วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย.
YRUJST
YRU JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
ISSN 2985-1416 (Online)

ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศภายในห้องสมุดของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

Bioaerosols and the Indoor Air Quality of a University Library in Surat Thani Province

สุชาดา ชัยวิเศษ[1] พิชญาภา รามศรี[1] เบญทราย บริเพชร[1] ลภัสรดา อักษรไทย[1] รัชฎาพร ไทยเกิด[2] และจิรวัฒน์ มาลา[1*]
Suchada Chaiwiset[1] Pitchayapa Ramsri[1] Bensai Boriphet[1] Laphatrada Aksornthai[1]
Ratchadaporn Thaikert[2] and Jirawat Mala[1*]

[1]สาขาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84100 ประเทศไทย
[2]สาขาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84100 ประเทศไทย
[1]Public Health Program, Faculty of Science and Technology, Surat Thani Rajabhat University, Surat Thani 84100, Thailand
[2]Plant Science Program, Faculty of Science and Technology, Surat Thani Rajabhat University, Surat Thani 84100, Thailand
[*]Corresponding author, e-mail: jirawat.mal@sru.ac.th
(Received: Dec 24, 2024; Revised: Mar 13, 2025; Accepted: May 8, 2025)

บทคัดย่อ

คุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานประจำภายในอาคาร การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร ปริมาณจุลินทรีย์และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์กับคุณภาพอากาศภายในอาคารห้องสมุดของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ประเทศไทย ทำการตรวจวัดมลภาวะอากาศภายในอาคารทางชีวภาพ ได้แก่ แบคทีเรียและเชื้อรา ทั้งหมดทางเคมี ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และภาวะสบายเชิงความร้อน ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เลือกจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 17 จุด ทำการตรวจวัด 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ต่อเนื่องกัน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา วิเคราะห์ความแปรปรวน และวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ แบคทีเรียทั้งหมดและเชื้อราทั้งหมดภายในอาคารห้องสมุดมีความเหมาะสมเป็นไปตามประกาศของกรมอนามัย สำหรับความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่างร้อยละ 47.3-82.3 (เฉลี่ยร้อยละ 68.5±6.5) ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ร้อยละ50-65) ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ CO_2 และ CO ($p>0.05$) ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในวันที่มีคนใช้บริการและไม่มีคนใช้บริการภายในห้องสมุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และสัดส่วนปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และแบคทีเรียภายในต่อภายนอกอาคาร (I/O) พบว่า มีค่า 1.3 และ 1.2 เท่าตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การระบายอากาศจากภายในอาคารออกสู่ภายนอกอาคารยังไม่เพียงพอ ดังนั้นห้องสมุดแห่งนี้จำเป็นต้องจัดการระบายอากาศเพื่อลดความชื้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณแบคทีเรีย เช่น เพิ่มการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ตลอดจนการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารอย่างต่อเนื่อง เพื่อควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารให้เหมาะสม

คำสำคัญ : จุลินทรีย์ คุณภาพอากาศในอาคาร ห้องสมุด จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Abstract

Indoor air quality plays a crucial role in the health and well-being of individuals working within a building. This study presents a cross-sectional descriptive investigation aimed at evaluating indoor air quality and the presence of microorganisms, as well as exploring the correlation between microorganism levels and air quality within the library building of a university in Surat Thani Province, Thailand. The study included biological measurements of indoor air pollution, specifically total bacteria and fungi, alongside assessments of chemical factors (carbon dioxide and carbon monoxide) and thermal comfort (temperature and relative humidity). A selection of sampling sites was established, and measurements

were conducted over four weeks, with two consecutive days of sampling each week. The collected data underwent analysis using descriptive statistics, analysis of variance, and correlation coefficients. The findings indicated that the levels of temperature, carbon dioxide, carbon monoxide, total bacteria, and fungi within the library building fell within the acceptable limits defined by the Department of Health guidelines. However, the relative humidity ranged from 47.3 to 82.3 percent, averaging 68.5±6.5 percent, which did not meet the recommended criteria of 50-65 percent. There were no significant correlations found between bioaerosols and temperature, relative humidity, CO_2, and CO levels ($p>0.01$). Additionally, the microbiological assessment of the library services indicated a statistically significant difference in the levels of bacteria and fungi ($p< 0.05$). The indoor-to-outdoor (I/O) ratios for carbon dioxide and bacteria were 1.3 and 1.2 times, respectively, indicating an inadequacy in ventilation from the inside of the building to the outside. Therefore, it is imperative for the library to enhance ventilation to lower humidity, carbon dioxide, and bacterial counts, while also ensuring ongoing monitoring and maintenance of indoor air quality.

Keywords: Bioaerosols, Indoor air quality, Library, Surat Thani Province

บทนำ

คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor air quality: IAQ) หมายถึง สภาพของอากาศในบริเวณหนึ่ง ๆ ภายในอาคารหรือที่พักอาศัย โดยที่สภาพอากาศที่ดีมีเงื่อนไขการพิจารณา เกี่ยวกับความสุขสบายของคนในการอยู่บริเวณนั้น ๆ เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของลมของอากาศบริเวณนั้น ๆ ที่ยอมรับได้ การหายใจของคนเป็นไปได้อย่างสะดวกสบาย ความเข้มข้นของออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไอสารเคมี อนุภาค และสารกัมมันตรังสี มีปริมาณไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของคน (Wuthichotwanichgij *et al*., 2023) คนทำงานส่วนใหญ่ใช้ชีวิตอยู่ในอาคารมากถึงร้อยละ 90 ของเวลาในแต่ละวัน (Limmongkon *et al*., 2024) คุณภาพอากาศภายในอาคารจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยในอาคาร (Tinochai *et al*., 2018) อากาศภายในอาคารหมุนเวียนนำมาใช้อย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการสะสมความชื้น รวมถึงฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่าง ๆ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพ (Sawatmongkhonkul & Moorapun, 2015) องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) คาดว่าร้อยละ 30 ของอาคารต่าง ๆ ทั่วโลกมีปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Noichaisin & Pirsanupongkawitcha, 2019) ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการออกแบบอาคารให้เป็นระบบปิดเพื่อให้ประหยัดพลังงานจากเครื่องปรับอากาศ ทำให้การถ่ายเทของอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้น้อยเมื่อปริมาณการถ่ายเทอากาศและการระบายอากาศที่จะหมุนเวียนภายในอาคารไม่เพียงพอแก่ความต้องการจะส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษสะสมในอาคารที่เป็นได้ทั้งฝุ่น ก๊าซต่าง ๆ ไอระเหยของสารเคมีรวมถึงอนุภาคทางชีวภาพที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร เช่น เกิดอาการเจ็บป่วย ไม่สบายตัว วิงเวียนศีรษะ อ่อนล้า ระคายเคืองที่ตาและผิวหนัง เป็นต้น (Tinochai *et al*., 2018) นอกจากนี้ การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการสะสมของ CO_2 ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซมลพิษภายในอาคารที่ถูกปล่อยออกมาจากลมหายใจของผู้อยู่ในอาคาร แม้ว่าอันตรายของ CO_2 อาจมีไม่มากเท่าสารพิษชนิดอื่น ๆ แต่หากอาคารนั้นมีการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอจะสามารถพบการสะสมของ CO_2 ได้โดยง่าย สะท้อนให้เห็นถึงโอกาสการได้รับสารพิษชนิดอื่น ๆ ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้งานภายในอาคารได้ด้วยเช่นกัน CO_2 จึงใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของการระบายอากาศ (Kanjanakrajang & Chuaybamroong, 2017)

การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ได้แก่ แบคทีเรียและเชื้อรา เป็นอีกหนึ่งปัญหาหลักสำคัญของคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยแหล่งที่มาของการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศมาจากมนุษย์ ฝุ่น วัสดุต่าง ๆ ภายในอาคาร การไหลเวียนของอากาศภายในและภายนอกอาคาร และระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร คุณภาพอากาศภายในอาคารที่ต่ำหรือสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ (Acceptable level หรือ Recommended level) อาจส่งผลก่อให้เกิดอาการของทางเดินหายใจ (Respiratory symptoms) เช่น การติดเชื้อทางเดินหายใจ ไอ จาม และหายใจลำบาก การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณสูงอาจนำไปสู่ การเกิดโรคภูมิแพ้ หอบหืด และโรคจมูกอักเสบจากภูมิแพ้ นอกจากนี้พบว่า

การปนเปื้อนเชื้อรา อาจก่อให้เกิดกลุ่มอาการเจ็บป่วยภายในอาคาร (Sick building syndrome: SBS) หรืออาการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร (IAQ related illnesses)(Somjai *et al*., 2019)

ห้องสมุดเป็นหน่วยงานที่ให้บริการในด้านการจัดการเรียนการสอน เป็นสถานที่ที่นักศึกษา บุคลากร และประชาชนจำนวนมากมาใช้บริการเพื่ออ่านหนังสือ ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำรายงาน และดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ โดยมีเจ้าหน้าที่และบุคลากรต่าง ๆ ประจำอยู่ภายในอาคาร (Yanpeng *et al.*, 2018) ทำให้บุคคลเหล่านี้มีความเสี่ยงที่อาจเกิดผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับสารมลพิษและจุลินทรีย์ปนเปื้อนภายในอาคาร เนื่องจากภายในอาคารห้องสมุดไม่มีการเปิดกระจกหน้าต่างเพื่อถ่ายเทอากาศภายในห้องกับอากาศภายนอก ดังนั้น ห้องสมุดจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของทั้งผู้รับและผู้ให้บริการในห้องสมุด (Noichaisin & Pirsanupongkawitcha, 2019) การวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศภายในอาคารและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์กับคุณภาพอากาศภายในอาคารของห้องสมุดแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลของการศึกษาครั้งนี้สามารถเป็นข้อมูลสำคัญเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในห้องสมุดให้มีประสิทธิภาพ และลดโอกาสในการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้มาใช้บริการและผู้ให้บริการภายในห้องสมุดต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study) เพื่อการศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ตรวจวัดได้ภายในห้องสมุดของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

พื้นที่ในการศึกษา

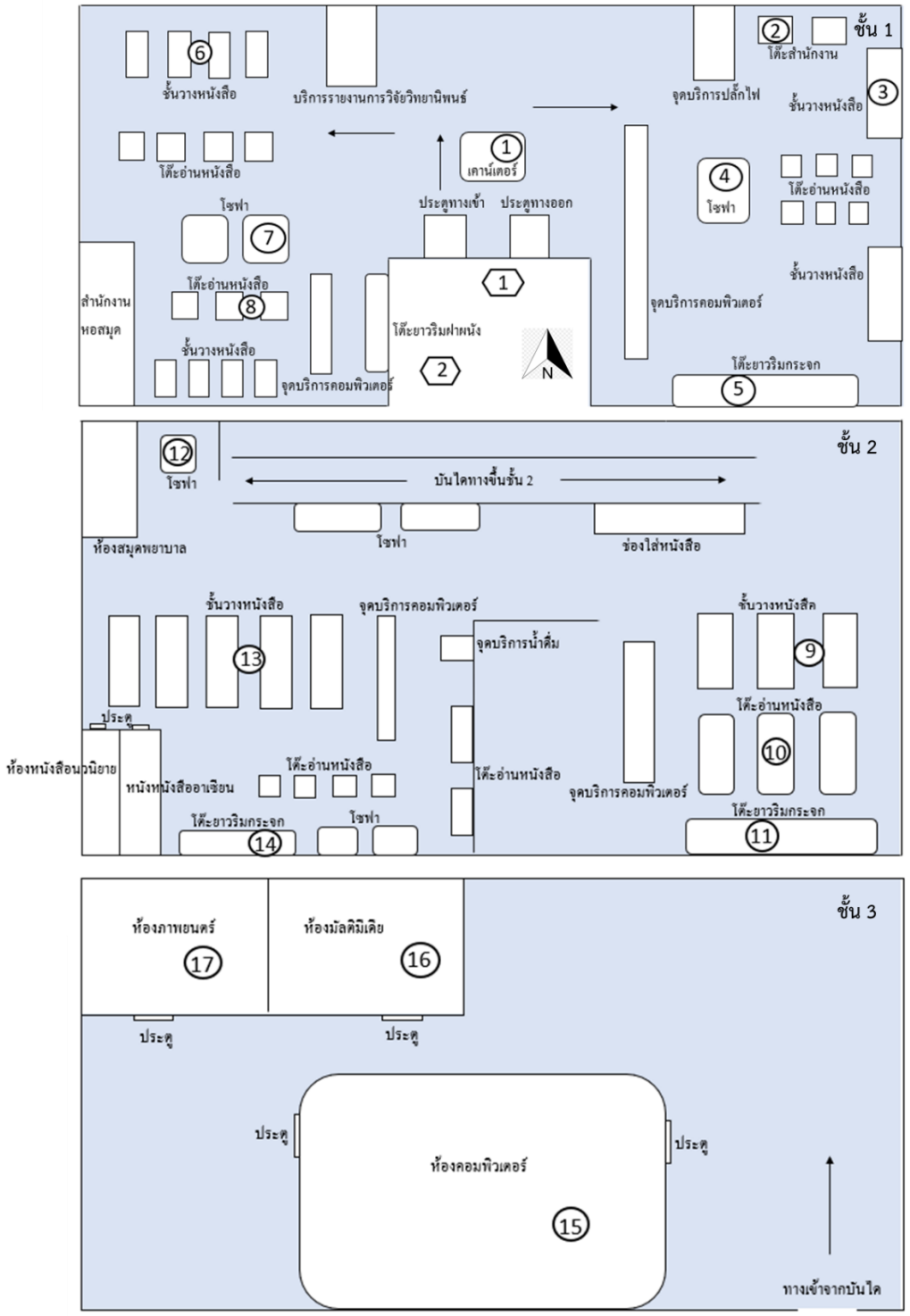
อาคารห้องสมุดของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นอาคารสร้างใหม่ ขนาดใหญ่จำนวน 4 ชั้น ทำการคัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างโดยพิจารณาจากภาพรวมของจำนวนผู้มาเข้ารับบริการในจุดที่เก็บตัวอย่าง ลักษณะงานของแต่ละห้อง รวมถึงจำนวนผู้ปฏิบัติงานในห้องนั้น ๆ ด้วยกิจกรรมการเดินสำรวจ (Walk-through survey) และประเมินความเสี่ยงการสัมผัสสิ่งคุกคามในชั้นต่าง ๆ ของห้องสมุด โดยได้รับการอนุเคราะห์จากบุคลากรและเจ้าหน้าที่ร่วมในการทำกิจกรรมเดินสำรวจครั้งนี้ด้วย ตัวอย่างจุดตรวจวัดในการศึกษาครั้งนี้ มีจำนวน 17 จุดตรวจวัด ได้แก่ ชั้น 1 จำนวน 8 จุดตรวจวัด โดยจุดตรวจวัดที่ 1 เป็นตัวแทนของจุดตรงกลางด้านหน้าชั้น 1 จุดตรวจวัดที่ 2-5 เป็นตัวแทนของฝั่งขวา จุดตรวจวัดที่ 6-8 เป็นตัวแทนของฝั่งซ้าย ชั้น 2 จำนวน 6 จุดตรวจวัด โดยจุดตรวจวัดที่ 9-11 เป็นตัวแทนของฝั่งขวา จุดตรวจวัดที่ 12-14 เป็นตัวแทนของฝั่งซ้าย และชั้น 3 จำนวน 3 จุดตรวจวัด โดยจุดตรวจวัดที่ 15 เป็นตัวแทนของห้องคอมพิวเตอร์ จุดตรวจวัดที่ 16 เป็นตัวแทนของห้องมัลติมีเดีย จุดตรวจวัดที่ 17 เป็นตัวแทนของห้องภาพยนตร์ และเก็บตัวอย่างนอกอาคารเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบจำนวน 2 จุดตรวจวัด (จุดเหนือลมและจุดใต้ลม) ดังแสดงในภาพที่ 1 สำหรับชั้น 4 เป็นส่วนของสำนักงาน ไม่เปิดให้บริการบุคคลภายนอก จึงไม่ได้เลือกเป็นจุดตรวจวัด

พารามิเตอร์ในการตรวจวัด

พารามิเตอร์ทางด้านสภาวะความสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort parameters) ได้แก่ อุณหภูมิทำงาน (Operative temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) พารามิเตอร์ทางด้านเคมี (Chemical parameters) ได้แก่ CO_2 และ CO และพารามิเตอร์ด้านจุลชีพ (Biological parameters) ได้แก่ เชื้อราทั้งหมด (Total viable mold count) และแบคทีเรียทั้งหมด (Total viable bacteria count)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ CO_2 และ CO ใช้เครื่อง Indoor air quality รุ่น TSI-7575 (Innovative) ชนิดอ่านค่าได้ทันที ส่วนการตรวจวัดเชื้อราทั้งหมดและแบคทีเรียทั้งหมดทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ (Micro flow alpha, Aquaria) เครื่องมือตรวจวัดทั้งสองชนิดได้ทำการปรับเทียบ (Calibration) โดยบริษัทที่ได้การรับรองมาตรฐาน เพื่อให้ถูกต้อง เที่ยงตรง และแม่นยำ เป็นไปตามมาตรฐาน และตรวจเช็คก่อนนำไปใช้งานทุกครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แผนผังจุดตรวจวัดภายในอาคารห้องสมุดของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี



ภาพที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ก) เครื่อง Indoor air quality รุ่น TSI-7575 ข) เครื่องเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ

วิธีการเก็บตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ดำเนินการระหว่างวันที่ 25 มกราคม ถึง 16 กุมภาพันธ์ 2566 ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในวันที่มีคน ใช้บริการสัปดาห์ละ 2 วัน ในวันพุธและพฤหัสบดี เนื่องจากมีผู้ใช้บริการห้องสมุดเป็นจำนวนมาก และเก็บตัวอย่างอากาศในวันที่ไม่มีคนใช้บริการในวันเสาร์และอาทิตย์ ติดต่อกัน 4 สัปดาห์ต่อเนื่องกัน โดยกำหนดจุดตรวจวัดที่อยู่ห่างจากมุมหน้าต่าง กำแพง ฯลฯ มากกว่า 0.5 เมตร ห่างจากประตูเข้า-ออก มากกว่า 2 เมตร ไม่อยู่ในทิศทางที่มีการระบายอากาศเข้า-ออก ไม่ตั้งในจุดที่เป็นทางเดินหรือกีดขวางทางเข้าออก และห่างจากแหล่งกำเนิดมลพิษอย่างน้อย 1 เมตร (Department of Health, 2016) ทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารทางด้านกายภาพและเคมีด้วยเครื่องมือชนิดที่อ่านค่าได้ทันที รุ่น TSI-7575 โดยตำแหน่งตรวจวัดสูงจากพื้น 1.1-1.5 เมตร

การเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศภายในอาคารทางด้านชีวภาพ (เชื้อราและแบคทีเรียทั้งหมด) ทำการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธี Active air sampling ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างเชื้อจุลชีพในอากาศ โดยใช้ปั๊มดูดอากาศ ติดตั้งเครื่องให้สูงจากพื้น 1.1-1.5 เมตร ซึ่งเป็นระดับหายใจ (Breathing zone) ของผู้ใช้งานอาคาร ทำการเก็บตัวอย่างเชื้อราทั้งหมดด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) เก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic soy agar (TSA) โดยก่อนเริ่มเก็บตัวอย่างอากาศ ทำความสะอาดเครื่องมือด้วย 70 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และเปิดเครื่องเครื่องเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บรรจุอยู่ภายใน หลังจากนั้นนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่ม ณ อุณหภูมิที่เหมาะสม ได้แก่ จานเพาะเชื้อราทำการบ่ม 2-5 วัน ในตู้บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เชื้อแบคทีเรียบ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด ทำการนับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนจานเพาะเชื้อ จากนั้นคำนวณให้ได้หน่วย CFU/m^3 เพื่อนำไปเปรียบเทียบค่าแนะนำจากสถาบันต่าง ๆ โดยใช้สูตรในการคำนวณดังต่อไปนี้ (Promakotr & Nathapindhu, 2019; Saiyuth *et al*., 2020)

$$\text{ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (Colony Forming Unit: CFU/m}^3\text{)} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีที่นับได้}}{\text{ปริมาตรอากาศทั้งหมด}} \times 1{,}000$$

(ปริมาตรอากาศทั้งหมด = อัตราการไหลของอากาศ x เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง)

การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) วิเคราะห์ข้อมูล แสดงผลเป็นการจัดกลุ่ม ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพอากาศในอาคารโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 23

จริยธรรมวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี เลขรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ SRU-EC2023/014 เมื่อผ่านการอนุมัติ ผู้วิจัยได้เข้าพบเจ้าหน้าที่ห้องสมุด เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัย จากนั้นลงพื้นที่สำรวจ เก็บตัวอย่าง ทำการบันทึกผล วิเคราะห์ผลเป็นลำดับต่อไป

ผลการวิจัย

การสำรวจลักษณะทางกายภาพและสิ่งแวดล้อมภายในห้องสมุด

ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพและสิ่งแวดล้อมพบว่า ห้องสมุดแห่งนี้มีจำนวน 4 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยทั้งสิ้นประมาณ 17,000 ตารางเมตร จำนวนเจ้าหน้าที่และแม่บ้านทำความสะอาด รวม 17 คน จำนวนผู้ใช้บริการห้องสมุดต่อวัน (ประเมินจากวันที่ตรวจวัด) เฉลี่ย 327±98.2 คน เครื่องปรับอากาศเป็นชนิดแอร์ฝังติดเพดาน มีการดูแลเครื่องปรับอากาศปีละ 1 ครั้ง ระยะเวลาของการเปิดเครื่องปรับอากาศ ส่วนใหญ่จะเปิดเฉพาะชั้น 1 และชั้น 2 เปิดเวลา 9.00-16.30 น. ส่วนชั้น 3 และชั้น 4 เปิดเฉพาะเมื่อมีเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานหรือมีผู้ใช้บริการ มีการทำความสะอาดและเก็บขยะมูลฝอยทุกวัน จากการสำรวจพบว่ามีกลิ่นอับชื้นภายในห้องคอมพิวเตอร์และห้องภาพยนตร์ เนื่องจากพื้นห้องมีการปูพรหม ห้องสมุดแห่งนี้มีการปลูกต้นไม้ฟอกอากาศในกระถาง ได้แก่ พลูด่าง ลิ้นมังกร เศรษฐีเรือนใน ในบางบริเวณ เช่น โต๊ะสำนักงานและทางเดินเท้า มีการติดตั้งและใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ และมีการใช้สารเคมี เช่น น้ำยาถูพื้นทำความสะอาดพื้นและพื้นที่ต่าง ๆ

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ

ผลการตรวจวัดทางด้านสภาวะความสบายเชิงความร้อน ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จากการเก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์อุณหภูมิในอากาศภายในอาคารพบว่า แต่ละจุดตรวจวัดมีค่าที่แตกต่างกัน โดยมีค่าระหว่าง 22.2-28.6 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ย 24.7±0.8 องศาเซลเซียส ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน (24.0-26.0 องศาเซลเซียส) ตามประกาศกรมอนามัย เรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ.2565 ยกเว้นมีจุดตรวจวัดที่ 10 11 และ 14 มีค่าเฉลี่ย 23.5±0.2 23.5±0.2 และ 23.6±0.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และจุดตรวจวัดที่ 15 มีค่าเฉลี่ย 26.8±1.4 องศาเซลเซียส ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐาน และการวิเคราะห์ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในอาคารพบว่า แต่ละจุดตรวจวัดมีค่าที่แตกต่างกัน โดยมีค่าระหว่างร้อยละ 47.3-82.3และมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 68.5±6.5 ซึ่งส่วนใหญ่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน (50-65 เปอร์เซ็นต์) ตามประกาศกรมอนามัย เรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 โดยจุดตรวจวัดที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์มากที่สุด ได้แก่ จุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 76.4±0.2 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ผลการตรวจวัดด้านเคมี ได้แก่ CO_2 และ CO จากการเก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์ CO_2 ในอากาศภายในอาคารพบว่า มีค่าระหว่าง 422-1,437 ppm มีค่าเฉลี่ย 551.8±168.5 ppm ส่วนใหญ่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน (≤ 1,000) ตามประกาศกรมอนามัย เรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 โดยจะมีจุดตรวจวัดที่ 17 มีค่าเฉลี่ย 1,029.9±295.5 ppm เกินเกณฑ์มาตรฐาน และจากการเก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์ CO ในอากาศภายในอาคารพบว่า มีค่าระหว่าง 1.0-2.1 ppm มีค่าเฉลี่ย 1.3±0.1 ppm ทุกจุดตรวจวัดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน (≤9) ตามประกาศกรมอนามัย เรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ผลการตรวจวัดด้านจุลชีพ ได้แก่ เชื้อราทั้งหมดและแบคทีเรียทั้งหมด จากการเก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์เชื้อราในอากาศภายในอาคารพบว่า มีค่าระหว่าง 20-325 CFU/m^3 ค่าเฉลี่ย 92.2±22.5 CFU/m^3 ทุกจุดตรวจวัดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน (<500 CFU/m^3) ตามประกาศกรมอนามัย เรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 และจากการเก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์แบคทีเรียในอากาศภายในอาคารห้องสมุดพบว่ามีค่าระหว่าง 20-465 CFU/m^3 ค่าเฉลี่ย 108.2±35.9 CFU/m^3 ทุกจุดตรวจวัดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน (<500 CFU/m^3) ตามประกาศกรมอนามัย เรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายในห้องสมุด

จุดตรวจวัด		พารามิเตอร์ ต่ำ-สูง ($\bar{x}$ ±S.D.)					
ภายในอาคาร (ชั้น)	ตำแหน่งตรวจวัด	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	CO_2 (ppm)	CO (ppm)	เชื้อราทั้งหมด (CFU/m^3)	แบคทีเรียทั้งหมด (CFU/m^3)
1	ซ้าย	24.1-25.3 (24.9±0.4)	61.5-71.3 (68.4±2.3)	439-683 (493.9±62.7)	1.2-1.7 (1.4±0.2)	20-265 (85.0±66.6)	25-225 (82.2±52.2)
	ตรงกลาง	24.5-25.6 (25.2±0.3)	70.1-80.1 (76.4±3.3)	442-566 (486.8±31.4)	1.0-1.9 (1.3±0.2)	60-280 (137.5±78.0)	30-195 (113.3±60.5)
	ขวา	24.2-25.5 (24.7±0.3)	60.2-74.4 (68.6±3.0)	441-539 (475.4±24.4)	1.1-1.8 (1.3±0.1)	30-155 (77.7±33.8)	35-465 (133.1±91.5)
2	ซ้าย	22.2-25.5 (24.2±0.8)	67.1-82.3 (74.4±4.2)	422-582 (473.5±40.5)	1.0-1.6 (1.3±0.1)	60-325 (121.1±74.8)	25-160 (77.7±37.3)
	ขวา	23.1-25.1 (23.9±0.6)	62.9-76.8 (69.6±3.7)	428-622 (473.7±34.7)	1.1-1.8 (1.4±0.2)	45-185 (81.6±40.3)	20-185 (86.7±45.8)
3	ห้องคอมพิวเตอร์	24.8-28.6 (26.8±1.4)	63.6-75.0 (70.5±4.2)	603-1,138 (870.2±206.1)	1.1-1.6 (1.3±0.2)	40-160 (92.5±45.6)	40-315 (175.8±110.4)
	ห้องภาพยนตร์	24.0-27.4 (25.6±1.1)	47.3-60.3 (52.7±5.0)	577-962 (772.0±137.4)	1.3-1.9 (1.7±0.2)	40-65 (55.8±9.7)	40-230 (115.0±71.1)
	ห้องมัลติฯ	24.1-27.0 (25.4±1.2)	50.2-59.2 (53.9±3.5)	561-1,437 (1,029.9±296.5)	1.2-2.1 (1.5±0.2)	50-125 (86.7±29.3)	45-205 (117.5±64.3)
	เฉลี่ย	22.2-28.6 (24.7±0.8)	47.3-82.3 (68.5±6.5)	422-1,437 (551.8±168.5)	1.0-2.1 (1.3±0.1)	20-325 (92.2±22.5)	20-465 (108.2±35.9)
ภายนอกอาคาร	1	24.7-30.5 (28.5±1.9)	65.9-90.7 (73.9±8.3)	415-499 (448.0±29.3)	1.2-3.1 (1.5±0.5)	65-290 (172.5±80.8)	40-270 (108.3±82.9)
	2	24.6-32.5 (30.1±2.3)	58.8-91.7 (68.0±9.0)	411-433 (423.7±7.5)	1.2-3.1 (1.7±0.5)	85-405 (225.8±111.0)	30-135 (70.0±40.5)
	เฉลี่ย	(29.3±1.1)	(71.0±4.2)	(435.9±17.2)	(1.6±0.1)	(199.2±37.7)	(89.2±27.1)
	ค่ามาตรฐาน*	**24.0-26.0**	**50-65**	**≤ 1,000**	**≤ 9**	**≤ 500**	**≤ 500**

* ประกาศกรมอนามัย เรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในห้องสมุด

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารของห้องสมุดแห่งนี้ด้วยการวิเคราะห์สถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r) โดยค่า r จะมีค่าระหว่าง -1 < r < 1 เมื่อค่า r เป็นลบ แสดงว่ามีความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน ค่า r เป็นบวก แสดงว่ามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกัน และค่า r เป็นศูนย์ แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งการแสดงความหมายของขนาดความสัมพันธ์ เป็นดังนี้ ความสัมพันธ์ระดับสูงมาก (r=0.81-1.00) ระดับสูง (r=0.61-0.80) ปานกลาง (r=0.41-0.60) ต่ำ (r=0.21-0.40) และต่ำมาก (r=0.0-0.20) ตามลำดับ (Wijitwanna, 2022) จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความชื้นสัมพัทธ์ในระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r= -0.218, p<0.05) และมีความสัมพันธ์กับ CO_2 ในระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r=0.337, p<0.05) ส่วนความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์แบบผกผันในระดับปานกลางกับ CO_2 และ CO อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า r= -0.521 และ -0.500

($p<0.05$) ตามลำดับ นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ CO_2 และ CO ไม่มีความสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ในอากาศ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้คุณภาพอากาศภายในอาคาร

พารามิเตอร์	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	CO_2	CO	เชื้อรา	แบคทีเรีย
อุณหภูมิ	1					
ความชื้นสัมพัทธ์	-0.218*	1				
CO_2	0.337*	-0.521*	1			
CO	0.122	-0.500*	0.407*	1		
เชื้อรา	0.148	0.178	-0.115	-0.057	1	
แบคทีเรีย	0.172	-0.014	-0.037	0.119	0.169	1

* ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างมีคนใช้บริการและไม่มีคนใช้บริการห้องสมุด

ผลการวิจัยพบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ CO_2 และ CO ในวันที่มีคนใช้บริการและไม่มีคนใช้บริการไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ส่วนปริมาณเชื้อราและแบคทีเรียทั้งหมดในวันที่มีคนใช้บริการและไม่มีคนใช้บริการมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพอากาศภายในอาคารห้องสมุดระหว่างให้บริการและไม่มีการให้บริการ

พารามิเตอร์	มีคนใช้บริการ		ไม่มีคนใช้บริการ		F	P-value
	ต่ำ-สูง	ค่าเฉลี่ย±SD	ต่ำ-สูง	ค่าเฉลี่ย±SD		
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	22.2-28.6	24.7±0.8	20.7-25.7	23.9±1.5	4.12	0.051
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	47.3-82.3	68.5±6.5	57.4-79.5	67.0±6.7	0.45	0.506
CO_2 (ppm)	422-1,437	551.8±168.5	452-597	497.2±34.5	1.72	0.199
CO (ppm)	1.0-2.1	1.3±0.1	1.1-1.7	1.4±0.2	0.99	0.328
เชื้อรา (CFU/m^3)	20-325	92.2±22.5	10-355	135.8±82.3	15.03	0.00
แบคทีเรีย (CFU/m^3)	22.2-28.6	24.7±0.8	20.7-25.7	23.9±1.5	4.12	0.051

อัตราส่วนระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารต่อภายนอกอาคาร (I/O Ratio)

อัตราส่วน I/O เป็นค่าความเข้มข้นระหว่างภายในต่อภายนอกอาคาร การวิจัยในครั้งนี้หาค่าอัตราส่วน I/O เพื่อประเมินแหล่งกำเนิดมลภาวะอากาศของแต่ละพารามิเตอร์และวิเคราะห์การระบายอากาศภายในอาคารห้องสมุด ผลการวิจัยพบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ CO และเชื้อราทั้งหมดภายในอาคารต่อภายนอกอาคาร (I/O) มีค่า 0.8 0.9 0.8 และ 0.5 ตามลำดับ เนื่องจากค่า I/O น้อยกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าการระบายอากาศจากภายในออกสู่ภายนอกเป็นไปได้ดี ส่วนอัตราส่วนของ CO_2 และแบคทีเรียทั้งหมดภายในอาคารต่อภายนอกอาคาร (I/O) มีค่า 1.3 และ1.2 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าความเข้มข้นของ CO_2 และแบคทีเรียทั้งหมดภายในอาคารมากกว่าพื้นที่ภายนอก (Visitsartkul *et al*., 2023)

ตารางที่ 4 อัตราส่วนคุณภาพอากาศภายในและภายนอกอาคารห้องสมุด (I/O Ratio)

จุดตรวจวัด	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	CO_2 (ppm)	CO (ppm)	เชื้อรา (CFU/m^3)	แบคทีเรีย (CFU/m^3)
ภายในอาคาร	24.7	68.5	551.8	1.3	92.2	108.2
ภายนอกอาคาร	29.3	71.0	435.9	1.6	199.2	89.2
(I/O)	0.8	0.9	**1.3**	0.8	0.5	**1.2**

อภิปรายผลการวิจัย

การเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารห้องสมุดของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ช่วงเดือนมกราคม ถึงกุมภาพันธ์ 2566 ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูร้อน และห้องสมุดแห่งนี้ตั้งอยู่ในเขตภาคใต้ที่ร้อนชื้น มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง มีฝนตกตลอดทั้งปี สภาวะอากาศในช่วงนี้ค่อนข้างแปรปรวน ทำให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีความแตกต่างกันออกไป จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ของการตรวจวัด พารามิเตอร์ทางด้านสภาวะความสบายเชิงความร้อน ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานร้อยละ 68.50 (มาตรฐานร้อยละ 50-65) โดยบริเวณจุดตรวจวัดที่ 1 บริเวณด้านหน้าชั้น 1 ของห้องสมุด มีความชื้นสัมพัทธ์เกินมาตรฐานสูงสุดคือร้อยละ76.40 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Prasomwong *et al*. (2018) ที่ทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงแรมจำนวน 2 โรงแรมของจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเกินกว่ามาตรฐาน American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers หรือ ASHRAE (ร้อยละ30-60) ร้อยละ 65.85-72.29 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Akanmu *et al*. (2021) พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องสมุดมหาวิทยาลัยจำนวน 3 แห่งในประเทศไนจีเรียมีค่าเกินมาตรฐาน ASHRAE ร้อยละ 70 อย่างไรก็ดีพบว่า ผลการศึกษาไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Somjai *et al*. (2019) ทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารห้องสมุดมหาวิทยาลัยในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 4 แห่งพบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในระดับที่เหมาะสม ค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ของห้องสมุดทั้ง 4 แห่งเท่ากับร้อยละ 56.50 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE ทั้งนี้อาจเป็นผลจากตำแหน่งที่ตั้งของห้องสมุดและฤดูกาลในการตรวจวัดที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องสมุดมหาวิทยาลัยแห่งนี้อยู่ในระดับสูง ร้อยละ 68.40-76.40 อาจเนื่องมาจากฤดูกาลที่เก็บตัวอย่างอากาศเป็นช่วงต้นของฤดูร้อน ทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์ตามธรรมชาติสูง รวมถึงการระบายอากาศภายในห้องสมุดที่ไม่เพียงพอ ซึ่งปัจจัยที่เกินค่ามาตรฐานนี้อาจส่งผลให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้บริการและผู้ให้บริการห้องสมุด โดยความชื้นสัมพัทธ์เป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความรู้สึกสบาย สภาวะที่ความชื้นในอากาศที่พอเหมาะทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกสดชื่น สบาย หากความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินไปอาจทำให้รู้สึกร้อน อบอ้าวและอึดอัด ซึ่งแนวทางหนึ่งในแก้ไข เช่น ควรมีการเปิดเครื่องปรับอากาศก่อนมีคนใช้บริการ หรือควรเปิดประตูและหน้าต่างเพื่อระบายอากาศภายในอาคาร ก่อนมีผู้ใช้บริการ เพื่อให้มีการระบายอากาศและความชื้นภายในอาคาร ลดการสะสมของความชื้น

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารห้องสมุด ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียรสันพบว่า อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์และ CO_2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า อุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์จะแปรผกผันกันอย่างต่อเนื่อง ($r=-0.218$, $p<0.05$) และอุณหภูมิกับ CO_2 จะแปรผันตามกัน ($r=0.337$, $p<0.05$) ในขณะที่พารามิเตอร์ด้านอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ CO_2 และ CO มีความสัมพันธ์กับเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดในอากาศอยู่ในต่ำมากหรือไม่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Noichaisin & Pirsanupongkawitcha (2019) พบว่า ความเข้มข้นของ CO_2 มีค่าเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลง เมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิภายในทุกพื้นที่สูงขึ้นและความชื้นสัมพัทธ์ลดลง สามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน ที่ระบุว่าการถ่ายเทความร้อนระหว่างอาคารและสิ่งแวดล้อมมาจากการรับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าตัวอาคาร ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้น และประกอบกับ CO_2 มีคุณสมบัติในการกักเก็บพลังงานความร้อนไว้ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงขึ้น ส่งผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ให้มีค่าลดลงตามเวลาที่ผ่านไป

ผลจากการเปรียบเทียบคุณภาพอากาศระหว่างมีคนใช้บริการและไม่มีคนใช้บริการห้องสมุดพบว่า ปริมาณเชื้อราทั้งหมดและแบคทีเรียทั้งหมดในอากาศมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) ในวันที่มีคนใช้บริการจำนวนเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียเท่ากับ 92.20±22.5 และ 108.20±35.90 CFU/m^3 ส่วนในวันที่ไม่มีคนใช้บริการห้องสมุดพบจำนวนเชื้อราเพิ่มขึ้น (135.80 ±82.30 CFU/m^3) ส่วนปริมาณเชื้อแบคทีเรียลดลงประมาณ 2 เท่า (49.70±44.60 CFU/m^3) ตามลำดับ ทั้งนี้การที่เชื้อราเพิ่มขึ้นในวันที่ไม่มีคนใช้บริการ อาจเป็นไปได้ว่าในช่วงที่ไม่มีคนใช้บริการห้องสมุด แอร์และพัดลมระบายอากาศไม่ถูกเปิดใช้งาน จึงทำให้มีความชื้นสัมพันธ์สะสมเพิ่มขึ้น อีกทั้งหนังสือเป็นแหล่งอาหารของเชื้อรา เช่น เซลลูโลสและลิกนิน ที่ประกอบบนตัวปกหนังสือหรือกระดาษ จึงเป็นสาเหตุให้เชื้อราเจริญได้ดี ส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ลดลงอาจมาจากจำนวนคนใช้บริการห้องสมุดที่ลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจวัดได้ไม่เกินมาตรฐานกำหนด แต่หากมีปริมาณที่มากเพียงพอก็ย่อมเพิ่มโอกาสเสี่ยงในการรับเชื้อ และถ้าสภาพร่างกายของผู้ที่ได้รับเชื้อจุลินทรีย์อ่อนแอลง อาจก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยที่รุนแรงเพิ่มมากขึ้น

จากการศึกษาอัตราส่วนคุณภาพอากาศภายในอาคารต่อภายนอกอาคาร (I/O ratio) พบว่า CO_2 และปริมาณแบคทีเรีย มีค่า I/O มากกว่า 1 แสดงว่าความเข้มข้นของมลพิษของพื้นที่ภายในมากกว่าพื้นที่ภายนอก ซึ่งแหล่งกำเนิดหลักของ CO_2 และแบคทีเรีย ได้แก่ จำนวนผู้ใช้บริการ กิจกรรมภายในห้องสมุด การปลดปล่อย CO_2 จากกระบวนการหายใจของผู้ใช้บริการ หากไม่มีการระบาย CO_2 ที่มีประสิทธิภาพ อาจทำให้ผู้ใช้บริการห้องสมุดปวดศีรษะ วิงเวียนศีรษะ มึนงง สับสน การได้ยินลดลง และรบกวนการมองเห็น เนื่องจากสมองถูกกดการทำงาน สอดคล้องกับงานวิจัย Kanjanakrajang & Chuaybamroong (2017) พบว่า ความเข้มข้นของ CO_2 ภายในห้องเรียนที่ตรวจวัดมีการสะสมตัวขึ้นเรื่อย ๆ ตามเวลาที่ผ่านไปแม้ว่าจำนวนผู้เรียนจะคงที่ แสดงว่าไม่มีการนำอากาศใหม่เข้ามาช่วยเจือจางความเข้มข้นของ CO_2 หรือไม่มีการระบายอากาศเสียออกไปจากห้อง จึงไม่สามารถควบคุมความเข้มข้นของก๊าซไม่ให้เกิน 1,000 ppm ตามมาตรฐานของ ASHRAE ได้ และหากการระบายอากาศสำหรับแบคทีเรียไม่เพียงพอ อาจทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจได้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ห้องสมุดภายในมหาวิทยาลัยเป็นสถานที่สำคัญ เป็นศูนย์กลางการแลกเปลี่ยน เพิ่มพูนความรู้ และการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษา ดังนั้นคุณภาพอากาศภายในห้องสมุดควรอยู่ในระดับที่ดี ตรงตามมาตรฐาน เพื่อสุขภาพของผู้ใช้บริการและผู้ให้บริการ จากการศึกษาพบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของทั้งผู้ใช้บริการและผู้ให้บริการในห้องสมุดคือ ความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมอนามัย เรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 และพบว่า ภายในอาคารห้องสมุดมีการสะสม CO_2 และแบคทีเรียภายในระดับสูง ชี้ให้เห็นว่าการระบายอากาศจากภายในอาคารออกสู่ภายนอกอาคารยังไม่เพียงพอ ดังนั้นห้องสมุดแห่งนี้จำเป็นต้องจัดการระบายอากาศเพื่อลดความชื้น ลดการสะสม CO_2 และปริมาณแบคทีเรีย เช่น เพิ่มการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ เพิ่มชั่วโมงการเปิดพัดลมระบายอากาศ เป็นต้น เพื่อควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารให้เหมาะสม ตลอดจนเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

Akanmu. W. P., Nunayon, S. S. & Eboson, U. C. (2021). Indoor environmental quality (IEQ) assessment of Nigerian university libraries: a pilot study. *Energy and Built Environment*, *2*(3), 302-314

Department of health. (2016). Operational manual for assessing indoor air quality for officials. Nonthaburi: Ministry of Public Health Department of Health (in Thai)

Kanjanakrajang, A. & Chuaybamroong, P. (2017). Measurements of carbon dioxide to determine the ventilation effectiveness in the classroom. *Thai Science and Technology Journal*, *25*(6), 960-967. (in Thai)

Limmongkon, Y. Pruktharathikul, V. Jirapornkul, C. & Boonruksa, P. (2024). Assessing air quality in various Indoor environments of a university library. *Polish Journal of Environmental Studies*, *3*(3), 3283-3292

Noichaisin, L. & Pirsanupongkawitcha, S. (2019). Assessment of ventilation efficiency in library room Burapha University Sa Kaeo Campus. *Burapha Science Journal*, *24*(3), 945-957. (in Thai)

Prasomwong, M., Ho, W., Boonchua, T., Kongcharoen, J. & Onmek, N. (2018). Indoor air quality in hotel buildings and sick building syndrome of hotel Staffs, Surat Thani Province. *Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, *20*(3), 64-73. (in Thai)

Promakotr, R. & Nathapindhu, G. (2019). Type and quantity of microorganisms contamination in the ambient air at municipal landfill site, Khon Kaen Province. *KKU Research Journal (Graduate studies)*, *19*(3), 166-177. (in Thai)

Saiyuth, P. Harnpicharnchai, K. & Wibuloutai, J. (2020). Quantity of bioaerosol and indoor air quality in hospital: case study of Nakornping hospital, Chiang Mai. *The Office of Disease Prevention and Control 9th Nakhon Ratchasima Journal*, *26*(1), 14-24. (in Thai)

Sawatmongkhonkul, N. & Moorapun, C. (2015). Perception of interior air quality in public buildings. *Veridian E-Journal, Slipakorn University, 8*(2), 1583-1594. (in Thai)

Somjai, N., Luksamijarulkul, P. & Vattanasomboon, P. (2019). Microbial air quality, physical, and indoor environment in university libraries of Bangkok metropolitan region. *Advanced Science Journal*, *19*(2), 68-84. (in Thai)

Tinochai, P., Tealek, M. & Kongpran, J. (2018). Indoor air quality in hospital: a case study for a community hospital in Nakhon Si Thammarat Province. *Journal of Health Science*, *28*(2), 325-333. (in Thai)

Visitsartkul, P., Sreshthaputra, A. & Pinich, S. (2023). Impact of number of opening sides on air quality in semi-open space of community mall. *Sarasatr*, *6*(1), 28-40. (in Thai)

Wijitwanna, S. (2022). Correlation in statistics: How to use. *Journal of Humanities and Social Sciences*, *8*(2), 1-15. (in Thai)

Wuthichotwanichgij, G., Thongchub, W. & Nongthed, N. (2023). Seasonal nature of indoor air quality of outpatient department in lower northern Thailand. *Institute for Urban Disease Control and Prevention Journal*, *7*(2), 51-64. (in Thai)

Yanpeng, W., Yuming, L. & Ding-Chin, C. (2018). Indoor air quality investigation of a university library based on field measurement and questionnaire survey. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, *13*(2), 148–160.