การประเมินความเสี่ยงด้านจุลินทรีย์ในอากาศ ในห้องเรียน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

RISK ASSESSMENT OF MICROORGANISM IN LECTURE ROOM INDOOR AIR OF SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY ONGKARUK

นรุตตม์ สหนาวิน* **Narut Sahanavin***

Abstract

The objective of this study is assessment the risk of microorganism (total bacteria and total fungi) in lecture room indoor air of Srinakharinwirot University Ongkaruk. The sampling of microorganism in indoor air was gathered at difference sampling areas and any comfort environmental factors for the risk characterization descriptive in microorganism exposure.

From results, the average of total bacteria and total fungi in lecture room indoor air was 398.3 and
874.0 CFU/m^3 respectively. The comfort environmental factors in almost lecture room were not comfortable for user. The air conditional system may be source of bacteria, but not be source of fungi that it may come from others source such as ceiling or walls. Thus, at ¼ distance from air conditional vent to opposite wall position is the significant highest of microorganism exposure risk (p = .050). On the others hand, the fungi exposure at any distance from air conditional vent is not significant.

Thus, the improvement of lecture rooms are be need. They will be improved for both of factors together; agent (microorganism) and environment (comfort environmental factors). The efficiency ventilation will significant decreased the bacteria exposure risk (p = .012), and the efficiency environmental factor controlling (such as temperature and humidity) is for decreased fungi exposure risk.

Key words: Bioaerosol, Indoor air, Risk

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงในการสัมผัสจุลินทรีย์ (แบคทีเรียรวมและเชื้อรารวม) ในอากาศภายในห้องเรียน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ซึ่งศึกษาโดยการเก็บตัวอย่างอากาศ

* อาจารย์ภาคสุขศึกษา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ณ จุดเก็บที่แตกต่างกัน และนำมาประเมินร่วมสภาพสิ่งแวดล้อมภายในห้องเรียนโดยใช้กลวิธีในการพรรณนาลักษณะของความเสี่ยงที่ผู้ใช้ห้องเรียนอาจจะมีโอกาสสัมผัสกับจุลินทรีย์ดังกล่าว

โดยจากการศึกษาพบว่า ภายในห้องเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีปริมาณแบคทีเรียรวมและเชื้อรารวมค่อนข้างสูง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 398.3 และ 874.0 CFU/m^3 ตามลำดับ และห้องเรียนส่วนใหญ่มีสภาพแวดล้อมไม่เอื้อต่อความสบายของผู้ใช้ เครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียนมีโอกาสที่จะเป็นแหล่งสะสมของแบคทีเรีย แต่สำหรับเชื้อราแล้วน่าจะเป็นแหล่งอื่น เช่นฝาผนัง หรือเพดาน เป็นต้น ดังนั้น ผู้ที่อยู่ที่ระยะ 1 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม จะมีโอกาสสัมผัสแบคทีเรียได้มากกว่าจุดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .050$) ในขณะที่ไม่ว่าระยะใดในห้องเรียนก็มีโอกาสสัมผัสเชื้อราได้ไม่แตกต่างกัน

ดังนั้น ในการปรับปรุงสภาพภายในห้องเรียน จำเป็นต้องแก้ไขในสองปัจจัยร่วมกันคือ สิ่งคุกคาม (จุลินทรีย์) และสภาพแวดล้อมล้อมภายในห้องเรียน (Environment) โดยการมีระบบการระบายอากาศที่ดีจะช่วยลดการสัมผัสแบคทีเรียได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .012$) ในขณะที่การลดการสัมผัสเชื้อราจำเป็นต้องใช้วิธีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องให้เหมาะสมมากกว่า

บทนำ

ปัญหาด้านมลพิษอากาศภายในอาคาร ถือว่าภัยคุกคามต่อสุขภาพอย่างหนึ่งที่มนุษย์จะต้องเผชิญอยู่ตลอด ไม่ว่าจะเป็นปัญหาทางด้านฝุ่นขนาดเล็ก (Fine particle หรือ Respirable dust) ซึ่งมนุษย์สามารถหายใจเข้าไปและเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ ปัญหาด้านสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds หรือ VOCs) ซึ่งบางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง และปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือปัญหาด้านจุลชีพในอากาศ (Bioaerosol) อาทิ แบคทีเรีย เชื้อรา สปอร์ของพืช ฯลฯ ซึ่งทำให้เกิดการติดเชื้อ หรือเกิดอาการแพ้กับสุขภาพของมนุษย์ และเป็นอีกสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดกลุ่มอาการ “Sick-building Syndrome (SBS)” (USEPA. 1991) หรือกลุ่มอาการป่วยอันเนื่องมาจากคุณภาพอากาศภายใน (Indoor air)

อาคารที่ทำงาน หรือที่พักอาศัย ในปัจจุบันถูกสร้างขึ้นโดยใช้รูปแบบอาคารที่ปิดทึบและใช้เครื่องปรับอากาศแทนการใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติ ซึ่งระบบระบายอากาศของเครื่องปรับอากาศนั้นจำเป็นต้องมีการดูแลรักษา เนื่องจากด้วยสภาพอากาศภายในที่มีความชื้น ทำให้เป็นแหล่งเพาะเชื้อจุลินทรีย์ อาทิ เชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อราเป็นต้น (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2552) นอกจากนี้ห้องที่ปิดทึบทำให้เกิดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ภายในห้อง (พิพัฒน์ ลักษมีจรัลกุล. 2550) โดยจากรายงานขององค์การอนามัยโลก (WHO) รายงานว่า แม้อาคารที่สร้างเสร็จใหม่ๆ ก็สามารถพบผู้ป่วยอยู่ในลักษณะกลุ่มอาการดังกล่าวได้มากถึง 30% โดยผู้ป่วยจะมีอาการ ปวดศีรษะ วิงเวียน ง่วงนอน มีการระคายเคืองที่ระบบทางเดินหายใจ แสบตา แสบคอ หรือมีอาการลักษณะเดียวกับภูมิแพ้ ซึ่งอาการดังกล่าวจะแตกต่างตามชนิดของมลสารที่ได้รับเข้าไป (WHO. 2006)

ห้องเรียนภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นอีกสถานที่หนึ่งที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ ทั้งในส่วนของห้องทำงานเจ้าหน้าที่ บุคลากรต่างๆ รวมถึงภายในห้องที่ใช้ในการเรียนการสอน เป็นจำนวนมาก และ

ใช้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งหากระบบระบายอากาศที่ใช้ในมหาวิทยาลัยมีความเสี่ยงที่จะเป็นแหล่งเพาะเชื้อจุลินทรีย์ อาจเป็นเหตุที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่ บุคลากร และนิสิตของมหาวิทยาลัยได้ในอนาคต

จากเหตุดังกล่าว จึงต้องมีการศึกษาด้านความเสี่ยงของบุคลากรในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งอาจมีโอกาสรับสัมผัสกับเชื้อจุลชีพต่างๆ โดยในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการสำรวจปริมาณเชื้อแบคทีเรียรวม (Total bacteria) และเชื้อราราวม (Total fungi) ที่มีอยู่ในภายในห้องเรียนภายในมหาวิทยาลัย โดยเก็บตัวอย่างจากอากาศภายในห้องและนำผลการศึกษามาเป็นแนวทางในการประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัสเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศของบุคลากรและนิสิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประเมินปริมาณเชื้อแบคทีเรียรวมและเชื้อราราวม (CFU) ที่มีอยู่ในเครื่องปรับอากาศและภายในห้องเรียน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. เพื่อหาความแตกต่างของปริมาณเชื้อแบคทีเรียรวมและเชื้อราราวม (CFU/m^3) ในอากาศ ในช่วงเวลาหลังจากการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศที่แตกต่างกัน
3. เพื่อหาความแตกต่างของปริมาณเชื้อแบคทีเรียรวมและเชื้อราราวม (CFU/m^3) ในอากาศ ที่ระยะห่างจากเครื่องปรับอากาศที่แตกต่างกัน
4. เพื่อประเมินความเสี่ยงทางจุลินทรีย์ ภายในห้องเรียน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒในเชิงพื้นที่

ขอบเขตการวิจัย

ดำเนินการศึกษาที่อาคารศูนย์กีฬาสิรินธรและอาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ โดยศึกษาในห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศและมีการใช้งานอยู่ปกติ จำนวนทั้งหมด 12 ห้อง โดยมีตัวแปรต้นคือระยะห่างของจากเครื่องปรับอากาศ คือ ระยะ 1 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม (เมตร), ระยะ 1 ใน 2 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม (เมตร), ระยะ 3 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างหลังจากการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศ สำหรับตัวแปรตามคือปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ เชื้อแบคทีเรียรวม (Total bacteria) และเชื้อราราวม (Total fungi)

ในการคำนวณประเมินจุลินทรีย์ในอากาศครั้งนี้ ใช้วิธีนับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ ต่อปริมาตรอากาศที่ทำการเก็บตัวอย่าง (m^3) แต่ในกรณีที่จุลินทรีย์มีจำนวนมากจนไม่สามารถนับโคโลนีที่เกิดขึ้นได้ (เช่น เชื้อเจริญเต็มจานเพาะเชื้อ) จะรายงานผลว่ามีปริมาณจุลินทรีย์มากกว่า 1,000 CFU/m^3 แทน (NYCOSH. 2012)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเลือกห้องเรียนตัวอย่าง เลือกโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายจากห้องเรียนในอาคารศูนย์กีฬาสิรินธรและอาคารเรียนรวม โดยเลือกจากห้องที่มีการใช้งานอยู่ตามปกติ โดยรายละเอียดของห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง ดังในตาราง 1

ตาราง 1 ลักษณะทั่วไปของห้องเรียนที่ใช้เป็นตัวแทนในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ

สถานที่	ขนาดห้อง (กว้าง x ยาว x สูง: เมตร)	ระบบเครื่องปรับอากาศ	หมายเหตุ
ห้อง A1	7.9 x 12.7 x 2.7	แบบแขวน	ห้องเรียนปกติ
ห้อง A2	8.2 x 10.0 x 2.7	แบบแขวน	ห้องเรียนปกติ
ห้อง A3	8.2 x 11.9 x 2.7	แบบแขวน	ห้องเรียนปกติ
ห้อง A4	8.2 x 10.0 x 2.7	แบบแขวน	ห้องเรียนปกติ
ห้อง A5	8.2 x 10.0 x 2.7	แบบแขวน	ห้องเรียนปกติ
ห้อง B1	11.9 x 15.3 x 2.9	แบบแขวน	พื้นปูพรม
ห้อง B2	11.8 x 15.3 x 3.1	แบบแขวน	ห้องเรียนปกติ
ห้อง B3	15.1 x 18.1 x 2.5	แบบตั้ง	ห้องเรียนปกติ
ห้อง B4	20.2 x 15.3 x 2.5	แบบตั้ง	ห้องเรียนปกติ
ห้อง B5	5.9 x 15.3 x 3.1	แบบแขวน	ห้องเรียนปกติ
ห้อง B6	11.9 x 15.3 x 3.1	แบบแขวน	ห้องเรียนปกติ
ห้อง B7	11.9 x 15.3 x 2.9	แบบแขวน	พื้นปูพรม

ในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศในงานวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ภายในช่องเครื่องปรับอากาศ โดยการใช้ swap technique ด้วยไม้พันก้านสำลีผ่านการฆ่าเชื้อแบบใช้แล้วทิ้ง โดยป้ายที่บริเวณแผงระบายอากาศพื้นที่ประมาณ 25 ตารางเซนติเมตร และป้ายลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบที่สองคือการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์จากอากาศโดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง Biostage single-stage visble cascade impactor และปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ Quick take 30 ของ SKC (Jenet. 1989) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ Trypicase soy agar (TSA) สำหรับเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์จำพวก Mesophilic bacteria และ Malt extract agar (MEA) สำหรับเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์จำพวกเชื้อรา และใช้จานเพาะเชื้อพลาสติกปลอดเชื้อแบบใช้แล้วทิ้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร (NIOSH. 1998)

เก็บตัวอย่างด้วยอัตราการไหลของอากาศที่ 28.3 ลิตรต่อนาที โดยมีการทำการปรับเทียบอัตราการไหลทุกครั้งที่มีการเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างที่จุดต่างๆภายในห้องเรียน โดยใช้เกณฑ์ระยะห่างของจากเครื่องปรับอากาศ คือ ระยะ 1 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม (เมตร), ระยะ 1 ใน 2 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม (เมตร), ระยะ 3 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรง

ข้าม, และเก็บตัวอย่างในจุดอับของกระแสอากาศจากเครื่องปรับอากาศ ซึ่งในการเก็บตัวอย่างจะดำเนินการขณะมีการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และดำเนินการเก็บในขณะไม่มีการทำงานของเครื่องปรับอากาศด้วยเพื่อเป็นตัวอย่างควบคุม

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศโดยใช้วิธีนับจำนวนโคโลนีที่ปรากฏบนอาหารเลี้ยงเชื้อหลังจากการบ่มเพาะเชื้อ โดยจุลินทรีย์จำพวก Mesophilic bacteria ใช้เวลาในการบ่ม 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 $^{\circ}$C และจุลินทรีย์จำพวกเชื้อรา ใช้เวลาในการบ่ม 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 $^{\circ}$C โดยคำนวณภายใต้ปริมาตรอากาศที่ทำการเก็บตัวอย่าง (CFU/m^3) นอกจากนี้ ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ และสภาพอากาศภายในห้องเรียนด้วย โดยเก็บข้อมูลอุณหภูมิ,ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่าง ด้วยเครื่องวัดความเร็วลม/ความชื้น/อุณหภูมิ (Anemometer) Testo รุ่น 410-2 และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วยเครื่องวัด CO_2 Testo 535 เพื่อวิเคราะห์การระบายอากาศภายในห้อง

ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อศึกษาปริมาณเชื้อแบคทีเรียรวม (Total bacteria) และเชื้อรารวม (Total fungi) ภายในห้องเรียน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ โดยห้องเรียนที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ เป็นห้องที่ขนาดห้องตั้งแต่ 82.0 – 309.1 ตารางเมตร ทุกห้องเป็นห้องที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบบแขวน ลักษณะห้องทุกห้องเป็นห้องที่มีหน้าต่างแต่ปิดไว้ตลอดเวลา ส่วนใหญ่มีพัดลมระบายอากาศแต่ไม่สามารถเปิดใช้งานได้ บางห้องสามารถสังเกตเห็นเชื้อราเจริญอยู่บนผนังและเพดานห้อง และในห้องเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีห้องเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์ จึงมีการปูพรมไว้ด้วย

จากการตรวจวัดสภาพอากาศภายในห้องเรียน พบว่า อุณหภูมิภายในห้องเรียนอยู่ที่ 24.5 – 30.0 $^{\circ}$C แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ห้องเรียนที่มีอุณหภูมิความสบาย (Thermal comfort) เหมาะสม (อุณหภูมิ 20.0 – 26.0 $^{\circ}$C) และ ห้องเรียนที่มีอุณหภูมิความสบายไม่เหมาะสม (อุณหภูมิสูงกว่า 26.1 $^{\circ}$C) ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 55.0 – 76.6% ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสม (50 – 60%) กลุ่มที่มีความชื้นสัมพัทธ์ไม่เหมาะสม (Wilbert. 1982) และความเข้มข้นของ CO_2 อยู่ที่ 554 – 2,281 ppm ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มห้องเรียนได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มห้องเรียนที่มีการระบายอากาศเพียงพอ (CO_2 ต่ำกว่า 700 ppm) และกลุ่มห้องเรียนที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพอ (CO_2 สูงกว่า 700 ppm) ดังแสดงในตาราง 2

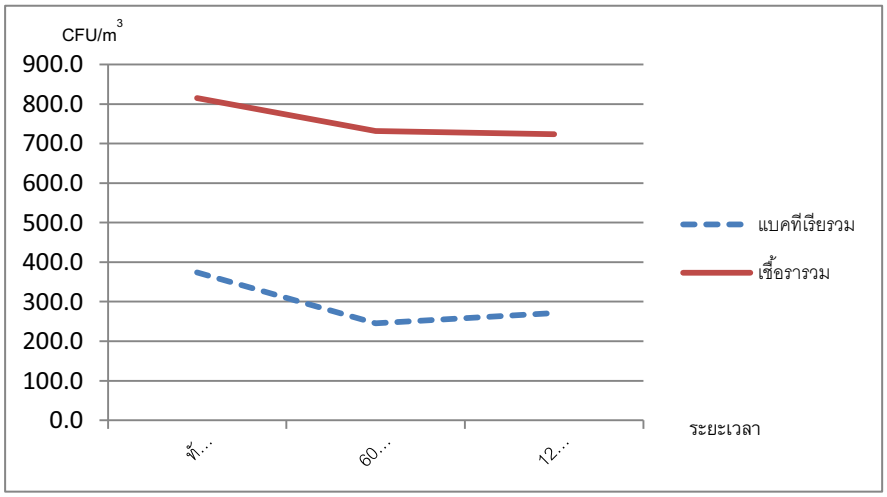
ตาราง 2 จำนวนห้องเรียนที่มีสภาพอากาศภายในห้องเรียนอุณหภูมิความสบาย ความชื้นสัมพัทธ์และการระบายอากาศที่เหมาะสม

	อุณหภูมิความสบาย	ความชื้นสัมพัทธ์	การระบายอากาศ
จำนวนห้องเรียนที่เหมาะสม	4	5	5
จำนวนห้องเรียนที่ไม่เหมาะสม	8	7	7

จาตาราง 2 พบว่า ระบบปรับอากาศในห้องเรียนส่วนใหญ่ไม่ตอบสนองกับค่าความสบายของผู้ที่ใช้งาน โดยหากพิจารณาปัจจัยทั้ง 3 อย่างคือ อุณหภูมิ ความชื้น และการระบายอากาศพร้อมกันแล้ว จะพบว่าไม่มีห้องห้องใดเลยที่มีปัจจัยของความสบายเหมาะสมทั้ง 3 ปัจจัย อย่างไรก็ตาม ทั้ง 3 ปัจจัยนี้ ยังเกี่ยวข้องต่อปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศอีกด้วย (Berardi. 1993)

การประเมินปริมาณจุลินทรีย์ภายในเครื่องปรับอากาศ (บริเวณแผงระบายอากาศเย็น) โดยใช้ไม้พันก้านสำลี โดยหลังจากที่บ่มเชื้อนาน 48 ชั่วโมง พบว่ามีโคโลนีของแบคทีเรียเจริญในจานเพาะเชื้อเพียง 3 – 15 โคโลนี ในขณะที่มีโคโลนีของเชื้อราเจริญอยู่เพียง 0 – 3 โคโลนีเท่านั้น ในขณะที่เมื่อเก็บตัวอย่างในอากาศจะพบโคโลนีของแบคทีเรียเฉลี่ย 11 โคโลนี และโคโลนีของเชื้อราเฉลี่ย 24 โคโลนี

สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศที่ช่วงเวลาการเก็บที่แตกต่างกัน โดยเก็บตัวอย่างอากาศทันทีที่เปิดเครื่องปรับอากาศ ภายหลังจากเปิดเครื่องปรับอากาศนาน 60 นาที และภายหลังจากเปิดเครื่องปรับอากาศนาน 120 นาที พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศมีปริมาณลดลงเล็กน้อย โดยได้ผลดังในรูปภาพ 1

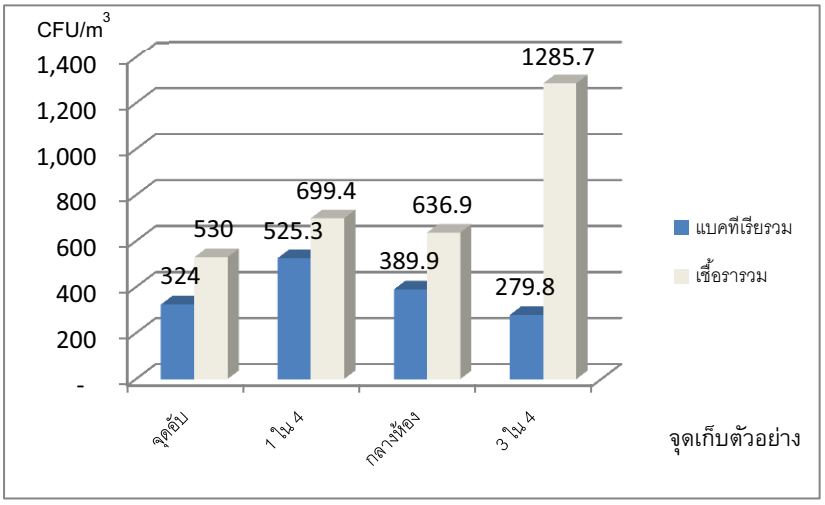


รูปภาพ 1 ปริมาณจุลินทรีย์เฉลี่ยในอากาศที่ช่วงเวลาการเก็บที่แตกต่างกัน (CFU/m^3)

อย่างไรก็ตาม ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศที่ช่วงเวลาการเก็บที่แตกต่างกันจะเห็นได้ว่า ไม่แตกต่างกันมากนัก แม้จะมีแนวโน้มลดลง แต่ก็เห็นได้ไม่ชัดเจนมากนัก

การเก็บข้อมูลความเร็วลมของแต่ละจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 4 จุด ตามระยะห่างจากเครื่องปรับอากาศ โดยหันทิศทางการวัดความเร็วลมเข้าหาแหล่งกำเนิดลมจากเครื่องปรับอากาศ พบว่าค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่สูงที่สุดคือที่ระยะ 1 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม รองลงมาคือ ระยะ 1 ใน 2 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม (เมตร), ระยะ 3 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม และ จุดอับของกระแสอากาศ โดยมีค่าเฉลี่ยความเร็วลมอยู่ที่ 0.7, 0.3, 0.2 และ 0.0 เมตร/วินาที ตามลำดับ

สำหรับการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศประเภท mesophilic bacteria และ เชื้อรา พบว่าภายในห้องเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง มีแบคทีเรียรวม (Total bacteria) อยู่ในช่วง 0 – 1,000 CFU/m^3 และ เชื้อรารวม (Total fungi) อยู่ในช่วง 0 – 3,928 CFU/m^3 โดยเมื่อเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศทั้งแบคทีเรียรวมและเชื้อรารวม มีค่าเท่ากับ 398.3 และ 874.0 CFU/m^3 ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาระยะห่างของจุดเก็บตัวอย่างภายในห้อง กับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ พบว่าแต่ละจุดมีปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศที่แตกต่างกัน โดยจุดที่มีปริมาณแบคทีเรียรวมสูงที่สุดคือจุดเก็บตัวอย่างที่ระยะห่าง ¼ เท่าของระยะจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม เท่ากับ 699.4 CFU/m^3 ส่วนจุดที่มีปริมาณเชื้อรารวมสูงที่สุดคือจุดเก็บตัวอย่างที่ระยะห่าง ¾ เท่าของระยะจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม เท่ากับ 1,285.7 CFU/m^3 ดังแสดงรูปภาพ 2



รูปภาพ 2 ปริมาณจุลินทรีย์เฉลี่ยในอากาศจากการเก็บตัวอย่างภายในห้องเรียน (CFU/m^3) จำแนกตามระยะห่างจากเครื่องปรับอากาศที่แตกต่างกัน

หมายเหตุ จุดอับ คือ จุดอับของกระแสอากาศจากเครื่องปรับอากาศ, 1 ใน 4 คือ ระยะ 1 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม (เมตร), กลางห้อง คือ ระยะ 1 ใน 2 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม (เมตร), 3 ใน 4 คือ ระยะ 3 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม

จากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มห้องที่มีปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศสูง (สูงกว่า 500 CFU/m^3) และกลุ่มห้องที่มีปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศต่ำ (ต่ำกว่า 500 CFU/m^3) ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 จำนวนห้องเรียนที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศสูงและห้องเรียนที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศต่ำ จำแนกตามประเภทของจุลินทรีย์

กลุ่มห้องเรียน	ประเภทของจุลินทรีย์	
	แบคทีเรียรวม	เชื้อรารวม
มีค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศสูง	7 ห้อง	11 ห้อง
มีค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศต่ำ	5 ห้อง	1 ห้อง

เมื่อนำข้อมูลปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราจากจุดเก็บตัวอย่างต่างๆ ได้แก่ ระยะ 1 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม (เมตร), กลางห้อง คือ ระยะ 1 ใน 2 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม (เมตร), 3 ใน 4 คือ ระยะ 3 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม มาวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล โดยใช้สถิติ Friedman test ดังผลในตาราง 3 และ 4

ตาราง 3 การเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศจำแนกตามระยะห่างจากเครื่องปรับอากาศ

ระยะห่างจากเครื่องปรับอากาศ	$\bar{X}$	SD	Friedman test	p
1 ใน 4 ของห้อง	525.31	399.76	6.00 *	.050
กลางห้อง	389.87	305.89		
3 ใน 4 ของห้อง	279.76	385.81		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 4 การเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อราในอากาศจำแนกตามระยะห่างจากเครื่องปรับอากาศ

ระยะห่างจากเครื่องปรับอากาศ	$\bar{X}$	SD	Friedman test	p
1 ใน 4 ของห้อง	699.41	496.61	4.95	.084
กลางห้อง	636.91	590.17		
3 ใน 4 ของห้อง	1285.72	1200.27		

จากการเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในอากาศจำแนกตามระยะห่างจากเครื่องปรับอากาศ พบว่า ระยะที่ห่างจากเครื่องปรับอากาศในระยะที่แตกต่างกันจะมีปริมาณตรวจพบเชื้อแบคทีเรียในอากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .050$) เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างในแต่ละคู่ พบว่า

ระยะที่ห่างจากเครื่องปรับอากาศ 1 ใน 4 ของห้องจะมีปริมาณตรวจพบเชื้อแบคทีเรียในอากาศมากกว่า ระยะที่ห่างจากเครื่องปรับอากาศ 3 ใน 4 ของห้อง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .018) สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อราในอากาศจำแนกตามระยะห่างจากเครื่องปรับอากาศ พบว่า ระยะที่ห่างจากเครื่องปรับอากาศในระยะที่ต่างกันจะมีปริมาณตรวจพบเชื้อราในอากาศไม่แตกต่างกัน (p = .084)

เมื่อนำเอาตัวแปรด้านการระบายอากาศ (ตาราง 2) มาวิเคราะห์ทางสถิติร่วมกับปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราเฉลี่ยในอากาศ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราเฉลี่ยในอากาศจำแนกตามประสิทธิภาพของการระบายอากาศภายในห้อง โดยใช้สถิติ Mann – Whitney U test ได้ผลดังในตาราง 5 - 6

ตาราง 5 การเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อแบคทีเรียเฉลี่ยในอากาศจำแนกตามประสิทธิภาพของการระบายอากาศภายในห้อง

ประสิทธิภาพของการระบายอากาศภายในห้อง	$\overline{X}$	SD	Mann-Whitney U Test	p
ระบายอากาศไม่ดี	572.28	279.58	2.52 *	.012
ระบายอากาศดี	154.76	122.29		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 6 การเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อราเฉลี่ยในอากาศจำแนกตามประสิทธิภาพของการระบายอากาศภายในห้อง

ประสิทธิภาพของการระบายอากาศภายในห้อง	$\overline{X}$	SD	Mann-Whitney U Test	p
ระบายอากาศไม่ดี	1022.11	636.83	0.58	.559
ระบายอากาศดี	666.67	471.40		

จากการเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อแบคทีเรียเฉลี่ยในอากาศจำแนกตามประสิทธิภาพของการระบายอากาศภายในห้อง พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศไม่ดีจะมีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียเฉลี่ยในอากาศมากกว่าห้องที่มีการระบายอากาศดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .012) ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อราเฉลี่ยในอากาศจำแนกตามประสิทธิภาพของการระบายอากาศภายในห้อง พบว่า ห้องที่มีการระบายอากาศไม่ดีจะมีปริมาณของเชื้อราเฉลี่ยในอากาศไม่แตกต่างจากห้องที่มีการระบายอากาศดี (p = .559)

การอภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้ อภิปรายตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย และอภิปรายในเชิงการประเมินความเสี่ยงในการสัมผัสจุลินทรีย์ในห้องเรียน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ดังนี้

จากการเก็บตัวอย่างพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศทั้งแบคทีเรียรวมและเชื้อรารวม มีค่าเท่ากับ 398.3 และ 874.0 CFU/m^3 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (พิพัฒน์ ลักษมีจรัลกุล. 2547) ซึ่งพบว่าการตรวจคุณภาพอากาศภายในห้องจะพบปริมาณของเชื้อราสูงกว่าปริมาณแบคทีเรีย สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในเครื่องปรับอากาศและในอากาศภายในห้องเรียน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ พบว่า ภายในเครื่องปรับอากาศจะพบโคโลนีของแบคทีเรียสูงกว่าโคโลนีที่เกิดขึ้นจากการเก็บตัวอย่างในอากาศ ในขณะที่พบโคโลนีของเชื้อราต่ำกว่าโคโลนีจากการเก็บตัวอย่างในอากาศ จึงอาจเป็นไปได้ว่า ภายในเครื่องปรับอากาศ (บริเวณแผงระบายอากาศเย็น) เป็นที่อาศัยของแบคทีเรียมากกว่าเชื้อรา (Nobuo. 2002) และเมื่อพิจารณาร่วมกับระยะห่างของจุดเก็บตัวอย่าง จะสอดคล้องกับที่จุดเก็บตัวอย่างในระยะ 1 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม (เมตร) จะพบปริมาณแบคทีเรียที่มากกว่าจุดอื่น เนื่องจากเป็นจุดที่รับอากาศจากเครื่องปรับอากาศโดยตรง (ความเร็วลมจากเครื่องปรับอากาศมีความเร็วสูงกว่าจุดอื่น) ส่วนปริมาณเชื้อราภายในห้องกลับไม่แตกต่างกันในแต่ละจุด ซึ่งก็สอดคล้องกับการพบปริมาณโคโลนีของเชื้อราในเครื่องปรับอากาศที่น้อยกว่า ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ว่า แหล่งกำเนิดแบคทีเรียอาจมาจากเครื่องปรับอากาศ ส่วนแหล่งกำเนิดของเชื้อราน่าจะมาจากจุดอื่นๆภายในห้อง เพราะเชื้อราอาจจะเจริญตามผนังหรือฝ้าเพดานได้ดีกว่าบริเวณแผงระบายอากาศเย็นซึ่งเป็นโลหะ (Abdel. 2012)

ความแตกต่างของปริมาณเชื้อแบคทีเรียรวมและเชื้อรารวม (CFU/m^3) ในอากาศ ในช่วงเวลาหลังจากการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศที่แตกต่างกัน พบว่า ช่วงเวลาตั้งแต่เปิดเครื่องถึงนานกว่า 120 นาทีนั้น ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก ถึงจะมีแนวโน้มลดลง แต่ก็เห็นได้ไม่ชัดเจนมาก แม้ว่าแหล่งกำเนิดของแบคทีเรียจะอยู่ที่เครื่องปรับอากาศและถูกปล่อยออกมาในช่วงแรก แต่แบคทีเรียส่วนใหญ่จะลอยอยู่ร่วมกับอนุภาคขนาดเล็กอื่นๆ (Kalogerakis. 2005) และยังคงลอยอยู่ในอากาศ มีบางส่วนที่เกาะกับอนุภาคขนาดใหญ่และตกลงสู่พื้นห้อง ทำให้ปริมาณแบคทีเรียมีในอากาศมีแนวโน้มที่ลดลง ส่วนเชื้อรานั้น แหล่งกำเนิดอาจอยู่นอกเครื่องปรับอากาศ และสปอร์ของเชื้อราก็มีขนาดเล็กและเบา ดังนั้นสปอร์ของเชื้อราจึงล่องลอยอยู่ในอากาศได้นานกว่า ปริมาณเชื้อราในแต่ละช่วงเวลาจึงไม่แตกต่างกันมากนัก

ความแตกต่างของปริมาณเฉลี่ยของเชื้อแบคทีเรียรวมและเชื้อรารวม (CFU/m^3) ในอากาศภายในห้องเรียน ที่ระยะห่างจากเครื่องปรับอากาศที่แตกต่างกัน พบว่า ปริมาณแบคทีเรียในแต่ละระยะห่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะระยะ 1 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม (เมตร) จะเห็นถึงความแตกต่างของปริมาณแบคทีเรียมากที่สุด เนื่องจากปริมาณแบคทีเรียได้รับอิทธิพลจากแหล่งกำเนิดคือเครื่องปรับอากาศ เพราะจุดดังกล่าวเป็นจุดตกของกระแสอากาศที่เป็นปัจจัยสำคัญในการกระจายของจุลินทรีย์พอดี (Mui. 2007) ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าแบคทีเรียส่วนใหญ่อาจสะสมอยู่ในบริเวณนี้ และค่อยๆลดลงเมื่ออยู่ไกลออกไป ส่วนเชื้อราในอากาศ กลับไม่พบความแตกต่าง ซึ่งแหล่งกำเนิดอาจอยู่ที่พื้นที่รอบๆแหล่งกำเนิดจากเครื่องปรับอากาศจึงไม่ใช้แหล่งกำเนิดหลัก

เมื่อแบ่งกลุ่มห้องเรียนโดยใช้เกณฑ์เรื่องการระบายอากาศที่ดีและไม่ดี ก็พบว่าห้องที่มีการระบายอากาศที่ดี จะมีปริมาณแบคทีเรียในอากาศน้อยกว่าห้องที่มีการระบายอากาศที่ไม่ดี ซึ่งการระบายอากาศนี้มีผลโดยตรงกับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ การที่ห้องมีการระบายที่ดี ทำให้อนุภาคที่แขวนลอยในอากาศถูกระบายออกจากห้องได้ (Zoon. 2011) แต่ในทางกลับกัน ปริมาณเชื้อราในอากาศในห้องที่มีการระบายอากาศที่ดีกลับไม่แตกต่างจากห้องที่มีการระบายอากาศที่ไม่ดี เหตุที่แตกต่าง อาจเป็นไปได้ว่า แบคทีเรียในอากาศจะอยู่ร่วมกับอนุภาค เมื่อกระจายอยู่ในห้องโอกาสที่จะถูกระบายออกจากห้องย่อมจะมีมากกว่า ในขณะที่เชื้อรายังคงปล่อยสปอร์ออกสู่อากาศได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากแหล่งกำเนิดอยู่รอบห้อง และยังคงปลดปล่อยสปอร์ออกอย่างต่อเนื่อง การระบายอากาศไม่ได้ช่วยให้เชื้อราที่อยู่ตามฝาผนังหรือเพดานลดอยู่แต่อย่างไร

การประเมินความเสี่ยงทางจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องเรียน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนหลัก (อนามัย เทศกะทึก. 2553) คือ การบ่งชี้สิ่งที่เป็นอันตราย (Hazard Identification), การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment), การประเมินขนาดสัมผัสและการตอบสนอง (Dose-response Assessment), และ พรรณนาลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization) โดยจากข้อมูลการวิจัย สามารถประเมินได้ดังนี้

การบ่งชี้สิ่งที่เป็นอันตรายในการศึกษาครั้งนี้ คือ แบคทีเรียรวม และเชื้อรารวม ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ การบ่มแบคทีเรียที่เก็บตัวอย่างมานั้น บ่มอยู่ที่อุณหภูมิ 37 ^{o}C แบคทีเรียที่เจริญในอุณหภูมินี้จะเป็นแบคทีเรียประเภท mesophilic bacteria ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ภายในร่างกายของมนุษย์ แบคทีเรียที่ก่อโรคส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียในกลุ่มนี้ ส่วนเชื้อรานั้น ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะภูมิแพ้ได้ อย่างไรก็ตาม โดยปกติแล้วจะมีจุลินทรีย์ที่ลอยอยู่ในอากาศอยู่แล้ว แต่การศึกษาในครั้งนี้ กลับพบปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราอยู่ในปริมาณที่สูง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 398.3 และ 874.0 CFU/m^3 ตามลำดับ ซึ่งตามปกติแล้ว อากาศภายในอาคารไม่ควรมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์เกินกว่า 500 CFU/m^3 (ACGIH. 1989) ซึ่งหากเกินกว่านี้ จะมีความเป็นไปได้ว่าจะมีผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งหากพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราจะพบว่า มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้ห้อง

นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพอื่นๆ โดยเฉพาะค่าความสบายภายในห้อง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และการระบายอากาศ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยเสริมที่มีผลต่อสุขภาพ ทั้งสุขภาพกายและสุขภาพจิต มีแนวโน้มที่จะเป็นปัจจัยเสริมทำให้ผลกระทบจากการสัมผัสจุลินทรีย์ในอากาศมากขึ้น (Lu et al. 2009) ซึ่งจากในงานวิจัย จะพบว่าห้องเรียนส่วนใหญ่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์สูง (ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 27.5 ^{o}C และ 65% ตามลำดับ) ทั้งที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ การระบายอากาศที่ไม่ดี (CO_2 เฉลี่ย เท่ากับ 996 ppm) ซึ่งอาจเนื่องมาจากการขาดการดูแลอย่างจริงจัง

การวิจัยครั้งนี้ พบว่า การสัมผัสจุลินทรีย์ที่อยู่ในอากาศภายในห้องเรียนมีความเป็นไปได้สูง โดยเฉพาะการสัมผัสกับเชื้อรา ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 874.0 CFU/m^3 ซึ่งปกติแล้วปริมาณเชื้อราในอากาศไม่ควรเกิน 300 CFU/m^3 เพราะเป็นปริมาณที่ทำให้ผู้ที่ภาวะไวต่อภูมิแพ้ได้รับผลกระทบได้ (Bradford. 1992) สำหรับการสัมผัสแบคทีเรียในอากาศ พบว่า ผู้ที่อยู่บริเวณ 1 ใน 4 เท่าจากเครื่องปรับอากาศถึงผนังห้องฝั่งตรงข้าม จะมีความเสี่ยงในการสัมผัสกับแบคทีเรียสูงที่สุด และบริเวณนี้ จะเป็นโต๊ะเรียนของนิสิต ซึ่งเป็นแถวแรกถึงแถวที่สามในแนวหน้ากระดานโดยเฉพาะในห้องเรียนที่มีเครื่องปรับอากาศบริเวณหน้าห้อง และหากห้องเรียนที่มี

เครื่องปรับอากาศอยู่ด้านข้าง แถวตอนแถวแรกถึงแถวตอนแถวที่สามจะมีโอกาสเสี่ยงต่อการสัมผัสมากที่สุด ยิ่งโดยเฉพาะบางห้องเรียนที่มีโต๊ะเรียนเยอะ นอกจากเรื่องของความแออัดแล้ว ผู้ที่มีความเสี่ยงที่ต่อการสัมผัสจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นไปด้วย ส่วนเครื่องปรับอากาศทั้งหมดที่ใช้ในห้องเรียนเป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและเป็นระบบปิด อากาศที่หมุนเวียนในห้องจะเป็นอากาศเดิมที่ถูกหมุนวนและมีเพียงความร้อนเท่านั้นที่ถูกระบายออกไป หากอากาศมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์แล้ว จุลินทรีย์เหล่านั้นจะไม่สามารถระบายออกสู่ภายนอกได้ ยิ่งห้องเรียนดังกล่าวมีการระบายอากาศที่แย่ด้วยแล้ว การสัมผัสจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องจะมีความเสี่ยงต่อสุขภาพมากขึ้น

จากการประเมินความเสี่ยงในขั้นต้น สามารถสรุปเพื่อเพื่อพรรณนาถึงความเสี่ยงได้ว่า สาเหตุที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่ใช้ห้องเรียนนั้น มีสาเหตุที่เกี่ยวข้องกันได้อยู่ 2 ประการ คือ สิ่งที่คุกคาม (Agent) คือ จุลินทรีย์ในอากาศ และสิ่งแวดล้อม (Environment) คือ สภาพอากาศภายในห้องที่ทั้งเอื้อต่อจุลินทรีย์ (ความชื้นสูง ระบายอากาศไม่ดี) และบั่นทอนสุขภาพของ Host (ภาวะความสบาย) ซึ่งทั้งสองสาเหตุต่างมีผลต่อภาวะสุขภาพและต่างเอื้อซึ่งกันและกัน ดังนั้นในการจัดการความเสี่ยง จำเป็นที่จะต้องดำเนินการจัดการทั้งสองสาเหตุไปพร้อมกัน นอกจากนี้จำเป็นจะต้องมีแผนการรองรับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น เช่น ระยะห่างจากเครื่องปรับอากาศ หรือการเปลี่ยนระบบเครื่องปรับอากาศให้เป็นแบบเปิด และการปรับปรุงระบบระบายอากาศ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการปรับปรุงสภาพภายในห้องเรียน โดยเน้นเรื่องระบบการระบายอากาศ เช่น พัดลมระบายอากาศจะต้องมีกำลังเพียงพอต่อปริมาตรอากาศหรือขนาดของห้องเรียน นอกจากนี้จะต้องมีการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอยู่เสมอ โดยเฉพาะการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในห้อง สำหรับการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศหรือการเพิ่มความถี่ในการทำความสะอาดนั้น อาจได้ผลได้ไม่มากนัก หากปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมอื่นๆไม่ได้แก้ปัญหาไปพร้อมกัน
2. จัดรูปแบบการวางทิศทางของเครื่องปรับอากาศหรือโต๊ะเรียน โต๊ะทำงาน ให้หลบจากกระแสอากาศ โดยอาจจะต้องมีการเว้นระยะจากผนัง เครื่องปรับอากาศ หรือตำแหน่งที่กีดขวางการระบายอากาศ ซึ่งการกำหนดระยะถอยร่นจะเป็นมาตรการหนึ่งที่ใช้ควบคุมความแออัดของจำนวนผู้ใช้ห้องด้วย
3. จำเป็นจะต้องมีการทำความสะอาดภายในเพื่อกำจัดจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเชื้อราที่อยู่ตามผนังและเพดาน ยังรวมไปถึงอุปกรณ์ต่างๆภายในห้อง เช่น ผ้าม่าน หรือ พรมปูพื้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่สนับสนุนทุนวิจัย และยังขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัยทุกท่านที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

พิพัฒน์ ลักษมีจรัลกุล. (2547). การวิเคราะห์คุณภาพอากาศทางจุลินทรีย์ในห้องพักของเจ้าหน้าที่สถานเอกอัคราชทูตนอร์เวย์ประจำประเทศไทย.

----------. (2550). **การประเมินความเสี่ยงทางจุลินทรีย์และการจัดการ**. กรุงเทพฯ: เจริญดีการพิมพ์.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2552). **สุขศาสตร์อุตสาหกรรม: การควบคุม**. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

อนามัย เทศกะทึก. (2553). **การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ**. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

A.A. Abdel Hameed, M.I. Khoder, Y.H. Ibrahim, and Y. Saeed. (2012). Study on some factors affecting survivability of airbone fungi. Science of The Total Environment. 414: 696-700.

American Conference of American Governmental Industrial Hygienists Bioaerosols Committee. (1989). Guidelines for the assessment of bioaerosols in the indoor environment. Gincinnati.

Angui Lu, Zhijian Liu, Xiaobin Zhu, Ying Liu and Qinggin Wang. (2009). The effect of air-conditioning parameters and deposition dust on microbial growth in supply air ducts. Energy and Buildings. 42(4): 449-454.

Berardi BM and Leoni E. (1993). Indoor air climate and microbiological airborne: Contamination in various hospital area. International Journal of Hygiene and Environmental Medicine. 194(4): 405-18.

Bradford O. Brook and William F. Davis. (1992). Understanding indoor air quality. London: CRC Press.

Jenet M. Macher. (1989). Positive-Hold correction of multiple jet impactors for collecting visible microorganisms. American Industrial Hygiene Association Journal. 50(11): 561-568.

K.W. Mui, L.T. Wong, and P.S. Hui. (2007). Risks of unsatisfactory airborne bacteria level in air-conditioned offices of subtropical climates. Building and Environment. 43: 475-479.

N. Kalogerakis, D. Paschali, V. Lekaditis, A. Pantidou, K. Eleftheriadis and M. Lazaridis. (2005). Indoor air quality – bioaerosol measurement in domestic and office premises. Aerosol science. 36: 751-761.

New York committee for occupational health and safety. (2012). Method for evaluation of indoor mold growth.

NIOSH. (1998). NIOSH manual of analytical methods (method 0800). 1998.

Nobuo Hamada and Tadao Fujita. (2002). Effect of Air-conditioner on fungal contamination. Atmospheric Environment. 36(35): 5443-5448.

United States Environmental Protection Agency. (1991). Indoor air fact no. 4 (revised) sick building syndrome. Air and Radiation (6609J). 1991.

W.A.C. Zoon, M.G.L.C. Loomans, and J.L.M. Hensen. (2011). Testing the effectiveness of operating room ventilation with regard to removal of airborne bacteria. Building and Environment. 46(12): 2570-2577.

WHO. (2006). Development of WHO guidelines for indoor air quality. Copenhagen. WHO Regional Office for Europe.