Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 17, No. 6 pp. 199-206, 2016

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.6.199
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

오염된 신발의 효율적인 살균과 탈취를 위한 신발장의 설계

이삼철[1*], 장용석[2]
[1]한려대학교 교양과, [2]전북대학교 치과대학 치과생체재료학교실

Design of a shoe rack for effective sterilization and deodorization of the shoes contaminated by various bacteria

Sam-Cheol Lee[1*], Yong-Seok Jang[2]
[1]Department of General Education, Hanlyo University
[2]Department of Dental Biomaterials, School of Dentistry, Chonbuk National University

요 약 본 연구는 다양한 세균에 오염된 신발을 효과적으로 살균하고 탈취할 수 있는 신발장을 설계하기 위한 최적의 조건을 확립하고자하는 목적으로 실시하였다. 신발장의 제작과 평가는 2014년 10월부터 2015년 9월까지 1년에 걸쳐 진행하였다. 항균성능의 평가는 JIS Z 2801:2010 규격에 따라 대장균과 황색포도상구균 균주에 대하여 실시하였고, 탈취효율은 한국공기청정협회 실내공기청정기 규격인 SPS-KACA002- 132:2006 규격에 따라 실시하였다.
대장균과 황색포도상구균 균주에 대한 UV 조사시간에 대한 항균성능을 시험한 결과에서 30초 후에 99.9% 이상의 세균감소율을 보였고, 시험가스에 대한 평균 탈취효율은 42.5%를 보였다. UV램프로 5분의 점등과 25분의 소등을 반복하여 작동을 할 경우에 신발 내부와 신발장 내부 온도는 약 40℃ 와 25℃ 이하로 유지되었다. 신발장의 작동시간에 따른 온도 변화를 측정한 결과는 UV램프를 점등과 소등을 반복적으로 작동시켜 신발 내부의 온도를 적절하게 유지할 수 있었다. 결과적으로 실제 신발장 내부의 용적은 시험연구원의 챔버 용적보다 매우 작은 용적을 가지고 있기 때문에 시험결과의 값을 상대적으로 보정하게 되면 실제 탈취효율은 측정값보다 매우 클 것으로 판단이 된다. 또한 신발의 내부에서 악취를 유발하는 원인균인 박테리아를 반복적으로 살균하기 때문에 신발 내의 실제 탈취의 효과는 더욱 증가될 것이다. 추가 연구로 일정한 신발장 내부의 온도편차를 찾아야 할 것이다.

Abstract The aim of this study was to establish the optimal conditions to design a shoe rack that could effectively sterilize and deodorize shoes contaminated by various bacteria. The manufacture and evaluation of a shoe rock was conducted for one year from October 2014 to September 2015. The antibacterial efficacies were evaluated using *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* by JIS Z 2801:2010. The deodorization efficiency was identified by the standard method for deodorization efficiency evaluation of an indoor air cleaner established by Korea Air Cleaning Association, SPS-KACA002- 132:2006.
The results showed that antibacterial evaluation showed more than 99.9% of the sterilization effects on Escherichia coli and Staphylococcus aureus after exposure to ultraviolet (UV) light for 30 seconds. The average deodorization efficiency for the test gases was 42.5%. The temperature in the shoes and in the shoe rack was lower than 40℃ and 25℃, respectively, when the UV lamp was turned on for 5 minutes and off for 25 minutes repeatedly. This was controlled by turning the UV lamp on and off to maintain the appropriate temperature in the shoes. In conclusion, the real deodorization efficiency is expected to be higher than the measured value because the internal volume of the shoe rack was smaller than the test chamber used to measure the deodorization efficiency. The deodorization effect could be increased further by the sterilization of bacteria causing bad odors in shoes. Further studies will be needed to determine the temperature deviations within the shoe rack to provide constant conditions.

Keywords : active carbon, deodorization, shoe rack, sterilization, UV lamp

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학연협력 기술개발사업(No. C0232811)연구과제로 수행되었음.
[*]Corresponding Author : Sam-Cheol Lee(Hanlyo Univ.)
Tel: +82-10-2841-4711 email: sclee777@naver.com
Received May 2, 2016 Revised (1st May 30, 2016, 2nd May 31, 2016)
Accepted June 2, 2016 Published June 30, 2016

1. 서론

최근에는 발의 건강에 대해서 관심을 갖게 되고 외출을 할 때에는 대부분 발과 함께 하는 신발에 대해 관심이 점점 커지고 있다[1]. 신발 내부에서는 일반적으로 세균의 번식이 쉬운 환경적인 조건을 가지고 있고, 신발의 내부에 존재하는 땀에 의해 무좀 등과 같은 각종의 질병 등을 유발하게 된다[2]. 발에서 나게 되는 악취는 피부의 표면에서 자라고 있는 세균이 땀으로 분비가 되는 유기물질들을 먹으면서 증식을 하는 과정에서 발생이 되는 기체가 원인이다[3]. 또 신발에서 발생을 하고 있는 악취는 공중위생상으로도 다른 사람들에게 불쾌한 감정을 상당히 주고 있다[3]. 특히 신발의 악취는 주거의 환경이 폐쇄되어 있는 아파트나 대중이 밀집되어 있는 공간에서는 문제들이 더욱 크게 부각되고 있다[4]. 오랜 기간 동안에 일하는 작업의 현장에서 착용하게 되는 작업화의 경우에는 야기되는 문제가 더욱더 크게 야기되는 실정이다. 오염되어 있는 신발 세척은 세탁하여서 일광으로 건조시켜서 소독을 하는 것이 일반적으로 이용되고 있는 방법이다. 그렇지만 날씨에 의해서 제약을 받게 되고, 시간에 의해서도 제약을 받게 되어 신발의 청결을 유지하는 데에 어려움을 주고 있다. 특히 가죽을 사용하고 있는 구두나 부츠와 같은 경우에는 살균과 소독을 하는 것이 쉽지가 않다. 살균을 하는 방법에서는 가열을 방법 , 화학소독제를 사용하는 방법, 건조나 살균, 그리고 자외선을 이용하는 방법 등이 있다[5-10]. 발이나 양말의 경우에는 소독을 하기가 쉽기는 하지만 신발은 옷과는 다르게 화학소독제 사용을 하거나 삶게 되면 손상이 될 수가 있다. 자연적으로 건조하는 방법으로는 살균의 효과는 높지 않을 뿐만 아니라 시간도 또한 많이 걸리게 된다. 진공건조의 방법은 감압을 하여서 낮은 온도로 물을 끓게 하여 습한 물질들을 비교적 저온으로 건조를 시킬 수가 있는 방법으로써 신발에 대해서 압력을 낮추고 열을 가하는 방법에 의해서 신발 손상이 없으면서도 빠른 시간 내에서 신발이 건조되도록 할 수가 있다[3]. 국내외 살균신발장에 사용되는 살균작용기는 주로 원적외선, 음이온, 오존, 활성탄, 제올라이트 등을 활용하여 살균과 탈취기능을 부여하고 있으며, 주로 기존의 선반이 있는 신발장 형태의 공간에서 신발 외부에 조사되고 신발장 내의 공기정화를 통한 살균 탈취를 수행하고 있기 때문에 발과 주로 접촉하고 있는 오염이 심한 신발 내측의 살균정화에 어려움이 있고 높은 살균 효과를 부여하는데 시간이 많이 걸리는 문제가 있다. 따라서 근접살균을 하지 않으면 살균탈취에 있어서 효율성에 대한 문제가 발생할 수밖에 없다. 또 신발 내부의 온도가 상승을 하면 신발이 변형이 되거나 손상을 일으킬 수 있고, 전류소모량도 증가를 할 수가 있다 이러한 이유 때문에 최적의 살균신발장 가동조건의 확립이 매우 중요하다. 신발의 살균과 소독을 위한 장치는 주로 자외선이 이용되어지고 있으며, 살균과 소독에 일반적으로 사용되는 방법이다[11]. 진열대의 내부 천장에 자외선램프가 매달려서 설치되는 것이 일반적이어서 기존의 신발의 살균과 소독을 하는 장치로는 그 성능에 대해서 가지고 있는 한계점이 몇 가지가 있다. 실제로는 신발에서의 세균 번식이 가장 많이 있는 장소는 신발의 깊숙한 안쪽임에도 불구하고 신발의 내부에 깊숙하게 도달하게 되는 자외선의 양은 아주 적으며, 신발의 크기 또한 다양하다. 또 신발의 목(neck)이 다양한 길이를 가지고 있음에도 불구하고 자외선 등과 더불어 이루어지고 있는 소독의 수단은 모든 신발에 있어서 동일하게 적용이 되기 때문에 신발의 소독장치가 갖는 살균소독력이 좀 더 강력하면서 소형이고 조밀하게 되어져야만 할 필요가 있다. 그리고 효과적인 소독을 위해서는 여러 가지의 다양한 방법이 보완되어져서 적용되어야 할 필요도 있다. 신발에 살균소독력을 강화하게 하고 신발의 내부에 깊숙하게 도달하게 하는 소독의 수단에 관한 연구와 신발장 내 살균소독수단으로 사용되어진 자외선살균램프와 활성탄 등에서의 살균 및 탈취효과에 관한 연구는 아직도 초보단계이다. 따라서 본 연구에서는 신발 소독장치를 새로운 구조로 설계하고 제작하고 신발이 항상 청결한 상태에서 유지가 되도록 하기 위하여 다양한 형태로의 신발의 살균 방법 중에서 신발에서의 각각의 형태에 따른 적합한 살균과 소독의 효과에 대해서 알아보았다. 또한 추가적인 연구로 살균신발장 작동조건이 신발장의 내부 온도변화에 미치는 효과에 대해 알아보고자 하였다.

2. 실험방법

본 연구는 2014년 10월부터 2015년 9월까지 1년동안 수행을 하였으며, 세균에 오염되고 악취를 내포하고 있는 신발이 효과적으로 살균과 탈취가 이루어질 수 있도

록 신발장을 설계하였고, 제품의 성능과 작동조건이 최적화가 이루어지도록 진행하였다.

2.1 하우징의 구성

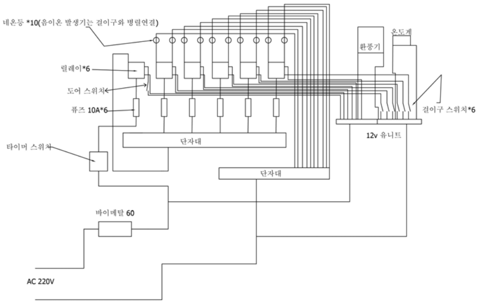
하우징은 Fig. 1과 같이 크게 외부커버, 내부커버로 구성되어져 있다. 외부와 내부커버를 고정하기 위해 인라인바퀴(캐스터) 커버와 내부커버 브래킷(bracket)을 용접하였다. 하우징 하단에는 미끄럼 방지용 고무텁과 운반용 인라인바퀴를 달아서 구성되도록 하였다. 또한 신발장의 내부 악취가 외부로 방출이 되지 않도록 하고, 내부의 공기 탈취를 위한 환기시스템 설치를 위해 3M사의 자동차 탈취용의 활성탄 필터(MFA 활성탄 항균정전 필터)가 적용되어진 환기팬을 하우징 상단의 중앙부분에 위치하도록 구성을 하였다. 한편, 신발장 실내 온도 디스플레이와 걸이구의 개별적 On/Off 스위치를 하우징 외부커버 상단부분에 위치가 되도록 구성을 하였다. 그리고 항균 및 탈취효율을 향상시키기 위하여 하우징의 내부에는 (주)NCI사의 Evergreen TiO_2 광촉매를 스프레이 코팅의 방법으로 부착하였다.

(a) (b)

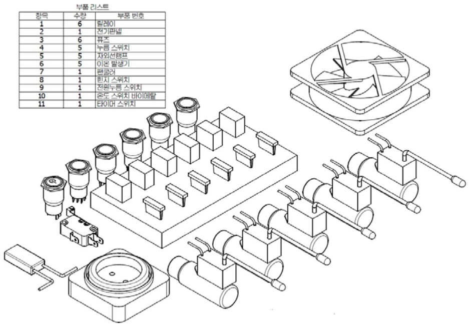
Fig. 1. Image of the developed shoe rack. (a)The outside of a shoes rack (b)The inside of a shoes rack.

2.2 내장부품 구성 및 전기 계통도

살균신발장은 Fig. 2와 같이 전원이 인가가 될 때 활성탄 필터 내장 환기팬과 신발장 내 살균용 UV램프 2개(15W)가 자동으로 작동을 하도록 설계하였다. 신발 내부의 살균을 위해 5쌍의 신발걸이구 UV램프(5W)와 이온발생기를 개별적으로 제어할 수 있는 푸쉬버튼형 LED스위치와 신발장 내부의 온도를 표시하는 디스플레이를 적용하였다. 또한 자동타이머의 활용으로 반복적인 살균기능을 수행할 수 있도록 구성을 하였다. 또한 바이메탈 온도 스위치로 60℃가 넘을 경우에는 자동으로 전원이 차단되어서 과열이 방지될 수 있도록 구성을 하였다. 사용자의 자외선 노출 방지를 위하여 도어가 열릴 때 UV램프의 작동은 자동으로 차단이 되도록 하는 기능도 부가를 하였다.



(a)



(b)

Fig. 2. Internal components and diagram of electrical system. (a) Connection line structure, (b) Miniature of electricity component

2.3 신발걸이구의 구성

신발걸이구는 Fig. 3과 같이 UV램프와, UV램프의 파손을 방지하고 효과적으로 UV가 투과될 수 있는 디자인의 걸이구 커버, 그리고 UV램프와 커버사이에 음이온발생기가 적용이 되었다. 거치를 할 때에 신발이 이탈하는 것을 방지하기 위해 적절한 각도로 설계되고 보조지지대를 함께하여 구성을 하였다. 단ㆍ장목용 신발걸이구의 ABS 수지커버는 같은 디자인으로 구성을 하였다. 신발걸이구 측면의 알루미늄 가이드 부분은 심미성을 부여하기 위해서 3가지 알루미늄합금 (5083, 6061, 7175)을 이용하고 양극산화 처리를 한 후에 표면특성과 색상을 검토하였다. 최종에서는 1.8 M 황산에서 30 V의 정전압 조건으로 30분간 전해하여 표면에 무광효과를 부여하였다.

2.4 평가방법

2.4.1 항균특성의 평가

본 연구에서 제작한 살균신발장에 대한 항균특성은 JIS Z 2801:2010 방법에 따라서 평가를 진행하였다[12]. UV 조사시간에 따른 세균 감소율을 확인하기 위해서 대장균(*Escherichia coli*)과 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*) 균주를 각각 액체 LB배지와 BHI배지에 접종을 하고 CO_2 인큐베이터에서 48시간동안 배양을 하였다

흡광도를 측정하여 균주수가 1 × 105 CFU/mL 되도록 희석을 한 후에 Fig. 4의 (a)와 같이 고체 LB배지와 BHI배지에서 100 ㎕씩 도말을 하였다. 항균성 평가를 위해 Fig. 4의 (b)와 같이 Table 1의 조건으로 신발걸이구에 장착된 UV램프를 이용하여 균주로부터 UV를 10 cm 높이에서 시간대별로 노출을 한 후에 CO_2 인큐베이터에서 48시간동안 배양을 하여서 세균감소율 측정을 하였다.

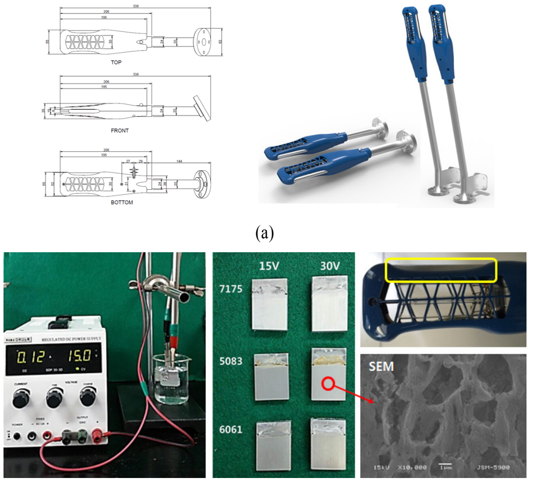


Fig. 3. Design of shoe rack and anodization of aluminum alloys. (a) Design of shoe rack, (b) aluminum alloys.

2.4.2 탈취효율의 평가

살균신발장에 관한 탈취효율의 측정에 있어서 국내 공인인증기관에서 공인시험을 할 수 있는 한국공기청정협회의 실내공기청정기 규격인 SPS-KACA002-132:2006 방법에 따라 한국건설생활환경시험연구원에서 폼알데하이드, 아세트알데히드, 톨루엔, 암모니아, 에틸렌, 메틸머캅탄 등 총 6종류의 시험대상가스에 대하여 탈취효율 측정을 하였다[13]. 탈취효율의 측정은 테스트할 시험가스를 챔버(용적:4.0±0.1 m^3)에 주입하여 2시간동안에 살균신발장을 가동하여 변화되어진 시험가스량의 측정을 하였다.

2.4.3 신발장의 온도변화

UV램프 작동에 의하여 신발장 하우징 내부와 온도변화의 측정에는 iButton Temperature Data Logger DS-1922T (Co. Maxim Dallas)을 이용하였다. 온도측정 시간은 1분 간격으로 설정을 하였고 신발장 내부에 설치하여 삽입하고 작동시간동안에 측정을 실시하였다[14]. 실험이 끝난 후 USB Adapter DS-9490R과 Reader DS-1402D를 사용하여서 컴퓨터와 연결을 하였고 1-WireViewer 프로그램을 이용하여 측정한 온도의 분석을 하였다. 본 시험에서는 하우징 내부와 단목 신발걸이구 및, 장목 신발걸이구 각각에 대하여 UV 가동시간(10분 단위, 10분~180분)에 따른 온도 변화 측정을 하였다.

Table 1. UV-light irradiation time for antibacterial evaluation

Division	1	2	3	4	5	6
Time(sec)	0	10	30	60	180	300

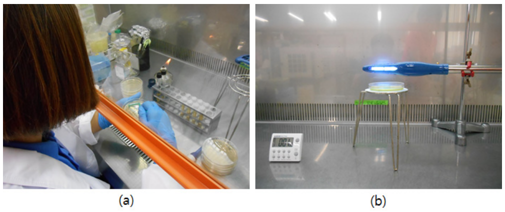


Fig. 4. Inoculation of bacteria and UV-light irradiation (a) Inoculation, (b) UV-light irradiation

3. 결과 및 고찰

3.1 항균 특성

Fig. 5와 Fig. 6은 Table 1의 조건으로 대장균(*Escherichia coli*)과 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)에 대해 JIS Z 2801:2010에 의해 세균감소율을 측정한 결과로 실험이 시작된 후에 대장균과 황색포도상구균은 빠르게 감소를 하게 되고 모두 30초 이상 UV에 노출되었을 때에 99.0%의 제거효율을 보였다. 그 후에 모두 살균이 되

었음을 확인할 수 있었으며 세균감소율은 Table 2에 나타내었다. 세균감소율을 측정하여 실험이 시작된 후에 대장균과 황색포도상구균은 빠르게 감소하여 하게 모두 30초 이상의 UV에 노출되었을 때에 99.0%의 제거효율을 보였으며 그 후에 모두 살균이 되었음을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 살균효율이 높은 것은 살균탈취 부분의 자외선램프가 설치되어진 공간으로 신발에 기생하고 있는 균에 자외선이 깊숙하게 조사가 되어 살균이 되도록 설계되었고, 살균효율이 극대화되도록 공 기와 접촉하는 면적을 최대로 하였으며 내벽에는 자외선을 반사하도록 반사판을 설치하였기 때문이다. UV의 특성상 직접 조사된 부분에 한하여 살균효과에 있어서가 있으므로 UV가 조사되지 않은 Fig 5. (a)의 0 second, Fig 6. (a)의 0 second, 그리고 Table 2의 Blank에 보여준 사진과 측정값이 신발걸이 방법 전의 세균증식 상황을 보여주고 있으며, UV가 조사되지 않은 이 대조군과 비교하여 신발걸이 방법 후의 조사 시간에 따른 항균특성의 변화를 비교 관찰할 수 있었다. Kwak 등(2001)[15]은 자외선에 의한 미생물 살균 작용의 기전에 대해 자외선이 우선적으로 미생물의 핵산에 대해 강하게 흡수가 되어서 미생물의 세포내 DNA의 이중구조가 변화되도록 하여, 즉 티민이합체(thymine dimer)가 생성이 되게 하여서 사멸을 시키는 것이라고 하였다. 또한 UV살균이 공기 중에서의 미생물 살균이나 고체표면에서의 살균 등에서 유효하지만 사례로는 고체 또는 분말에서의 살균에 대해서는 응용이 된 적이 없으며, 오염 미생물의 살균이 인삼의 분말 속에서는 효과가 크지 않다고 생각을 한다고 하였다[5]. 본 연구의 결과에서도 공기 중의 미생물의 살균이나 고체 표면 살균 등에 해당된다고 볼 수가 있으며, 선행 연구에서와 마찬가지로 유효한 특징을 보이고 있음을 확인하였다. 또한 본 연구에서 사용한 UV는 185 nm인 UV선을 발생시켜 오존을 방출하는 것이었다. 185 nm의 UV선은 산소 분해 능력은 있어도, 질소기체를 분해하는 능력은 없다. 그래서 UV에 의해 만들어지는 오존에서는 코로나 방전에 의해 만들고 있는 것에서와 다르게 인체에 해를 미치는 질소산화물을 포함하고 있지 않은 깨끗한 오존이라고 할 수 있다. 다만, 열 또는 염소 등과 같은 살균제처럼 오존은 인체에 유해한 특성이 있다. UV램프는 특성상 주위의 온도가 낮아지면 낮아질수록 수명은 단축이 되기 때문에 기본적으로 10℃ 아래의 실온에서는 사용하지 않는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

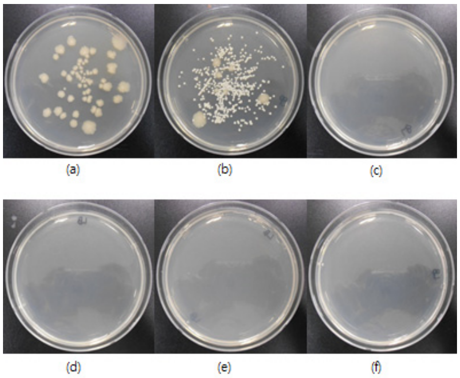


Fig. 5. Culture test of *Escherichia coli* after exposure of ultraviolet (UV) light for (a) 0 second, (b) 10 seconds, (c) 30 seconds, (d) 1 minute, (e) 3 minutes, (f) 5 minutes.

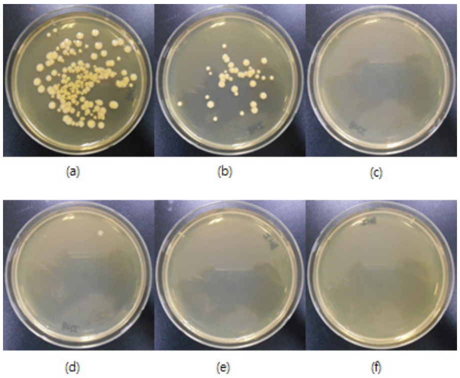


Fig. 6. Culture test of *Staphylococcus aureus* after exposure of ultraviolet (UV) light for (a) 0 second, (b) 10 seconds, (c) 30 seconds, (d) 1 minute, (e) 3 minutes, (f) 5 minutes.

Table 2. Reduction ratio of bacteria after culture test

Name of bacteria	Time of exposure	Concentration of bacteria (CFU/mL) Pre-value	Post-value	Reduction ratio
Escherichia coli	Blank	1.5×10^4	1.5×10^4	-
	10 sec	1.5×10^4	5.0×10^3	66.7 %
	1. 0 sec	1.5×10^4	1.5×10^2	99.0 %
	60 sec	1.5×10^4	< 10	99.9 %
	180 sec	1.5×10^4	< 10	99.9 %
	300 sec	1.5×10^4	< 10	99.9 %
Staphylococcus aureus	Blank	1.3×10^4	1.3×10^4	-
	10 sec	1.5×10^4	4.1×10^3	72.3 %
	30 sec	1.5×10^4	1.5×10^2	99.0 %
	60 sec	1.5×10^4	< 10	99.9 %
	180 sec	1.5×10^4	< 10	99.9 %
	300 sec	1.5×10^4	< 10	99.9 %

3.2 탈취의 효율

Table 3은 한국공기청정협회 실내공기청정기 시험규격인 SPS-KACA002-132:2006 에 따라서 측정을 한 결과를 각 가스에 대한 탈취효율을 나타내는 것이다. 폼알데하이드의 탈취효율이 75%로 가장 높았고 신발 내의 악취에서의 주요인인 암모니아의 탈취효율이 50%이고, 아세틸알데히드와 에틸렌에 대한 탈취효율이 20%로 상대적으로는 낮게 측정이 되었으며, 6종 시험가스의 평균 탈취효율은 42.5%로 측정이 되었다. 한국공기청정협회 실내공기청정기 시험규격인 SPS-KACA002-132:2006 에 따라서 탈취 효율 측정을 한 결과에서 폼알데하이드의 탈취효율이 75%로 가장 높았다. 또 신발 내의 악취에서의 주요인인 암모니아의 탈취효율이 50%이고, 아세틸알데히드와 에틸렌에 대한 탈취효율이 20%로 상대적으로는 낮게 측정이 되었다. 그리고 6종 시험가스의 평균 탈취효율에서는 42.5%로 측정이 되었다. 우수한 평균 탈취효율을 보인 것은 자외선의 화학적인 작용 및 20 nm 이하에서나 발생하는 오존의 산화반응이 이용되도록 하여서 탈취가 이루어지도록 하였기 때문으로 사료된다.

Chun 등(1993)[16]은 주위에 서의 온도가 낮아지면 낮아질수록 오존이 발생하는 양은 감소를 하게 되지만 낮은 온도에서도 상온에서의 70% 까지 오존이 발생을 한다고 하였으며, 자외선램프에서 발생한 오존에 의해서 밀폐된 공간에서 존재하게 되는 냄새를 방출하는 물질들이 오존과의 산화반응에 의해서 분해가 되고 탈취가 일어날 수가 있다고 기대할 수 있다고 하였다[16]. 자외선 청정기의 오존 발생량이 0.06 ppm으로 오존탈취기 내에서의 오존 발생량인 0.15-0.2 ppm 보다도 훨씬 적게 발생을 하지만 탈취효율이 높은 것이 오존과 반응을 할 것으로 판단되는 파장영역이 오존탈취기의 그것에서 보다도 3배가 되며 또 자외선의 작용으로 인하여 냄새를 발생시키는물질이 분해가 되었기 때문이다[16]. Kobayashi[17]는 17명의 발로부터 균을 수집하고 조사하여 포도상구균 (*S. epidermidis*) 을 발견하였고, 이 균을 배양하게 되면 사람의 발로부터 발생하는 악취와 비슷한 냄새가 나게 된다고 하였다. 비록 실내공기청정기 시험규격에 따라 시험을 하여 측정된 객관적인 결과라고는 하더라도 사람의 발에서 이 균을 채취해서 배양한 후에 본 신발 살균기에서 살균 후에 냄새가 나지 않는지에 대한 추가 연구도 필요할 것으로 사료된다.

Table 3. Deodorization efficiency for various test gases

Gases of test	Deodorization efficiency (%)
Formaldehyde (HCHO)	75
Acetaldehyde (CH_3CHO)	20
Toluene ($C_6H_5CH_3$)	60
Amonia (NH_3)	50
Ethylene (C_2H_4)	20
Methyl mercaptan (CH_3SH)	30
Mean	42.5

3.3 신발장의 온도변화

Fig. 7은 단목과 장목 신발을 신발걸이구에 거치를 하여 작동시간에 따른 신발장 내부와 단·장목 신발 내부온도 변화 측정을 하였다. 약 2시간 이후에는 신발장 내부는 약 32℃, 단목 신발 내부는 약 62℃, 장목 신발 내부는 약 48℃ 정도로 모두 일정하게 유지되었다. Fig. 8은 신발걸이구 램프를 5분 후에 점등을 하고, 25분 후에 소등을 하는 것으로 반복 사이클에 따른 신발장 내부와 단·장목 신발 내부온도 변화를 나타낸 것이다. 신발걸이구 램프가 반복적으로 5분 점등을 한 후에도 단·장목 신발 내 40℃ 이하로 유지가 되었으며, 25분 소등 후에는 25℃ 이하로 유지되었고 신발장의 내부는 25℃ 이상을 보여주고 있다. 단목과 장목 신발을 신발걸이구에 거치를 하여 작동시간에 따른 신발장내부와 단·장목 신발 내부온도 변화를 측정한 결과는 약 2시간 이후에 는 신발장내부는 약 32℃, 단목 신발 내부는 약 62℃, 장목 신발 내부는 약 48℃ 정도로 모두 일정하게 유지되었다. 신발걸이구 램프를 5분 후에 점등을 하고, 25분 후에 소등을 하는 것으로 반복 사이클에 따른 신발장 내부와 단·장목 신발 내부온도 변화를 나타낸 결과에서는 신발걸이구 램프가 반복적으로 5분 점등을 한 후에도 단·장목 신발 내부의 온도 변화는 40℃ 이하로 유지가 되었으며, 25분 소등 후에는 25℃ 이하로 유지되었고 신발장의 내부는 25℃ 이상을 보여 주었다. 단목과 장목 신발을 신발걸이구에 거치를 하여 작동시간에 따른 신발장 내부와 단·장목 신발 내부온도 변화 측정을 하였다. 약 2시간 이후에는 신발장 내부는 약 32℃, 단목 신발 내부는 약 62℃, 장목 신발 내부는 약 48℃ 정도로 모두 일정하게 유지되었다. UV램프로 5분의 점등과 25분의 소등을 반복하여 작동을 할 경우에 신발 내부와 신발장 내부 온도는 약 40℃ 와 25℃ 이하로 유지되어 신발에서는 문제를 야기하지 않으면서도 건조의 효과를 부가적으로 얻을 수 있었다. 신발살균기의 성능은 살균기의 내부 온도가 일정

하게 제어되는 정도에 의해서 결정을 한다. 미국의 IFTPS(institute for thermal processing specialists)가 살균기 내부에서의 온도편차는 1.7℃ 이하로 권장을 하였다[18]. 그러나 유통되고 있는 살균기에서는 2℃를 넘기는 온도편차를 대부분이 보이고 있어서 안정성까지를 위협하고 있다는 문제를 가지고 있다. 따라서 살균기 내부에서의 온도편차가 일정하게 제어가 되도록 하는 추가적인 연구는 필요하다. 세균으로 오염이 되어 있는 신발에서는 신발의 나쁜 냄새를 유발하기도 하지만 발에 균들을 전파되게 하는 감염의 원인으로 작용할 수 있어서 신발 살균은 악취성분의 제거와 발의 건강에 매우 중요할 것이다. 본 연구에서 설계한 신발을 살균하면서 탈취기능을 갖도록 설계한 신발장은 신발의 내부에 기생을 하는 균의 수에 있어서 상당한 감소를 보이고, 탈취의 효과에 있어서도 뚜렷하게 변화를 보여 줘서 실용성은 매우 크다고 하겠다.

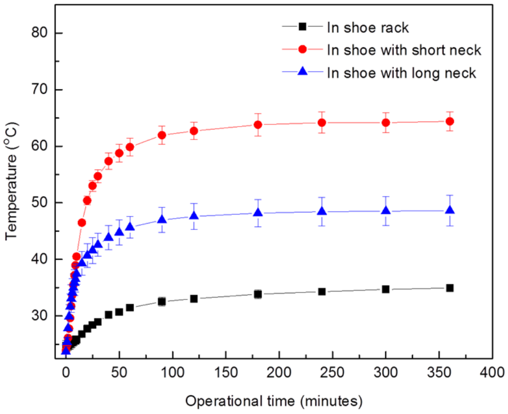


Fig. 7. Temperature change in the shoes with short or long neck according to continuous operational time

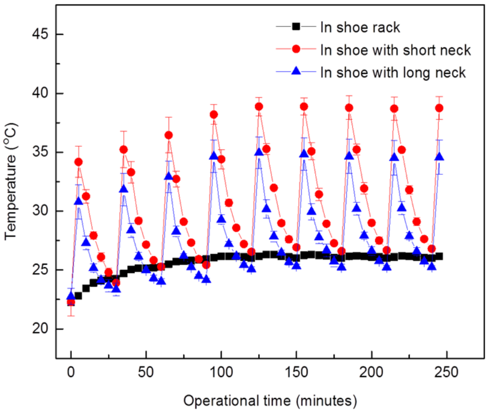


Fig. 8. Temperature change in the shoes with short or long neck under the conditions which UV lamp turned on for 5 minutes and off for 25 minutes repeatedly.

4. 결론

본 연구에서는 세균에 오염되고 악취를 내포하고 있는 신발을 효과적으로 살균과 탈취가 이루어질 수 있도록 신발장을 설계하였고, 제품의 성능과 작동조건을 살펴보았다. 대장균과 황색포도상구균 균주에 대한 UV 조사시간에 대한 항균성을 시험한 결과는 매우 짧은 시간에 살균효과가 있음을 알 수 있었고, 실제 살균신발장의 작동시간 60분을 고려할 때에도 신발 살균에 대하여 제약조건이 아님을 알 수 있었다. 시험가스에 대한 평균 탈취효율은 42.5%을 보여 탈취에 있어서도 효과가 있음을 확인하였다. 신발장 작동시간에 따른 온도 변화를 측정한 결과는 신발걸이구 UV램프의 5분의 점등과 25분의 소등을 반복하여 작동하여 신발 내부와 신발장 내부 온도는 약 40℃ 와 25℃ 이하로 유지되어 신발에 문제를 야기하지 않을 것이며, 건조효과 또한 부가적으로 얻을 수 있었다. 본 연구에서 설계한 신발을 살균하면서 탈취기능을 갖도록 설계한 신발장은 신발의 내부에 기생을 하는 균의 수에 있어서 상당한 감소를 보이고, 탈취의 효과에 있어서도 뚜렷하게 변화를 보여 줘서 실용성은 매우 크다고 하겠으며, 경제적인 면에서도 활용이 가능할 것으로 판단된다.

References

[1] P. K. Ng, K. S. Jee, N. M. S. Ng, L. W. Thong, C. Y. Ng, J. A. Yeow and K. L. Toh, "Design and development of an automated shoe rack", *Paper Presented at International Conference on Technology and Environmental Science*, 2015. Available from: https://www.researchgate.net/publication/283837407_Design_and_Development_of_an_Automated_Shoe_Rack (accessed May 1, 2016).

[2] S. J. Park, J. S. Shin and J. Kawasaki, “Ammonia removal of activated carbons modified by ozone treatment”, *Journal of the Korean Industrial and Engineering Chemistry*, 14(8), pp.1133-1137, 2003.

[3] S. H. Park, D. H. Shin, J. S. Choi, K. H. Kim, "Effective sterilization method of the bacteria-inducing offensive odor of shoes", *Korean J Dermatol*, 44(5), pp.554-560, 2006.

[4] B. Y. Kim, *A study on indoor air cleaning in crowd facilities using arc reaction : focused on bacteria sterilization from the air*, Doctoral Dissertation at Myongji University, 2011.

[5] Y. S. Kwak, J. K. Chang, "Effect of various sterilization methods on growth of microorganism contaminated in ginseng powder", *J Fd Hyg Safety*, 16(3), pp.221-226, 2001.

[6] Y. S. Kwak, K. B. No, J. K. Chang, and K. J. Choi, "Effect of ozone treatment on growth of microorganisms contaminated ginseng powders", *J Fd Hyg Safety*, 10(1), pp.45-51, 1995.

[7] Y. H. Yoon, S. H. Nam, J. C. Joo, H. S. Ahn, "Photocatalytic disinfection of indoor suspended microorganisms (*Escherichia coli* and *Bacillus subtilis spore*) with ultraviolet light", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 15(2), pp. 1204-1210, 2014.
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.2.1204

[8] Z. D. Meng, K. Z., W. C. Oh, "Photocatalytic activity of Fe treated AC/TiO2 composites between visible light and UV light irradiation", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 11(5), pp.1760-1767, 2010.
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.5.1760

[9] S. B. Park, S. C. Kwon, "Microbiological hazard analysis for HACCP system application to red pepper powder", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 16(4), pp. 2602-2608, 2015.
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.4.2602

[10] S. B. Park, S. C. Kwon, "Microbiological hazard analysis for HACCP system application to fermented milk", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 16(1), pp.438-444, 2015.
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.1.438

[11] B. J. Park, J. H. Ryu, J. B. Park, "The Development of cleaning and monitoring system for pipeline type UV sterilizer", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 14(12), pp. 6434-6440, 2013.
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.12.6434

[12] J. Oses, J. F. Palacio, S. Kulkarni, A. Medrano, J. A. R. Garcia, R. Rodriguez, "Antibacterial PVD coatings doped with silver by ion implantation", *Applied Surface Science,* 310, pp.56-61, 2014.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.04.043

[13] S. S. Yun, "CA certificate system for Room Air Cleaner", *Air Cleaning Technology*, 23(4), pp.37-46, 2010.

[14] J. C. Cheong, C. S. Jhune, C. J. Lee, J. A. Oh and P. G. Shin, "Methods of temperature measurement of medium in bottle during sterilization", *Journal of Mushroom Science and Production*, 9(2), pp.74-79, 2011.

[15] H. Cho, J. Y. Sohn, “Assessment of indoor volatile organic compounds & formaldehyde emission characteristics in new apartments with the effectuation of the indoor air quality law”, *Journal of the Korean Society of Living Environmental System*, 17(2), pp.206-213, 2010.

[16] J. K. Chun, Y. J. Lee, K. M. Kim, H. W. Lee, E. Y. Jang, "Sterilizing and deodorizing effect of UV-ray air cleaner for refrigerator", *Korean J Food Sci Technol*, 25(2), pp.174-177, 1993.

[17] S. Kobayashi, "Relationship between an offensive smell given off from human foot and *Staphylococcus Nippon Saikingaku Zasshi*, 45, pp.797-800, 1990.

[18] IFTPS, *Heat transfer distribution as an extension of temperature distribution studies*, 2016.

이 삼 철(Sam-Cheol Lee) [정회원]

- 1990년 2월 : 전북대학교 대학원 화학공학과 (공학석사)
- 2005년 8월 : 경상대학교 대학원 의학과 (의학석사)
- 2000년 2월 : 전북대학교 대학원 화학공학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 2015년 12월 : 한려대학교 석유화학공학과, 신소재공학과, 물리치료학과, 생체의공학과 교수
- 2015년 12월 ~ 현재 : 한려대학교 교양과 교수

<관심분야>
생체재료, 인공장기, 의공학기술, 생물공학

장 용 석(Yong-Seok Jang) [정회원]

- 2004년 2월 : 전북대학교 대학원 금속공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 전북대학교 대학원 금속공학과 (공학박사)
- 2011년 6월 ~ 2015년 2월 : 미국 노스캐롤라이나 A&T주립대학교 박사후연구원
- 2015년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 치과대학 치과생체재료학교실 연구조교수

<관심분야>
금속표면처리, 금속공학, 생체재료