



การประเมินคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนของ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ณ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ใน จังหวัดปทุมธานี

เสาวนีย์ หน่อแก้ว*, ญาณิศา แสงแก้ว**, แพรพลอย ญารักษ์**, อรญา วิเศษหมั่นไวย**, และอรุณ เกตุสาคร***

Received : May 28, 2021

Revised : August 3, 2021

Accepted: August 22, 2021

บทคัดย่อ

การศึกษากาตดัคขวางนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ณ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในประเทศไทย ดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนจำนวน 4 ห้องในเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม 2562 จำนวน 9 พารามิเตอร์ด้วยเครื่องมือวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร เครื่องมือในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ และเครื่องเก็บฝุ่นแบบอ่านค่าโดยตรง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยรวม เชื้อราในอากาศ แบคทีเรียในอากาศ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร โดยใช้สถิติพรรณนาแบบแจกแจงความถี่และค่าเฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่าพารามิเตอร์คุณภาพอากาศภายในอาคารที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 55-2010 ISO7730 มาตรฐานASHRAE 62.1- 2010 และมาตรฐาน ประเทศสิงคโปร์ SS554: 2009 ได้แก่ (1) อุณหภูมิ 2 ห้องเรียน (2) ความชื้นสัมพัทธ์ 1 ห้องเรียน (3) ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 4 ห้องเรียน และ (4) ปริมาณแบคทีเรียในอากาศ 2 ห้องเรียน จากการตรวจวัดอัตราการระบายอากาศพบว่า ห้องเรียนทั้งหมดที่ทำมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ไม่เพียงพอ จากการศึกษาจึงเสนอให้พิจารณาปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาดเพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ รวมถึงการเติมอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกอาคารเข้ามาภายในห้องเพื่อให้เกิดการระบายอากาศอย่างเหมาะสม และบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพที่ดีอยู่เสมอโดยมีการตรวจสอบสภาพทุก ๆ 6 เดือน

คำสำคัญ: คุณภาพอากาศภายในอาคาร / การระบายอากาศ / กลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร / ห้องเรียน

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวนีย์ หน่อแก้ว คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, E-mail:

Saowanee.n@ph.tu.ac.th

* Ph.D. (Public Health) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

**นักศึกษาลัทธิตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

*** Ph.D. (Industrial Engineering) รองศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



Assessment of Indoor Air Quality in the Lecture Room of Undergraduate Students in a University in Pathumthani Province

Saowanee Norkaew*, Yanisa sangkaew**, Pearploy Yarak**, Oraya Wisetmuenwai**, and Arroon Ketsakorn***

Abstract

The purpose of this cross-sectional study was to assess the indoor air quality in undergraduate student classrooms in a university, Pathumthani Province. The study was conducted in 4 classrooms from August to October 2019 and the data were collected by using indoor air quality meter, biosampler and direct reading air particle counter for 9 parameters including temperature, humidity, carbon monoxide, carbon dioxide, total VOCs, fungi, bacteria, PM10 and PM2.5. Descriptive frequencies and mean values were used to analyze data. The results showed that 4 parameters did not meet the ASHRAE Standard 55-2010 ISO7730, ASHRAE 62.1- 2010, and SINGAPORE: SS554: 2009 standard including: (1) temperature in 2 classrooms; (2) humidity in 1 classroom; (3) carbon dioxide in 4 classrooms; and (4) bacteria in 2 classrooms. The air change rate results in all classrooms were found to be below standard. Therefore, the improvement of air conditioning systems was recommended for temperature, humidity and cleaning control to reduce the bacterial growth and to increase the purified air for the suitable indoor ventilation in the classrooms. Additionally, maintenance of the air conditioner in the classrooms by inspecting its efficiency every 6 months should be done.

Keywords: Indoor air quality / Ventilation / Sick building syndrome / Lecture room

***Corresponding Author:** Assistant Professor Dr. Saowanee Norkaew, Faculty of Public Health, Thammasat University, E-mail: Saowanee.n@fph.tu.ac.th

* Ph.D. (Public Health), Assistant Professor, Faculty of Public Health, Thammasat University

**Student in Bachelor of Science Program, Faculty of Public Health, Thammasat University

*** Ph.D. (Industrial Engineering), Associate Professor, Faculty of Public Health, Thammasat University



1. บทนำ

ปัจจุบันการดำรงชีวิตในแต่ละวันของคนส่วนใหญ่ใช้เวลาในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคาร มากกว่าภายนอกอาคารมากถึงร้อยละ 80 (Norhidayah, Chia-Kuang, Azhar, M., & Nurulwahida, 2013) และ ในขณะเดียวกันมีการอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นและมีกิจกรรมที่หลากหลาย เป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหาสภาพแวดล้อมภายในอาคาร (ห้องปฏิบัติการกลางประเทศไทย, 2562) คุณภาพอากาศภายในอาคาร (indoor air quality) หมายถึง คุณภาพอากาศภายในและรอบอาคารที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพและความสะดวกสบายของผู้ที่อาศัยภายในอาคาร (กัญญา ม่วงแก้ว, 2559) และการควบคุมสารมลพิษในอาคารทั่วไปสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อความกังวลเรื่องสุขภาพภายในอาคารได้ (U.S.EPA, 1991)

มลพิษทางอากาศภายในอาคารมีแหล่งที่มาของสารมลพิษหลากหลาย ได้แก่ สถานที่ตั้งอาคาร ที่ตั้งอาคารอยู่ใกล้กับทางหลวงและถนนที่มีการจราจรคับคั่ง ซึ่งเป็นแหล่งของอนุภาคของแข็งที่ลอยอยู่ในอากาศ และสารมลพิษอื่น ๆ รูปแบบอาคาร เช่น ข้อผิดพลาดจากการออกแบบและก่อสร้างรากฐานที่ไม่ดี หลังคา โครงสร้าง อาคาร ประตู หน้าต่างอาจเป็นทางเปิดนำสารมลพิษและความชื้นเข้าสู่อาคาร หรือตำแหน่งของท่ออากาศเข้าสู่อาคารอยู่ในตำแหน่งที่สารมลพิษถูกดึงกลับเข้าสู่อาคาร การออกแบบระบบอาคารและการบำรุงรักษา เมื่อการทำงานของระบบความร้อน เย็น และระบายอากาศไม่เหมาะสม ความดันของอากาศในอาคารจะมีสภาพเป็นลบ ทำให้สารพิษจากภายนอกแทรกซึมผ่านเข้ามา กลิ่นสีฝุ่นและสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ จากวัสดุก่อสร้างในการก่อสร้างปรับปรุงอาคารใหม่ วัสดุก่อสร้างอาคาร ผนวกกันความร้อน วัสดุกันเสียงที่ซำรดเสียหาย ผนัง เพดาน พรม ม่านที่มี ความชื้น ฯลฯ อาจเป็นแหล่งของสารมลพิษทางอากาศภายในอาคารได้ เฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ การใช้สารเคมีกำจัดแมลง สารทำความสะอาด หรือผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพเฉพาะบุคคล ผู้ใช้อาคาร สารมลพิษอาจมาจากตัวผู้ใช้อาคาร กิจกรรมของผู้ใช้อาคาร สารมลพิษในอาคารแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) สารมลพิษทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา ไรฝุ่น สะเก็ดผิวหนังของสัตว์ ละอองเกสร 2) สารมลพิษทางเคมี ได้แก่ แก๊สและไอระเหยต่าง ๆ ที่ปลดปล่อยจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในอาคาร อุปกรณ์สำนักงาน เฟอร์นิเจอร์ วัสดุปูพื้นและผนัง สารเคมีกำจัดแมลง และสารทำความสะอาด เครื่องอุปโภคบริโภค อุปกรณ์เหตุสารเคมีหกรั่วไหล วัสดุก่อสร้างกาวและสีทาผนัง การเผาไหม้ เช่น คาร์บอนมอนนอกไซด์ ฟอสฟอรัสไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น 3) สารมลพิษที่เป็นอนุภาค (ไม่ใช่อนุภาคทางชีวภาพ) ได้แก่ อนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่ไม่มีชีวิต สารแขวนลอยในอากาศ ฝุ่น สิ่งสกปรก หรือสารอื่น ๆ ที่อาจจะถูกดึงเข้าสู่อาคารจากภายนอก และ อาจมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในอาคาร เช่น การก่อสร้าง การถ่ายเอกสาร การใช้งานเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น (นภดณัย อาชาวคม, 2554)

สถานศึกษาเป็นสถานที่หนึ่งที่ใช้ในการศึกษาหาความรู้และมีบุคคลจำนวนมากที่มีการใช้สอยอาคารสถานศึกษา โดยเฉลี่ยแล้วนักศึกษาไทยจะใช้เวลาในการศึกษาหาความรู้หรือประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ในห้องเรียนเป็นเวลา 2,000 - 3,600 ชั่วโมงต่อปี หรือ 5 - 10 ชั่วโมงต่อวัน (ณหทัย ตัญญา, 2554) ปัจจุบันลักษณะอาคารสถานศึกษามีการใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งระหว่างการอยู่ในห้องเรียนนั้นอาจเกิดอาการที่ทำให้รู้สึกไม่สบายจากอากาศภายในห้องเรียน เช่น อากาศที่หนาวหรือร้อนเกินไป อึดอัด ไม่สบายตัว หรือหลังจากการนั่งเรียนอาจมีอาการปวดหัว ตาแห้ง คัน น้ำตาไหล จาม น้ำมูกไหล และผิวหนังระคายเคือง เป็นต้น (วิกรม



แสงศิริ, 2548; สุริพรรณ สุพรรณสมบูรณ์, 2561) นอกจากนี้ ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศสูงอาจส่งผลเสียต่อการเรียนและสุขภาพของผู้เรียน ผู้ใช้ห้องเรียน และทำให้รู้สึกง่วง (สุริพรรณ สุพรรณสมบูรณ์, 2561) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ห้องเรียนที่ไม่มีการติดตั้งระบบเติมอากาศ พัฒลมุดอากาศ และระบบเติมอากาศจากเครื่องปรับอากาศจะทำให้ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศภายในห้องเรียนมีการสะสมสูงและหากมีการเรียนต่อเนื่องจะสะสมจนอยู่ในระดับที่อันตรายสามารถทำให้หมดสติได้ (สุมาลี จินดาพล, 2562)

การระบายอากาศเป็นวิธีการป้องกันปัญหามลพิษในอาคารที่ถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมความเข้มข้นของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม ในการทำงาน ทั้งชนิดที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและชนิดที่เป็นอันตรายทางกายภาพ นอกจากนี้ การระบายอากาศยังช่วยลดความร้อนซึ่งเป็นสาเหตุของความเหนื่อยล้า ความรู้สึกอึดอัด ไม่สบายของคน ตลอดจนควบคุมปัญหาเรื่องกลิ่น ความชื้น และคุณภาพอากาศในอาคาร (ปัทมาพร ท่อชู, วิทยา อินทร์สอน, และนิคม ลนขุนทด, 2552) เพื่อควบคุมระดับของสิ่งปนเปื้อนในอากาศในพื้นที่การปฏิบัติงานอาคาร ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย และให้ผู้อยู่อาศัยในอาคารอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ดังนั้น การระบายอากาศที่ดีจะเป็นการนำอากาศภายนอกเข้ามาภายในอาคารโดยวิธีธรรมชาติ หรือจากการปรับอากาศภายในโดยวิธีกล และกระจายไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของอาคาร ทำให้ผู้ปฏิบัติงาน หรือผู้อยู่อาศัยสัมผัสคุณภาพอากาศที่ดี หากมีระบบระบายอากาศที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้มีความชื้นภายในอาคารเพิ่มมากขึ้น และส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตของ แบคทีเรีย เชื้อรา และเชื้อโรคต่าง ๆ ที่อยู่ในอากาศ ทำให้คุณภาพของอากาศภายในลดลง หรือเป็นสาเหตุของการติดเชื้อในทางเดินอากาศที่มีสิ่งปนเปื้อนภายในอาคารนั้นจะถูกหมุนเวียนภายในอาคารอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการกระจายของมลพิษต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลาจนอาจส่งผลให้ ผู้อาศัยภายในอาคารเกิดอาการป่วยหรือความผิดปกติทางร่างกายจากเหตุอาคาร ผู้อยู่อาศัยอาจรู้สึกไม่สบายตัวได้จากอากาศที่ไม่หมุนเวียนและไม่ถ่ายเท จนถึงขั้นป่วยเป็นโรคป่วยจากที่อยู่อาศัย (sick building syndrome; SBS) (สร้อยสุดา เกสรทอง, 2549; อนุสสร ฤทธิวิชัย, และณภัทรรต บัวทอง, 2557) ที่เป็นอาการป่วยรูปแบบใหม่ที่เกิดขึ้นกับผู้ที่ใช้ชีวิตอยู่ภายในอาคาร เกิดภาวะผิดปกติด้านสุขภาพทางตา จมูก ลำคอ การหายใจ ผิวหนัง และอาการทั่วไปโดยไม่สามารถระบุสาเหตุที่จำเพาะต่อโรคได้ จะเกิดอาการเมื่ออยู่ในอาคารและจะหายไปเมื่ออยู่ภายนอกอาคาร (อรุณศักดิ์ โสภณธรรมภาณ, 2552) มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดกลุ่มอาการนี้ เช่น สิ่งแวดล้อมภายในอาคาร ปัจจัยด้านบุคคล ลักษณะการทำงาน เป็นต้น ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องมีการดูแลและรักษาคุณภาพอากาศให้เหมาะสมกับผู้ใช้อาคาร

คุณภาพอากาศภายในอาคารมีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงาน ความสบายของผู้ใช้อาคาร ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ตลอดจนถึงสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ใช้อาคารทั้งในแง่บวก หรือลบ ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร (สุพจน์ เตชะอำนวยวิทย์, 2562) จากการสำรวจของสถาบันวิชาการด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Institute of Occupational Health and Safety; NIOSH) พบว่า สถิติการเกิดโรคจากเหตุอาคารมีสาเหตุมาจากการระบายอากาศไม่เพียงพอ (inadequate ventilation) (ร้อยละ 53) จากแหล่งสารเคมีภายในอาคารเอง (contamination from indoor sources) (ร้อยละ 15) จากแหล่งสารเคมีจากภายนอกอาคาร



(contamination from outdoor sources) (ร้อยละ 10) จากเชื้อราภายในอาคาร (microbial contamination) (ร้อยละ 5) จากวัสดุตกแต่งเฟอร์นิเจอร์ในอาคาร (building fabric as contaminant sources) (ร้อยละ 4) และไม่สามารถหาสาเหตุได้ (unknown) (ร้อยละ 13)

ดังนั้น คุณภาพอากาศภายในอาคารของห้องเรียนในมหาวิทยาลัยจึงมีความสำคัญต่อนักศึกษา หากคุณภาพอากาศภายในอาคารไม่เป็นไปตามมาตรฐานอาจเป็นการเพิ่มโอกาสในการสัมผัสมลพิษทางอากาศภายในอาคาร รวมถึงส่งผลกระทบต่อสุขภาพและประสิทธิภาพในการศึกษาและการปฏิบัติงานของนักศึกษาภายในอาคารของห้องเรียนในมหาวิทยาลัย คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารของห้องเรียนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ณ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย การศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study)

ระยะเวลาการศึกษาระหว่างเดือน สิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2562

3.2 พื้นที่ศึกษา ศึกษาการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารในห้องเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรีในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง โดยห้องเรียนที่ใช้ในการศึกษานี้ตั้งอยู่ในอาคารเดียวกัน ชั้นเดียวกันและเป็นแบบระบบปิดทั้งหมด ซึ่งมีการนำอากาศเข้าแบบส่งลมเย็น มีจำนวนนักศึกษาเรียนที่ใช้ห้องประมาณ 100-150 คนต่อคาบเรียน จำนวน 4 ห้องเรียน และห้องเรียนที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนมีจำนวนนักศึกษาเรียนที่ใช้ห้องประมาณ 30-60 คนต่อคาบเรียน จำนวน 8 ห้องเรียน ทำการเลือกห้องเรียนเพื่อนำมาศึกษาโดยการสุ่มแบบง่าย และขอความร่วมมือในการเข้าตรวจวัด ซึ่งสามารถเข้าทำการตรวจวัดได้ทั้งหมด 4 ห้องเรียน แบ่งเป็น ห้องเรียนแบบการนำอากาศเข้าแบบส่งลมเย็น จำนวน 2 ห้องเรียน และห้องเรียนที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน จำนวน 2 ห้องเรียน การตรวจวัดคุณภาพอากาศในห้องเรียน ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยรวม เชื้อราในอากาศ แบคทีเรียในอากาศ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$) ระหว่าง 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาที่ไม่มีนักศึกษาเรียนและช่วงที่มีนักศึกษาเรียน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ข้อมูลทั่วไปของห้องเรียนจะทำการบันทึกโดยแบบบันทึก เครื่องมือเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศภายในอาคารของห้องเรียนตามพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางห้องปฏิบัติการที่ผ่านการสอบเทียบเครื่องมือ และนำผลคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ได้จากการตรวจวัดมาทำการวิเคราะห์และประเมินผลตามค่ามาตรฐาน ดังนี้



3.3.1 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยรวมในอากาศ ได้แก่ Indoor Air Quality Meter (IAQ meter) รุ่น TSI Q-Trak Air Quality and Environmental Conditions Tester เทียบตามมาตรฐานการประเมิน ASHRAE Standard 55-2010 ISO7730 สำหรับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ มาตรฐานการประเมิน ASHRAE 62.1- 2010 สำหรับ คาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ มาตรฐานการประเมิน SINGAPORE: SS554: 2009 สำหรับ สารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยรวมในอากาศ

3.3.2 ชุดเครื่องมือในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ Biosampler รุ่น SAS super 100 อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด MEA agar สำหรับเชื้อรา และอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด TSA agar สำหรับเชื้อแบคทีเรีย เทียบตาม มาตรฐานการประเมิน SINGAPORE: SS554: 2009

3.3.3 เครื่องเก็บฝุ่นแบบ Direct Reading (รุ่น Aerocet 531s) เทียบตามมาตรฐานการประเมิน ASHRAE 62.1- 2010

3.3.4 เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศและลม Testo 420 บริเวณช่องลมของระบบปรับอากาศ เทียบตามมาตรฐานกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522: การระบายอากาศ

3.4 วิธีการเก็บตัวอย่างและตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร การตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาที่ไม่มีนักศึกษาเรียน เวลา 08.00-8.30 น. โดยทำการเปิดเครื่องปรับอากาศก่อนทำการตรวจวัดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และช่วงที่มีนักศึกษาเรียน เวลา 10.00-10.30 น. จำนวน 4 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 3 จุดทำการคัดเลือกตามพื้นที่ที่นักศึกษา และผู้ปฏิบัติงานมีการใช้งาน จำนวน 2 ซ้ำห่างกัน 5 นาทีและนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยมีวิธีการทำการตรวจวัดตามพารามิเตอร์ ดังนี้

อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ คาร์บอนมอนอกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยรวม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ตรวจวัดตามจุดที่กำหนด

ตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องตามจุดที่กำหนด

เชื้อราในอากาศทำโดยการนำจานอาหารที่ผ่านการเก็บตัวอย่างแล้วมาบ่มในตู้บ่มเชื้อด้วยอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทำการนับโคโลนีที่เกิดขึ้นในจานอาหารเลี้ยงเชื้อทุก ๆ 24 48 72 ชั่วโมงและคำนวณหาจำนวนเชื้อราต่อปริมาตรอากาศได้จากจำนวนโคโลนีต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร(m^3) (cfu/m^3) = $(Pr^* \times 1,000)/$ ปริมาตรอากาศ ในการศึกษานี้ทำการเก็บอากาศปริมาตร 200 ลูกบาศก์เมตร (m^3)

* Pr ได้จาก Correction Table to adjust colony count from A 219 - hole impactor using standard 55 mm contact plate and 90 mm petri plate ในคู่มือการใช้เครื่อง Biosampler

แบคทีเรียในอากาศทำโดยการนำจานอาหารที่ผ่านการเก็บตัวอย่างแล้วมาบ่มในตู้บ่มเชื้อด้วยอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ทำการนับโคโลนีที่เกิดขึ้นในจานอาหารเลี้ยงเชื้อทุก ๆ 24 48 72 ชั่วโมงและคำนวณหาจำนวนแบคทีเรียต่อปริมาตรอากาศได้จากจำนวนโคโลนีต่ออากาศ 1 m^3 (cfu/m^3) = $(Pr^* \times 1,000)/$ ปริมาตรอากาศ ในการศึกษานี้ทำการเก็บอากาศปริมาตร 200 ลูกบาศก์เมตร (m^3)



* Pr ได้จาก Correction Table to adjust colony count from A 219 - hole impactor using standard 55 mm contact plate and 90 mm petri plate ในคู่มือการใช้เครื่อง Biosampler

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพอากาศภายในอาคารตามพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดจะแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD) และประเมินผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารแต่ละพารามิเตอร์โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร

4. ผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นที่ของห้องเรียน ได้แก่ ขนาดของห้องเรียน ระบบเครื่องปรับอากาศ จำนวนพัดลมระบายอากาศ จำนวนพัดลมระบายอากาศที่เปิดใช้งานขณะเรียน ขณะเรียนมีการเปิดหน้าต่าง โดยมีผลการศึกษา คือ จากการสืบค้นข้อมูลประวัติอาคาร สํารวจพื้นที่ ตรวจสอบระบบระบายอากาศภายในห้องเรียนพบว่า ห้องเรียน 1 และห้องเรียน 2 มีปริมาตรห้องเท่ากับ 16,343.98 และ 9,465.74 ลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ทั้ง 2 ห้องมีระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จำนวน 2 และ 1 เครื่องตามลำดับ จำนวนพัดลมระบายอากาศ 2 และ 1 ตัวตามลำดับและทั้ง 2 ห้อง ไม่เปิดใช้งานพัดลมระบายรวมไปถึงไม่มีการเปิดหน้าต่างขณะเรียน ส่วนห้องเรียน 3 และห้องเรียน 4 มีปริมาตรห้องเท่ากับ 214,571.20 และ 25,423.01 ลูกบาศก์เมตรตามลำดับ มีระบบเครื่องปรับอากาศแบบท่อส่งลมเย็น จากข้อมูลข้างต้นและการวัดอัตราการไหลของอากาศภายในห้องพบว่า อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศโดยวิธีกลของห้องเรียน 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.62 0.52 และ 0.37 ตามลำดับ ส่วนห้องเรียน 4 เนื่องจากเพดานของห้องเรียนมีความสูงเกินกว่าที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศและลมได้ จึงทำการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณหน้ากากลมเย็น (supply air) หน้ากากลมกลับ (return air) และภายนอกอาคาร (outdoor air) เพื่อนำมาคำนวณหาร้อยละปริมาตรอากาศที่เข้าสู่อาคาร (%OA) ต่อจำนวนคนในห้อง พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.80 สรุปได้ว่า ห้องเรียนทั้งหมดที่ทำการตรวจวัดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศไม่เป็นไปตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (2535) ซึ่งกำหนดปริมาตรอากาศเป็นเท่าของปริมาตรของห้องที่ต้องใช้ต่อ 1 ชั่วโมงที่เป็นห้องเรียนต้องมีค่าเท่ากับ 10 ขึ้นไป

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารพบว่า การตรวจวัดอุณหภูมิด้วยเครื่อง IAQ Meter ทั้งหมด 4 ห้องเรียนพบว่า ในห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 2 ห้องเรียน ได้แก่ ห้องเรียน 1 และ 3 (ร้อยละ 50) เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE Standard 55-2010 ISO7730 โดยมีค่ามาตรฐานเท่ากับ 22.5-25.5 องศาเซลเซียส การตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่อง IAQ Meter ทั้งหมด 4 ห้องเรียนพบว่า ในห้องเรียนขณะมีการเรียนไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 1 ห้องเรียน ได้แก่ ห้องเรียน 3 (ร้อยละ 25) เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE Standard 55-2010 ISO7730 โดยมีค่ามาตรฐานเท่ากับ ร้อยละ 30-65 การตรวจวัดคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง IAQ Meter ทั้งหมด 4 ห้องเรียนพบว่า ในห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 1 ห้องเรียน ได้แก่ ห้องเรียน 4 (ร้อยละ 25) และขณะมีการเรียนไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 4 ห้องเรียน (ร้อยละ 100) เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1- 2010 โดยมีค่ามาตรฐานเท่ากับ 700 ppm (ส่วนในล้านส่วน) การตรวจวัดคาร์บอนมอน



ออกไซด์ ด้วยเครื่อง IAQ Meter ทั้งหมด 4 ห้องเรียนพบว่า ในห้องเรียนทั้งขณะที่ไม่มีการเรียนและมีการเรียน อยู่ภายในห้องเรียน เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด (ร้อยละ 100) เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1- 2010 โดยมีค่ามาตรฐาน (ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง) เท่ากับ 9 ppm การตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย ด้วย เครื่อง IAQ Meter ทั้งหมด 4 ห้องเรียนพบว่า ในห้องเรียนทั้งขณะที่ไม่มีคนและมีคนอยู่ภายในห้องเรียน เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด (ร้อยละ 100) เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน SINGAPORE: SS554 : 2009 โดยมีค่ามาตรฐานเท่ากับ 3 ppm ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารพารามิเตอร์อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยรวมในอากาศ

ช่วงเวลา ตรวจวัด/ ห้องเรียน	ค่าเฉลี่ย (SD)				
	อุณหภูมิ ^a	ความชื้น สัมพัทธ์ ^a	คาร์บอนไดออก ไซด์ ^b	คาร์บอนมอนอก ไซด์ ^b	สารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยรวม ^c
ค่ามาตรฐาน	22.5-25.5 องศา เซลเซียส	ร้อยละ 30-65	700 ppm	9 ppm	3 ppm
ไม่มีการเรียน					
ห้องเรียน 1	22.2* (0.0)	51.8 (0.1)	464 (1.3)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
ห้องเรียน 2	23.9 (0.0)	33.6 (0.0)	350 (1.7)	0.6 (0.0)	0.0 (0.0)
ห้องเรียน 3	26.0* (0.1)	60.3 (0.2)	372 (2.3)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
ห้องเรียน 4	23.9 (0.1)	58.5 (0.2)	801* (3.5)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
มีการเรียน					
ห้องเรียน 1	24.8 (0.0)	53.7 (0.1)	1,563* (1.7)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
ห้องเรียน 2	22.6 (0.1)	40.9 (0.3)	720* (3.9)	1.3 (0.0)	0.0 (0.0)
ห้องเรียน 3	25.4 (0.2)	65.4* (0.1)	849* (4.1)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
ห้องเรียน 4	23.9 (0.1)	58.6 (0.0)	1,051* (1.1)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)

หมายเหตุ ^aค่ามาตรฐาน ASHRAE Standard 55-2010 ISO7730 ^bค่ามาตรฐาน ASHRAE 62.1- 2010 ^cค่ามาตรฐาน SINGAPORE: SS554: 2009 *ผลการตรวจวัดไม่เป็นไปตามมาตรฐาน

ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM₁₀) ด้วยเครื่องเก็บฝุ่นแบบ Direct Reading (รุ่น Aerocet 531s) ทั้งหมด 4 ห้องเรียนพบว่า ในห้องเรียนทั้งขณะที่ไม่มีการเรียนและมีการเรียน อยู่ภายในห้องเรียนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด (ร้อยละ 100) เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1- 2010 โดยมีค่ามาตรฐานเท่ากับ 0.05 mg/m³ การตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร (PM_{2.5}) ด้วยเครื่องเก็บฝุ่นแบบ Direct Reading (รุ่น Aerocet 531s) พบว่า ในห้องเรียนทั้งขณะที่ไม่มีการเรียนและมีการเรียนอยู่ภายในห้องเรียนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด (ร้อยละ 100) เมื่อเทียบกับเกณฑ์



มาตรฐาน ASHRAE 62.1- 2010 โดยมีค่ามาตรฐานเท่ากับ 0.015 mg/m^3 การตรวจวัดเชื้อราในอากาศด้วยเครื่อง Biosampler และอาหารเลี้ยงเชื้อ MEA agar ทั้งหมด 4 ห้องเรียนพบว่า ในห้องเรียนทั้งขณะที่ไม่มีการเรียนและมีการเรียนอยู่ภายในห้องเรียนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด (ร้อยละ 100) เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน SINGAPORE: SS554 : 2009 โดยมีค่ามาตรฐานเท่ากับ 500 CFU/m^3 การตรวจวัดแบคทีเรียในอากาศด้วยเครื่อง Biosampler และอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA agar ทั้งหมด 4 ห้องเรียน พบว่า ในห้องเรียนขณะมีการเรียนไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด 2 ห้องเรียน ได้แก่ ห้องเรียน 1 และ 2 (ร้อยละ 50) เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน SINGAPORE: SS554 : 2009 โดยมีค่ามาตรฐานเท่ากับ 500 CFU/m^3 ซึ่งในห้องเรียนที่ 2 นั้นไม่สามารถหาค่าเฉลี่ยและค่า SD ได้ เนื่องจากเพลทที่ 2 ไม่สามารถนับโคโลนีได้ จึงรายงานเป็นจำนวนโคโลนีในเพลทที่ 1 เท่านั้น

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารพารามิเตอร์ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ($\text{PM}_{2.5}$) เชื้อรา และแบคทีเรียในอากาศ

ช่วงเวลาตรวจวัด/ ห้องเรียน	ค่าเฉลี่ย (SD)			
	PM_{10}^b	$\text{PM}_{2.5}^b$	เชื้อราในอากาศ ^c	แบคทีเรียในอากาศ ^c
ค่ามาตรฐาน	0.05 mg/m^3	0.015 mg/m^3	500 CFU/m^3	500 CFU/m^3
ไม่มีการเรียน				
ห้องเรียน 1	0.0142 (0.0021)	0.0069 (0.0002)	275 (77.5)	365 (50.0)
ห้องเรียน 2	0.0080 (0.0007)	0.0047 (0.0001)	170 (35.0)	345 (47.5)
ห้องเรียน 3	0.0019 (0.0001)	0.0015 (0.0001)	45 (2.5)	70 (20.0)
ห้องเรียน 4	0.0043 (0.0001)	0.0028 (0.0001)	70 (15.0)	65 (7.5)
มีการเรียน				
ห้องเรียน 1	0.0235 (0.0056)	0.0051 (0.0005)	75 (15.0)	810* (25.0)
ห้องเรียน 2	0.0191 (0.0031)	0.0070 (0.0003)	140 (35.0)	1,465* (-)
ห้องเรียน 3	0.0113 (0.0001)	0.0026 (0.0002)	130 (15.0)	285 (22.5)
ห้องเรียน 4	0.0094 (0.0001)	0.0026 (0.0001)	55 (7.5)	355 (57.5)

หมายเหตุ ^bค่ามาตรฐาน ASHRAE 62.1- 2010 ^cค่ามาตรฐาน SINGAPORE: SS554: 2009

*ผลการตรวจวัดไม่เป็นไปตามมาตรฐาน



จากการตรวจวัดการระบายอากาศ/อัตราการระบายอากาศพบว่า ห้องเรียนทั้งหมดที่ทำการเก็บตัวอย่างมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ไม่เพียงพอ โดยห้องที่มีระบบปรับอากาศแบบท่อส่งลมเย็น ได้แก่ ห้องเรียน 3 มีพารามิเตอร์ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ คาร์บอนไดออกไซด์และแบคทีเรียในอากาศ และห้องเรียน 4 มีพารามิเตอร์ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนห้องที่มีระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนคือ ห้องเรียน 1 มีความสัมพันธ์กับข้อมูลพื้นที่โดยมีหน้าต่างและพัดลมระบายอากาศที่ไม่ถูกเปิดใช้งาน ทำให้ภายในห้องมีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ไม่เพียงพอ โดยห้องเรียน 1 มีพารามิเตอร์ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ อุณหภูมิและ คาร์บอนไดออกไซด์และห้องเรียน 2 มีพารามิเตอร์ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์และแบคทีเรียในอากาศ

5. อภิปรายผล

จากการศึกษานี้พบว่า อุณหภูมิไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE Standard 55-2010 ISO7730 ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากเครื่องปรับอากาศและระบบปรับอากาศแต่ละห้องถูกปรับอุณหภูมิที่แตกต่างกันจากผู้ควบคุมระบบปรับอากาศและผู้ที่ใช้ห้องอาจทำการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิทำให้อุณหภูมิภายในห้องมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิลาศ เทพทา (2549) ได้กล่าวไว้ว่า อุณหภูมิภายในอาคารนั้นมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการควบคุมระบบการระบายอากาศ ตำแหน่งที่ตั้งเครื่องปรับอากาศ และการออกแบบอาคาร ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE Standard 55-2010 ISO7730 ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการระบายอากาศและการนำอากาศจากภายนอกเข้าสู่ระบบปรับอากาศไม่เพียงพอทำการวัดความชื้นสัมพัทธ์ทำให้ค่าที่ได้มีค่าที่เกินเกณฑ์มาตรฐานเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นินนาท ราชประดิษฐ์ (2556) ได้กล่าวไว้ว่า อัตราการระบายอากาศมีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคาร นอกจากนี้ อารุญ เกตุสาคร, และ รุจิพรรณ แผงจันดา (2560) ได้ทำการศึกษาถึงการประเมินคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน โดยศึกษาระบบปรับอากาศภายในอาคารเรียนพบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเรียนไม่ผ่านมาตรฐานของ ASHRAE 55-2010 ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการเหนื่อยล้า ระบายเคืองตา และผิวหน้าแห้ง (Norhidayah, Chia-Kuang, Azhar, & Nurulwahida, 2013) และเป็นปัจจัยหลักที่นำไปสู่การมีอาการป่วยเหตุอาคาร (SBS) ได้ (Syazwan, Juliana, Norhafizalina, Azman, & Kamaruzaman, 2009) แม้ว่าค่าความเข้มข้นของคาร์บอนมอนนอกไซด์จะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน แต่ยังมี การตรวจพบการปนเปื้อนใน ห้องเรียน ซึ่งแหล่งกำเนิดของคาร์บอนมอนนอกไซด์มาจากการสูบบุหรี่ การเผาไหม้เชื้อเพลิง ฯลฯ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากห้องเรียนที่ตรวจพบการปนเปื้อนอยู่ใกล้เคียงถนนมากกว่าห้องเรียนอื่น ในขณะที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์พบว่า ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 62.1- 2010 จำนวน 3 ห้องเรียน แหล่งกำเนิดของคาร์บอนไดออกไซด์มาจากการเผาไหม้ในหลายรูปแบบ และเกิดจากการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงานของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตถูกนำออกมาจากร่างกายโดยการหายใจออก ดังนั้นอาจมีสาเหตุมาจากภายในห้องมีการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอกับจำนวนคนภายในห้องซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสร้อยสุตา เกสรทอง (2549) ได้กล่าวไว้ว่า หากค่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าปกติแสดงว่า การระบาย



อากาศภายในอาคารออกสู่ภายนอกอาคาร และการนำอากาศสะอาดจากภายนอกอาคารเข้ามาภายในอาคาร ไม่เพียงพอ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอาการระคายเคืองตา หรือระคายเคืองระบบทางเดินหายใจได้ (ยมนา จรรยา, 2559) แบคทีเรียในอากาศไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน SINGAPORE: SS554 : 2009 ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก ระยะเวลาการตรวจวัด ระยะห่างระหว่างคนที่อยู่ภายในห้องเรียนกับเครื่องตรวจวัดใกล้กัน เนื่องจากในห้องเรียนที่มีค่าไม่เป็นไปตามมาตรฐานนั้นมีขนาดห้องเล็ก มีผู้ใช้งานอยู่ทั่วบริเวณห้อง ซึ่งจุดตรวจวัดที่กำหนดไว้มีผู้ใช้งาน จึงอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียจากการหายใจของคนที่อยู่ในห้องเรียน และสภาพที่มีความชื้นสูง อาคารแบบปิดทึบ ซึ่งสามารถก่อให้เกิดการกระจายตัวของเชื้อจุลินทรีย์ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของก้องนภา อุทัยสังข์, และกาญจนา นาละพินธุ (2561) พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ อยู่ที่ ร้อยละ 54-76 เป็นสภาวะอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ อาจส่งผลให้เกิดอาการกลุ่มอาการทางลำคอ และระบบทางเดินหายใจ (ยมนา จรรยา, 2559)

ถึงแม้ว่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ได้แก่ คาร์บอนมอนนอกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยรวม เชื้อราในอากาศ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$) จะเป็นไปตามมาตรฐาน แต่หากไม่ทำการป้องกันและควบคุมอย่างเหมาะสมอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ เช่น อาการระคายเคืองตา อาการคัดจมูกมีความสัมพันธ์กับปริมาณของฝุ่นและความชื้น อาการปวดศีรษะมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนนอกไซด์ (เชิดศิริ นิลผาย, กานต์พิชชา เกียรติกิจโรจน์, และสุวรรณี จามจุรี, 2560; ณพทัย เลิศการคำสุข, นพนันท์ นานคง แนน, พิพัฒน์ ลักษณะิจกุล, และวชิระ สิงหเชนทร์, 2554; มธุรส ประสมวงศ์, วันอัสมีน โฮ, อิดารัตน์ บุญช่วย, จินดา คงเจริญ, และณัฐจิต อันเมฆ, 2561) นอกจากพารามิเตอร์คุณภาพอากาศภายในอาคารจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ องค์ประกอบของปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพสามารถส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความแตกต่างกัน (ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล, และชุมพร มูรพันธุ์, 2558) รวมถึงสภาพแวดล้อมภายนอก ได้แก่ ฤดูกาล โดยพบว่า ในฤดูร้อนและฤดูฝนมีปริมาณรา อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และปริมาณแบคทีเรียมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน (ดำรงศักดิ์ ร่มเย็น, 2557)

การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารห้องเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรีนี้พบว่า พารามิเตอร์อุณหภูมิไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณแบคทีเรียในอากาศ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของนักศึกษา และผู้ปฏิบัติงานภายในอาคารได้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะจากการผลการวิจัย จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณแบคทีเรียในอากาศไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐาน ดังนั้น จึงควรดำเนินการป้องกันและควบคุม เพื่อปรับระดับการรับสัมผัสของอาจารย์ นักศึกษาและผู้ใช้อาคารให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนี้



6.1.1 การปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด เพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และยังสามารถควบคุมการกระจายอากาศเป็นไปตามที่ต้องการสำหรับพื้นที่นั้น ๆ

6.1.2 การปรับระบบระบายอากาศให้เหมาะสมกับจำนวนคนภายในห้อง รวมถึงการเติมอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกอาคารเข้ามาภายในห้องเพื่อให้เกิดการระบายอากาศอย่างเหมาะสมภายในอาคาร

6.1.3 ควรจัดให้มีการทำความสะอาดห้อง รวมทั้งอุปกรณ์ เครื่องใช้ภายในห้อง เครื่องปรับอากาศ และเครื่องกรองอากาศให้สะอาด เพื่อไม่ให้เป็นแหล่งสะสมของฝุ่นละอองและเชื้อโรคและควรมีการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพที่ดี โดยมีการตรวจสอบสภาพทุก ๆ 6 เดือน

6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของนักศึกษา และสร้างสมการทำนายการเกิดกลุ่มอาการป่วยในห้องเรียน ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดกลุ่มอาการป่วย และนำไปใช้ในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร ตลอดจนหลีกเลี่ยงภาวะที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 : การระบายอากาศ. ก้องนภา อุทังสังข์, และกาญจนา นาคะพินธุ. (2561). ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ แผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลสรรพสิทธิประสงค์ จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 ขอนแก่น*. 25(2), 14-15.
- กัญญา ม่วงแก้ว. (2559). *คุณภาพอากาศภายในอาคารสำนักงาน. สารานุกรม เดือนพฤษภาคม 2559* โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม คลังความรู้วิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 1-14.
- เชิดศิริ นิลผาย, กานต์พิชชา เกียรติกิจโรจน์, และสุวรรณี จามจุรี. (2560). การศึกษาปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีผลต่อโรคการเจ็บป่วย จากอาคารของผู้ปฏิบัติงานถ่ายเอกสาร. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*. 9(3), 106-120.
- ณทัย ตัญญา. (2554). ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยสารสาธณะกับกลุ่มอาการอาคารป่วยในพนักงานจำหน่ายตัวโดยสาร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร. *วารสารสาธารณสุขศาสตร์*. ฉบับพิเศษ, 87-98.
- ณทัย เลิศการคำสุข, นพนันท์ นานคงแนบ, พิพัฒน์ ลักษณะมีจรัสกุล, และวชิระ สิงห์เคนทร์. (2554). ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยสารสาธณะกับกลุ่มอาการอาคารป่วยในพนักงานจำหน่ายตัวโดยสารเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร. *วารสารสาธารณสุขศาสตร์*. ฉบับพิเศษ, 87-98.
- ณัชชากร สวัสดิ์มงคลกุล, และชุมพร มูรพันธุ์. (2558). การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ. *วารสารวิชาการ Veridian E-Journal สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปากร*. 8(2), 1583-1594.



- ดำรงศักดิ์ ร่มเย็น. (2557). *ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาการของผู้ปฏิบัติงานพยาบาลในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการ จัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- นภดนัย อาชวาคม. (2554). *คุณภาพอากาศภายในอาคาร*. สืบค้นเมื่อ 19 สิงหาคม 2562, จาก http://www.eng.chula.ac.th/files/larngearforum/download/larngearforum2554/20110319/Nopdanai_AirQuality.pdf.
- นินนาท ราชประดิษฐ์, จุฑาวัชร สุวรรณภพ, และ นฤพล สร้อยวัน. (2556). การศึกษาผลกระทบของรูปแบบการระบายอากาศที่มีต่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ ภายในสำนักงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน. *Naresuan University Journal 2013; Special Issue*, 17-23.
- ปัทมาพร ท่อชู, วิทยา อินทร์สอน, และนิคม ลนขุนทด. (2562). ระบบระบายอากาศในโรงงาน (Ventilation System for Factory). สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2562, จาก <http://www.thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id=1522§ion=37&issues=82>.
- มธุรส ประสมวงศ์, วันอัสมีน โฮ, ธิธาร์ตน์ บุญช่วย, จินดา คงเจริญ, และณัฐจิต อันเมฆ. (2561). คุณภาพอากาศภายในอาคารโรงแรมและกลุ่มอาการเจ็บป่วยของพนักงานโรงแรม จังหวัดสุราษฎร์ธานี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*. 20(3), 64-73.
- ยมนา จรรยา. (2559). *ความชุกและปัจจัยที่มีผลกับการเกิดกลุ่มอาการโรคจากการทำงานในตึกของผู้ที่ทำงานในอาคารสำนักงานเขตราชบุรีบูรณะ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธาณสุขศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.
- วิกรม เสงคิสิริ. (2548). *Sick Building Syndrome*. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค.
- วิลาศ เทพทา. (2549). *การประเมินผลคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคารสำนักงานประหยัดพลังงานกรณีศึกษา : อาคารสำนักงานใหญ่ธนาคารกสิกรไทย*. มหาวิทยาลัยศิลปากร, ม.ป.ท.
- สร้อยสุตา เกสรทอง. (2549). *SBS โรคจากการทำงานในตึก*. กรุงเทพมหานคร: ไกล่หมอ.
- สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2561). *คู่มือการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารสำหรับช่องทางเข้าออกประเทศ*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์.
- สุพจน์ เตชะอานวยวิทย์. (2562). *การตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร*. สืบค้นเมื่อ 19 สิงหาคม 2562, จาก http://www.acat.or.th/download/acat_or_th/journal-14/14%20-%2009.pdf.
- สุมาวลี จินดาพล. (2562). คุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*. 16(1), 93-105.



- สุริพรรณ สุพรรณสมบูรณ์. (2561). การศึกษาคุณภาพสภาวะแวดล้อมภายในห้องเรียนโดยประเมินความสบายของผู้ใช้. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอาคารด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 5 (BTAC 2018), 241-254.
- ห้องปฏิบัติการกลางประเทศไทย. (2562). คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) เรื่องใกล้ตัวที่คุณอาจมองข้าม. สืบค้นเมื่อ 19 สิงหาคม 2562, จาก <https://www.organicbook.com/health>.
- อนุสรณ์ ฤทธิ์วิชัย, และณัฏฐวรรต บัวทอง. (2557). ภาวะกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร และความเครียดของพนักงานที่ปฏิบัติงานในอาคารสำนักงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสุขภาพจิตภาควิชาจิตเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- อรุณศักดิ์ โสภณธรรมภาณ. (2552). โรคภัยจากในอาคาร (Sick Building Syndrome). สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2562, จาก <http://www.etm.sc.mahidol.ac.th/a6.shtml>.
- อารุณ เกตุสาคร, และรุจิพรรณ แผงจินดา. (2558). การประเมินคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน. วารสารคณะพลศึกษา. 18(1), 238-247.
- Nordström, K., Norbäck, D., & Akseleson, R. (1995). Influence of indoor air quality and personal factors on the sick building syndrome (SBS) in Swedish geriatric hospitals. *Occupational and environmental medicine*, 52(3), 170-176.
- Norhidayah, A., Chia-Kuang, L., Azhar, M. K., & Nurulwahida, S. (2013). Indoor air quality and sick building syndrome in three selected buildings. *Procedia Engineering*, 53, 93-98.
- Syazwan Aizat, I., Juliana, J., Norhafizalina, O., Azman, Z. A., & Kamaruzaman, J. (2009). Indoor air quality and sick building syndrome in Malaysian buildings. *Glob J Health Sci*, 1(2), 126-136.
- United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA). (1991). *Indoor Air Facts No.4 Sick-Building Syndrome, Air and Radiation*. Retrieved July 5, 2018, from http://www.epa.gov/iaq/pdf/sick_building_factsheet.pdf.