

การกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศ
ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10%

Decontamination of Microorganisms on Books, Journals and the Media
by 10% Hydrogen Peroxide Disinfectant

ศิริวรรณ วิชัย, นุศรา ยินยอม, ขวัญ อ่ำดี, สุเชาว์ ทิมเครือจีน,
พีระ สำเภาเงิน, ชัญญชิตา ม่วงทอง, สุวรรณ นุ่มพิษณุ
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
e-mail: siriwanwichai@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีการกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสารและสื่อสารสนเทศสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ด้วยการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศด้วยวิธี Spread plate technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA สำหรับจุลินทรีย์ทั้งหมดและอาหาร SDA สำหรับยีสต์และรา จากนั้นป้ายสปอร์ของเชื้อรา และเซลล์ของแบคทีเรียบนหนังสือ วารสาร และแผ่นซีดี นำมาเช็ดทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10% ตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิต โดยทั้งหมดนั้นทำในห้องที่ควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศด้วยรังสี ยูวีซี ผลการวิจัยพบว่า สื่อสารสนเทศ แผ่นซีดี ดีวีดี มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.8×10^4 CFU/10cm² จำนวนยีสต์และรา 1.3 CFU/10cm² ส่วนหนังสือและวารสารมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.3×10^4 CFU/10cm² จำนวนยีสต์และรา เท่ากับ 3.1 CFU/10cm² เตรียมห้องปฏิบัติการกว้าง 2.9 เมตร ยาว 4.4 เมตรที่มีหลอดยูวีซีเพื่อใช้กำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งตรวจพบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดในอากาศของห้องนี้เท่ากับ 4.9×10^2 CFU/m³ หลังจากเปิดหลอดรังสียูวีซี ขนาด 30 วัตต์ 20 นาที เพื่อทำลายจุลินทรีย์ในอากาศพบว่า รังสียูวีซีมีประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียและเชื้อราได้ 99% เมื่อนำหนังสือ วารสารและสื่อสารสนเทศที่มีจุลินทรีย์ปนเปื้อน 10^4 CFU/10cm² มาเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าที่ผ่านการฆ่าเชื้อชุปน้ำยาฆ่าเชื้อ 10% Hydrogen peroxide วันละ 1 ครั้ง ติดต่อกัน 3 วัน ในห้องที่ควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศให้อยู่ในระดับอันตรายน้อยมาก (<50 CFU/m³) ผลการทดลองพบว่าสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้และทำให้ปราศจากเชื้อในที่สุด วิธีดังกล่าวได้รับการพิสูจน์ความถูกต้องเปรียบเทียบกับ Control พบว่าจำนวนจุลินทรีย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คำสำคัญ:

น้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10%, รังสียูวีซี, การกำจัดจุลินทรีย์

Abstract

The study on method for microbial decontamination on books, journals and the media in the library of Naresuan university by enumeration of microbial contamination on books, journals and the media using Spread plate technique on TSA for total viable count and SDA for yeast and mold count. Then inoculated microbial cells and spores on books, journals and the media after that decontamination with 10% hydrogen peroxide and counted the surviving cells. All must be done in the laboratory that controlled air quality by UVC. The results found that the media, CD and DVD had total microbial contents 2.8×10^4 CFU/10cm², yeast and mold contents 1.3 CFU/10cm². Books and journals contained microbial contents 3.3×10^4 CFU/10 cm², yeast and mold contents 3.1 CFU/10cm². The laboratory room 2.9x4.4 meters with 30 watts UVC was operated. It was found that this room contained the amount of microorganism in the air 4.9×10^2 CFU/m³. After 20 minutes of exposure, UVC radiation effective in killing bacteria and mold in the air 99%. Contaminated books, journals and media 10^4 CFU/10cm² were wiped with the sterile cloth that moist in disinfectant 10 % hydrogen peroxide once a day on 3 consecutive days and operated in microbial controlled room as a very low level (<50 CFU/m³). The results showed that the process was able to reduce microbial contamination until finally sterilized. This method was proven to be accurate compared to the control found that number of microorganisms was significantly different at 95%.

Keyword:

Disinfectant 10% Hydrogen Peroxide, UVC, Decontamination

บทนำ

จุลินทรีย์ที่อยู่บนหนังสือ และทรัพยากรสารสนเทศในสำนักหอสมุดเป็นแหล่งของการปนเปื้อนที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของอากาศภายในอาคารและอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและผู้ใช้บริการ กระดาษหรือวัสดุอื่น ๆ ที่ใช้ในการผลิตเป็นหนังสือ วารสาร ย่อมเสื่อมสลายอยู่ตลอดเวลา อัตราการเสื่อมสลายขึ้นอยู่กับปัจจัยทั้งภายในและภายนอก ซึ่งปัจจัยภายในได้แก่ ความเป็นกรด (Acidity), ไอออนโลหะ (Metal ion), ลิกนินหรือวัสดุที่ย่อยได้ ปัจจัยภายนอก ได้แก่ ความร้อน ความชื้น แสงยูวี ออกซิเจน มลพิษต่าง ๆ และ Biodeteriogen (Strlic, Kolar, & Scholten, 2005) ส่วนประกอบของกระดาษที่จุลินทรีย์ใช้เป็นแหล่งพลังงานได้แก่ Cellulose, Hemicellulose,

Lignin, Adhesives, Sizings เป็นแหล่งคาร์บอนของ Heterotrophic organisms นอกจากนั้นกระดาษยังมีคุณสมบัติดูดความชื้นทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ดี โดยเฉพาะเชื้อราซึ่งชอบความชื้นที่ต่ำกว่าแบคทีเรีย ทำให้พบการปนเปื้อนของเชื้อราบนหนังสือในห้องสมุด พิพิธภัณฑสถาน แหล่งเก็บรักษาจดหมายเหตุต่าง ๆ (Guillitte, 1995) เมื่อเกิดเชื้อราบนกระดาษ เชื้อราจะเจริญและปล่อยสารต่าง ๆ ออกมา เช่น Glycerine ทำให้บริเวณดังกล่าวมีความชื้นเพิ่มขึ้น กระตุ้นให้เกิดการเจริญของสปอร์มากขึ้น นอกจากนั้นการปลดปล่อยสารกลุ่ม Excreted lipids จะทำให้เกิดกระบวนการ Autooxidation ได้ Free-radicals และ Peroxides ทำให้เกิดสีน้ำตาล หากเป็นเชื้อราที่สร้างสารสี จะส่งผลให้ตัวอักษรบนหนังสือเลอะเลือนไป ไม่สามารถอ่านได้ (Florian, 2002) การเสื่อมสลายจากเชื้อรากลุ่มที่สามารถย่อยสลายกระดาษได้ดี (Cellulose fungi) เกิดจากการสร้างเอนไซม์ Extracellular cellulase ย่อยเซลลูโลสได้น้ำตาลโมเลกุลเล็กนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์กลุ่มอื่น ๆ (Gallo, Pasquariello, & Rocchetti, 1998) และ Excreted organic acids ที่ทำให้ความแข็งแรงของกระดาษลดลงถึงเปื่อยยุ่ยในที่สุด (Abdel-Kareem, 2010)

นอกจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศจะทำให้เกิดความเสียหายแล้วยังมีความเสี่ยงที่จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพโดยพบว่า จุลินทรีย์กลุ่มนี้บางชนิดเป็นจุลินทรีย์ก่อโรค/ จุลินทรีย์สร้างสารพิษ (Pathogenic/ toxigenic) (Bennett & Klich, 2009; Pinheiro, & Chaves, 2011) แม้ว่าจุลินทรีย์เหล่านี้จะตายแล้วโครงสร้างบางส่วนหรือสารพิษที่หลงเหลืออยู่จะทำให้เกิดการแพ้ได้ (Florian, 2002)

การกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือเพื่อการเก็บรักษาหนังสือให้นานขึ้นนั้นสามารถใช้ได้ทั้งวิธีการทางกายภาพและเคมี การทำให้แห้งหรือการลดค่า Water activity ของวัสดุเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เป็นวิธีการทางกายภาพที่ง่าย ไม่เป็นอันตราย เช่น 1) การห่อด้วยวัสดุกันชื้นซึ่งต้องใช้ในปริมาณมากและไม่สะดวกต่อการนำมาใช้งาน 2) การใช้ Gamma radiation ซึ่งพบว่าจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อรังสีที่แตกต่างกันและยังพบว่ากระดาษที่ผ่านการฉายรังสีจะเสื่อมสลายได้ง่ายขึ้น (Adamo et al., 2003) 3) การใช้ High frequency current (1.5-1.6 A, 90-100°C, เวลา 12-15 นาที) ซึ่งสามารถทำลายแมลงต่าง ๆ ได้ดี ไม่มีสารเคมีตกค้าง แต่มีผลต่อเชื้อราในระดับปานกลาง และวิธีนี้ใช้ไม่ได้กับเอกสารที่มี Leather, Parchment, Seals (Flieder, 1965) 4) การเก็บรักษาในสิ่งแวดล้อมที่ลดปริมาณออกซิเจน จะทำให้การถูกทำลายโดยเชื้อราและแมลง ต่าง ๆ ลดลง นอกจากนั้นในระยะยาวยังสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีหรือแม้กระทั่งการเกิด Photooxidation ได้ วิธีนี้เหมาะกับการเก็บรักษาในพิพิธภัณฑสถาน แต่ไม่เหมาะกับการใช้งานในห้องสมุด (Florian, 1997) 5) การใช้รังสียูวี (Gallo, 1963) ระบุว่ารังสียูวีไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดจุลินทรีย์ใน Textiles/ books เนื่องจากความสามารถในการทะลุทะลวงต่ำ Belloni et al. (2006) รายงานว่ารังสียูวีที่มีความยาวคลื่น 308 nm สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบปราศจากเชื้อได้ แต่อย่างไรก็ตามพบว่ารังสียูวีมีพลังงานสูงจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นไปพร้อมกับการฆ่าจุลินทรีย์ นอกจากนั้นการเกิดปฏิกิริยา Oxidation ของเซลลูโลสจะทำให้กระดาษเป็นสีเหลืองและเปราะ 6) การใช้อุณหภูมิไม่เหมาะสม อุณหภูมิมีผลต่ออัตราเมตาบอลิซึมของเซลล์ส่งผลต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ มีรายงานการใช้ Freezing-drying/ lyophilisation method ในการเก็บรักษา Graphic document (Basset & Drais, 2011)

การกำจัดหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บนกระดาษด้วยวิธีการทางเคมี โดยสารเคมี แต่ละชนิดจะมีผลต่อผนังเซลล์ เซลล์เมมเบรน และองค์ประกอบของเซลล์ที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น 1) แอลกอฮอล์ (Alcohols) มีผลต่อเมมเบรน (Membrane active microbicide) ซึ่งใช้กันมานาน ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความยาวของคาร์บอน ออกฤทธิ์ทำให้โปรตีนตกตะกอนและเสียสภาพความเข้มข้นที่ใช้ 50-90% มีผลต่อแบคทีเรีย ไวรัส และฟังไจ แต่ไม่มีรายงานการทำลายสปอร์ สำหรับการยับยั้งเชื้อราใช้ Butanol 8-90%, Isopropanol 30% และ Ethanol 90% โดยเอทานอลนิยมนำมาใช้มากที่สุดสามารถยับยั้งเซลล์ของ *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Chaetomium globosum* และ *Trichoderma viride* บนกระดาษได้แต่ไม่ยับยั้งสปอร์ทำให้สปอร์เจริญเป็นเซลล์อีกครั้งหลังการฆ่าเชื้อ 14 วัน

นอกจากนั้นยังพบว่าไม่เหมาะกับวัสดุที่หนา ๆ เช่น หนังสือ เป็นต้น (Bacilkova, 2006) 2) Alkylating agents เช่น Ethylene oxide และ Formaldehyde สามารถกำจัดและสปอร์ของจุลินทรีย์ได้ทุกชนิดแต่มีความไม่ปลอดภัยกับผู้ใช้งาน 3) สารประกอบคลอรีน (Chlorine containing compounds/phenol derivative) เช่น Dichlorophen, Pentachlorophenol, Thymol มีรายงานการนำมาใช้งาน แต่มีข้อควรระวังเรื่องความปลอดภัย (The United States Environmental Protection Agency [US EPA], 2010) 4) Photocatalyst ด้วย Titanium dioxide จะทำให้เกิดอันตรายต่อเซลล์จาก Hydroxyl radicals และ Superoxide ions (Huang et al., 2000) อย่างไรก็ตามมีผลต่อพลังงานน้อยกว่าแบคทีเรีย เนื่องจากยีสต์และรา มีโคตินเป็นส่วนประกอบในผนังเซลล์และความหนาของผนังเซลล์มากกว่าแบคทีเรียจึงทนได้มากกว่า และพบว่า ไม่มีผลต่อสปอร์ (Conidia) (Markowska-Szczupak et al., 2011) 5) Quarternary ammonium compounds (Quats) มีประจุบวกสามารถจับกับประจุลบบนผิวเซลล์ ทำให้สารผ่านเข้าสู่เซลล์และทำลายเซลล์ได้ แต่ไม่ทำลายสปอร์ (Paulus, 2004) สารกลุ่มนี้ได้แก่ Dimethyl-lauryl-benzyl ammonium bromide ซึ่งมีรายงานความเป็นอันตรายต่อ mucous membrane และระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Nitterus, 2000) 6) Salts and ester of acids เช่น Calcium propionate, Parabens เป็นกลุ่มของวัตถุกันเสียประสิทธิภาพของ Calcium propionate ขึ้นอยู่กับความเป็นกรด หากนำมาใช้งานกับการฆ่าเชื้อในกระดาดโดย การปรับพีเอชให้เป็นกรด จะทำให้ไม่สามารถเก็บรักษากระดาดหรือหนังสือได้ (Neves, 2006) ส่วนพาราเบนเป็นวัตถุกันเสียที่มีฤทธิ์ยับยั้งยีสต์และราได้ดีกว่าแบคทีเรีย (Russel, 2003; Paulus, 2004) ในความเข้มข้นต่ำจะยับยั้ง Proton motive force ของเซลล์เมมเบรนและเมื่อความเข้มข้น ที่สูงขึ้น จะส่งผลต่อความสามารถในการเลือกผ่านของเซลล์ เมมเบรน มีรายงานการใช้สารผสม 0.5% Methyl paraben และ 1% Propyl paraben ในเอทานอล 85% เป็นค่า MIC ในเชื้อรา *Cladosporium sp.* และ *P. corylophyllum* นอกจากนั้นการเติม 5% Calcium propionate ทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งยีสต์และราดีขึ้น (Neves, et al., 2009) อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Zotti, Ferroni and Calvini (2007) พบว่า การสเปรย์ด้วย Propyl paraben และ Methyl paraben มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราในระดับปานกลาง อย่างไรก็ตามยังมีการถกเถียงกันเรื่องความปลอดภัยของพาราเบนในการนำมาใช้งาน (Soni, Carbin, & Burdock, 2005; Scientific Committee on Consumer Products [SCCP], 2005) ดังนั้นหลักในการเลือกน้ำยาฆ่าเชื้อต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อและความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกน้ำยาฆ่าเชื้อที่เป็นสารออกซิไดส์ที่ดี คือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้หลายชนิดและระเหยได้เร็ว ใช้งานได้ง่าย ปลอดภัย ไม่มีผลต่อหนังสือและทรัพยากรสารสนเทศ

สมมติฐานการวิจัย

การฆ่าเชื้อบนหนังสือ วารสารและทรัพยากรสารสนเทศ ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็น Oxidizing agent มีฤทธิ์ในการทำลาย ดีเอ็นเอ เยื่อหุ้มเซลล์ตลอดจนองค์ประกอบอื่น ๆ ของเซลล์ เมื่อใช้ในความเข้มข้นที่เหมาะสม จะปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานและไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อหนังสือและวารสาร เนื่องจากการสลายตัวของสารจะทำให้เกิดน้ำกับออกซิเจน ไม่มีสารตกค้างอื่น ๆ โดยต้องดำเนินการในห้องปฏิบัติการที่ไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศเพื่อป้องกันอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ผู้ใช้บริการและสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิธีกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสารและสื่อสารสนเทศ

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. วัสดุ อุปกรณ์ และอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.1 อุปกรณ์ในการฆ่าเชื้อ ได้แก่ หลอดยูวีซี น้ำยาฆ่าเชื้อ ผ้าเช็ดทำความสะอาด

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 ไม้ปั่นสำลี

2. วิธีการ

2.1 การแยกเชื้อจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศ โดยใช้ Swab technique (Wet and dry Swab) ด้วยสารละลาย 0.85% NaCl 10 ml ป้ายบริเวณปกหน้า-หลัง ปกใน สันหนังสือ แล้วเจือจางเป็น 10^0 , 10^{-1} , 10^{-2} จนกระทั่งถึงความเจือจางที่เหมาะสม จากนั้นตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count) โดยใช้ Spread plate technique ลงบนอาหาร TSA บ่มที่อุณหภูมิ $35 \pm 2^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 2 วัน และปริมาณยีสต์และรา (Yeast and mold count) ด้วยอาหาร SDA บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน ตรวจนับโคโลนีและรายงานผลเป็นปริมาณจุลินทรีย์ต่อตารางเซนติเมตร เก็บแบคทีเรียบริสุทธิ์บนอาหาร TSA และเก็บยีสต์และราโดยใช้อาหาร SDA สำหรับศึกษาต่อไป

2.2 การเตรียมห้องปฏิบัติการสำหรับกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสาร สื่อสารสนเทศและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 เลือกห้องสำหรับทำปฏิบัติการเป็นห้องโถง ๆ มีโต๊ะ 1 ตัว และเก้าอี้สำหรับผู้ปฏิบัติงาน ประตูห้องปิดมิดชิด หลังจากทำความสะอาดตามปกติให้ตรวจนับจุลินทรีย์ในอากาศโดยใช้หลักการ Settle plate (Hayleeyesus & Manaye, 2014) ด้วยการเปิดจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ อาหารเลี้ยงเชื้อ TSA และอาหารเลี้ยงเชื้อ SDA วางไว้ 5-7 จุด ทั้ง 4 มุม และตรงกลางห้อง สูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร ห่างจากผนังหรือสิ่งกีดขวางอย่างน้อย 1 เมตร ทั้งไว้ 15 นาที จึงปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ บ่มอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA ที่อุณหภูมิ $35 \pm 2^\circ\text{C}$ และอาหารเลี้ยงเชื้อ SDA ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจนับโคโลนีและรายงานผลเป็นปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศต่อลูกบาศก์เมตร เก็บเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้บนอาหารที่เหมาะสม

2.2.2 การติดตั้งหลอดรังสียูวีซี เหนือพื้นห้องไม่ต่ำกว่า 2 เมตร โดยใช้หลอดขนาด 30 วัตต์ จำนวน 1 หลอดต่อพื้นที่ 18 ตารางเมตร วัดอุณหภูมิของห้องและความชื้นสัมพัทธ์ไม่ควรเกิน 60% จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของรังสียูวีซีในการฆ่าเชื้อ ด้วยการ Spread plate สปอร์ของเชื้อรา 100-150 cfu/plate และ เชื้อแบคทีเรีย 200-250 cfu/plate ที่แยกได้จากข้อ 2.2.1 บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar เปิดรังสียูวีซีเป็นเวลา 5,10,15,20,25,30 นาที หรือตามความเหมาะสม บ่มเชื้อตามสภาวะที่กำหนด นับจำนวนโคโลนีที่รอดชีวิต เลือกเวลาน้อยที่สุดที่แบคทีเรียและเชื้อรากถูกกำจัด 99% เปรียบเทียบกับ Control บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของห้อง

2.3 การกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสารและสื่อสารสนเทศหลาย ๆ ครั้งด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 10% Hydrogen peroxide จนกระทั่งปราศจากเชื้อ (Tyndalization)

2.3.1 ป้ายสปอร์ของเชื้อรา และเซลล์ของแบคทีเรียบนหนังสือ วารสาร และทรัพยากรสารสนเทศ ให้มีปริมาณ 10^3 cfu/cm² (มากกว่าที่พบตามธรรมชาติ 3log) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมงสำหรับแบคทีเรีย และ 72 ชั่วโมงสำหรับเชื้อรา

2.3.2 ทำความสะอาดพื้นห้องตามปกติ ตามด้วยการเปิดรังสียูวีซีเพื่อกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ 99% เตรียมพร้อมกับการทดสอบ ผู้ปฏิบัติงานสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ได้แก่ ชุดปฏิบัติงาน ถุงมือ หน้ากาก กรองอากาศ แว่นตา หมวก ให้พร้อม จากนั้นใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาดชุบน้ำยาฆ่าเชื้อ 10% Hydrogen peroxide เช็ดทำความสะอาดหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศที่ได้รับการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในข้อ 2.3.1 โดยการเช็ดจากซ้าย-ขวา และจากมุมทั้ง 4 มุม ให้ทั่วทุกจุด ทั้งไว้ 15 นาที นำผ้าที่ใช้เช็ดทำความสะอาดจุ่มลงในน้ำยาฆ่าเชื้อ แช่ทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนนำไปซักและทำความสะอาดต่อไป แยกและตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตหลังการทำความสะอาดโดยใช้ Swab technique จากนั้นนำหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศดังกล่าวไปบ่มที่อุณหภูมิห้องต่อไปอีก 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทำความสะอาดซ้ำครั้งที่สอง และ สาม โดยดำเนินการเช่นเดิม เปรียบเทียบกับการเช็ดทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น

2.4 การพิสูจน์ความถูกต้องของวิธีกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นนำหนังสือและทรัพยากรสารสนเทศที่สังเกตเห็นว่ามีเชื้อราเกิดขึ้น อย่างน้อย 30 รายการ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม A และ B กลุ่มละ 15 รายการ กำจัดจุลินทรีย์ตามวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น 15 รายการของกลุ่ม A เปรียบเทียบกับกลุ่ม B ที่ไม่ได้เช็ดทำความสะอาด ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์โดยใช้ Swab technique (Wet and dry swab) ประเมินผลการพิสูจน์ความถูกต้องของวิธีทดสอบโดยใช้สถิติที่เหมาะสม

ผลการศึกษา อภิปรายผล

1. การแยกเชื้อจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศ

ผลการแยกและตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์จากหนังสือ วารสาร แผ่นซีดี ซีดีรอม และ ดีวีดี โดยใช้ Swab technique (wet and dry Swab) และตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ด้วยวิธี Spread plate technique พบว่า สื่อสารสนเทศ แผ่นซีดี ดีวีดี มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.8×10^4 CFU/10cm² จำนวนยีสต์และรา 1.3 CFU/10cm² ส่วนหนังสือและวารสารมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.3×10^4 CFU/10cm² จำนวนยีสต์และรา เท่ากับ 3.1 CFU/10cm² โดยแบคทีเรียที่พบเป็นแกรมบวกมีทั้งรูปร่างกลม ท่อนสั้น และท่อนยาว อยู่เดี่ยว ๆ คู่ เป็นกลุ่ม หรือเป็นเส้นสาย บางไอโซเลทสร้างสปอร์ ส่วนเชื้อราที่พบมีหลายชนิด เส้นใยสีขาว สร้างสปอร์สีดำ สีเขียว สีเหลือง และสีเทา บางชนิดสร้างสารสี แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่พบบนหนังสือและสื่อสารสนเทศต่าง ๆ นั้น มีหลากหลายชนิด ปนเปื้อนมาจากสิ่งแวดล้อมและจากคน ปริมาณที่พบไม่สามารถสังเกตเห็นความผิดปกติ แต่หากหนังสือดังกล่าวถูกเก็บไว้โดยไม่ทำความสะอาดหรือมีความชื้นสูงจะทำให้เกิดความเสียหายต่อหนังสือเอง และอาจก่อให้เกิดการกระจายสู่สิ่งแวดล้อม และมีผลต่อบุคลากรตลอดจนผู้ใช้บริการได้

2. การเตรียมห้องปฏิบัติการสำหรับกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสารและสื่อสารสนเทศ

เลือกห้องศึกษาค้นคว้ากลุ่ม 306 อาคารแสงเทียน กว้าง 2.9 เมตร ยาว 4.4 เมตร มีพื้นที่ 12.76 ตารางเมตร เป็นห้องที่ใช้ในการกำจัดจุลินทรีย์ หลังจากทำความสะอาดตามปกติได้ตรวจนับจุลินทรีย์ในอากาศได้เท่ากับ 4.9×10^2 CFU/m³ และส่วนใหญ่เป็นเชื้อรา แสดงว่าคุณภาพอากาศในห้องนี้อยู่ในระดับอันตรายปานกลาง จึงได้เลือกใช้รังสียูวีซีในการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ โดยใช้หลอดขนาด 30 วัตต์ จำนวน 1 หลอด หลังจากที่วางงานเพาะเชื้อที่มีเชื้อราและแบคทีเรียไว้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของห้อง 7 จุด เปิดรังสียูวีซีเป็นเวลา 5, 10, 15, 20, 25, 30 นาที พบว่า ที่เวลา 20 นาที รังสียูวีซีมีประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียและเชื้อราได้ 99% แต่ต้องวางในตำแหน่งที่ได้รับสัมผัสโดยตรง ดังนั้นชุดกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศด้วยรังสียูวีซีที่ประดิษฐ์ขึ้น จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่อื่น ๆ ได้โดยการเปิดใช้งานเป็นเวลา 20-30 นาที และอาจเปิดซ้ำได้ตามที่ต้องการ และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานเนื่องจากสามารถตั้งเวลาการทำงานด้วยรีโมทคอนโทรล

3. การกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสารและสื่อสารสนเทศ

ป้ายสปอร์ของเชื้อราและเซลล์ของแบคทีเรียที่คัดแยกได้บนหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศ ให้มีปริมาณ 10^3 cfu/cm^2 (มากกว่าที่พบตามธรรมชาติ 3log) จากนั้นแบ่งกลุ่มหนังสือ และสื่อสารสนเทศเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม (Control) กลุ่มเช็ดทำความสะอาด 1 ครั้ง กลุ่มเช็ดทำความสะอาด 2 ครั้ง และกลุ่มเช็ดทำความสะอาด 3 ครั้ง ด้วยผ้าที่สะอาดปราศจากเชื้อที่เติมน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 20 ml ผลการทดลองพบว่า เมื่อเช็ดทำความสะอาด 1 ครั้ง แล้ววางทิ้งไว้ข้ามคืน แล้วนำกลับมาทำความสะอาดครั้งที่ 2 ไม่พบจุลินทรีย์รอดชีวิต ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ การทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นติดต่อกัน 3 วัน ยังคงมีจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพบเชื้อรารอดชีวิตบนหนังสือในปริมาณมาก ส่วนเชื้อราบนแผ่นซีดีสามารถเช็ดออกได้ด้วยผ้าสะอาด สามารถสรุปได้ว่าวิธีที่เหมาะสมในการกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือและสื่อสารสนเทศโดยการเช็ดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 10% Hydrogen peroxide ติดต่อกัน 3 วัน วันละ 1 ครั้ง สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้และทำให้ปราศจากเชื้อในที่สุด แต่ต้องเช็ดด้วยผ้าที่ผ่านการฆ่าเชื้อและดำเนินการในห้องที่ควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศให้อยู่ในระดับอันตรายน้อยมาก $<50 \text{ CFU/m}^3$

4. การพิสูจน์ความถูกต้องของวิธีการกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือและสื่อสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นโดยการประยุกต์ใช้กับทรัพยากรสารสนเทศที่อยู่ในห้องสมุด

นำหนังสือและสื่อสารสนเทศที่สังเกตเห็นว่ามีเชื้อราเกิดขึ้น อย่างน้อย 30 รายการ กำจัดจุลินทรีย์ตามวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นอย่างน้อย 15 รายการ และตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตโดยใช้ Swab technique (Wet and dry swab) เช่นเดิม เปรียบเทียบกับ Control 15 รายการ ประเมินผลการพิสูจน์ความถูกต้องของวิธีทดสอบโดยใช้สถิติ t-test: Paired two samples for mean และ Chi-square พบว่าการทำความสะอาดด้วยวิธีดังกล่าวทำให้จุลินทรีย์ลดปริมาณลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (t Stat 3.08, t Critical two-tail 2.14) ส่วนปริมาณเชื้อราซึ่งมีอยู่น้อยในตัวอย่างจึงใช้สถิติ Chi-square พบว่า ค่า Chi-square เท่ากับ 4.9 มีค่ามากกว่า 3.84 แสดงให้เห็นว่าการทำความสะอาดด้วย 10% Hydrogen peroxide สามารถลดปริมาณเชื้อราได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรืออาจจะสรุปได้ว่า เชื้อราถูกกำจัดออกไปถึง 93.3%

สรุปผลการทดลอง

วิธีการกำจัดจุลินทรีย์ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 10% Hydrogen peroxide ติดต่อกัน 3 วัน วันละ 1 ครั้ง โดยเช็ดด้วยผ้าที่ผ่านการฆ่าเชื้อและดำเนินการในห้องที่ควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ เป็นวิธีที่ให้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้

ข้อเสนอแนะ

หลังจากเช็ดทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ควรทำให้แห้งเพื่อป้องกันความชื้นสะสมที่เกิดจากปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การนำไปใช้ประโยชน์

1. ได้วิธีการกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสารและสื่อสารสนเทศ ที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงที่สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ได้ชุดอุปกรณ์การกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศด้วยรังสียูวีซี ที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ และขยายผลในการนำไปใช้กำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ ภายในอาคารสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร และห้องเก็บเอกสารของหน่วยงานอื่น ๆ ในมหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- Abdel-Kareem, O. (2010). Fungal deterioration of historical textiles and approaches for their control in Egypt. *E-Preservation Science*, 7, 40-47.
- Adamo, A. M., Magaouda, G., Nisini, P., & T. Tronelli, G. (2003). Susceptibility of cellulose to attack by cellulolytic microfungi after gamma irradiation and aging. *Restaurator*. 24, 145-151.
- Bacilkova, B. (2006). Study on the effect of butanol vapours and other alcohols on fungi. *Restaurator*. 27, 186-199.
- Basset, T., & Drais, M. (2011). La decongeLation d'un ouvrage inonde sans lyophilisation . In Brideland, J. (Ed.) *ICOM Committee for Conservation*, Reprints of the 16th Triennial Conference Lisbon 19-23 September 2011, Paris: ICOM CC.
- Bennett, J. W., & Klich, M. (2009). Mycotoxins. In Moselio, S. (Ed.) *Encyclopedia of Microbiology* (3rd ed.), (pp. 559-565). Oxford: Academic Press.
- Belloni, F., Nassisi, V., Alifano, P., Monaco, C., & Panzanaro, S. (2006). The effects of UV laser radiation as sterilizer for cultural heritage. *Macromolecular Symposia*, 238, 52-56.
- Flieder, F. (1965). Action des differents produits fongicides et insecticides, utilises en conservation sur la resistancephysico-climique des papiers. In 5th *Joint Meeting of the Icom Committee for Museum Laboratories and of the Sub-committee for the Care of Paintings* (pp. 1-46). New York: ICOM.
- Florian, M.-L.E. (1997). *Heritage Eaters-Insects & Fungi in Heritage Collections*. London, UK: James & James Ltd.
- Florian, M.-L. E. (2002). *Fungal Facts-Solving Fungal Problems in Heritages Collections*. Great Britain: Archetype Publications.
- Gallo, F. (1963). Aspetti della lotta preventive e curative contro i microorganism dannosi al materiale bibliographico e archivistico. Bollettino dell'Istituto di patologia del libro. *Alfonso Gallo*, 22, 29-65.
- Gallo, F., Pasquariello, G., & Rocchetti, F. (1998). Biological investigation on sizings for permanent papers. *Restaurator*, 19, 61-84.
- Guillitte, O. (1995). Bioreceptivity- a new concept for building ecology studies. *Science of the Total Environment*, 167, 215-220.
- Hayleeyesus, S. F., & Manaye, A. M. (2014). Microbiological quality of indoor air in University libraries. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(1), S312-S317.
- Huang, Z., Maness. P. C., Blake, D. M., Wolfrum, E. J., Smolinski, S. L., & Jacoby, W. A. (2000). Bacterial mode of titanium dioxide photocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 130, 163-170.

- Neves, E. (2006). *Avaliacao da accao antifungica e desacidificante de uma nova mistura: Aplicacao a conservacao e tratamento do papel*. Master's thesis, Instituto de Tecnologia Química e Biológica, Universidade NOVA De Lisboa, Portugal.
- Neves, E., Schafer, S., Phillips, A., Canejo, J., & Macedo, M. (2009). Antifungal effect of different methyl and propyl paraben mixtures on the treatment of paper biodeterioration. *International biodeterioration & Biodegradation*, 63, 267-272.
- Nitterus, M. (2000). Ethanol as fungal sanitizer in paper conservation. *Restaurator*, 21, 101-115.
- Markowska-Szczupak, A., Ulfig, K., & Morawski, A. W. (2011). The application of titanium dioxide for deactivation of bioparticulates: An overview. *Catalysis Today*, 169, 249-257.
- Macedo, M. F., Jurado, V., Saiz-Jimenez, C., Viegas, C., Brandao, J., & Rosado, L. (2011). Mold and yeast identification in archival setting: preliminary results on the use of traditional methods and molecular biology options in Portuguese archives. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65, 619-627.
- Paulus, W. (2004). *Directory of Microbicides for the Protection of Materials-Handbook*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Pinheiro, C., & Chaves, M. M. (2011) Photosynthesis and drought: Can we make metabolic connections from available data?. *Journal of Experimental Botany*, 62, 869-882.
- Russel, A. (2003). Similarities and differences in the responses of microorganisms to biocides. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 52, 750-763.
- Scientific Committee on Consumer Products [SCCP]. (2005). *Extended Opinion on Parabens, Underarm Cosmetics and Breast Cancer*, SCCP/0874/05.
- Soni, M., Carabin, I., & Burdock, G. (2005). Safety assessment of esters of p-hydroxybenzoic acid (parabens). *Food and Chemical Toxicity*, 43, 985-1015.
- Strlic, M., Kolar, J., & Scholten, S. (2005). Paper and durability. In Strlic, M., & Kolar, J. (Eds.) *Ageing and Stabilization of Paper* (pp. 3-8). Ljubljana, Slovenia: National and University Library.
- The United States Environmental Protection Agency [US EPA]. (2010). Pesticides and toxic substances. In *Summary of Human Health Effects Data for the Thymol Registration Review Decision Document*. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Zotti, M., Ferroni, A., & Calvini, P. (2007). Inhibition properties of simple fungistatic compounds on fungi isolated from foxing spots. *Restaurator*, 28, 201-217.