ผลงานวิจัยนักศึกษา

ระดับปริญญาโท

" การทดสอบเครื่องฟอกอากาศแบบใช้ไฟฟ้า

เพื่อดักจับเชื้อวัณโรคและเชื้อไวรัสที่ปนเปื้อนในอากาศ "

VALIDATION OF ELECTRONIC AIR FILTER FOR FILTRATING

MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS AND VIRUS FROM CONTAMINATED AIR

ภาควิชาเวชศาสตร์สังคมและสิ่งแวดล้อม

คณะเวชศาสตร์เขตร้อน

มหาวิทยาลัยมหิดล

VALIDATION OF ELECTRONIC AIR FILTER FOR FILTRATING *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS* AND VIRUS FROM CONTAMINATED AIR

KAEWJAI MALAITHAO

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
(TROPICAL MEDICINE)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2008

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

การทดสอบเครื่องฟอกอากาศแบบใช้ไฟฟ้าเพื่อดักจับเชื้อวัณโรคและเชื้อไวรัสที่ปนเปื้อนในอากาศ (VALIDATION OF ELECTRONIC AIR FILTER FOR FILTRATING *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS* AND VIRUS FROM CONTAMINATED AIR)

แก้วใจ มะไลยเถา 4937695 TMTM/M

วท.ม. (อายุรศาสตร์เขตร้อน)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: พงศ์ราม รามสูต, D.V.M., Ph.D.(Microbiology), ธารีรัตน์ กะลัมพะเหติ, Ph.D.(Microbiology), สุวลีย์ วรคุณพิเศษ, Ph.D.(Tropical Medicine)

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยมีการเพิ่มขึ้นของการแพร่กระจายเชื้อในอากาศของเชื้อวัณโรคและเชื้อไวรัสในอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุของการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ การใช้อุปกรณ์ในการกรองอากาศเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อใช้ลดการติดเชื้อจากอากาศ อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศแบบใช้ไฟฟ้าเพื่อดักจับเชื้อวัณโรคและเชื้อไวรัสที่ปนเปื้อนในปริมาณอากาศน้อยมาก ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศแบบใช้ไฟฟ้าเพื่อดักจับเชื้อวัณโรคและเชื้อไวรัสที่ปนเปื้อนในอากาศ เปรียบเทียบกับเครื่องฟอกอากาศประสิทธิภาพสูง (high efficiency particulate air, HEPA) และเมื่อปราศจากเครื่องฟอกอากาศ การทดลองได้ทำในตู้จำลองแบบปิดที่ติดตั้งเครื่องฟอกอากาศไว้ตรงกลาง ด้านหนึ่งของตู้จำลองใช้สำหรับพ่นเชื้อในรูปของละอองฝอย โดยพ่นเชื้อวัณโรคสายพันธ์ H37Ra ในปริมาณ 5×10^8 เซลล์ และ ไวรัส T7 ในปริมาณ 5×10^8 pfu ส่วนอีกด้านหนึ่งใช้ impinger สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ หลังจากนั้นตรวจหาเชื้อวัณโรค และเชื้อไวรัสด้วยการใช้เทคนิคเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้ปฏิกิริยาลูกโซ่แบบ nested PCR แบบ PCR และวิธีเพาะเชื้อ ตามลำดับ การใช้เทคนิคเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้ปฏิกิริยาลูกโซ่ nested PCR และ PCR สามารถตรวจหาเชื้อวัณโรคได้น้อยที่สุดถึง 10 *fg* และเชื้อไวรัส T7 ได้ 1 *pg* ตามลำดับ แต่เนื่องจากปัญหาการใช้PCR ไม่สามารถบอกปริมาณเชื้อได้ และเชื้อวัณโรคเติบโตช้า ดังนั้นเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ปริมาณ10^5 cfu และ *E. coli* ปริมาณ10^4 cfu จึงถูกนำมาใช้แทนเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศ โดยเปรียบเทียบจากปริมาณเชื้อจากการเพาะเชื้อพบว่าเครื่องฟอกอากาศทั้งสองแบบมีประสิทธิภาพในการกรองเชื้อไวรัส T7 (อนุภาคขนาด 0.04 ไมครอน) เชื้อ *S. aureus* (อนุภาคขนาด 1ไมครอน) และเชื้อ *E. coli* (อนุภาคขนาด 2 ไมครอน) มากกว่าร้อยละ 99

VALIDATION OF ELECTRONIC AIR FILTER FOR FILTRATING *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS* AND VIRUS FROM CONTAMINATED AIR

KAEWJAI MALAITHAO 4937695 TMTM/M

M.Sc. (TROPICAL MEDICINE)

THESIS ADVISOR: PONGRAMA RAMASOOTA, D.V.M., Ph.D. (Microbiology), THAREERAT KALAMBAHETI, Ph.D. (Microbiology), SUWALEE WORAKHUNPISET, Ph.D. (Tropical Medicine)

ABSTRACT

Aerosol transmission of *M. tuberculosis* (MTB) and viruses that cause respiratory infections has been increasing. Air filtration is one option for reducing pathogens in indoor air. However, few research studies have validated the efficiency of electronic air filters for filtering bacteria and viruses. This study aimed to evaluate the filtrating efficiency (FE) of an electronic air filter for filtering MTB and viruses in contaminated air, compared with a high efficiency particulate air (HEPA) filter, and no filter. An enclosed chamber was constructed, in the middle of which an air filter could be placed for testing. 5×10^8 each of MTB H37Ra and T7 virus were sprayed into one side of the chamber using a nebulizer. On the other side, an impinger air-sampler was used to collect the sprayed samples. Then, MTB and virus samples were respectively detected by nested PCR and PCR; the culture method was used as the gold standard. All of the sprayed MTB and T7 virus could be detected by nested PCR and PCR with a sensitivity of 10 *f*g for MTB H37Ra and 1 *p*g for T7 virus. However, since most MTB fail to culture, and PCR was not quantifiable, additional FE tests of both filters were performed with other bacteria--*S. aureus* (10^5 cfu sprayed) and *E. coli* (10^4 cfu sprayed). Based on the culture results, the FE of both filters could be calculated. It was concluded that both types of air filter could filter out the sprayed T7 virus (particle size 0.04 μm), *S. aureus* (particle size 1 μm), and *E. coli* (particle size 2 μm) with FE.> 99.0 %.

KEY WORDS: VALIDATION/ ELECTRONIC AIR FILTER/ FILTRATING/ *M. TUBERCULOSIS*/ T7 VIRUS/ CONTAMINATED AIR

93 pp.

Table 7. The efficiency of electronic air filter for filtrating T7 virus

Sample number	Electronic air filter		
	Filtrate plaque count (pfu)	Trapping plaque count (pfu)	Filtrating efficiency (%)
T7E 1	250	$(5 \times 10^8) - 250 = 4.99999750 \times 10^8$	99.99995
T7E 2	244	$(5 \times 10^8) - 244 = 4.99999756 \times 10^8$	99.9999512
T7E 3	238	$(5 \times 10^8) - 238 = 4.99999762 \times 10^8$	99.9999534
T7E 4	254	$(5 \times 10^8) - 254 = 4.99999746 \times 10^8$	99.9999492
T7E 5	230	$(5 \times 10^8) - 230 = 4.99999770 \times 10^8$	99.9999954
T7E 6	260	$(5 \times 10^8) - 260 = 4.99999740 \times 10^8$	99.999948
T7E 7	374	$(5 \times 10^8) - 374 = 4.99999626 \times 10^8$	99.9999252
T7E 8	244	$(5 \times 10^8) - 244 = 4.99999756 \times 10^8$	99.9999512
T7E 9	226	$(5 \times 10^8) - 226 = 4.99999744 \times 10^8$	99.9999548
T7E 10	236	$(5 \times 10^8) - 236 = 4.99999764 \times 10^8$	99.9999528
T7E 11	256	$(5 \times 10^8) - 256 = 4.99999744 \times 10^8$	99.9999488
T7E 12	254	$(5 \times 10^8) - 254 = 4.99999746 \times 10^8$	99.9999492
T7E 13	248	$(5 \times 10^8) - 248 = 4.99999752 \times 10^8$	99.9999504
T7E 14	302	$(5 \times 10^8) - 302 = 4.99999696 \times 10^8$	99.9999396
T7E 15	250	$(5 \times 10^8) - 250 = 4.99999750 \times 10^8$	99.99995
T7E 16	456	$(5 \times 10^8) - 456 = 4.99999544 \times 10^8$	99.9999088
T7E 17	626	$(5 \times 10^8) - 626 = 4.99999374 \times 10^8$	99.99998748
T7E 18	912	$(5 \times 10^8) - 912 = 4.99999088 \times 10^8$	99.9998176
T7E 19	256	$(5 \times 10^8) - 256 = 4.99999744 \times 10^8$	99.9999488
T7E 20	304	$(5 \times 10^8) - 304 = 4.99999696 \times 10^8$	99.9999392
T7E 21	252	$(5 \times 10^8) - 252 = 4.99999748 \times 10^8$	99.9999496
T7E 22	380	$(5 \times 10^8) - 380 = 4.99999620 \times 10^8$	99.999924
T7E 23	656	$(5 \times 10^8) - 656 = 4.99999344 \times 10^8$	99.9998688
T7E 24	348	$(5 \times 10^8) - 348 = 4.99999652 \times 10^8$	99.9999304
T7E 25	386	$(5 \times 10^8) - 386 = 4.99999614 \times 10^8$	99.9999228
T7E 26	258	$(5 \times 10^8) - 258 = 4.99999742 \times 10^8$	99.9999484
T7E 27	310	$(5 \times 10^8) - 310 = 4.99999690 \times 10^8$	99.999938
T7E 28	252	$(5 \times 10^8) - 252 = 4.99999748 \times 10^8$	99.9999496
T7E 29	266	$(5 \times 10^8) - 266 = 4.99999734 \times 10^8$	99.9999468
T7E 30	312	$(5 \times 10^8) - 312 = 4.99999688 \times 10^8$	99.9999376
Average	**328**	$\mathbf{(5 \times 10^8) - 328 = 4.99999672 \times 10^8}$	**99.9999344**

Southeast Asian J Trop Med Public Health.

2009 Sep; 40(5):1113-20.

Evaluation of an electronic air filter for filtrating bacteria and viruses from indoor air.

Malaithao K, Kalambaheti T, Worakhunpiset S, Ramasoota P.

Department of Social and Environmental Medicine, Faculty of Tropical Medicine,

Mahidol University, Bangkok, Thailand.

This study compared the filtrating efficiency (FE) of a commercial electronic air filter for filtering bacteria and viruses from contaminated air with a high efficiency particulate air (HEPA) filter. An enclosed chamber was constructed, in the middle of which an air filter was placed for testing. MTB H37Ra and T7 virus at concentrations of 5x10(8) each were sprayed into one side of the chamber using a nebulizer and the sprayed samples were collected by an impinger air-sampler on the other side. MTB and T7 viruses were detected by PCR and culture. The PCR could detect samples down to 10 fg for MTB H37Ra and 1 pg for T7 virus. Most MTB H37Ra sprayed failed to culture. S. aureus at a concentration of 10(5) cfu and E. coli at a concentration of 10(4) cfu along with T7 virus were filtered out with a FE of more than 99%. T7 virus has a particle size of 0.04 microm, S. aureus has a particle size of 1 microm and E. coli has a particle size of 2 microm.

PMID: 19842396 [PubMed - in process]

Publication Types

Publication Types:

Research Support, Non-U.S. Gov't

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19842396?itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_RVDocSum&ordinalpos=1

ผลงานวิจัยนักศึกษา

ระดับปริญญาเอก

"การกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศของเครื่องฟอกอากาศชนิดต่าง ๆ"

Airborne Microorganism Removals Using Air Purifier

ภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิค

คณะเทคนิคการแพทย์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศของเครื่องฟอกอากาศชนิดต่างๆ

Airborne Microorganism Removals Using Air Purifier

ยุพรัตน์ หลิมมงคล[1] รจฤดี โชติกาวินทร์[1] ชุลีย์วัลย์ ธัญญศิรินนท์[1] พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์[2] และภารดี ช่วยบำรุง[3*]

Yuparat Limmongkon[1] Rotruedee Chotigawin[1] Chuleewan Thunyasirinon[1] Pipat Sribenjalux[2]

and Paradee Chuaybamroong[3*]

[1]นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาสาธารณสุขศาสตร์ ม.ขอนแก่น ขอนแก่น 40002

[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการตรวจวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3*]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.ธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12121

โทรศัพท์ : 02-564-4440-44 ต่อ 2212, โทรสาร: 02-564-4480, E-mail : paradee@tu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ทดสอบการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ (*Staphylococcus epidermidis, Bacillus subtilis, Aspergillus niger, Penicillium citrinum*) ด้วยเครื่องฟอกอากาศที่ใช้หลักการทำงานต่างกัน 3 แบบ คือ แบบที่ใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลสิส แบบไฟฟ้าสถิต และแบบรังสีอัลตราไวโอเล็ต ด้วยการพ่นจุลินทรีย์เข้าไปในห้องจำลองขนาด 2×2×2 เมตรแล้วทำการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศด้วยแอนเดอร์สัน อิมแพคเตอร์เพื่อเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ในช่วงที่ยังไม่ได้เปิดเครื่องฟอกอากาศ กับช่วงที่เปิดเครื่องฟอก และช่วงหลังจากปิดเครื่องฟอกไปแล้ว อย่างละ 3 ซ้ำ พบว่า เครื่องฟอกอากาศแบบโฟโตคะตะไลสิสและแบบไฟฟ้าสถิตมีความสามารถในการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศที่ใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 76-98 และ 80-99 ตามลำดับ) ส่วนแบบรังสีอัลตราไวโอเล็ตนั้นกำจัดจุลินทรีย์ด้อยกว่าชนิดอื่น (ร้อยละ 39-89) การศึกษาจึงมีการเพิ่มแผ่นกรองอนุภาคขั้นต้นเพื่อดักจับอนุภาคก่อนฉายด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต พบว่าการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศได้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 54-95 (ขึ้นกับระยะเวลาที่ใช้และชนิดของจุลินทรีย์)

คำสำคัญ : เครื่องฟอกอากาศ; การกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ; ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลสิส; ไฟฟ้าสถิต; รังสีอัลตราไวโอเล็ต

Abstract

Airborne microorganism (*Staphylococcus epidermidis, Bacillus subtilis, Aspergillus niger,* and *Penicillium citrinum*) removals using a photocatalytic air purifier, electrostatic air purifier, and ultraviolet air purifier were compared in this study. The experiment was conducted in a 2×2×2 m chamber by injecting each microorganism into the chamber. The microorganism concentration was collected using an Andersen impactor. The concentration before turning-on the air purifier was compared to that during turning-on and that during turning-off periods. The triplicate results revealed that the PCO and ESP air purifiers yielded the highest efficiency (76-98% and 80-99%, respectively) while the ultraviolet air purifier showed the lowest efficiency (39-89%). The pre-filter was thus added to the ultraviolet air purifier to confine the

microorganisms and the ultraviolet light was irradiated onto it. It was found that the removal efficiency was increased to 54-95%, depending on duration time and microorganism types.

Keywords : air purifiers ; airborne microorganism removal; photocatalysis; electrostatic; ultraviolet

บทนำ

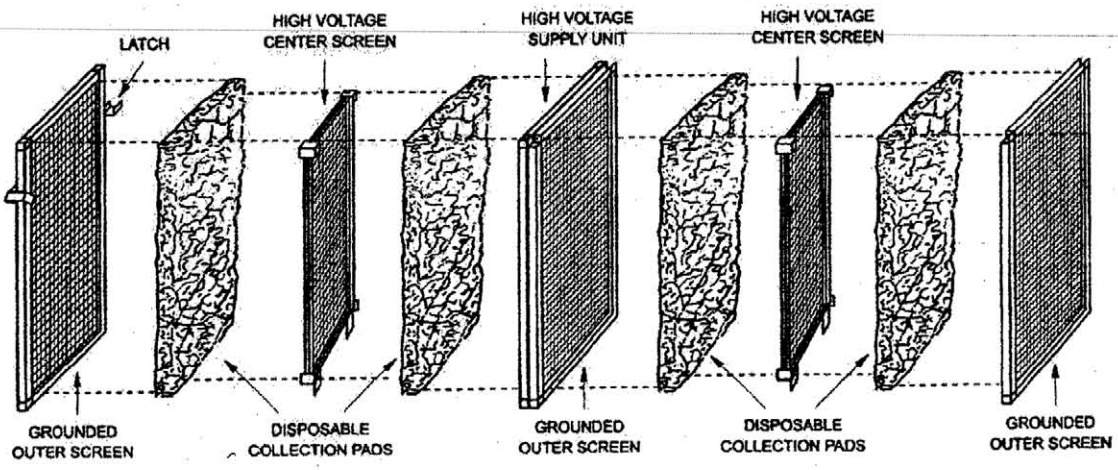
ประชาชนในปัจจุบันใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ภายในอาคารมากถึงร้อยละ 90 ของเวลาทั้งหมด [1] โอกาสที่จะสัมผัสกับมลพิษภายในอาคาร รวมถึงมลพิษจากภายนอกที่รั่วไหลเข้ามาปนเปื้อนอากาศภายในจึงมีมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าอาคารนั้นไม่มีการระบายหรือการเจือจางมลพิษอย่างเหมาะสมและพอเพียง สิ่งที่ตามมาก็คือผลกระทบต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เช่น การระคายเคืองต่อเยื่อบุตา จมูก โรคหอบหืด รวมทั้งส่งผลต่อสภาวะในการทำกิจกรรมต่างๆภายในอาคาร เกิดความอ่อนเพลีย ขาดสมาธิในการทำงาน ฯลฯ คุณภาพอากาศภายในอาคารจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องการความใส่ใจ โดยประเทศไทยพบความชุกของการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร (Sick building syndrome, SBS) อยู่ในช่วงร้อยละ 25 -26 [2] ใกล้เคียงกับระดับที่องค์การอนามัยโลกกำหนดว่าสามารถก่อให้เกิดปัญหาและควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไข ทั้งนี้จุลินทรีย์ในอากาศจัดเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญของการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารดังกล่าว [3] โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การติดเชื้อในโรงพยาบาล (Nosocomial diseases) ที่ส่งผลต่อการสูญเสียทั้งทางตรง (เช่น ค่ารักษาพยาบาลที่สูงขึ้น) และทางอ้อม (เช่น การสูญเสียทรัพยากรมนุษย์ การพักฟื้นที่ใช้เวลานาน) [4] แนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยป้องกันและควบคุมการสะสมมลพิษทางอากาศก็คือการเลือกใช้เครื่องฟอกอากาศที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่การใช้งาน

อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องฟอกอากาศที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดนั้นเป็นสิ่งที่ยากเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเครื่องฟอกอากาศแต่ละชนิดนั้นก็มีการใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายแตกต่างกันออกไป เช่น มีการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อทำลายสารพันธุกรรมของเซลล์จุลินทรีย์ [5] มีการใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลสิสซึ่งสร้างไฮดรอกซิลเรดิคัลที่สามารถออกซิไดซ์ผนังเซลล์จุลินทรีย์จนทำให้ตายในที่สุด [6] หรือมีการใช้ไฟฟ้าสถิตที่ดักจับอนุภาคด้วยการชาร์จประจุให้ เป็นต้น การออกแบบรูปทรงและรูปแบบการใช้งานจึงต้องแตกต่างกันไปด้วย การจะเปรียบเทียบว่าชนิดใดดีกว่าชนิดใดในลักษณะที่ตัวแปรต่างๆไม่ได้ถูกควบคุมไว้ให้เหมือนกันจึงเป็นสิ่งที่ยากลำบาก ในการศึกษานี้จึงพยายามที่จะควบคุมรูปร่าง ลักษณะ และอัตราการดูดอากาศของเครื่องฟอกอากาศให้คงที่เท่ากันทุกครั้ง โดยใช้โครงของเครื่องฟอกอากาศโครงเดียวกันในการศึกษาการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ โดยเปรียบเทียบหลักการทำงานของเครื่องฟอกอากาศที่ต่างกัน 3 แบบ คือ แบบที่ใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลสิส แบบไฟฟ้าสถิต และแบบรังสีอัลตราไวโอเล็ต รวมไปถึงแบบรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีแผ่นกรองอนุภาคขั้นต้น (pre-filter) อยู่ร่วมด้วย ผลที่ได้จะช่วยสร้างความกระจ่างและให้ข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงเพื่อผู้บริโภคสามารถนำไปใช้พิจารณาประกอบการตัดสินใจในการเลือกบริโภคสินค้าให้ตรงกับความต้องการต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องฟอกอากาศที่ใช้ นำมาจากชนิดอิเลคโทรนิคแอร์ฟิลเตอร์ รุ่น PT-600 ของบริษัทอัลไพน์ จำกัด นำมาดัดแปลงโดยนำแผ่นกรองอิเลคโทรนิคสำหรับวิธีไฟฟ้าสถิตออก แล้วเปลี่ยนเป็นแผ่นกรองโฟโตคะตะลิสต์โดยใช้แผ่นกรอง HEPA

ที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ (ปริมาณ 3140 mg/m^2) แล้วฉายด้วยแสง UV-A (3.2 mW/cm^2) ด้วยหลอดไฟแบล็คไลท์ (Sylvania F36W-T8/BLB) จำนวน 4 หลอด เพื่อใช้เป็นเครื่องฟอกอากาศชนิดโฟโตคะตะไลสิส (PCO) ส่วนการเปลี่ยนเป็นชนิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UVC) ทำโดยใช้หลอดไฟแบล็คไลท์ (Sylvania Germicidal lamp 20W) ที่ให้รังสี UV-C จำนวน 4 หลอด ความเข้มแสง 3.7 mW/cm^2 บรรจุไว้แทน โดยชนิดไฟฟ้าสถิต (ESP) นั้น ใช้ชุดแผ่นกรองอิเลคโทรนิคที่มีมากับตัวเครื่องอยู่แล้ว ซึ่งประกอบไปด้วยแผ่นตาข่ายลวดซึ่งด้านบนมีเข็มสำหรับรับกระแสไฟฟ้าแรงสูงขนาด 5500-6700 โวลท์ จากอุปกรณ์แปลงไฟฟ้า (High voltage supply unit) แผ่นตาข่ายนี้ถูกประกบด้านซ้าย-ขวาด้วยแผ่นรองรับอนุภาคที่ทำจากใยแก้วจำนวน 2 คู่ (รูปที่ 1) อัตราการดูดอากาศอยู่ที่ 418 ft^3/min ซึ่งมาจากการวัดความเร็วลมที่ช่องทางเข้าของอากาศ (Inlet) ด้วย Hot wire anemometer (Airflow Developments Ltd., model TA5-Flexible probe) คูณด้วยพื้นที่หน้าตัดของช่องทางเข้า

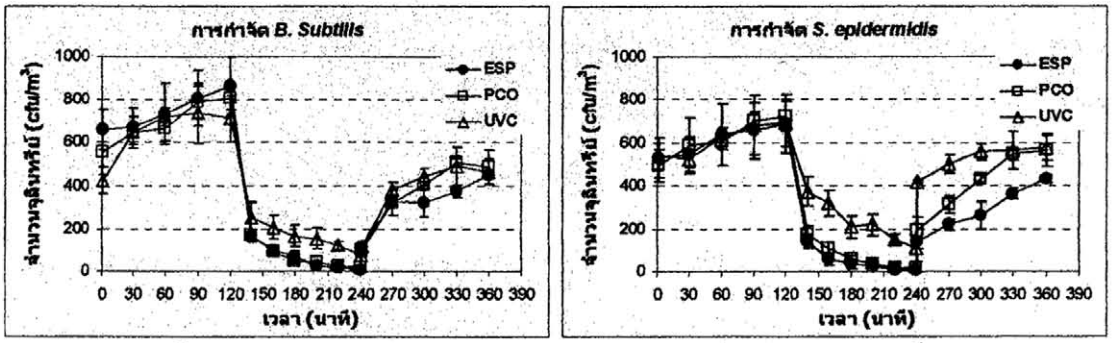


รูปที่ 1 องค์ประกอบของชุดแผ่นกรองอิเลคโทรนิคในเครื่องฟอกอากาศ (อนุเคราะห์ภาพโดยบริษัท อัลไพน์ จำกัด)

การศึกษาการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศกระทำใน chamber ขนาด 2×2×2 เมตร จุลินทรีย์ที่ใช้ได้แก่ *Bacillus subtilis* และ *Staphylococcus epidermidis* สำหรับเป็นตัวแทนของแบคทีเรีย และ *Aspergillus niger* กับ *Penicillium citrinum* สำหรับเป็นตัวแทนของเชื้อรา เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจัดซื้อมาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยในรูปของผงแห้ง รายละเอียดของการเตรียมเชื้อและการเพาะเลี้ยงสามารถศึกษาได้ในยุพรัตน์และคณะ [7] การทดสอบยืนยันชนิดของเชื้อทั้งก่อนและระหว่างการทดลองใช้วิธี Conventional method สำหรับเชื้อแบคทีเรีย [8,9] และวิธี Microscopic examination by slide culture method สำหรับเชื้อรา [10, 11] การทดลองเริ่มจากการใช้ nebulizer (BGI. Incorp., model MRE-CN 25) พ่นเชื้อจุลินทรีย์ทีละชนิดเข้าไปใน chamber นาน 6 ชั่วโมง โดยเปิดพัดลมในห้องให้เกิดการผสมตัวอย่างทั่วถึง ซึ่งใน 2 ชั่วโมงแรกยังไม่มีการเปิดเครื่องฟอกอากาศแต่มีการเก็บตัวอย่างอากาศทุกๆ 30 นาทีที่ระดับความสูง 1.5 เมตรด้วย Single-stage impactor (SKC, Inc., model Biostage) นาน 3 นาที ตามวิธีการของ NIOSH method 0800 [12] จากนั้นจึงเปิดเครื่องฟอกอากาศและเก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุก 30 นาทีอีก 2 ชั่วโมงก่อนปิดเครื่องฟอก และยังคงเก็บตัวอย่างต่อไปอีก 2 ชั่วโมง โดยตลอด 6 ชั่วโมงที่ทำการศึกษานั้น nebulizer ยังคงพ่นจุลินทรีย์อยู่ตลอดเวลา อุณหภูมิและความชื้นภายในห้องทดลองอยู่ที่ 25±1°C และ 55±5%RH ตามลำดับ ทั้งหมดทำการศึกษา 3 ซ้ำในแต่ละชนิดของเครื่องฟอกอากาศที่ใช้ ยกเว้นการใช้เครื่องฟอกอากาศชนิดรังสีอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับแผ่นกรองอนุภาคขั้นต้น (Pre-filter) มีการศึกษาซ้ำเดียว

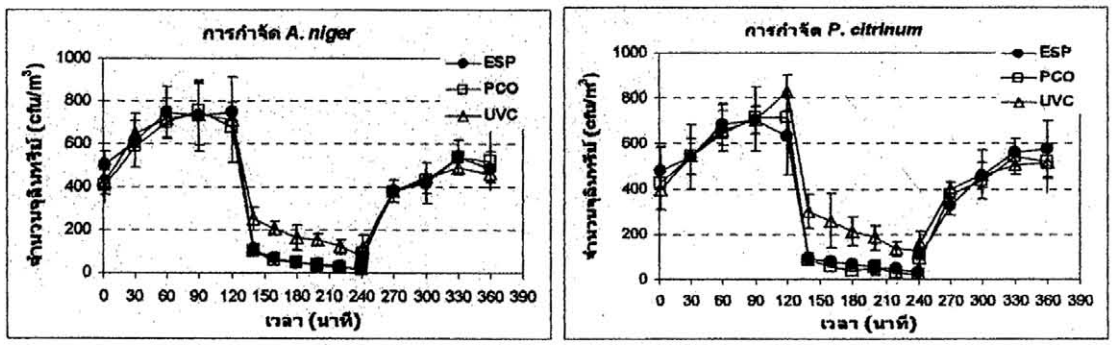
ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการกำจัดเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* และ *S. epidermidis* จากการใช้เครื่องฟอกอากาศ 3 ชนิด (PCO, ESP และ UVC) แสดงในรูปที่ 2 ซึ่งผลที่นำเสนอมาจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ โดยเวลา 0-120 นาทีเป็นสภาวะที่ไม่ได้เปิดเครื่องฟอกอากาศ ส่วนเวลาที่ 121-240 นาทีเป็นสภาวะที่เปิดเครื่องฟอกอากาศ และเวลาที่ 241 นาทีเป็นต้นไปนั้นปิดเครื่องฟอกอากาศแล้ว จากรูปจะเห็นได้ว่า เครื่องฟอกอากาศ ESP และ PCO ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อ *B. subtilis* และ *S. epidermidis* ที่ใกล้เคียงกัน โดยความแตกต่างนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.97 และ 0.58 ตามลำดับ) ขณะที่ UVC ให้ประสิทธิภาพที่ด้อยกว่า ESP และ PCO อย่างเห็นได้ชัด (p-value = 0.00 และ 0.01 ตามลำดับ) โดยจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบใน 3 ซ้ำนั้นอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันจนความแตกต่างนั้นไม่มีนัยสำคัญ (p-value = 0.93-0.99 สำหรับ *B. subtilis* และ p-value = 0.62-0.95 สำหรับ *S. epidermidis*) จากการใช้เครื่องฟอกอากาศ 3 ชนิด



รูปที่ 2 จำนวนแบคทีเรียที่พบก่อนเปิด-ระหว่างเปิด-และหลังปิดเครื่องฟอกอากาศทั้ง 3 ชนิด

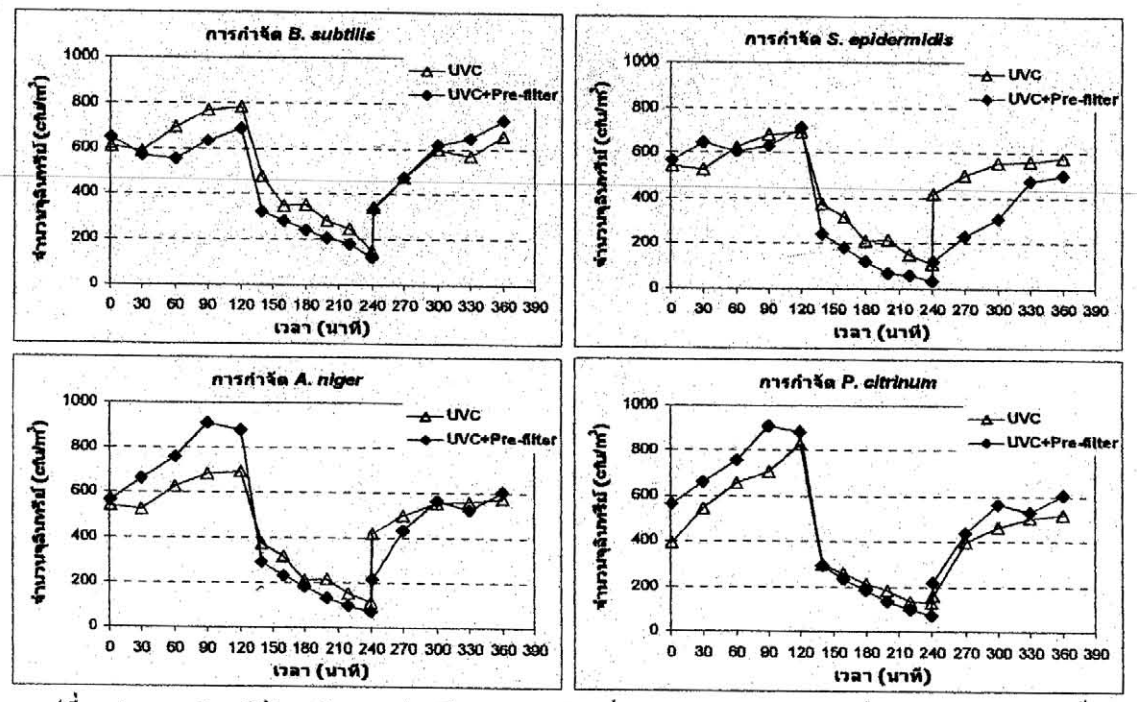
ในกรณีของเชื้อราทั้ง *A. niger* และ *P. citrinum* (รูปที่ 3) พบว่าเครื่องฟอกอากาศ PCO และ ESP สามารถกำจัดเชื้อราทั้งสองได้ใกล้เคียงกัน (p-value= 0.84 และ 0.55 ตามลำดับ) แต่เครื่องฟอกอากาศชนิด UVC มีประสิทธิภาพด้อยกว่า PCO และ ESP อย่างชัดเจน (p-value= 0.01 และ 0.00 ตามลำดับ) โดยจำนวนเชื้อราที่พบใน 3 ซ้ำจากการใช้เครื่องฟอกอากาศ 3 ชนิดนั้นอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน (p-value = 0.20-0.86 สำหรับ *A. niger* และ p-value = 0.09-0.78 สำหรับ *P. citrinum*)



รูปที่ 3 จำนวนเชื้อราที่พบก่อนเปิด-ระหว่างเปิด-และหลังปิดเครื่องฟอกอากาศชนิดต่างๆ

ทั้งนี้ การที่ UVC ให้ประสิทธิภาพด้อยกว่าชนิดอื่นนั้น เป็นไปได้ว่าอัตราการดูดอากาศที่ 418 ft^3/min ทำให้จุลินทรีย์เคลื่อนที่อย่างรวดเร็วเกินกว่าที่รังสี UVC จะกำจัดได้ทัน ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยใส่แผ่นกรองขั้นต้นหรือ Pre-filter เข้า

ไปในเครื่องฟอกอากาศแล้วฉายแสง UVC ลงบนแผ่นกรองนั้นอีกที ผลการศึกษาพบว่า การกำจัดจุลินทรีย์นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้รังสี UVC แต่เพียงอย่างเดียว ดังรูปที่ 4 โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกำจัด *S. epidermidis* ที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value= 0.03) ขณะที่จุลินทรีย์ชนิดอื่นที่แม้จะสังเกตเห็นประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น แต่ความแตกต่างนั้นยังไม่มีความสำคัญในเชิงสถิติ แสดงว่าแผ่นกรองขั้นต้นที่ใช้ยังไม่เพียงพอในการดักจับอนุภาคเอาไว้ได้ อาจต้องพิจารณาแผ่นกรองที่ให้ประสิทธิภาพสูงกว่านี้



รูปที่ 4 จำนวนจุลินทรีย์ก่อนเปิด-ระหว่างเปิด-และหลังปิดเครื่องฟอกอากาศชนิด UVC ที่ไม่มี และมีแผ่นกรองขั้นต้น

เมื่อเปรียบเทียบการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศด้วยเครื่องฟอกอากาศชนิดต่างๆ ในรูปของร้อยละ พบว่า เครื่องฟอกอากาศชนิด ESP สามารถกำจัด *B. subtilis, S. epidermidis* และ *A. niger* ได้ดีกว่าเครื่องฟอกอากาศชนิดอื่นๆ ขณะที่การใช้เครื่องฟอกอากาศชนิด PCO สามารถกำจัดเชื้อรา *P. citrinum* ได้ดีที่สุดแต่ความแตกต่างนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value= 0.43) เมื่อเปรียบเทียบกับชนิด ESP ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การลดลงของจุลินทรีย์เมื่อเปิดเครื่องฟอกอากาศชนิด ESP, PCO, UVC และ UVC ร่วมกับ Pre-filter

เครื่องฟอกอากาศ	เปิดเครื่องฟอกอากาศนาน (นาที)	การลดลงของจุลินทรีย์ในอากาศ (%)			
		B.subtilis	*S.epidermdis*	*A.niger*	*P.citrinum*
ชนิด ESP	20	80.9	79.5	86.1	85.5
	40	88.4	91.9	90.4	88.0
	60	92.1	94.8	93.6	89.9
	80	97.2	96.5	94.2	91.8

	100	98.2	98.8	95.8	93.1
	120	99.1	99.4	97.9	95.0
ชนิด PCO	20	79.0	76.1	85.2	88.8
	40	88.1	84.5	91.2	92.2
	60	94.1	92.3	92.9	95.0
	80	95.1	95.1	94.7	92.7
	100	97.0	97.3	96.5	96.7
	120	98.3	97.8	97.7	97.2
ชนิด UVC	20	39.1	45.9	64.6	63.8
	40	56.0	53.9	71.0	68.8
	60	54.9	69.6	76.8	74.5
	80	64.1	68.4	78.5	78.0
	100	68.9	77.9	83.1	83.9
	120	80.5	83.8	89.3	84.4
ชนิด UVC +Pre-filter	20	53.5	65.9	64.9	66.7
	40	59.0	74.6	84.1	73.8
	60	64.5	83.1	82.7	79.4
	80	70.0	89.9	88.1	85.0
	100	73.6	91.6	90.8	89.1
	120	82.5	95.0	92.1	91.8

ในแง่ของจุลินทรีย์ชนิดใดถูกกำจัดได้ง่ายหรือยากกว่ากัน การศึกษานี้พบว่าเครื่องฟอกอากาศ ESP สามารถกำจัด *S. epidermidis* ออกจากกระแสอากาศได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ *B. subtilis* และ *A. niger* โดย *P. citrinum* นั้นถูกกำจัดได้ยากที่สุด ทั้งนี้ *S. epidermidis* นั้นเป็น vegetative bacteria ชนิดแกรมบวกที่ไม่ทนทานในสิ่งแวดล้อม [13] สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าเครื่องฟอกอากาศชนิด ESP สามารถกำจัดเชื้อ *S. epidermidis* ได้ดีกว่า*B. subtilis, A. niger* และ *P. citrinum* จากจำนวน 35,311-33,616 cfu/m^3 ให้เหลือน้อยกว่า 500 cfu/m^3 ได้ภายในเวลา 30-40 นาที [7] ส่วนเครื่องฟอกอากาศชนิด PCO สามารถกำจัด *B. subtilis* ได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ *S. epidermidis* และ *A. niger* โดย *P. citrinum* นั้นถูกกำจัดได้ยากที่สุด ขณะที่เครื่องฟอกอากาศชนิด UVC กำจัดเชื้อราได้มากกว่าเชื้อแบคทีเรีย โดยกำจัด *A. niger* ได้มากกว่า *P. citrinum* และสามารถกำจัดแบคทีเรีย *S. epidermidis* ได้ดีกว่า *B. subtilis* และสุดท้ายเครื่องฟอกอากาศชนิด UVC ร่วมกับ Pre-filter สามารถกำจัด *S. epidermidis* ได้มากกว่าเชื้อชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value=0.03) รองลงมาได้แก่ *P. citrinum* และ *A. niger*

สรุปผลการศึกษา

เครื่องฟอกอากาศชนิดโฟโตคะตะไลสิสและชนิดไฟฟ้าสถิตมีความสามารถในการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศที่ใกล้เคียงกัน ส่วนชนิดรังสีอัลตราไวโอเล็ตนั้นกำจัดจุลินทรีย์ด้อยกว่าชนิดอื่นโดยสันนิษฐานว่าอากาศที่ไหลผ่านเครื่องฟอกมีความเร็วสูงเกินกว่าที่รังสีจะทำลายได้ทัน เมื่อนำแผ่นกรองอากาศอนุภาคขั้นต้นมาดักจับอนุภาคก่อนใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตพบว่าสามารถกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศได้ดีขึ้น ซึ่งรายละเอียดเพิ่มเติมอาจต้องมีการศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท อัลไพน์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องฟอกอากาศและข้อมูลโดยไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานวิจัย ขอขอบคุณคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทดลอง และมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่สนับสนุนทุนวิจัยจากรายได้พิเศษ(สัญญาเลขที่ ทอ.11/2551)

เอกสารอ้างอิง

[1] US. EPA. An office building occupant's guide to indoor air quality. EPA-402-K-97-003 October 1997. Washington, D.C: Office of Air and Radiation, Indoor Environment Division, 1997.

[2] Nuttapong L. The prevalence rate and associated factors of sick building syndrome among health care workers in hospitals with inadequate ventilation [Thesis in Faculty of Medicine]. Bangkok: Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, 2008.

[3] US. EPA. Indoor air facts no. 4 (revised): sick building syndrome. MD-56 February 1991. Washington, D.C: Office of Air and Radiation, Indoor Environment Division, 1991.

[4] ไพบูลย์ โลห์สุนทร. ระบาดวิทยาและการควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล. ใน: ไพบูลย์ โลห์สุนทร. ระบาดวิทยาพิมพ์ครั้งที่ 7, กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552; 246-57.

[5] Beggs, C.B., Noakes, C.J., Sleigh, P.A., Fletcher, L.A., Kerr, K.G. Methodology for determining the susceptibility of airborne microorganisms to irradiation by an upper-room UVGI system. Aerosol Science 2006; 37: 885–902.

[6] Chotigawin R. Disinfection efficiency of TiO_2 immobilized high efficiency particulate air filters for hospital airborne microorganisms [Ph.D. Dissertation in Graduate School]. Khon Kaen: The Graduate School, Khon Kaen University; 2009.

[7] ชุพรัตน์ หลิมมงคล พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ และภารดี ช่วยบำรุง. ความสามารถของเครื่องฟอกอากาศชนิดอิเลคโทรนิคฟิลเตอร์ในการกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ. วารสารเทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด 2552; 21 (3): 246-56.

[8] Hoos WE and Bannerman TL. Staphylococcus and micrococcus. In: Murray PR, Barron EJ, Pfaller MA, Tenover FC, Yolken RH, ed. Manual of Clinical Microbiology 7th. ed. Washington, DC: ASM, 1999: 264-82.

[9] Logan NA and Turnbull PCB. Bacillus and recently derived genera. In: Murray PR, Barron EJ, Pfaller MA, Tenover FC, Yolken RH, ed. Manual of Clinical Microbiology 7th. ed. Washington, DC: ASM, 1999: 357-69.

[10] Harris JL. Modified method for fungal slide culture. J Clin Microbiol 1986; 24(3): 460-1.

[11] Sigler L and Kennedy MJ. Aspergillus, Fusarium and Other Opportunistic Moniliaceous Fungi. In: Murray PR,

Barron EJ, Pfaller MA, Tenover FC, Yolken RH, ed. Manual of Clinical Microbiology 7th. ed. Washington, DC: ASM, 1999: 357-69.

[12] National Institute for Occupational Safety and Health. Bioaerosal sampling (indoor air) [online] 2009 [cited 2009 June 29]. Available from: http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/0800.pdf.

[13] Lin, C.Y., and Li, C.S. 2003. Inactivation of microorganisms on the photocatalytic surfaces in air. Aerosol Science and Technology, 37: 939-46.

ความสามารถของเครื่องฟอกอากาศในการกำจัดจุลินทรีย์

Capability of Air Purifier On Microorganism Removal

ยุพรัตน์ หลิมมงคล[1], พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์[2], ภารดี ช่วยบำรุง[3]*

[1]หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิตสาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2]ภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3]ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

*corresponding author: paradee@tu.ac.th

บทคัดย่อ

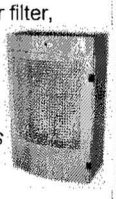
การศึกษานี้เป็นการทดสอบความสามารถของเครื่องฟอกอากาศชนิดไฟฟ้าสถิตในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่พบได้มากที่สุดในอากาศและเป็นกลุ่มของเชื้อฉวยโอกาสที่ก่อให้เกิดโรค โดยผลการศึกษาพบว่า เครื่องฟอกอากาศสามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ให้หมดไปได้ภายในเวลา 40 นาที ทั้งที่ระดับความสูง 0.5 เมตรเหนือพื้นห้องและที่ความสูง 1.5 เมตรซึ่งเป็นระดับของการหายใจของบุคคลโดยทั่วไป

บทนำ

รูปแบบการใช้ชีวิตของประชาชนชาวไทยในปัจจุบัน ทั้งสภาพที่อยู่อาศัยและสภาพการทำงานได้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีตเป็นอย่างมาก เวลาที่ใช้ไปส่วนใหญ่นั้น มักอยู่ภายในอาคารปรับอากาศที่ปิดมิดชิดซึ่งอาจไม่มีการระบายอากาศที่เหมาะสมหรือพอเพียง ปัญหามลพิษอากาศภายในอาคารจึงเกิดขึ้นและสร้างความวิตกกังวลขึ้นเรื่อยๆ ทำให้เครื่องฟอกอากาศเข้ามามีบทบาทในชีวิตความเป็นอยู่มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการทำงานของเครื่องฟอกอากาศนั้นยังไม่ชัดเจนในแง่ของการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ งานวิจัยนี้จึงเลือกเครื่องฟอกอากาศที่มีขายอยู่ทั่วไปในท้องตลาดมาทำการศึกษาวิจัย

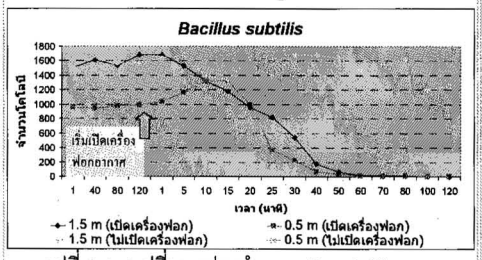
ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้ใช้เครื่องฟอกอากาศชนิดไฟฟ้าสถิต (Alpine Electronic air filter, model PT-400) ทดสอบกับเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus subtilis* และเชื้อรา *Aspergillus niger*, *Penicillium citrinum* ใน chamber ขนาด 2×2×2 เมตร โดยการทดลองเริ่มจากการพ่น เชื้อจุลินทรีย์ด้วย Nebulizer นาน 120 นาที ก่อนเปิดเครื่องฟอกอากาศนาน 120 นาที จำนวนจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนไปได้จากการเก็บตัวอย่างอากาศด้วย Impactor ที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้ออยู่ภายใน ตำแหน่งเครื่องฟอกอากาศนั้นวางไว้ที่พื้น มุมห้องห่างจากจุดเก็บตัวอย่าง ~1 เมตร

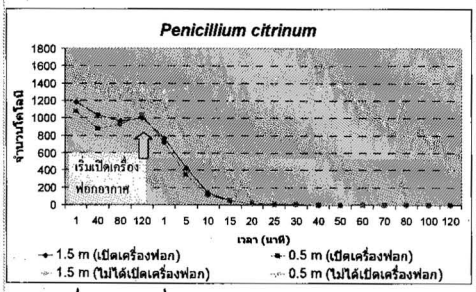


ผลการทดลอง

จำนวนจุลินทรีย์ใน chamber ที่ไม่ได้เปิดเครื่องฟอกอากาศนั้นค่อนข้างจะคงที่ สำหรับ *B. subtilis* (รูปที่ 1) และ *P. citrinum* (รูปที่ 2) โดยเส้นสีเหลืองนั้นเป็นจำนวนจุลินทรีย์ที่ระดับความสูง 1.5 เมตร ส่วนเส้นสีฟ้านั้นเก็บตัวอย่างที่ความสูง 0.5 เมตร เมื่อเปิดเครื่องฟอกอากาศที่อัตราดูด 200 ft^3/min พบว่า *B. subtilis* ลดลงจนเหลือน้อยกว่า 20 โคโลนีภายในเวลา 1 ชั่วโมง หรือเหลือ 3-5 โคโลนีเมื่อครบ 120 นาที ส่วน *P. citrinum* ลดลงเหลือ 0-1 โคโลนีภายในเวลา 40 นาที โดยที่เวลา 15 นาทีนั้น พบเหลือจำนวนประมาณ 50 โคโลนีทั้งสองระดับความสูงที่เก็บตัวอย่าง

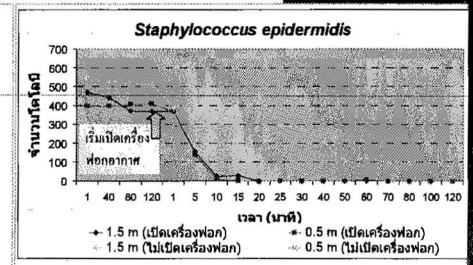


รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงจำนวน *B. subtilis*

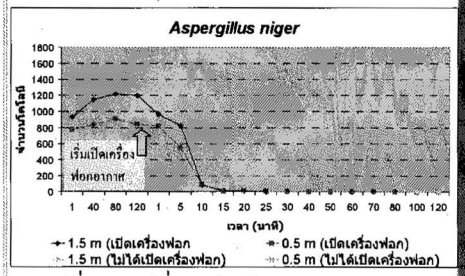


รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงจำนวน *P. citrinum*

สำหรับ *S. epidermidis* และ *A. niger* นั้น การเปิดเครื่องฟอกอากาศช่วยลด *S. epidermidis* ลงเหลือ 0-1 โคโลนีได้ภายในเวลา 20 นาที (รูปที่ 3) และลด *A. niger* เหลือ 7-19 โคโลนีภายในเวลา 15 นาที หรือเหลือเพียง 0-1 โคโลนีภายในเวลา 40 นาที (รูปที่ 4)



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงจำนวน *S. epidermidis*



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงจำนวน *A. niger*

บทสรุป

เครื่องฟอกอากาศชนิดไฟฟ้าสถิตสามารถกำจัดจุลินทรีย์ออกจากกระแสอากาศภายในห้องได้ภายในเวลาตั้งแต่ 20 นาที (สำหรับ *Staphylococcus spp.*) จนถึง 120 นาที (สำหรับ *Bacillus spp.*) โดยระดับความสูงที่ 0.5 เมตร และ 1.5 เมตรนั้นไม่พบความแตกต่างของจำนวนจุลินทรีย์ที่เครื่องฟอกอากาศกำจัดได้แต่อย่างใด ซึ่งระยะห่างสูงสุดที่เครื่องฟอกอากาศจะยังคงประสิทธิภาพอยู่ได้ และระยะการใช้งานของแผ่นกรองที่สามารถเก็บกักจุลินทรีย์ไว้ได้ โดยไม่เกิดการหลุดลอดออกมาระหว่างการใช้งาน จะมีการศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประเภทวิจัยทั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2551 ตามสัญญาฉบับที่ ทอ 11/2551

Science and Technology @ Thammasat University