} = 0.271$, $r = 0.150$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องปฏิบัติการอยู่ในระดับต่ำและยังไม่เพียงพอที่จะส่งผลต่อการแพร่กระจายหรือการ

แพร่กระจายของเชื้อราในอากาศ ทำให้ปริมาณเชื้อรารวมในอากาศไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณ $PM_{2.5}$ เพียงอย่างเดียว ผลการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ ณรงค์เดช พิมพรรณ และคณะ (2566) ซึ่งศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารหอผู้ป่วยในโรงพยาบาล 6 แห่งในเขตสุพรรณบุรี 4 และรายงานว่าคุณภาพอากาศมีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับปานกลางกับปริมาณเชื้อรารวมในอากาศ ($r = 0.362$) [26]

ในส่วนของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรารวมในอากาศกับ PM_{10} พบว่าไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\text{-value} = 0.735$, $r = -0.046$) ทั้งนี้อาจเกิดจากปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องอยู่ในระดับต่ำและไม่เพียงพอที่จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อราในอากาศ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ณรงค์เดช พิมพรรณ และคณะ (2566) ที่พบว่า PM_{10} ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อรารวมในอากาศ ($r = -0.010$) [26]

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับเชื้อรารวมในอากาศ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\text{-value} = 0.6325$, $r = -0.0653$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากรูปแบบการไหลเวียนอากาศภายในห้องปฏิบัติการที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากระบบจ่ายอากาศและการแลกเปลี่ยนอากาศภายในพื้นที่ ส่งผลให้ความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศไม่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ชัยญานกานต์ โกเกะพันธ์ และคณะ (2568) ซึ่งพบว่า

ความเร็วลมไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อราในอากาศก่อนเริ่มเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.182$, $r = -0.707$) [25]

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์กับอัตราการไหลในเส้นท่อพบว่าไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\text{-value} = 0.078$, $r = 0.359$) ทั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ เช่น อายุการใช้งานของพัดลม ประสิทธิภาพของความเร็วรอบพัดลม รวมถึงความถี่ในการทำงานของระบบซึ่งอาจส่งผลให้อัตราการไหลของอากาศไม่คงที่และไม่สามารถลดความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผล

คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารของห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์มีทั้งพารามิเตอร์ที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและพารามิเตอร์ที่ยังต้องได้รับการปรับปรุง โดยความเข้มข้นของแสงสว่างทั้งแบบพื้นที่ทั่วไปและแบบใช้สายตามองเฉพาะจุดส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่เหมาะสมและเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด สะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบแสงสว่างที่เพียงพอต่อการปฏิบัติงาน ขณะที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ และปริมาณเชื้อราโดยรวมในอากาศอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แสดงถึงประสิทธิภาพของระบบกรองอากาศและการจัดการความสะอาดภายในพื้นที่ในระดับที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมในหลายจุดตรวจวัดไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่แนะนำ

โดยเฉพาะความชื้นสัมพัทธ์ที่มีค่าสูงกว่าค่ากำหนดอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ ความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศส่วนใหญ่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด และประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ส่วนใหญ่ไม่เป็นไปตามค่าที่ออกแบบไว้ สถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดของระบบระบายอากาศในการควบคุมและเจือจางสารเคมีอันตรายในพื้นที่ที่มีแหล่งกำเนิดมลพิษเฉพาะจุด

ค่า Predicted Mean Vote (PMV) โดยรวมอยู่ในช่วงสภาวะสบาย แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานพื้นที่ยังคงรับรู้ความสบายภายใต้สภาพแวดล้อมดังกล่าว แม้ว่าพารามิเตอร์ด้านกายภาพบางส่วนจะไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานก็ตาม นอกจากนี้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารกับประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งบ่งชี้ว่าระดับมลพิษภายในห้องปฏิบัติการอาจได้รับอิทธิพลจากลักษณะการใช้งานพื้นที่ แหล่งกำเนิดมลพิษ และการจัดการระบบ มากกว่าปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทั่วไปเพียงอย่างเดียว

โดยสรุป ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการปรับปรุงระบบระบายอากาศเฉพาะที่ การควบคุมความชื้น และการจัดการแหล่งกำเนิดสารฟอร์มาลดีไฮด์ เพื่อยกระดับคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ให้สอดคล้องกับมาตรฐานด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัย อันจะช่วยลดความเสี่ยงต่อสุขภาพและเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของผู้ใช้งานพื้นที่ในระยะยาว

ข้อจำกัด

1. การศึกษาในครั้งนี้เป็นการเก็บตัวอย่างแบบ Grab Sampling เป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาหนึ่ง ทำให้ไม่สามารถนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับค่ารับสัมผัสตลอดระยะเวลาการทำงานได้

2. การศึกษาครั้งนี้ใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างเชื้อราในอากาศต่างรุ่นกัน แม้เครื่องมือทั้งสองชนิดจะใช้หลักการเก็บตัวอย่างและเงื่อนไขการเก็บตัวอย่างที่ใกล้เคียงกัน แต่ความแตกต่างของลักษณะทางเทคนิคและประสิทธิภาพของเครื่องมืออาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของผลการตรวจวัด จึงควรพิจารณาตีความผลการศึกษาอย่างระมัดระวัง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับอัตราการไหลของอากาศในเส้นท่อให้อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการถ่ายเทและเจือจางสารเคมีในอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยลดความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ให้อยู่ในระดับปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

2. ควรมีการควบคุมระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปฏิบัติการให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมเพื่อช่วยลดการสะสมของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ และป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งจะส่งเสริมคุณภาพอากาศภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยและเหมาะสมต่อผู้ปฏิบัติงาน

3. ความเข้มแสงสว่างที่สูงเกินกว่าระดับที่เหมาะสมอาจส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน เช่น การเกิดแสงแยงตา (Glare) ความเมื่อยล้าทาง

สายตา และการเกิดเงาบริเวณในระหว่างการทำงาน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพและความแม่นยำในการปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงรูปแบบการจัดแสงโดยลดจำนวนหลอดไฟและปิดการใช้งานหลอดไฟบางตำแหน่ง ผลการออกแบบใหม่พบว่าค่าความเข้มแสงสว่างเฉลี่ยลดลงเหลือ 973 Lux ซึ่งยังคงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน EN 12464-1 นอกจากนี้ บริเวณจุดปฏิบัติงานที่พบหลอดไฟชำรุดหรือไม่สามารถใช้งานได้ ควรดำเนินการเปลี่ยนหลอดไฟโดยทันที และจัดให้มีการตรวจสอบรวมถึงบำรุงรักษาระบบแสงสว่างอย่างสม่ำเสมอ เพื่อรักษาประสิทธิภาพของระบบแสงสว่างให้เหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน

การศึกษาวิจัยในอนาคต

งานวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นการประเมินการรับสัมผัสสารฟอร์มาลดีไฮด์ของผู้ปฏิบัติงานในลักษณะเชิงเวลา เช่น การเก็บตัวอย่างแบบเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาการทำงาน (Time-Weighted Average; TWA) หรือการตรวจวัดแบบต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ นอกจากนี้ ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารกับผลกระทบต่อสุขภาพ รวมถึงศึกษาประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเฉพาะที่และมาตรการควบคุมทางวิศวกรรมโดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics; CFD) ทั้งนี้ ควรมีการเก็บข้อมูลในหลายช่วงเวลาและหลายสภาวะการใช้งาน เพื่อให้สามารถสะท้อนสภาพแวดล้อมจริงและเพิ่มความครอบคลุมของผลการศึกษาได้มากยิ่งขึ้น

References

- [1] Environmental Health Bureau, Department of Health, Ministry of Public Health, Operational Manual for Inspection and Assessment of Indoor Air Quality, Bangkok, Thailand: Department of Health, Ministry of Public Health, 2016. [Online]. Available: <https://ghh.anamai.moph.go.th/storage/app/uploads/public/603/b5b/072/603b5b0720697166916487.pdf>. [Accessed: Nov. 25, 2025].
- [2] King Mongkut's University of Technology Thonburi, "Because indoor air quality is important," 2021. [Online]. Available: <https://shorturl.asia/LXMT0>. [Accessed: Nov. 25, 2025].
- [3] V. Surawattanasakul, W. Sirikul, R. Sapbamrer, K. Wangsan, J. Panumasvivat, P. Assavanopakun, and S. Muangkaew, "Respiratory symptoms and skin sick building syndrome among office workers at University Hospital, Chiang Mai, Thailand: Associations with indoor air quality, AIRMED Project," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 17, p. 10850, Aug. 2022, doi: 10.3390/ijerph191710850.
- [4] ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, 2023. [Online]. Available: <https://webstore.ansi.org/standards/ashrae/ansiashraestandard552023>. [Accessed: Nov. 19, 2025].
- [5] P. Soonklang, "A Comparison of Formaldehyde Air Monitoring Methods for Health Risk Assessment of Gross Anatomy Staff," M.Sc. thesis, Major in Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Thammasat University, Pathum Thani, Thailand, 2023.
- [6] C. Panikhom and S. Chaiklieng, "Health risk assessment of indoor air quality exposure among healthcare workers in a community hospital, Khon Kaen Province," *Thai Journal of Toxicology*, vol. 39, no. 2, pp. 1–18, 2024.
- [7] D. Bhat, H. Chittoor, P. Muruges, P. N. Basavanna, and S. Doddaiiah, "Estimation of occupational formaldehyde exposure in cadaver dissection laboratory and its implications," *Anatomy & Cell Biology*, vol. 52, no. 4, pp. 419–425, Dec. 2019, doi: 10.5115/acb.19.105.
- [8] Department of Health, "Notification of the Department of Health on Indoor Air Quality Surveillance Values in Public Buildings, B.E. 2565 (2022)," Nov. 21, 2022.

- [9] Department of Labour Protection and Welfare, “Notification of the Department of Labour Protection and Welfare: Occupational Exposure Limits for Hazardous Chemicals,” Royal Thai Government Gazette, vol. 134, Special Section 198, pp. 34–53, Aug. 3, 2017.
- [10] European Committee for Standardization, EN 12464-1: Light and Lighting-Lighting of Work Places- Part 1: Indoor Work Places, 2002. [Online]. Available: https://www.ageta.lt/app/webroot/files/uploads/filemanager/File/info/EN_12464-1.pdf. [Accessed: Nov. 19, 2025].
- [11] The Illuminating Engineering Society of North America, IES Lighting Handbook: The Standard Lighting Guide, B/W ed. New York, NY, USA: Illuminating Engineering Society of North America, 2000. [Online]. Available: https://ia801308.us.archive.org/26/items/ieslightinghandb00inillu/ieslightinghandb00inillu_bw.pdf. [Accessed: Nov. 25, 2025].
- [12] S. Mahathakulrungsri, “Redesigning Interior Lighting for Improving Illuminance Level of In- Patient Room: A Case Study of Bhumisiri Mangkhalanusorn Building, Chulalongkorn Memorial Hospital,” M. Arch. thesis, Dept. of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 2021.
- [13] K. Koonmueng, N. Narinya, and P. Sakunkoo, “Illumination spot measuring and analysis in classrooms, Faculty of Public Health, Khon Kaen University,” *KKU Journal for Public Health Research*, vol. 10, no. 2, pp. 70–76, Apr.–Jun. 2017.
- [14] S. Seseña, A. M. Rodríguez, and M. L. Palop, “Indoor air quality analysis in naturally ventilated university training laboratories: A health risk assessment,” *Air Quality, Atmosphere & Health*, vol. 15, pp. 1817–1837, 2022, doi: 10.1007/s11869-022-01220-0.
- [15] International Organization for Standardization, ISO 14644- 1: 2015, Cleanrooms and Associated Controlled Environments-Part 1: Classification of Air Cleanliness by Particle Concentration, 2015. [Online]. Available: <https://antoandoluong.com/Files/Docs/20203181613304.pdf>. [Accessed: Nov. 19, 2025].
- [16] P. Tinochai, M. Tealek, and J. Kongpran, “Indoor air quality in hospital: A case study for a community hospital in Nakhon Si Thammarat Province,” *Journal of Health Science*, vol. 28, no. 2, pp. 325–333, Mar.–Apr. 2019.

- [17] R. Jabeen, M. I. Kizhisseri, S. N. Mayanaik, et al., “Bioaerosol assessment in indoor and outdoor environments: A case study from India,” *Scientific Reports*, vol. 13, p. 18066, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-44315-z.
- [18] T. Pahasup-anan, S. Chesuema, S. Samae, S. Yusoh, and I. Bindamae, “Risk assessment of formaldehyde in gross anatomy laboratory in a university,” *Journal of Energy and Environment Technology*, vol. 7, no. 1, pp. 61–68, 2020.
- [19] K. Promtes, O. Kaewboonchoo, K. Harncharoen, and C. Ekpanyaskul, “Cancer risk assessment of inhalation formaldehyde exposure among medical students during anatomy laboratory,” *Thai Journal of Toxicology*, vol. 29, no. 1–2, p. 8, 2020. [Online]. Available: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/ThaiJToxicol/article/view/244099>. [Accessed: Nov. 25, 2025].
- [20] N. Manorat and N. Sinthununsakul, “Indoor air quality and microbial indoor air quality in tertiary care hospital,” *Journal of the Preventive Medicine Association of Thailand*, vol. 9, no. 2, pp. 232–241, May–Aug. 2019.
- [21] J. Kanchanarong, V. Plongbanjong, and S. Hongthong, “Monitoring of airborne microorganisms and environmental of laboratory rooms, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Rattanakosin,” *Rattanakosin Journal of Science and Technology (RJST)*, vol. 5, no. 1, pp. 53–63, 2023.
- [22] C. Pookaew, S. Kesornthong, and N. Homkham, “Assessment of Indoor Air Quality and Sick Building Syndrome among Health Care Workers: A Case Study of a Hospital in Saraburi Province,” *Journal of Roi Kaensam Academi*, vol. 9, no. 9, pp. 882–895, Sep. 2024.
- [23] M. J. Zdilla, “Local exhaust ventilation systems for the gross anatomy laboratory,” *Morphologie*, vol. 105, no. 350, pp. 237–246, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.morpho.2020.11.002.
- [24] P. Kimnarak, Airborne Fungal Dispersion in Medical Technology Laboratories: A Case Study of Medical Technology Laboratory, Nakhon Pathom Hospital, Nakhon Pathom Province, Independent Study, M.Sc. degree in Environmental Science, Graduate School, Silpakorn University, Nakhon Pathom, Thailand, 2015.

- [25] C. Kokaphan, N. Khamhlom, J. Sathawon, I. Pongpan, S. Lorroengsil, Y. Kruawongsa, P. Polyon, and S. Srisakhamkullawat, "Airborne Microbial Concentrations in Microbiology Laboratories, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University," *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, vol. 27, no. 2, pp. 77–89, May–Aug. 2025.
- [26] N. Pimphan, S. Phamon, A. Khanla, and P. Inthasroi, "Indoor Air Quality in Inpatient Wards: A Case Study of Six Hospitals in Health Region 4. Saraburi," Thailand: Occupational and Environmental Diseases Group, Office of Disease Prevention and Control Region 4, Department of Disease Control, Ministry of Public Health, 2023.