การประยุกต์ใช้รังสียูวีซีและการพ่นหมอกไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% เพื่อควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคาร สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

Application of UVC Radiation and Mist Spray 10% Hydrogen Peroxide to Control Microbial Indoor Air Quality NU Library, Naresuan University

ขวัญ อ่ำดี, สุเชาว์ ทิมเครือจีน, พีระ สำเภาเงิน, ชนัญชิดา ม่วงทอง, สุวรรณา นุ่มพิษณุ, นุศรา ยินยอม, ศิริวรรณ วิชัย

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร และภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา
คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
e-mail: siriwanwichai@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารเรียนรู้ชั้น 2 สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร ให้ได้มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารตามองค์กร U.S. Environmental Protection Agency (EPA) ที่กำหนดให้ต้องมีปริมาณแบคทีเรีย และเชื้อราไม่เกิน 500 cfu/m^3 โดยการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และรังสียูวีซี ในเดือนกันยายน-ตุลาคม 2561 ได้ตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราในอากาศของพื้นที่ดังกล่าวก่อนการฆ่าเชื้อโดยใช้หลักการ Settle plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ TSA และSDA ทิ้งไว้ 30 นาที และตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตอีกครั้งหลังการพ่นหมอกด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% อัตรา 1.5ml/m^3 และหลังการฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี 30 วัตต์ ในห้องควบคุมเครื่องปรับอากาศเป็นเวลา 6 ชั่วโมงในแต่ละวัน ผลการวิจัยพบว่าการพ่นหมอกด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ดังกล่าวไม่สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ และพบว่าจุลินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นก่อนการฆ่าเชื้อมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอากาศเท่ากับ 380 cfu/m^3 ปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 30 cfu/m^3 หลังการฆ่าเชื้อพบปริมาณสูงขึ้นเป็น 960 cfu/m^3 สำหรับจุลินทรีย์ทั้งหมดและเท่ากับ100 cfu/m^3 สำหรับยีสต์และรา ในเวลา 4 วันของการทดสอบ ทั้งนี้น่าจะมีสาเหตุมาการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นต่ำและการสลายตัวของสารได้น้ำทำให้ความชื้นในอากาศสูงขึ้นส่งผลให้จุลินทรีย์เจริญได้ดีขึ้นและกระตุ้นการงอกของสปอร์ได้ ส่วนการติดตั้งรังสียูวีซี 30 วัตต์ ที่ห้องควบคุมเครื่องปรับอากาศ 2 จุด สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคารลงมาในระดับที่ได้มาตรฐานไม่เกิน 500 cfu/m^3 โดยจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงเท่ากับ 83.5% หรือ 0.8log ในวันที่ 3 ของการทดสอบ ส่วนเชื้อรามีปริมาณลดลงเท่ากับ 93.7% หรือ 1.2log ในวันเดียวกัน ผลที่ได้

ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไปเพื่อให้สามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้

คำสำคัญ:

น้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, รังสียูวีซี, คุณภาพอากาศภายในอาคาร

Abstract

Controlling Indoor air quality in the Naresuan university library to meet the standard of air quality in the building according to the U.S. Environmental Protection Agency (EPA), total bacteria and fungi should not exceed 500 cfu/m^3 was done by using disinfectant 10% hydrogen peroxide and UVC radiation. During the 2018 in September-October, total plate counts (TPC) and yeast mold counts according to the principle of settle plate 30 minutes with TSA and SDA were examined in the air on the second floor of learning building NU library before and after treatment with mist spray 10% hydrogen peroxide and UVC radiation. The results found that mist spray 10% hydrogen peroxide with rate 1.5 ml/ m^3 could not reduce the amount of microorganisms. But TPC increased from 380 cfu/m^3 to 960 cfu/m^3 on the day of 4 of testing. The amount of molds increased from 30 cfu/m^3 to 100 cfu/m^3 on the same day. It is because of used low concentration of hydrogen peroxide and got water from the reaction, resulting in higher humidity, caused in better microbial growth and spore germination. For the treatment of UVC radiation in AHU room, it could reduce the amount of microorganisms in the indoor air to the standard level not more than 500 cfu/m^3. The reduction of TPC and molds were 83.5% and 93.7% or 0.8log and 1,2log respectively on day3 of the test. From the experiment results, it is a guideline for further research in order to control the indoor air quality to a safe level.

Keywords:

Disinfectant Hydrogen Peroxide, UVC, Indoor Air Quality (IAQ)

บทนำ

ปริมาณจุลินทรีย์ภายในอาคารเป็นดัชนีชี้วัดมลพิษอากาศภายในอาคารซึ่งเป็นภัยคุกคามที่สำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ในปัจจุบัน เนื่องจากคนส่วนใหญ่ใช้เวลา 80-90% อยู่ภายในอาคาร (Caselli et al., 2009; Haleem et al., 2012; Kalwasinska, Burkowska-But, & Wilk, 2012; Pegas et al., 2011) กิจกรรมที่ก่อให้เกิดสารเคมี สารชีวภาพ และฝุ่นละอองต่าง ๆ ล้วนเป็นสาเหตุของมลพิษภายในอาคาร (Meadow et al., 2014) สารชีวภาพเป็นมลพิษสำคัญที่ส่งผลต่อสุขภาพ

อย่างกว้างขวางได้แก่ ละอองเรณู สารก่อภูมิแพ้ และจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ในอากาศนั้นเป็นสาเหตุสำคัญของโรคระบบทางเดินหายใจ โรคภูมิแพ้ หอบหืดและโรคทางด้านระบบภูมิคุ้มกันต่าง ๆ (World Health Organization [WHO], 2009) เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารตามองค์กร U. S. Environmental Protection Agency (EPA) กำหนดให้ต้องมีปริมาณแบคทีเรีย (Bacteria) ไม่เกิน 500 cfu/m^3 และปริมาณเชื้อรา (Fungus) ไม่เกิน 500 cfu/m^3 (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2556) นอกจากนั้น Valeriani et al. (2017) ได้แบ่งระดับอันตรายตามปริมาณการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศสำหรับสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่ไม่ใช่ของอุตสาหกรรม (Air contaminate for non-industrial indoor environments) เป็น 5 ระดับ คือ 1) ระดับอันตรายสูงมาก ปริมาณจุลินทรีย์มากกว่า 2000 cfu/m^3 2) อันตรายสูง ปริมาณจุลินทรีย์ 500-2000 cfu/m^3 3) อันตรายปานกลาง ปริมาณจุลินทรีย์100-500 cfu/m^3 4) อันตรายน้อย ปริมาณจุลินทรีย์ 50-100 cfu/m^3 และ 5) อันตรายน้อยมาก มีปริมาณจุลินทรีย์น้อยกว่า 50 cfu/m^3 (Valeriani et al., 2017)

มีรายงานการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในหอสมุด Jimma University ของประเทศเอธิโอเปีย พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ 367-2,595 cfu/m^3 โดยจุลินทรีย์ที่ตรวจพบจัดจำแนกเป็น Micrococcus sp., Staphylococcus aureus, Streptococcus pyogenes, Bacillus sp. Neisseria sp., Cladosporium sp., Alternaria sp., Penicillium sp และ Aspergillus sp. (Hayleeyesus & Manaye, 2014) สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง พิษณุโลกได้ตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศในโครงการพัฒนาห้องสมุดสีเขียว เดือนกรกฎาคม ปี 2560 พบว่าพื้นที่อาคารเรียนรู้ชั้น 1-6 มีปริมาณจุลินทรีย์เฉลี่ย 1,200 cfu/m^3 ในขณะที่อาคารแสงเทียนชั้น 1-3 มีปริมาณจุลินทรีย์เฉลี่ย 500 cfu/m^3 ซึ่งเป็นคุณภาพอากาศภายในอาคารระดับอันตราย จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการลดปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศให้ได้มาตรฐานเพื่อความปลอดภัยของบุคลากรและผู้ใช้บริการ

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อ (disinfectant) และทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilant) สามารถยับยั้งได้ทั้งเซลล์และสปอร์ของแบคทีเรียและฟังไจ (Rij & Forney, 1995; Roger et al., 2005; Hall et al., 2008) โปรโตซัว (Coulon et al., 2010) ไวรัส (Pottage et al., 2010) และ Prions (Fichet et al., 2007) ปัจจุบันมีการใช้งานในรูปแบบของเหลว (Liquid hydrogen peroxide, lHP) ละอองฝอยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Aerosolized hydrogen peroxide, aHP) และไอระเหยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide vapor, HPV) ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งาน เช่น ของเหลวใช้ในการเช็ดทำความสะอาด มีการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้ไอระเหย (HPV) ความเข้มข้น 30-35% เวลา 90 นาที ทดสอบกับ Carrier test ในห้องผ่าตัดพบว่าสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้มากกว่า 4-5log รวมทั้งจุลินทรีย์ดื้อยาในกลุ่ม MRSA (Lemmen et al., 2015) นอกจากนั้นมีรายงานการศึกษาประสิทธิภาพในการฆ่าสปอร์และไวรัสที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจต่าง ๆ พบว่าสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้มากกว่า 3log (Goyal et al., 2014) แต่การศึกษาในสภาพแวดล้อมที่ปนเปื้อนจริงได้ผลที่แตกต่างกันไป (Weber, et al., 2016) การกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศด้วย aHP หรือการฉีดเป็นละอองฝอยหรือหมอก มีรายงานการใช้ 5-7% hydrogen peroxide ผสมกับ Ag cation 50ppm เวลา 2-3 ชั่วโมง พบว่า

สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ดื้อยา MRSA และ *Acenitobacter sp*. ได้มากกว่า 4log (Piskin et al., 2011) โดยการพ่นเป็น Dry mist และมีรายงานการทดสอบกับไวรัสชนิดต่าง ๆ พบว่าสามารถลดได้ 1.0-1.7log (Chan et al., 2011) จากรายงานจึงพบว่าไอระเหยของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีประสิทธิภาพใน การฆ่าเชื้อได้ดีกว่าเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดีกว่า (Finnegan et al., 2010) แต่การใช้ ไอระเหยต้องใช้อุปกรณ์ราคาแพงกว่าและผู้ปฏิบัติงานต้องมีความชำนาญมากกว่า (Weber et al., 2016) สำหรับการพ่นหมอกไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ประสบความสำเร็จกับการกำจัดจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ (Bacillus anthracis) ในอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในรถยนต์ เช่น Aluminum seat back, Rubber flooring, Used railcar air filter, Fiber glass interior sliding etc. โดยทำใน Chamber ที่ควบคุมอุณหภูมิ 10^0C และ 10^0C เวลา 8-168 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้มากกว่า 6log (William et al., 2018)

การกำจัดจุลินทรีย์ด้วยรังสียูวี มีการนำมาใช้แพร่หลายในอากาศ พื้นผิว และเครื่องมือต่าง ๆ (Rutala & Weber, 2011) โดยเฉพาะอย่างยิ่งรังสียูวีซี ความยาวคลื่น 200-270 nm สามารถทำลายพันธะของดีเอ็นเอของจุลินทรีย์ได้ดี มีการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลประสิทธิภาพของ ยูวีซีพบว่าปริมาณกรดอินทรีย์มากและตำแหน่งห่างจากจุดกำเนิดแสงทำให้อัตราการตายลดลง (Nerandzic et al., 2014) ตลอดจนได้มีการนำมาใช้จริงในห้องต่าง ๆ ของโรงพยาบาลเพื่อทำลายเชื้อดื้อยา เช่น MRSA, VRE, Acenitobacter spp. และ C. difficile

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกวิธีในการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคารด้วยการใช้รังสียูวีซีในห้องควบคุมเครื่องปรับอากาศเนื่องจากเป็นจุดที่ควบคุมการไหลเวียนของอากาศ ภายหลังจากการฆ่าเชื้อในห้องควบคุมเครื่องปรับอากาศ อากาศที่สะอาดจะถูกปล่อยเข้าไปภายในอาคารจะทำให้ลดปริมาณจุลินทรีย์ภายในอาคารได้ นอกจากนั้นยังได้ทดสอบการพ่นหมอกน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% ภายในอาคารหลังปิดบริการ เพื่อให้จำนวนจุลินทรีย์ภายในอาคารลดปริมาณลงเมื่อเปิดให้บริการในวันถัดไป

สมมติฐานการวิจัย การกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศบริเวณพื้นที่นั่งอ่านด้วยการพ่นหมอกน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็น Oxidizing agent มีฤทธิ์ในการทำลาย ดีเอ็นเอเยื่อหุ้มเซลล์ตลอดจนองค์ประกอบอื่น ๆ ของเซลล์ การสลายตัวของสารจะให้น้ำและออกซิเจน จึงมีความปลอดภัยทุกด้าน ส่วนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยรังสียูวีซีซึ่งมีฤทธิ์ทำลายพันธะของดีเอ็นเอของจุลินทรีย์ในห้องควบคุมเครื่องปรับอากาศจะทำให้ลดปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศในพื้นที่นั่งอ่านได้เช่นกัน

วัตถุประสงค์

เพื่อควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคารสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. วัสดุ อุปกรณ์ และอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.1 อุปกรณ์ในการฆ่าเชื้อ ได้แก่ หลอดยูวีซี น้ำยาฆ่าเชื้อโดรเจนเปอรไซด์ 10% เครื่องพ่นหมอก

1.2 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protection Equipment) ได้แก่ ชุดปฏิบัติงาน ถุงมือ หน้ากากกรองอากาศ แว่นตา หมวก

1.3 อุปกรณ์ในการแยกและการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ อาหารเลี้ยงเชื้อ Trypticase soy agar (TSA) Sabouraud dextrose agar (SDA) สารละลายเจือจาง 0.85% NaCl ไม้พันสำลี ตู้บ่มเชื้อ

2. วิธีการ

2.1 การคัดเลือกพื้นที่บริการ ชั้น 2 อาคารเรียนรู้ สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับการทดสอบ

2.1.1 อาคารเรียนรู้ชั้น 2 ขนาดพื้นที่ 1,230 ตารางเมตร สูง 2.79 เมตร ปริมาตร 3,443 ลูกบาศก์เมตร เป็นพื้นที่นั่งอ่าน บริการวารสารและเคาน์เตอร์ ยืม-คืน มีทางเดินเชื่อมต่อกับชั้น 2 อาคารแสงเทียน มีประตูปิด-เปิดตามเวลาการให้บริการ

2.1.2 กำหนดช่วงเวลาการทดสอบ 2 ช่วงเวลา ดังนี้

วันที่ 19-25 กันยายน 2561 การทดสอบการกำจัดจุลินทรีย์ภายในอาคารด้วย การพ่นหมอกน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% ในเวลา 01:30-03:30 น. และตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศที่รอดชีวิตในเวลา 07:00-07:30 น.

วันที่ 9-13 ตุลาคม 2561 การทดสอบกำจัดจุลินทรีย์ภายในอาคารด้วยการใช้รังสียูวีซีในห้อง AHU เวลา 09:00-16:00 น.และตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศที่รอดชีวิตในเวลา 20:00-20:30 น.

2.2 การกำจัดจุลินทรีย์ภายในอาคารด้วยการพ่นหมอกน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10%

2.2.1 เจือจางน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้ได้10% บรรจุลงในเครื่องพ่นหมอก โดยเตรียมในวันที่ใช้งาน

2.2.2 พ่นหมอกน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% ในอัตรา 1.5 มิลลิลิตร/ลูกบาศก์เมตร ในเวลาหลังปิดบริการ

2.2.3 ตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศโดยใช้หลักการ Settle plate ด้วยการเปิดจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ อาหารเลี้ยงเชื้อ TSA และอาหารเลี้ยงเชื้อ SDA วางไว้ 10 จุด กระจายทั่วพื้นที่ สูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร ห่างจากผนังหรือสิ่งกีดขวางอย่างน้อย 1 เมตร ทิ้งไว้

30 นาที จึงปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ บ่มอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA ที่อุณหภูมิ 35±2°C และอาหารเลี้ยงเชื้อ SDA ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจนับโคโลนีและรายงานผลเป็นปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศต่อลูกบาศก์เมตร เก็บเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้บนอาหารที่เหมาะสม

2.3 การกำจัดจุลินทรีย์ภายในอาคารด้วยการใช้รังสียูวีซีในห้องควบคุมเครื่องปรับอากาศ (AHU)

2.3.1 ติดตั้งรังสียูวีซี โดยใช้หลอดขนาด 30 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ในห้อง AHU ทั้งสองฝั่งของอาคารเรียนรู้ วัดอุณหภูมิของห้องและความชื้นสัมพันธ์

2.3.2 เปิดยูวีในเวลาเปิดทำการตั้งแต่เวลา 9:00- 16:00 ทุกวัน โดยติดตั้งระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศและการเปิดหลอดยูวีซีอัตโนมัติ เพื่อความสะดวกและปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่เกี่ยวข้อง

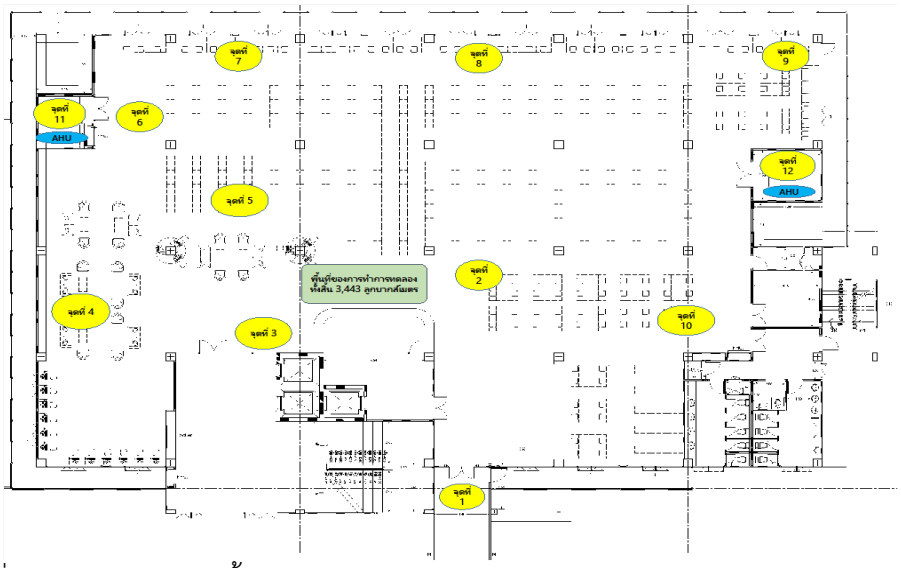
2.3.3 ตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศโดยใช้หลักการ Settle plate ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 2.2.3 เพิ่มเติมการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในห้อง AHU ด้วย

2.4 คำนวณร้อยละการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ในอากาศ และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารตามองค์กร U.S. Environmental Protection Agency (EPA) กำหนดให้ต้องมีปริมาณแบคทีเรีย (Bacteria) ไม่เกิน 500 cfu/m^3 และปริมาณเชื้อรา (Fungus) ไม่เกิน 500 cfu/m^3

สรุปผล อภิปรายผล ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัย

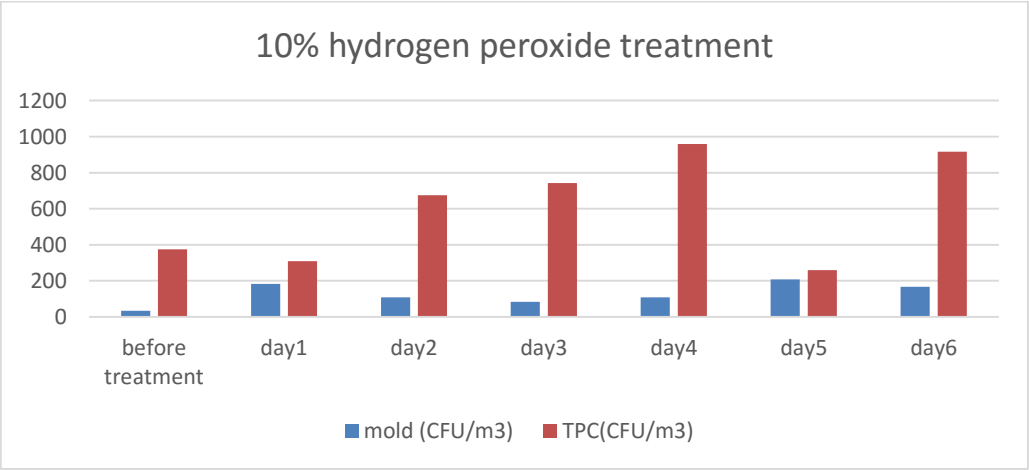
1. อาคารเรียนรู้ชั้น 2 อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นพื้นที่ในการทดสอบ ได้กำหนดจุดต่าง ๆ ในการตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผังอาคารเรียนรู้ชั้น 2 สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร และกำหนดจุดทดสอบ

จากผลการตรวจวัดพบว่าอุณหภูมิของห้องอยู่ในช่วง 24.1-29.8 °C ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 47.2-63.5% และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 166-770 ppm แสดงว่าอุณหภูมิของห้องไม่แตกต่างกันมาก แต่ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกันมากในแต่ละวันซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ โดยความชื้นสัมพัทธ์เกิดจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารที่มากขึ้นเนื่องจากมีผู้ใช้บริการมากขึ้น จากการเก็บข้อมูลพบว่า มีผู้เข้าใช้บริการตั้งแต่ 0-1,762 คน/ วัน (จำนวนผู้ใช้บริการ 0 คนคือไม่เปิดบริการเนื่องจากเป็นวันหยุด)

2. การกำจัดจุลินทรีย์ภายในอาคารด้วยการพ่นหมอกน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% ในอัตรา 1.5 มิลลิลิตร/ ลูกบาศก์เมตร เวลาสัมผัส 5-6 ชั่วโมง ผลการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งก่อนและหลัง ดังแสดงในกราฟ ภาพที่ 2

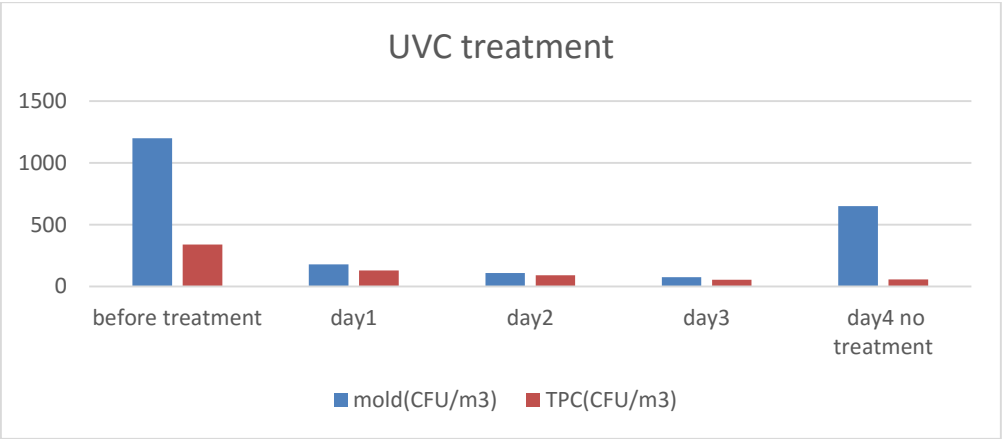


ภาพที่ 2 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) และเชื้อรา (Mold) ในอากาศ ก่อนและหลังการพ่นหมอกน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10%

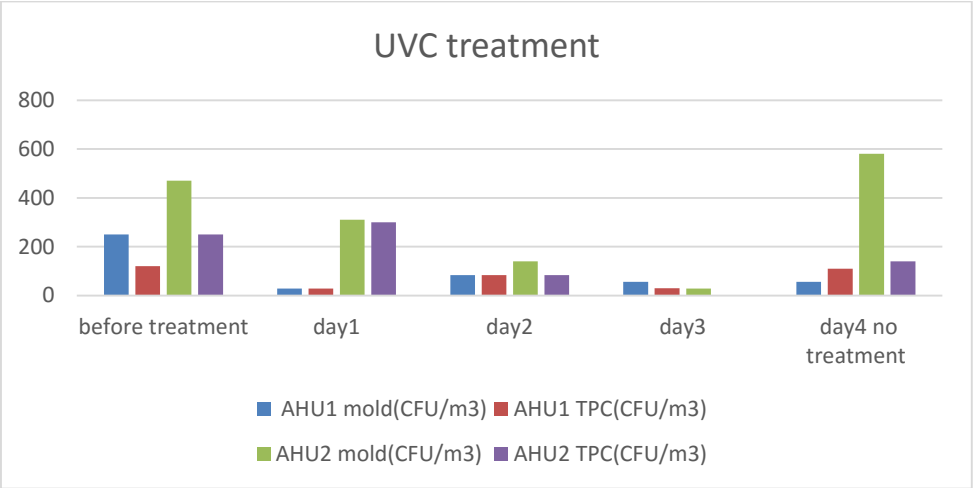
ผลการทดลองพบว่าการพ่นหมอกไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% เวลาสัมผัส 5-6 ชั่วโมง เวลาเปิดบริการ 17-18 ชั่วโมงต่อวัน (เนื่องจากเป็นช่วงขยายเวลาเปิดให้บริการในช่วงสอบ) ไม่สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ และมีแนวโน้มที่จะมีจำนวนจุลินทรีย์มากขึ้น ก่อนการฆ่าเชื้อตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมดได้เท่ากับ 380 cfu/m^3 หลังจากการฆ่าเชื้อมีจำนวนสูงขึ้นเป็น 310, 680, 740 และ 960 cfu/m^3 ในวันที่ 1,2,3 และ 4 ตามลำดับ เช่นเดียวกับการตรวจนับปริมาณเชื้อรา ก่อนการฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับ 30 cfu/m^3 หลังจากการฆ่าเชื้อมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 180, 100, 80 และ 100 cfu/m^3 ทั้งนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ำ และปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดขึ้นได้น้อยจากการพ่นในลักษณะที่เป็นหมอกเมื่อเทียบกับไอระเหย และการสลายตัวของสารนี้ทำให้เกิดน้ำซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ความชื้นสูงขึ้น ส่งผลให้จุลินทรีย์เจริญได้ดีขึ้นและยังกระตุ้นให้สปอร์งอกเจริญเป็นเซลล์เพิ่มจำนวนขึ้นได้ โดยทั่วไปการพ่นหมอกต้องทำในลักษณะ Dry mist หรือการทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นหลังการฆ่าเชื้อจะลดปริมาณความชื้นในอากาศได้ นอกจากนั้นจำนวนชั่วโมง

ในการเปิดบริการที่นานขึ้นและผู้ใช้บริการมีจำนวนมากขึ้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์สูงขึ้นด้วย มีรายงานการวิจัยการพ่นไอระเหยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในห้องควบคุมเครื่องปรับอากาศเพื่อฆ่าเชื้อในโรงพยาบาล สารนี้มีความปลอดภัยสูง ไม่มีการระคายเคือง ไม่มีสารตกค้างและสามารถฆ่าเชื้อในขณะที่มีการใช้ห้องปกติและทำซ้ำได้หลายรอบ (Taneja, Taneja, & Gupta, 2011) ซึ่งเป็นแนวทางที่ผู้วิจัยจะดำเนินการต่อไป

3. การกำจัดจุลินทรีย์ภายในอาคารด้วยการใช้รังสียูวีซีในห้องควบคุมเครื่องปรับอากาศ (AHU) โดยการเปิดยูวีซี 30 วัตต์ เวลา 6 ชั่วโมง ทุกวันเป็นเวลา 3 วัน ผลการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ภายในอาคารและภายในห้อง AHU ดังแสดงในกราฟ ภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) และเชื้อรา (Mold) ในอากาศในอาคารบริเวณพื้นที่บริการก่อนและหลังการใช้รังสียูวีซีในห้องควบคุมเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) และเชื้อรา (mold) ในอากาศในห้องควบคุมเครื่องปรับอากาศ 1 (AHU1) และ 2 (AHU2) ก่อนและหลังการใช้รังสียูวีซี

ผลการทดลองพบว่าการใช้รังสียูวีซี 30วัตต์ ติดตั้งที่ห้องควบคุมเครื่องปรับอากาศ 2 ฝั่งของอาคาร (AHU1, AHU2) สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคารที่มีพื้นที่ 1,230 ตารางเมตร ลงมาในระดับที่ได้มาตรฐาน (ไม่เกิน 500 cfu/m^3) คำนวณการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้เท่ากับ 61.8, 72.9 และ 83.5 % หรือ0.4log, 0.6log และ 0.8log ในวันที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ส่วนเชื้อรามีเปอร์เซ็นต์การลดลงเท่ากับ 85.0, 90.0 และ 93.7% หรือ 0.8log, 1.0log และ 1.2log ในวันเดียวกัน เช่นเดียวกับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศที่ลดลงในห้อง AHU อย่างไรก็ตามในวันที่ 4 ที่ไม่ได้เปิดหลอดยูวีซีมีแนวโน้มที่จุลินทรีย์จะเพิ่มจำนวนขึ้น จึงต้องศึกษาวิจัยต่อไปเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสม ความถี่ที่ต้องดำเนินการและมีการตรวจติดตามอย่างต่อเนื่อง ยิ่งกว่านั้นอาคารสำนักหอสมุดมีแหล่งปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศที่สำคัญมาจากหนังสือ ผู้ใช้บริการและสภาพแวดล้อม การทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารมีความปลอดภัยและได้มาตรฐานต้องมีมาตรการกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ การควบคุมสภาพแวดล้อมด้านอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และระบบระบายอากาศเพื่อลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ จะต้องดำเนินการควบคู่กันไป

สรุปผลการทดลอง

การพ่นหมอกน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% อัตรา 1.5 ml/m^3 เวลาสัมผัส 5-6 ชั่วโมง ภายในอาคารเรียนรู้ ชั้น2 ของสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งมีพื้นที่ 1,230 ตารางเมตร สูง 2.79 เมตร ปริมาตร 3,443 ลูกบาศก์เมตร ไม่สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ และมีแนวโน้มที่จะมีจำนวนจุลินทรีย์มากขึ้น ทั้งนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ำ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารต่ำ และการสลายตัวของสารนี้ได้น้ำทำให้เกิดความชื้นสูงขึ้น ส่งผลให้จุลินทรีย์เจริญได้ดีขึ้นและยังกระตุ้นให้สปอร์งอกได้ ส่วนการติดตั้งรังสียูวีซี 30 วัตต์ที่ ห้องควบคุมเครื่องปรับอากาศสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคารลงมาในระดับที่ได้มาตรฐานไม่เกิน 500 cfu/m^3 โดยจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงเท่ากับ 61.8, 72.9 และ 83.5% ในวันที่ 1,2 และ 3 ตามลำดับ ส่วนเชื้อรามีเปอร์เซ็นต์การลดลงเท่ากับ 85.0, 90.0 และ 93.7% ในวันเดียวกัน ผลที่ได้เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่เป็นประโยชน์ให้ผู้วิจัยต้องศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วิธีกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคารที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ
2. ได้ชุดอุปกรณ์การกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศด้วยรังสียูวีซี ที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ สามารถทำงานโดยอัตโนมัติและควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล

เอกสารอ้างอิง

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม. (2556). คู่มือมาตรฐานอนามัย สิ่งแวดล้อม (ด้านอากาศ น้ำ ดิน เสียง ความสั่นสะเทือน ความร้อน และความเข้ม แสงสว่าง) (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

Caselli, M., Gennaro, G., Saracino, M. R., & Tutino, M. (2009). Indoor contaminants from newspapers: VOC emission in newspaper stands. *Environ Res*, *109*, 149-157.

Chan, H-T., White, P., Sheorey, H., Cocks, J., & Waters, M-J. (2011). Evaluation of the biological efficacy of hydrogen peroxide vapour decontamination in wards of an Australian hospital. *Journal of Hosp Infect*, 79, 125-8.

Coulon, C., Collignon, A., McDonnel, G., & Thomas, V. (2010). Resistance of *Acanthamoeba* cysts to disinfection treatments used in health care settings**.** *Journal of Clinical Microbiology***,** 48, 2689-2697.

Fichet, G., Antloga, K., Cooy, E., Deslys, J.P., & McDonnel, G. (2007). Prion inactivation using a new gaseous hydrogen peroxide sterilization process**.** *Journal of Hospital Infection*, *67*, 278-286.

Finnegan, M., Denyer, S. P., McDonnel, G., Simmons, C., & Maillard, J-Y. (2010). Mode of action of hydrogen peroxide and other oxidizing agents: differences between liquid and gas forms. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, *65*(10), 2108-15.

Goyal, S., Chander, Y., Yezli, S., & Otter, J. A. (2014). Evaluating the virucidal efficacy of hydrogen peroxide vapour. *Journal Hosp Infect, 86*, 255-9.

Haleem Khan, A. A., & Mohan Karuppayil, S. (2012). Fungal pollution of indoor environments and its management. *Saudi Journal Biol Sci, 19*, 405-426.

Hall, L., Otter, J. A. Chewins, J., & Wengenack, N. L. (2008). Deactivation of the dimorphic fungi *Histoplasma capsulatum*, *Blastomyces dermatitidis* and *Coccidioides immitis* using hydrogen peroxide vapour**.** *Medical Mycology, 46*, 189-191

Hayleeyesus, S. F., & Manaye, A. M. (2014). Microbiological Quality of Indoor Air in University Libraries. *Asian Pac Journal Trop Biomed, 4*, 312-317.

Kalwasinska, A., Burkowska-But, A., & Wilk, I. (2012). Microbial air contamination in Indoor environment of a university library. Annals of Agricultural and Environmental Medicine: AAEM*, 19*, 25-29.

Lemmen, S., Scheithauer, S., Hafner, H., Yezli, S., Mohr, M.,& Otther, J. (2015). Evaluation of hydrogen peroxide vapor for the inactivation of nosocomial pathogens on porous and nonporous surfaces. *Am J Infect Control, 48*, 82-5.

Meadow, J. F., Altrichter, A. E., Kembel, S. W., Kline, J., Mhuireach, G., Moriyama, M., Northcutt, D., O'Connor, TK., Womack, A. M., & Brown, G. Z. (2014). Indoor airborne bacterial communities are influenced by ventilation, occupancy, and outdoor air source. *Indoor Air***,** *24*(1), 41-8.

Nerandzic, M. M., Fisher, C. W., & Donskey, C. J. (2014). Sorting through the wealth of options: comparative evaluation of two ultraviolet disinfection systems. *PLOS ONE, 9*(9), e107444.

Pegas, P. N., Alve, C. A., Evtyugina, M. G., Nunes, T., Cerqueira, M., Franchi, M., Pio, C. A., Almeida, S. M., & Freitas, M. C. (2011). Indoor air quality in elementary schools of Lisbon in spring. *Environ Geochem Health, 33*, 455-468.

Piskin, N., Celebi, G., Kulah, C., Mengeloglu, Z., & Yumasak, M. (2011). Activity of a dry mist generated hydrogen peroxide disinfection system against methicillin-resistant *Staphyllococcus aureus* and *Acinetobacter baumanni. Am Journal Infect Control, 39*, 757-62.

Pottage, T., Richardson, C., Parks S., Walker, J. T., & Bennett, A. M. (2010). Evaluation of hydrogen gaseous disinfection systems to decontaminate viruses. *Journal Hosp Infect, 74*, 55-61.

Rij, R. E., & Forney, C .F. (1995). Phytotoxicity of vapour-phase hydrogen peroxide to Thompson Seedless grapes and *Botrytis cinerea* spores. *Crop Protection*, *14*(2), 131-135.

Roger, J. V., Sabourin, C. L. K., Choi, Y. W., Richter, W. R., Rudnicki, D. C., Riggs, K. B., Taylor, M. L., & Chang, J. (2005). Decontamination assessment of *Bacillus* anthracis, Bacillus subtilis and Geobacillus stearothermophillus spores on indoor surfaces using hydrogen peroxide gas generator**.** *Journal of Applied Microbiology, 99*, 739-748.

Rutala, W., & Weber, D. J. (2011). Are room decontamination units needed to prevent transmission of environmental pathogens? *Infect Control Hosp Epidemio, 32*, 743-7.

Richter, W. R., Wood, J. P., Wendling, M. Q. S., & Rogers, J. V. (2018). Inactivation of *Bacillus anthracis* spores to decontaminate subway railcar and related materials via the fogging of peracetic acid and hydrogen peroxide sporicidal liquids. *Journal of Environmental Management*, *206*, 800-806.

Taneja, S. S., Taneja, P. K., & Gupta, R. K. (2011). Researches in corporate social responsibility: A review of shifting focus, paradigms, and methodologies. *Journal of Business Ethics, 101*(3), 343-364.

Valeriani, F. Cianfanelli, C., Gianfranceschi, G., Santucci, S., Romano S. V., & Mucci, N. (2017). Monitoring biodiversity in libraries: a pilot study and perspectives for indoor air quality**.** *Journal Prev Med Hyg*, *58*(3), 238-251.

Weber, D. J., Rutala, W. A., Anderson, D. J., Chen, L. F., Sickbert-Bennett, E. E., & Boyce, M. D. (2016). Effectiveness of ultraviolet devices and hydrogen peroxide systems for terminal room decontamination: Focus on clinical trials. *American Journal of Infection Contro, 44*(5), 77-84.

World Health Organization [WHO]. (2009). *Guidelines for indoor air quality: Dampness and mould.* Copenhagen, Denmark: World Health Organization.