การกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 %

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

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

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร และภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา

*คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

siriwanwichai@nu.ac.th

กระดาษ

-เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานของจุลินทรีย์จากส่วนประกอบ cellulose, hemicellulose, lignin, adhesives

-มีคุณสมบัติดูดความชื้นทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ดี โดยเฉพาะเชื้อราซึ่งชอบความชื้นที่ต่ำกว่าแบคทีเรีย ทำให้พบการปนเปื้อนของเชื้อราบนหนังสือในห้องสมุด พิพิธภัณฑ์ แหล่งเก็บรักษา จดหมายเหตุต่างๆ (Guillitte, 1995)

เมื่อเกิดเชื้อราบนกระดาษ

- เชื้อราจะเจริญและปลดปล่อย glycerine ทำให้บริเวณดังกล่าวมีความชื้นเพิ่มขึ้นกระตุ้นให้เกิดการเจริญของสปอร์มากขึ้น

-การปลดปล่อยสารกลุ่ม excreted lipids จะทำให้เกิดกระบวนการ autooxidation ได้ free-radicals และ peroxides ทำให้เกิดสีน้ำตาล

-หากเป็นเชื้อราที่สร้างสารสี จะส่งผลให้ตัวอักษรบนหนังสือเลอะเลือนไป ไม่สามารถอ่านได้ (Florian, 2002)

-หากเป็นเชื้อรากลุ่ม cellulose fungi เกิดการสร้างเอนไซม์ extracellular cellulase ย่อยเซลลูโลสได้น้ำตาลโมเลกุลเล็กนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์กลุ่มอื่นๆ (Gallo et al., 1998) และ excreted organic acids ทีทำให้ความแข็งแรงของกระดาษลดลงจึงเปื่อยยุ่ยในที่สุด (Abdel-Kareem, 2010)

-จุลินทรีย์กลุ่มนี้บางชนิดเป็นจุลินทรีย์ก่อโรค/จุลินทรีย์สร้างสารพิษ (pathogenic/toxigenic) (Ennett & Klich, 2009; Pinheiro et al., 2011) แม้ว่าจุลินทรีย์เหล่านี้จะตายแล้วโครงสร้างบางส่วนหรือสารพิษที่หลงเหลืออยู่จะทำให้เกิดการแพ้ได้ (Florian, 2002)

การกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือเพื่อการเก็บรักษาหนังสือให้นานขึ้น

<u>วิธีทางกายภาพ</u> การทำให้แห้งหรือการลดค่า water activity ของวัสดุเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เป็นวิธีการทางกายภาพที่ง่าย ไม่เป็นอันตราย

1) การห่อด้วยวัสดุกันชื้น

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) ซึ่งสามารถทำลายแมลงต่างๆได้ดี ไม่มีสารเคมีตกต้าง แต่มีผลต่อเชื้อราในระดับปานกลาง (Flieder, 1965)

4) การเก็บรักษาในสิ่งแวดล้อมที่ลดปริมาณออกซิเจน เหมาะกับการเก็บรักษาในพิพิธภัณฑ์แต่ไม่เหมาะกับการใช้งานในหอสมุด (Florian, 1997)

5) การใช้รังสียูวี (Gallo, 1963) ระบุว่ารังสียูวีไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดจุลินทรีย์ใน textiles/books เนื่องจากความสามารถในการทะลุทะลวงต่ำ Belloni et al. (2006)

6) การใช้อุณหภูมิไม่เหมาะสม อุณหภูมิมีผลต่ออัตราเมตาบอลิซึมของเซลล์ส่งผลต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ มีรายงานการใช้ freezing –drying/lyophilisation method ในการเก็บรักษา graphic document (Basset & Drais, 2011)

การกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือเพื่อการเก็บรักษาหนังสือให้นานขึ้น

<u>วิธีการทางเคมี</u> สารเคมีแต่ละชนิดจะมีผลต่อผนังเซลล์ เซลล์เมมเบรน และองค์ประกอบของเซลล์ที่แตกต่างกัน

1) แอลกฮอล์ (alcohols) มีผลต่อเมมเบรน (membrane active microbicide) ทำให้โปรตีนตกตะกอนและเสียสภาพ เอธานอลนิยมนำมาใช้มากที่สุดสามารถยับยั้งเซลล์ของ *Aspergillus flavus, A. niger*, *Chaetomium globosum* และ *Trichoderma viride* บนกระดาษได้แต่ไม่ยั้บยั้งสปอร์ทำให้สปอร์เจริญเป็นเซลล์อีกครั้งหลังการฆ่าเชื้อ 14 วัน นอกจากนั้นยังพบว่าไม่เหมาะกับวัสดุที่หนาๆเช่นหนังสือเป็นต้น (Bacilkova, 2006)

2) Alkylating agents เช่น ethylene oxide และ formaldehyde สามารถกำจัดและสปอร์ของจุลินทรีย์ได้ทุกชนิดแต่มีความไม่ปลอดภัยกับผู้ใช้งาน

3) สารประกอบคลอรีน (chlorine containing compounds/phenol derivative) เช่น dichlorophen, pentachlorophenol, thymol มีรายงานการนำมาใช้งานแต่มีข้อควรระวังเรื่องความไม่ปลอดภัย (US–EPA, 2010)

4) Photocatlyst ด้วย titanium dioxide จะทำให้เกิดอันตรายต่อเซลล์จาก hydroxyl radicals และ superoxide ions (Huang et al., 2000) มีผลต่อฟังไจน้อยกว่าแบคทีเรีย และพบว่าไม่มีผลต่อสปอร์ (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 เป็นกลุ่มของวัตถุกันเสีย

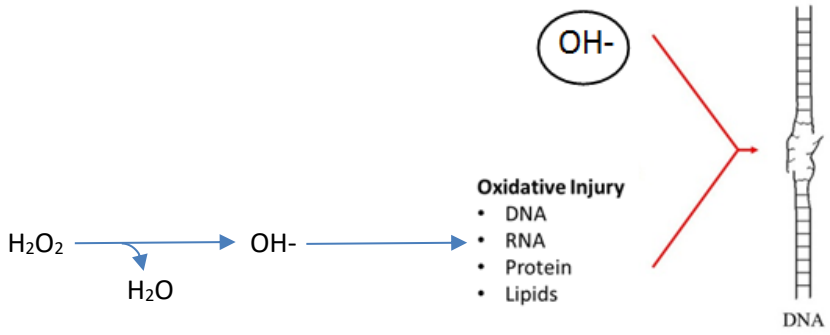
-ประสิทธิภาพของ calcium propionate ขึ้นอยู่กับความเป็นกรด หากนำมาใช้งานกับการฆ่าเชื้อในกระดาษโดยการปรับพีเอชให้เป็นกรด จะทำให้ไม่สามารถเก็บรักษากระดาษหรือหนังสือได้ (Neves, 2006)

-พาราเบนเป็นวัตถุกันเสียที่มีฤทธิ์ยับยั้งยีสต์และราได้ดีกว่าแบคทีเรีย (Russel, 2003; Paulus, 2004) ในความเข้มข้นต่ำจะยับยั้ง proton motive force ของเซลล์เมมเบรน อย่างไรก็ตามยังมีการถกเถียงกันเรื่อความไม่ปลอดภัยของพาราเบนในการนำมาใช้งาน (Soni et al, 2005; SCCP, 2005)

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาวิธีกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสารและสื่อสารสนเทศ

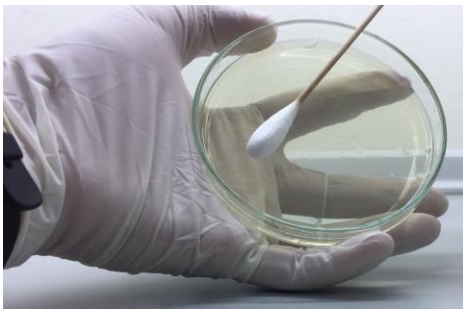
สมมติฐานการวิจัย การฆ่าเชื้อบนหนังสือ วารสารและทรัพยากรสารสนเทศ ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็น oxidizing agent มีฤทธิ์ในการทำลายดีเอ็นเอ เยื่อหุ้มเซลล์ ตลอดจนองค์ประกอบอื่นๆของเซลล์ ใช้ในความเข้มข้นที่เหมาะสม ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานและไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อหนังสือและวารสาร โดยต้องดำเนินการในห้องปฏิบัติการที่ไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศเพื่อป้องกันอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ผู้ใช้บริการและสิ่งแวดล้อม

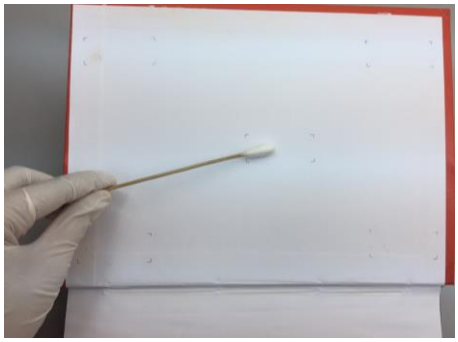


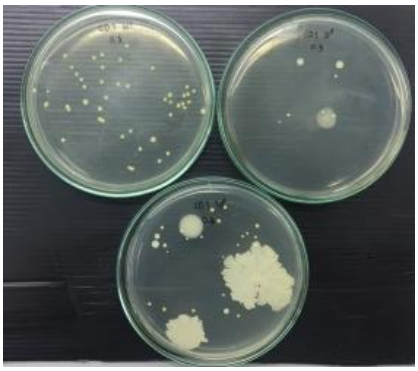
วิธีการและผลการทดลอง

1. การตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราบนหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศ

การแยกเชื้อจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศ โดยใช้ Swab technique (wet and dry Swab) ด้วยสารละลาย 0.85%NaCl 10 ml ป้ายบริเวณปกหน้า-หลัง ปกใน สันหนังสือ จากนั้นตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด(total viable count) โดยใช้ Spread plate technique ลงบนอาหาร TSA บ่มที่อุณหภูมิ 35±2°C เป็นเวลา 2 วัน และปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold count) ด้วยอาหาร SDA บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน ตรวจนับโคโลนีและรายงานผลเป็นปริมาณจุลินทรีย์ต่อตารางเซนติเมตร (วิธีการทดลองแสดงเป็นภาพแล้วไม่ต้องมีคำบรรยาย)





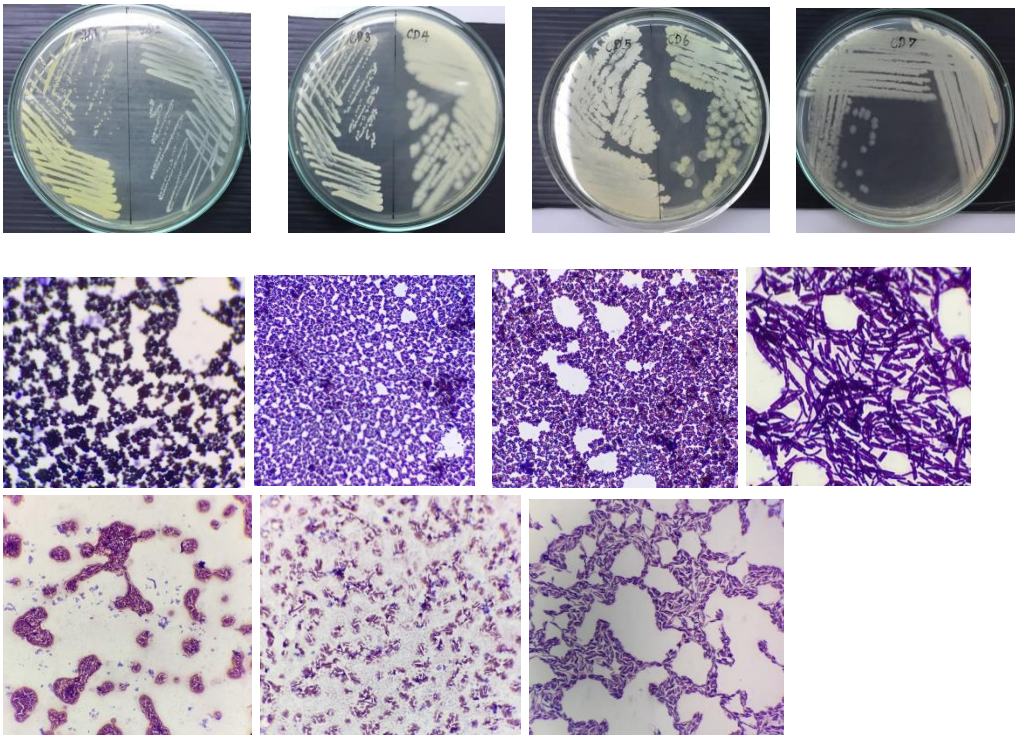


ผลการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา

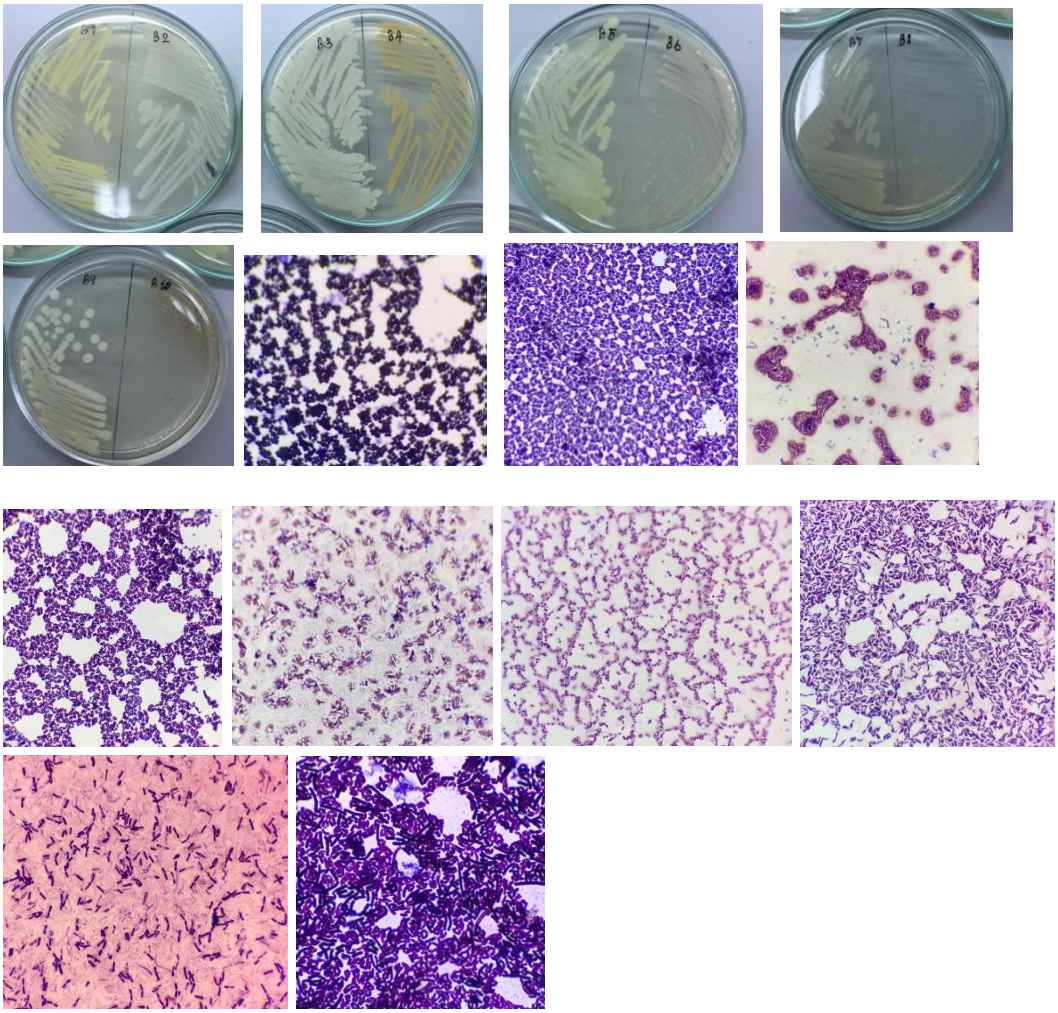
ประเภท	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/10cm^2)	ปริมาณยีสต์และรา (CFU/10cm^2)
สื่อสารสนเทศ แผ่นซีดี ดีวีดี	2.8x10 CFU/10cm^2	1.3 CFU/10cm^2
หนังสือ วารสาร	3.3x10 CFU/10cm^2	3.1 CFU/10cm^2

ลักษณะโคโลนีและรูปร่างของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

สื่อสารสนเทศ แผ่นซีดี ดีวีดี

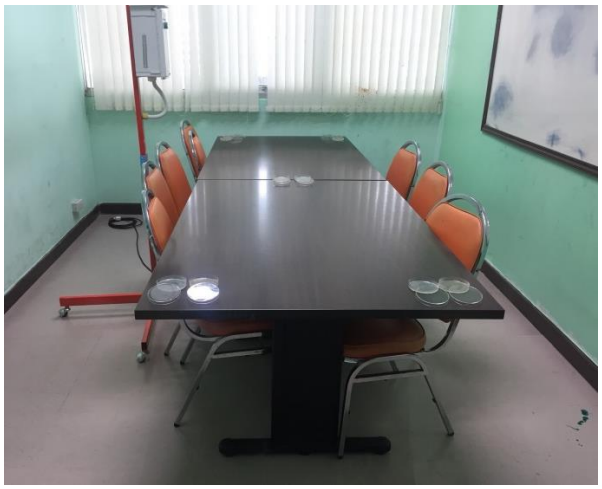


หนังสือ วารสาร



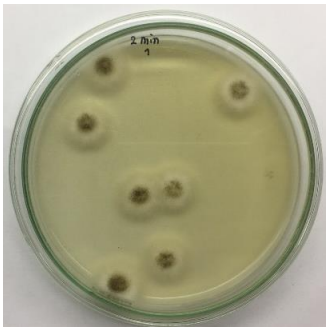
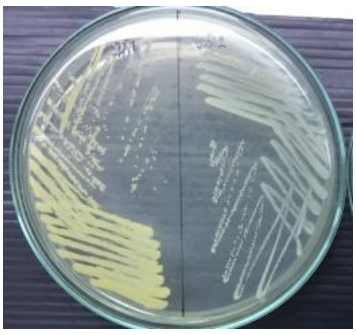
2. การเตรียมห้องปฏิบัติการสำหรับกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

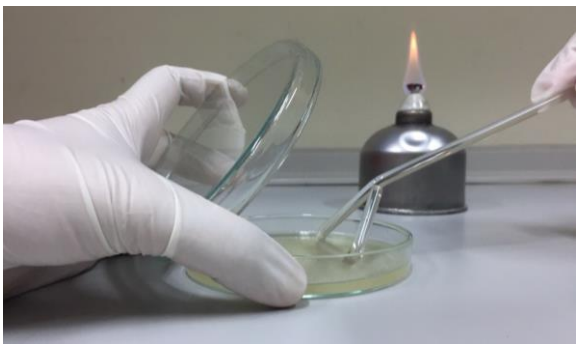
2.1 ตรวจนับจุลินทรีย์ในอากาศโดยใช้หลักการ settle plate (Hayleeyesus, S. F et al, 2014) ด้วยการเปิดจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ อาหารเลี้ยงเชื้อ TSA และอาหารเลี้ยงเชื้อ SDA ทิ้งไว้ 15 นาที (วิธีการทดลองแสดงเป็นภาพแล้วไม่ต้องมีคำบรรยาย)

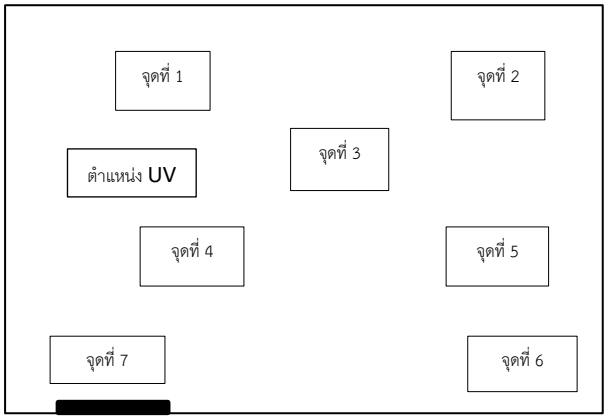


เลือกห้องศึกษาค้นคว้ากลุ่ม 306 อาคารแสงเทียน กว้าง 2.9 เมตร ยาว 4.4 เมตร มีพื้นที่ 12.76 ตารางเมตร เป็นห้องที่ใช้ในการกำจัดจุลินทรีย์ หลังจากทำความสะอาดตามปกติได้ตรวจนับจุลินทรีย์ในอากาศได้เท่ากับ **4.9×10^2 CFU/m^3** และส่วนใหญ่เป็นเชื้อรา แสดงว่าคุณภาพอากาศในห้องนี้อยู่ใน**ระดับอันตรายปานกลาง**

2.2 ติดตั้งหลอดรังสียูวีซี เหนือพื้นห้องไม่ต่ำกว่า 2 เมตร โดยใช้หลอดขนาด 30 วัตต์ จำนวน 1 หลอดต่อพื้นที่ 18 ตารางเมตร ทดสอบประสิทธิภาพของรังสียูวีซีในการฆ่าเชื้อ ด้วยการ Spread plate สปอร์ของเชื้อรา 100-150 cfu/plate และ เชื้อแบคทีเรีย 200-250 cfu/plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar เปิดรังสียูวีซีเป็นเวลา 5,10,15,20,25,30 นาที นับจำนวนโคโลนีที่รอดชีวิต เลือกเวลาน้อยที่สุดที่แบคทีเรียและเชื้อราถูกกำจัด 99% เปรียบเทียบกับ control




จุดที่ 1
จุดที่ 2
จุดที่ 3
ตำแหน่ง UV
จุดที่ 4
จุดที่ 5
จุดที่ 7
จุดที่ 6

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของรังสียูวีซีในการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ

เปอร์เซ็นต์การตายของของแบคทีเรียที่ตำแหน่งและเวลาต่างๆ

ตำแหน่ง/เวลา	1	2	3	4	5	6	7
5	12.50	62.92	80.95	90.54	25.00	-48.33	49.18
10	40.91	30.34	100.00	96.92	95.31	-38.33	68.03
15	48.86	60.67	99.05	96.92	95.31	28.33	81.15
20	63.64	75.29	100.00	96.92	95.31	75.00	86.89
25	52.27	85.39	100.00	98.46	90.63	85.00	77.87
30	62.50	82.02	99.05	98.46	87.50	98.33	92.62

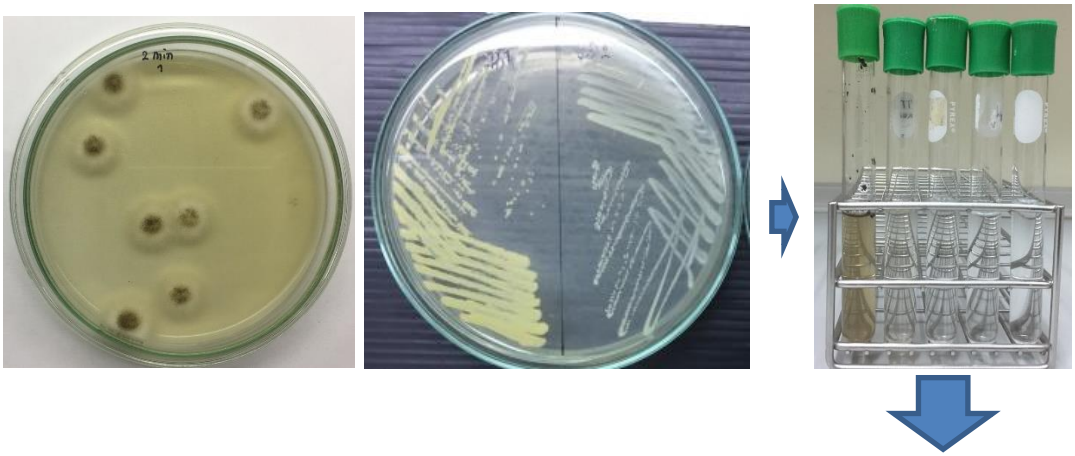
เปอร์เซ็นต์การตายของของเชื้อราที่ตำแหน่งและเวลาต่างๆ

ตำแหน่ง/เวลา	1	2	3	4	5	6	7
5	0.00	14.77	22.51	1.96	-29.38	-53.44	-4.74
10	36.41	16.48	71.73	48.04	-1.88	-35.98	16.32
15	35.95	41.48	90.58	73.04	66.88	19.58	6.84
20	54.38	31.82	100.00	82.84	72.50	24.87	38.95
25	52.40	20.23	100.00	83.82	75.63	29.10	50.00
30	52.53	22.73	99.48	80.88	76.88	39.68	76.32

พบว่าที่เวลา 20 นาที รังสียูวีซีมีประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียและเชื้อราได้ 99% แต่ต้องวางในตำแหน่งที่ได้รับสัมผัสโดยตรง ดังนั้นชุดกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศด้วยรังสียูวีซีที่ประดิษฐ์ขึ้นจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่อื่นๆได้โดยการเปิดใช้งานเป็นเวลา 20- 30 นาที และอาจเปิดซ้ำได้ตามที่ต้องการ และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานเนื่องจากสามารถตั้งเวลาการทำงานด้วยรีโมทคอนโทรล

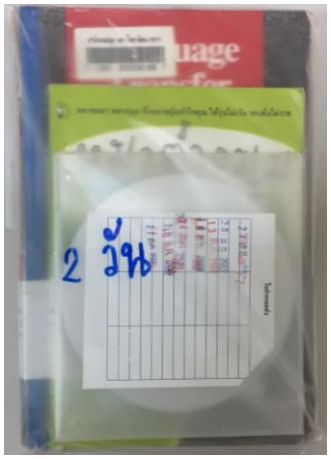
3. การกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสารและสื่อสารสนเทศ หลายๆครั้งด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 10% hydrogen peroxide จนกระทั่งปราศจากเชื้อ (Tyndalization)

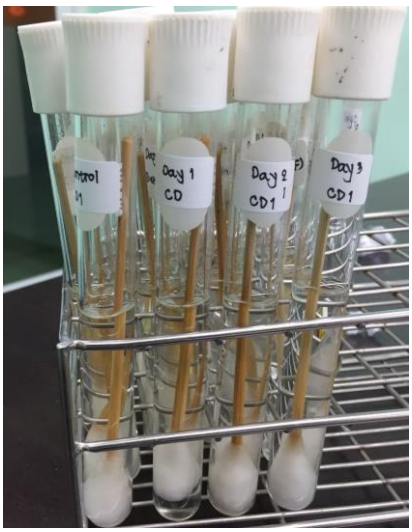
3.1 ป้ายสปอร์ของเชื้อรา และเซลล์ของแบคทีเรียบนหนังสือ วารสาร และทรัพยากรสารสนเทศ ให้มีปริมาณ 10^3 cfu/cm^2 (มากกว่าที่พบตามธรรมชาติ 3log) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับแบคทีเรีย และ 72 ชั่วโมงสำหรับเชื้อรา (วิธีการทดลองแสดงเป็นภาพแล้วไม่ต้องมีคำบรรยาย)



3.2 ทำความสะอาดพื้นห้องตามปกติ ตามด้วยการเปิดรังสียูวีซีเพื่อกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ 99% เตรียมพร้อมกับการทดสอบ ผู้ปฏิบัติงานสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ได้แก่ ชุดปฏิบัติงาน ถุงมือ หน้ากากกรองอากาศ แว่นตา หมวก ให้พร้อม จากนั้นใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาดชุบน้ำยาฆ่าเชื้อ 10%hydrogen peroxide เช็ดทำความสะอาดหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศที่ได้รับการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในข้อ 2.3.1 โดยการเช็ดจากซ้าย-ขวา และจากมุมทั้ง 4 มุม ให้ทั่วทุกจุด ทิ้งไว้ 15 นาที นำผ้าที่ใช้เช็ดทำความสะอาดจุ่มลงในน้ำยาฆ่าเชื้อ แช่ทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนนำไปซักและทำความสะอาดต่อไป แยกและตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตหลังการทำความสะอาดโดยใช้ Swab

technique จากนั้นนำหนังสือ วารสาร และสื่อสารสนเทศดังกล่าวไปบ่มที่อุณหภูมิห้องต่อไปอีก 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทำความสะอาดซ้ำครั้งที่สอง และ สาม โดยดำเนินการเช่นเดิม เปรียบเทียบกับการเช็ดทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น (วิธีการทดลองแสดงเป็นภาพแล้วไม่ต้องมีคำบรรยาย)





ผลการทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10%

ชุดการทดลอง	ปริมาณเชื้อที่นับได้ (CFU/10cm^2)			
	แผ่นซีดี		หนังสือ	
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	เชื้อรา	จุลินทรีย์ทั้งหมด	เชื้อรา
จุลินทรีย์เริ่มต้น	10^4	10^4	10^4	10^4
ชุดที่ 1 ทำความสะอาด 1 ครั้ง	9.3	0	1.8	0
ชุดที่ 2 ทำความสะอาด 2 ครั้ง	0	0	0	0
ชุดที่ 3 ทำความสะอาด 3 ครั้ง	0	0	0	0
ชุดควบคุม ทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง	6.1	0	4.1	164

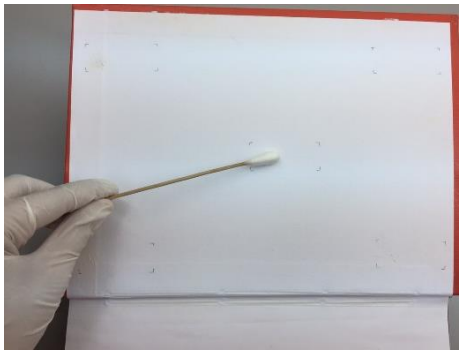
ผลการทดลองพบว่า เมื่อเช็ดทำความสะอาด 1 ครั้ง แล้ววางทิ้งไว้ข้ามคืน แล้วนำกลับมาทำความสะอาดครั้งที่ 2 ไม่พบจุลินทรีย์รอดชีวิต ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นติดต่อกัน 3 วัน ยังคงมีจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพบเชื้อรารอดชีวิตบนหนังสือในปริมาณมาก ส่วนเชื้อราบนแผ่นซีดีสามารถเช็ดออกได้ด้วยผ้าสะอาด สามารถสรุปได้ว่าวิธีที่เหมาะสม

ในการกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือและสื่อสารสนเทศโดยการเช็ดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 10% hydrogen peroxide ติดต่อกัน 3 วัน วันละ 1 ครั้ง สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้และทำให้ปราศจากเชื้อในที่สุด แต่ต้องเช็ดด้วยผ้าที่ผ่านการฆ่าเชื้อและดำเนินการในห้องที่ควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศให้อยู่ในระดับอันตรายน้อยมาก <50 CFU/m^3

4. การพิสูจน์ความถูกต้องของวิธีกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสารและสื่อสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น

นำหนังสือและทรัพยากรสารสนเทศที่สังเกตเห็นว่ามีเชื้อราเกิดขึ้น 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 (วิธีการทดลองแสดงเป็นภาพแล้วไม่ต้องมีคำบรรยาย)

SHOPPING COMPUTER
ELECTRIC CIRCUITS
50 ทดลองวิทย์
บทเรียนผู้งสัตว์
SilverPlatter



ประเมินผลการพิสูจน์ความถูกต้องของวิธีทดสอบโดยใช้สถิติ t-Test : Paired Two Samples for Mean และ Chi-square พบว่าการทำความสะอาดด้วยวิธีดังกล่าวทำให้จุลินทรีย์ลดปริมาณลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (t Stat 9.64, 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% หรืออาจจะสรุปได้ว่าเชื้อราถูกกำจัดออกไปถึง 93.3%

สรุปผลการทดลอง

วิธีการกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสารและสื่อสารสนเทศด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 10% hydrogen peroxide ติดต่อกัน 3 วัน วันละ 1 ครั้ง โดยเช็ดด้วยผ้าที่ผ่านการฆ่าเชื้อและดำเนินการในห้องที่ควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศด้วยการเปิดหลอดรังสียูวีซีขนาด 30 วัตต์ จำนวน 1 หลอดต่อพื้นที่ 18 ตารางเมตรเป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนและหลังการทำความสะอาดหนังสือ เป็นวิธีที่ให้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้

ข้อเสนอแนะ หลังจากเช็ดทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ควรทำให้แห้งเพื่อป้องกันความชื้นสะสมที่เกิดจากปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การนำไปใช้ประโยชน์

1.ได้วิธีกำจัดจุลินทรีย์บนหนังสือ วารสารและสื่อสนเทศ ที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงที่สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.ได้ชุดอุปกรณ์การกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศด้วยรังสียูวีซี ที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ และขยายผลในการนำไปใช้กำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ ภายในอาคารสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร และห้องเก็บเอกสารของหน่วยงานอื่นๆในมหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

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., Magaudda, 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, CD-Rom ed. Criterio-Producao grafica, Lda, Lisbon.

Bennett, J. W. & Klich, M. 2009. Mycotoxins. In: Moselio, S. (Ed.) Encyclopedia of Microbiology, third ed. Academic Press, Oxford, pp.559-565.

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, utilizes en conservation sur la resistancephysico-climiqe des papiers. In: 5th Joint Meeting of the Icom Committee for Museum Laboratories and of the Sub-committee for the Care of Paintings. ICOM. New York, USA, pp. 1-46.

Florian, M.-L.E. 1997. Heritage Eaters-Insects & Fungi in Heritage Collections. James & James Ltd. London UK.

Florian, M.-L.E. 2002. Fungal Facts-Solving Fungal Problems in Heritages Collections. **Archetype Publications**. Great Britain.

Gallo, F. 1963. Aspetti della lotta preventive e curative contro i microorganism dannosi al materialle 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.

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: Applicacao a conservacao e tratamento do papel, Master thesis. 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. 2000a. 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 Portugese archives. **International Biodeterioration & Biodegradation**. 65, 619-627.

Paulus, W. 2004. Directory of Microbicides for the Protection of Materials-Handbook. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.) Pinheiro, A. C.,

Russel, A. 2003. Similarities and differences in the responses of microorganisms to biocides. **Journal of Antimicrobial Chemotherpy**. 52, 750-763.

SCCP, European Commission-Health & Consumer Protection Directorate –General, 2005. Scientific Committee on Consumer Products-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. National and University Library. Ljubljana, Slovenia, pp 3-8.

US –EPA, United States Environmental Protection Agency, Office of Prevention,

Pesticides and Toxic Substances, 2010. Summary of Human Health Effects Data for the Thymol. Registration Review Decision Document, Washington D.C.

Zotti, M., Ferroni, A., Calvini, P. 2007. Inhibition properties of simple fungistatic compounds on fungi isolated from foxing spots. **Restaurator**. 28, 201-217.