



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

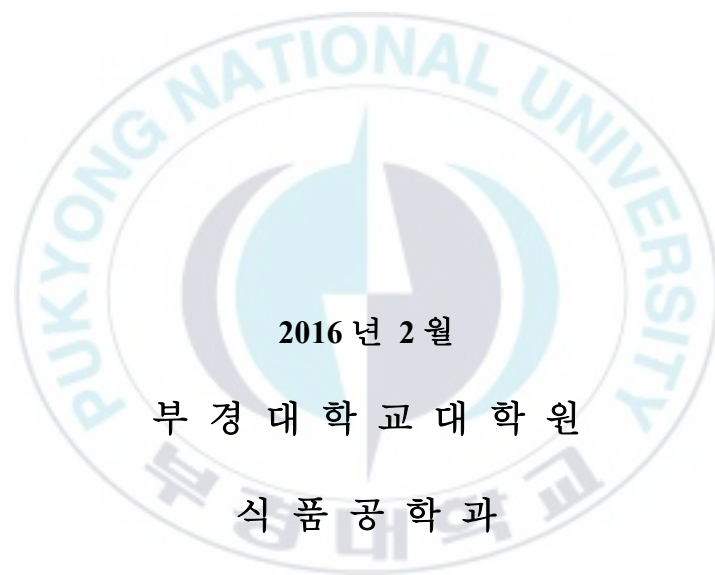
저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

공기정화제품에서 미생물 오염도 분석 및 교차오염 방지를 위한 필터의 미생물 억제



2016 년 2 월

부 경 대 학 교 대 학 원

식 품 공 학 과

염 승 목

공학석사 학위논문

공기정화제품에서 미생물 오염도
분석 및 교차오염 방지를 위한
필터의 미생물 억제

지도교수 김 영 목

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2016 년 2 월

부 경 대 학 교 대 학 원

식 품 공 학 과

염 승 목

염승목의 공학석사 학위논문을 인준함

2016 년 2 월 26 일

위 원 장 농학박사 양 지 영



위 원 이학박사 이 양 봉



위 원 약학박사 김 영 목



목 차

목 차.....	i
ABSTRACT	iii
I. 서 론.....	1
II. 재료 및 방법.....	4
1. 실험재료	4
1.1 공기 정화 제품 선정	4
1.2 시험물질 선정 및 추출	5
1.3 시험에 사용 된 균주 및 배지	5
2. 실험방법	6
2.1 미생물 시료 채취.....	6
2.2 미생물 동정	6
2.3 원판확산법 평가 (Disc diffusion assay).....	8
2.4 최소억제농도 평가 (MIC).....	8
2.5 필터의 항균력 측정	8
2.6 통계분석	10

III 결과 및 고찰.....	11
3.1 공기정화제품의 부위별 미생물 오염도.....	11
3.2 공기정화제품의 부위별 우점 세균의 동정	31
3.3 인삼 잎 추출물의 항균활성.....	39
3.4 인삼 잎 추출물의 MIC 시험결과	41
3.5 인삼 잎 추출물을 함유하고 있는 필터의 항균활성	42
IV. 요약.....	47
V. 참고문헌	50



**Analysis of microbial pathogens in air solution
products and prevent cross-contamination using antibacterial filter**

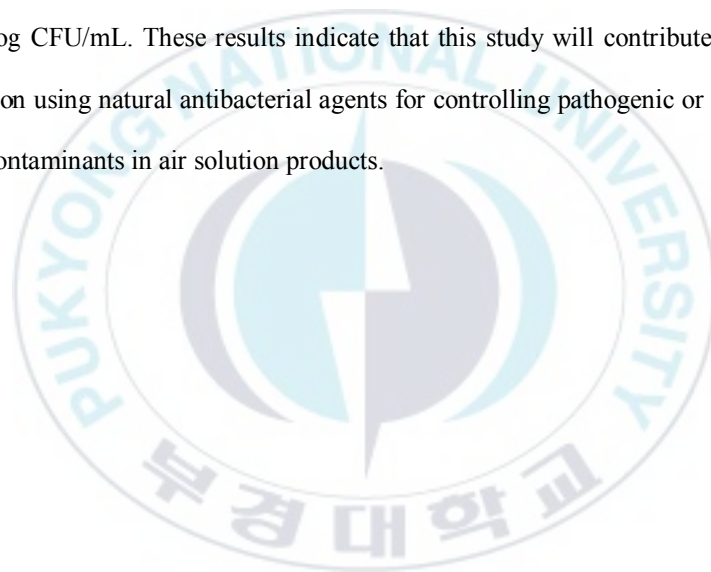
Seung Mok Yeom

Department of Food Science and Technology, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

Many atmospheric pollutants including chemical agents, house dust, and microorganisms were found in indoor environment. These pollutants can cause building-related illnesses through respiration in humans. As a result, indoor air purification was now recognized as an important issue. Improved sterilization and disinfection technologies were constantly being investigated by the medical, food-processing, and air-conditioning industries. This study was conducted to analysis microbial pathogen in air solution products and to develop an effective control method of microbial contaminants for preventing cross-contamination in air solution products. In the beginning of this study, microbial contaminants present in air and air solution products used in home, office and industry were analyzed. Dominant eleven species of microorganisms were isolated and identified in environmental air and air solution products used in this study. Among of them, six species are fungi, one species is yeast and others are bacteria. Among of bacterial species, three genera of bacteria (*Staphylococcus* sp., *Micrococcus* sp. and *Bacillus* sp.) are the most dominant species. It

has been known that these bacterial species are closely related with food spoilage and human infectious disease. In order to discover an effective natural agent to control the pathogenic bacteria in air solution products, this thesis evaluated the antibacterial activity of the leaf extract from *Panax ginseng* C.A. Meyer, which was known to possess strong antibacterial activity. A filter containing the leaf extract (10 mg/filter) exhibited strong antibacterial activity against isolated strains from the air solution products. The isolated strains were identified to be *Staphylococcus epidermidis*, *Micrococcus luteus*, and *Bacillus epidermidis*. After the treatment for 60 min in a filter containing *Panax ginseng* leaf extract, the cell populations of *S. epidermidis*, *B. amyloliquefaciens* and *M. luteus* were reduced about 4-5 log CFU/mL. These results indicate that this study will contribute to develop a green solution using natural antibacterial agents for controlling pathogenic or food spoilage microbial contaminants in air solution products.



I. 서 론

대부분의 현대인들이 하루 중 80% 이상의 시간을 실내에서 생활함에 따라 최근 실내 공기 질에 대한 관심이 높아지고 있다. 환기가 부족한 실내 공기 중의 먼지나 수증기에는 다양한 세균이 번식할 수 있고, 이러한 세균은 각종 질환을 일으킬 수 있는 원인으로 알려져 있다. 실내 공기오염은 일차적으로 대기의 오염을 받지만, 이차적으로 실내오염원으로 인한 오염상태가 더 심각해진다고 알려져 있다(Pronczu, 2008).

우리나라는 1990년대 초반까지 실내공기 오염에 대한 연구가 미비한 실정이었다가 1996년이 되어서야 ‘지하 생활 공간 공기질 관리법’이 제정되어 실내 공기질의 기준이 마련되었다(Ministry of Environment, 2015). 이를 계기로 하여 활발한 연구가 진행되었다. 세계보건기구 (World Health Organization, WHO)의 연구결과에 의하면 실내오염물질은 실외오염물질보다 인체의 폐에 전달될 확률이 약 1,000배 정도 높은 것으로 밝혔다(Pronczu, 2008). 이로 인한 새집 증후군 (Sick House Syndrome, SHS), 건물 증후군 (Sick Building Syndrome, SBS)등의 새로운 질병이 대두되고 있다(Abdul-Wahab and Sabah, 2011). 실내 공기질 관리의 중요성이 대두되면서 쾌적한 실내 환경에 도움을 주는 가전제품의 사용이 증가하고 있는데, 그 중에서도 특히 공기청정 기능과 습도 조절 기능을 동시에 갖춘 제습기와 공기청정기가 각광받고 있다. 하지만 오랜 기간 동안 공기정화제품을 사용하게 될 시에는 각 부위마다 오염도가 높아지며 특히 필터가 오염되면 본연의 기능을 상실하게

된다.

이러한 공기를 정화하기 위한 필터의 오염을 막기 위하여 최근 많은 연구가 이루어지고 있다(Möritz et al., 2001). 본 연구에서는 천연추출물을 이용한 미생물 오염 방지에 대한 필터 개발을 하고자 한다.

인삼 (人蔘)은 오가피나무과 (*Araliaceae*) 인삼 속 (*Panax*)에 속하는 다년생 초본류로서, 1843년 러시아의 Carl Anton Von Meyer 가 ‘만병을 치료한다.’는 뜻으로 인삼을 *Panax ginseng* C.A. Meyer (*P. ginseng*)로 명명 하였으며, 이는 품질이 가장 좋은 것으로 인지된 한국산 인삼 즉 고려인삼을 지칭하는 동시에 인삼의 대명사로 사용되고 있다. 인삼의 형태는 지상부인 꽃, 잎, 줄기와 지하부인 뇌두, 주근(굵은 동체부위), 지근(동체의 아래쪽으로 뻗어 나온 굵은 다리), 세근(지근에서 발생 된 가는 뿌리)으로 이루어져 있으며, 동양권에서는 오래 전부터 지하부인 뿌리 부분을 약재로서 광범위하게 사용하였다(Jo et al., 1998).

인삼의 주요 약리 작용으로는 중추신경계의 흥분 진정작용(Benishin, 1992), 항암 작용(Kikuchi et al., 1991), 혈압조절 작용(Kang and Kim, 1992), 항당뇨 작용(Huo and Chen, 1998) 등이 있는 것으로 보고되어 있다. 하지만 현재까지 수행된 대부분의 연구가 약용으로 사용되는 뿌리부의 주근과 지근만을 대상으로 이루어져 잔뿌리인 세근이나 뿌리 형성 시 상호 동화 작용을 하는 잎은 대부분 폐기되는 것이 현실이다. 하지만 잎은 뿌리에 비해 약 45배, 줄기의 약 9배 많은 사포닌을 함유한 것으로 알려져 있으며, 이들 잎에 함유된 사포닌 성분 (ginsenoside Rg1, Rb1, Rb2, Re, Rc, Rd, Rf 등)은 뿌리와 유사한 것으로 확인 되었으며(Choi et al., 2009), 그 중 항균기능이 있는

ginsenoside Rg1과 Rd는 각각 약 8배 및 15배 이상 많은 것으로 보고되었다(Kim et al., 1987). 또한, 2006년에는 잎에서 추출한 사포닌을 이용할 수 있도록 뿌리 추출물과 같은 관세분류 품목으로 인정하였다(Chang, 2003). 또한, 최근에 인삼 잎 추출물의 항균활성에 대해 조사가 이루어져 있다(Möritz et al., 2001; Kim, 2011).

이에, 본 연구에서는 공기정화제품의 부위별 미생물 오염도를 파악하고 오염을 제어하기 위해서 인삼 잎 추출물과 인삼 잎 필터의 항균활성을 확인하여 공기정화제품에 천연추출물을 적용을 하기 위한 기초 연구 데이터로 제공하고자 한다.



II. 재료 및 방법

1. 실험재료

1.1 공기 정화 제품 선정

실내 환경에 따른 오염도를 파악하기 위하여 가정집, 사무실 등 다양한 실내 환경에서 1-2년간 사용한 4종류의 공기 정화 제품을 배급받았다. 제품 A는 1년간 어린이 집에서 사용한 공기청정기이고 제품 B는 1년간 일반 아파트 가정집에서 사용한 공기청정기다. 제품 C는 2년간 반 지하 가정에서 사용한 제습기이고 D는 1년간 일반 사무실에서 사용한 제습기다 (Fig. 1).



Fig. 1. Air solution products used in this study

1.2 시험물질 선정 및 추출

본 연구에 사용된 인삼 잎은 충남 금산 지역에서 재배된 4년생 고려인삼 (*Panax ginseng* C.A. Meyer) 으로 인삼 잎은 9월(초가을)에 채취 하였다. 구입 즉시 실험실로 옮겨 표면에 부착된 흙이나 이물질 등의 불순물을 2차 증류수로 2-3회 깨끗이 세척하여 음지에서 자연 건조하였다. 충분히 건조된 인삼 잎은 분쇄하여 분말 형태로 -20℃에 보관하며 본 연구에 사용하였다.

분말 (500 g)은 70℃에서 3 시간 동안 3회 70% 에탄올 (EtOH; 10.0 L × 3)로 추출하였다. 추출물은 진공상태인 45℃에서 진공회전농축기 (Eyela Co., Tokyo, Japan) 를 이용하여 증발시켰다.

1.3 시험에 사용 된 균주 및 배지

본 연구에서 공기정화제품으로부터 분리 동정된 분리균주와의 비교를 위해 각 분리균주는 대표적인 표준균주를 KCTC 미생물자원센터 (Korean Collection for Type Cultures, Daejeon, Korea)에서 분양 받아 사용하였다. 세균의 종균 배양을 위해서 tryptic soy broth (TSB; Difco, Detroit, MI)와 nutrient broth (NB; Difco)를 사용하였다. 추출물의 항균력 측정 방법인 disc diffusion assay와 minimum inhibitory concentration (MIC) assay를 위해 각각 mueller hinton agar (MHA; Difco)와 mueller hinton broth (MHB; Difco)를 사용하였다. 또한 필터의 항균력 측정에는 nutrient agar (NA; Difco)를 사용하였다. 진균류 측정에는 potato dextrose agar (PDA; Difco)를 사용하였다.

2. 실험방법

2.1 미생물 시료 채취

공기정화제품의 각 부위별 오염도를 파악하기 위해 외관상·구조상 오염도가 높을 것으로 예상되는 오염부위 3 cm × 3 cm의 면적을 pipette swab (3M™, USA)를 사용하여 채취하고 미생물 분석에 사용하였다 (Fig. 2).



Fig. 2. Sample collection using swab test from air solution products.

2.2 미생물 동정

공기정화제품으로부터 배양한 균주를 동정하기 위하여 순수 분리 배양하였다. 각각의 균주의 genomic DNA 는 Chelex bead (Bio-Rad Laboratories, USA) 를 이용하여 추출한 후 세균은 16s rRNA, 곰팡이는 18s rRNA primer 를 이용하여 PCR 로 증폭하였다. 16s RNA primer 는 27F/1492R primer (sense : 5' AGAGTTT-GATCCTGGCTCAG 3'; antisense : 5' GGTTACCTTGTTACGACTT 3')를 사용하고

18s RNA primer 는 ITS1/ITS4 primer (sense : 5' TCCGTAGGTGAACCTGCGG 3'; antisense : 5' TCCTCCGCTTATTGATATGC 3')를 사용하였다. PCR 조건은 다음과 같다. PCR 은 10pmol 의 각각 primer, 2mM MgCl₂, 200mM deoxynucleoside-triphosphate, 1 U 의 DNAzyme I DNA polymerase (FINNZY MESY, Finland)가 들어있는 DNA PCR premix (M&D, Korea)를 이용하여 genomic DNA 10μL 과 멸균증류수 40μL 를 넣은 혼합물을 만들어 실시했다. pre-denaturation 과정으로 94℃에서 5 분, denaturation 94℃ 20 초, annealing 58℃ 20 초, elongation 72℃ 30 초로 35cycle 반복하였으며 최종 elongation 72℃에서 10 분간 실시하였다. 각 PCR 과정에서 PCR size maker (M&D,Korea)를 사용하였다. 분리된 균의 16S DNA 염기서열은 National Center for Biotechnology Information(NCBI)의 database 자료와 비교하여 동정하였다. 계통수 제작에는 ClustalX (version 1.83)와 MEGA6 (Saitou and Nei, 1987; Tamura et al., 2011) 프로그램이 이용되었으며, Kimura-2-parameter distances 에 기초하여 neighbor-joining tree 를 만들었으며 1,000 번의 re-sampling 을 통해 bootstrap value 를 결정하였다.



Fig. 3. Identification of microorganisms isolated from air solution products

2.3 원판확산법 평가 (Disc diffusion assay)

Disc diffusion assay 는 National Committee for Clinical Laboratory Standards (CLSI, 2009) 방법에 따라 실시하였다. 시험 균주를 TSB 배지에서 37℃에 배양하여 약 10^4 CFU/mL의 균을 MHA plate에 0.1 mL 분주하여 도달한 후 각각의 추출물 1 mg 및 5 mg이 포함 된 paper disc (6 mm in diameter) 를 agar 표면에 위치하여 37℃에서 24시간 동안 배양한다. 배양시간이 지나면 억제환의 지름을 측정하여 항균 활성을 평가한다. 모든 평가는 3회의 시험을 진행하여 평균값을 제시한다.

2.4 최소억제농도 평가 (MIC)

MIC test는 항균물질의 최소억제농도를 평가하는 시험으로 이번 연구에서는 인삼 잎 추출물의 항균성을 확인하기 위하여 시험하였다. 시험 방법은 시험 균주를 TSB배지에서 24시간, 37℃에서 배양하여 미생물 배양액을 MHB배지에 10^5 CFU/mL로 희석하고 96well microplate에 각각 90 μ l씩 분주한다. 시료는 10 μ l씩 2배 희석하여 농도를 조절 한 후 한다. 그 후 20-24시간, 37℃에서 배양한 뒤 최소억제농도를 평가하였다(Reuben et al., 1989).

2.5 필터의 항균력 측정

인삼 잎 추출물을 사용하여 제작한 필터의 식물 항균도는 필터의 항균력 측정을 위해서는 American Society for Testing and Materials (ASTM)-E2149-13a method (ASTM, 2013) 에 따라 항균 활성을 측정하였다. ASTM-e2149 -13a method는 0.2 M

phosphate buffer (PB, pH 7.2) 50 mL에 1 cm × 1 cm 로 잘라진 필터 30조각을 넣은 후 10⁷ CFU/mL의 각 미생물 배양액 0.5 mL를 넣고, 37℃에서 150 rpm에서 60분 간 shaking 한 후, 생균수를 측정한다. 세균의 감소율은 다음 수식에 따라 계산하였다.

$$\text{Bacterial reduction rate (\%)} = (\text{Mc}-\text{Me})/\text{Mc} \times 100$$

Me; Microorganism number of experiment,

Mc; Microorganism number of control.

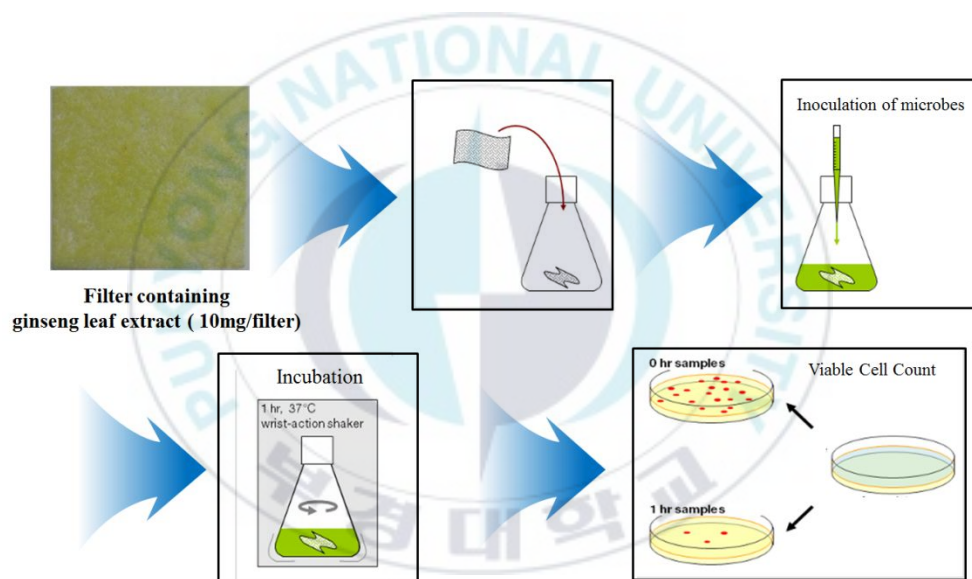


Fig. 4. Scheme of determining antibacterial activity of filter containing an antibacterial agent.

2.6 통계분석

실험은 3반복으로 수행되었으며 실험분석 얻어진 값은 SPSS 12.0 (SPSS Inc. Chicago, IL) 을 이용하여 통계분석 하였고 $P < 0.05$ 의 유의수준에서 평가하였다



III. 결과 및 고찰

3.1 공기정화제품의 부위별 미생물 오염도

제품 A의 예상 오염부위는 Fig. 5와 같이 선정하였다. Swab test 결과, 총 4종의 세균과 3종의 곰팡이가 검출되었다. 세균의 경우, 제품의 대부분의 부위에서 *Staphylococcus* sp. 에 의한 오염도가 가장 높은 것으로 나타났고, 그 중 disk board와 tray부위에서 10^4 CFU/cm² 이상의 높은 오염도를 확인하였다 (Table 1). 두 부위는 제품의 구조상 물과 직접적으로 접촉하는 부위이기 때문에 미생물에 대한 오염도가 가장 높은 것으로 판단된다. 곰팡이의 경우, 대부분의 부위에서 *Cladosporium* sp. 에 의한 오염도가 가장 높은 것으로 나타났고, 그 중 filter 에서 가장 높은 오염도를 확인하였다 (Table 2). 이는 filter 에서 곰팡이가 세균보다 크기가 커서 잘 필터링 되기 때문이라고 판단된다.



Fig. 5. Sample collection parts using swab test in product A.

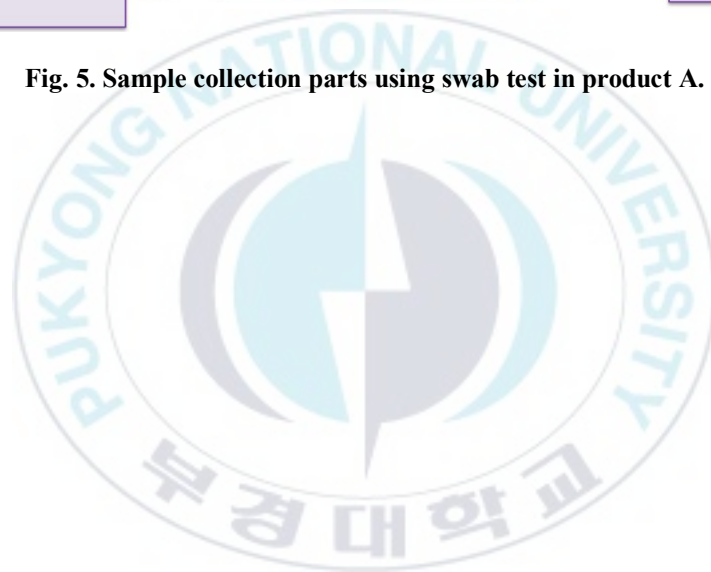


Table 1. Identification of bacterial contaminants in product A(Unit : CFU/cm²)

Parts	Strain identification	Determined cell / total cell
Discharge unit	<i>Staphylococcus</i> sp.	340 /680
	<i>Micrococcus</i> sp.	280 /680
	<i>Bacillus</i> sp.	30 /680
	<i>Sphingomonas</i> sp.	30 /680
Discharge unit back	<i>Staphylococcus</i> sp.	70 /100
	<i>Bacillus</i> sp.	20 /100
	<i>Micrococcus</i> sp.	10 /100
Pedestal	<i>Micrococcus</i> sp.	40 /70
	<i>Staphylococcus</i> sp.	30 /70
Filter	<i>Staphylococcus</i> sp.	4,320 /7,650
	<i>Micrococcus</i> sp.	2,820 /7,650
	<i>Bacillus</i> sp.	400 /7,650
	<i>Sphingomonas</i> sp.	110 /7,650
Disk	<i>Staphylococcus</i> sp.	530 /1,050
	<i>Micrococcus</i> sp.	520 /1,050
Suction unit	<i>Staphylococcus</i> sp.	30 /50
	<i>Micrococcus</i> sp.	20 /50
Water tank	<i>Staphylococcus</i> sp.	750 /750
Fan	<i>Staphylococcus</i> sp.	180 /300
	<i>Micrococcus</i> sp.	120 /300
Cover	<i>Micrococcus</i> sp.	70 /130
	<i>Staphylococcus</i> sp..	50 /130
	<i>Bacillus</i> sp.	10 /130

Table 1. Continued

(Unit : CFU/cm²)

Inside board	<i>Staphylococcus</i> sp.	530 /730
	<i>Micrococcus</i> sp.	160 /730
	<i>Bacillus</i> sp.	40 /730
Outside board	<i>Staphylococcus</i> sp.	170 /270
	<i>Micrococcus</i> sp.	80 /270
	<i>Bacillus</i> sp.	20 /270
Disk board	<i>Staphylococcus</i> sp.	15,710 /24,640
	<i>Micrococcus</i> sp.	8,920 /24,640
	<i>Bacillus</i> sp.	10 /24,640
Tray	<i>Staphylococcus</i> sp.	99,600 /130,600
	<i>Micrococcus</i> sp.	30,100 /130,600
	<i>Sphingomonas</i> sp.	600 /130,600
	<i>Bacillus</i> sp.	300 /130,600

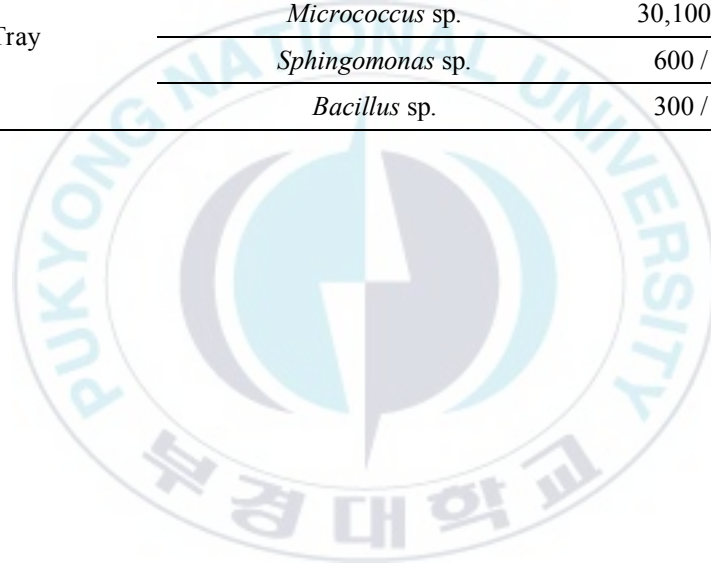
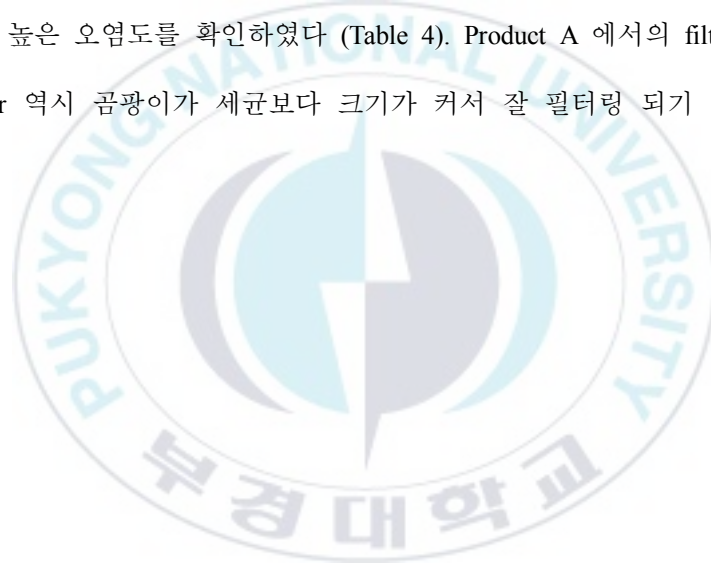


Table 2. Identification of fungal contaminants in product A(Unit : CFU/cm²)

Parts	Strain identification	Determined cell / total cell
Discharge unit	<i>Cladosporium</i> sp.	1,860 /2,460
	<i>Penicillium</i> sp.	400 /2,460
	<i>Epicoccum</i> sp.	200 /2,460
Discharge unit back	<i>Penicillium</i> sp.	40 /60
	<i>Epicoccum</i> sp.	20 /60
Pedestal	<i>Cladosporium</i> sp.	20 /30
	<i>Penicillium</i> sp.	10 /30
Filter	<i>Cladosporium</i> sp.	464,000 /486,000
	<i>Penicillium</i> sp.	22,000 /486,000
Disk	<i>Cladosporium</i> sp.	10 / 10
Suction unit	<i>Cladosporium</i> sp.	20 /30
	<i>Penicillium</i> sp.	10 /30
Water tank	<i>Cladosporium</i> sp.	140 /140
	<i>Penicillium</i> sp.	290 /420
Fan	<i>Cladosporium</i> sp.	120 /420
	<i>Epicoccum</i> sp.	10 /430
	<i>Penicillium</i> sp.	80 /120
Cover	<i>Cladosporium</i> sp.	20 /120
	<i>Epicoccum</i> sp.	20 /120
	<i>Penicillium</i> sp.	130 /240
Inside board	<i>Epicoccum</i> sp.	60 /240
	<i>Cladosporium</i> sp.	50 /240
Outside board	- ^{a)}	-
Disk board	<i>Cladosporium</i> sp.	800 /800
Tray	<i>Cladosporium</i> sp.	130 /140
	<i>Penicillium</i> sp.	10 /140

^{a)}, Not detected

Product B의 예상 오염부위는 Fig. 6와 같이 선정하였다. Swab test 결과, 총 4종의 세균과 3종의 곰팡이가 검출되지만 곰팡이 1종은 동정하였을 때 확인되지 않았다. 세균의 경우, 제품의 대부분의 부위에서 *Staphylococcus* sp. 에 의한 오염도가 가장 높은 것으로 나타났고, 그 중 pre-filter에서 10^4 CFU/cm² 이상, HEPA filter에서 10^3 CFU/cm² 이상의 높은 오염도를 확인하였다 (Table 3). 두 부위는 제품의 구조상 미생물이 직접 걸러지는 부위이기 때문에 미생물에 대한 오염도가 가장 높은 것으로 판단된다. 곰팡이의 경우, 대부분의 부위에서 *Penicillium* sp. 에 의한 오염도가 가장 높은 것으로 나타났고, 그 중 HEPA filter에서 가장 높은 오염도를 확인하였다 (Table 4). Product A에서의 filter와 같이 HEPA filter 역시 곰팡이가 세균보다 크기가 커서 잘 필터링 되기 때문이라고 판단된다.



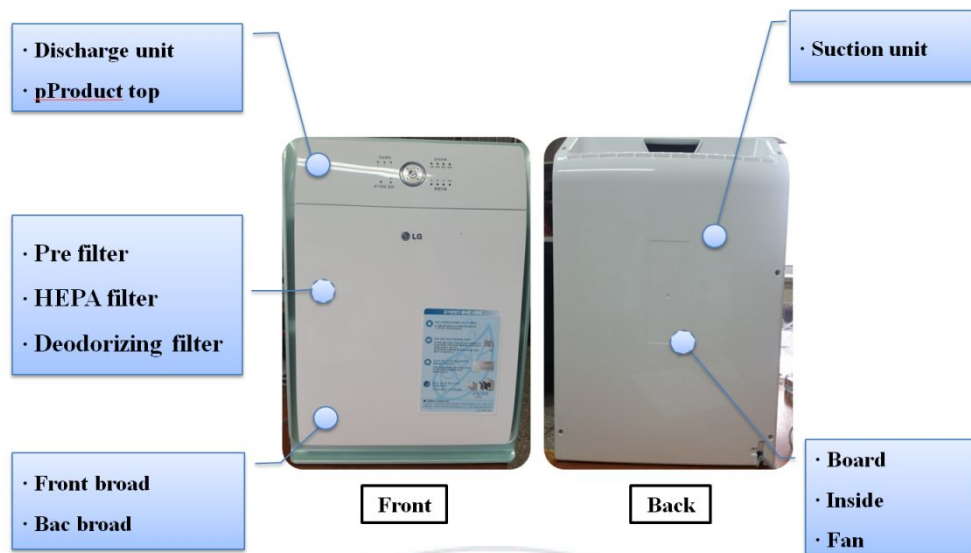


Fig. 6. Sample collection parts using swab test in product B.

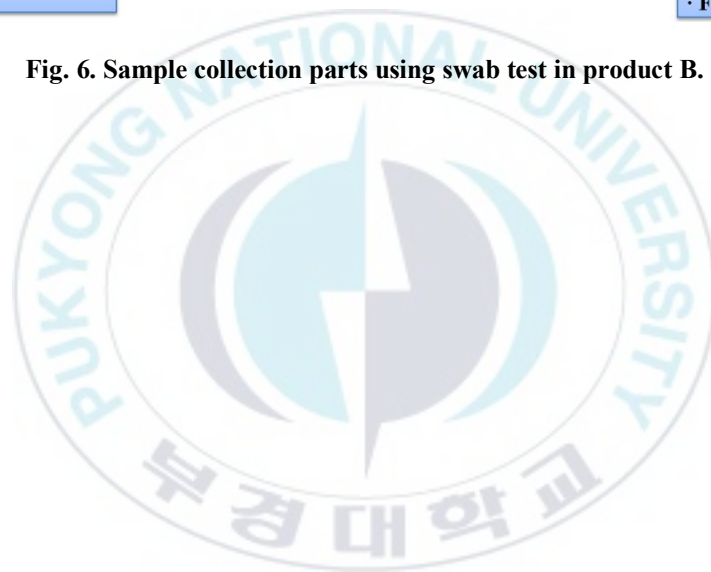


Table 3. Identification of bacterial contaminants in product B(Unit : CFU/cm²)

Parts	Strain identification	Determined cell / total cell
Discharge unit	<i>Staphylococcus</i> sp.	120 /210
	<i>Micrococcus</i> sp.	70 /210
	<i>Bacillus</i> sp.	10 /210
	<i>Sphingomonas</i> sp.	10 /210
Top broad	<i>Staphylococcus</i> sp.	230 /340
	<i>Micrococcus</i> sp.	100 /340
	<i>Bacillus</i> sp.	10 /340
Front broad	<i>Staphylococcus</i> sp.	340 /580
	<i>Micrococcus</i> sp.	150 /580
	<i>Sphingomonas</i> sp.	60 /580
	<i>Bacillus</i> sp.	30 /580
HEPA filter	<i>Staphylococcus</i> sp.	2,130 /2,130
Deodorizing filter	<i>Staphylococcus</i> sp.	100 /110
	<i>Micrococcus</i> sp.	10 /110
Pre filter	<i>Staphylococcus</i> sp.	18,000 /23,600
	<i>Micrococcus</i> sp.	5,500 /23,600
	<i>Sphingomonas</i> sp.	100 /23,600
Suction unit	<i>Micrococcus</i> sp.	30 /30
Fan	<i>Staphylococcus</i> sp.	140 /230
	<i>Micrococcus</i> sp.	90 /230
Middle broad	<i>Staphylococcus</i> sp.	560 /830
	<i>Micrococcus</i> sp.	180 /830
	<i>Bacillus</i> sp.	60 /830
	<i>Sphingomonas</i> sp.	30 /830
Rear broad	<i>Staphylococcus</i> sp.	110 /190
	<i>Micrococcus</i> sp.	80 /190
Inside broad	<i>Staphylococcus</i> sp.	130 /180
	<i>Micrococcus</i> sp.	50 /180

Table 4. Identification of fungal contaminants in product B(Unit : CFU/cm²)

Parts	Strain identification	Determined cell / total cell
Discharge unit	<i>Penicillium</i> sp.	20 /50
	<i>Daldinia</i> sp.	20 /50
	Unidentified	10 /50
Top broad	<i>Daldinia</i> sp.	10 /10
Front broad	Unidentified	60 /110
	<i>Penicillium</i> sp.	50 /110
HEPA filter	<i>Penicillium</i> sp.	1,130 /2,040
	Unidentified	910 /2,040
Deodorizing filter	<i>Penicillium</i> sp.	10 /10
Pre filter	<i>Penicillium</i> sp.	370 /650
	Unidentified	280 /650
Suction unit	<i>Penicillium</i> sp.	30 /30
Fan	<i>Penicillium</i> sp.	210 /420
	Unidentified	190 /420
	<i>Daldinia</i> sp.	20 /420
Middle broad	<i>Penicillium</i> sp.	170 /280
	Unidentified	110 /280
Rear broad	<i>Penicillium</i> sp.	160 /230
	Unidentified	70 /230
Inside broad	Unidentified	40 /90
	<i>Daldinia</i> sp.	30 /90
	<i>Penicillium</i> sp.	20 /90

Product C의 예상 오염부위는 Fig. 7 과 같이 선정하였다. Swab test 결과, 총 3종의 세균과 4종의 곰팡이가 검출되었다. 세균의 경우, 제품의 대부분의 부위에서 *Staphylococcus* sp. 에 의한 오염도가 가장 높은 것으로 나타났고, 그 중 water tank inside 와 board of top fan에서 10^4 CFU/cm² 이상의 높은 오염도를 확인하였다 (Table 5). Water tank inside는 제품의 구조상 물과 직접적으로 접촉하는 부위이고 board of top fan은 sampling 시 먼지가 많이 쌓여있는 것을 육안으로 확인하였는데 물이 직접 닿지 않거나, 미생물이 걸러질 수 있는 filter가 아니더라도 오염도가 높을 수 있다는 것을 알 수 있었다. 곰팡이의 경우, 대부분의 부위에서 *Cladosporium* sp. 에 의한 오염도가 가장 높은 것으로 나타났고, 그 중 inlet, discharge side, water tank inside, pre filter, virus filter에서 10^4 CFU/cm² 이상의 높은 오염도를 확인하였다 (Table 6). 이는 물과 직접 닿는 부위, filter부위를 제외한 유입구와 토출부에서도 높은 오염도가 났기 때문에 미생물이 직접 유입되는 부분에서도 미생물의 오염도가 높을 수 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 다른 제품에 비해 오염도가 훨씬 높은 수준이며 세균에 비해 곰팡이의 오염도가 높은 유일한 제품이었다. 이 것은 사용한 기간이 다른 제품보다 1년 더 길며, 또한 사용한 환경이 반 지하 가정으로 다른 환경보다 높은 습도가 유지되었기 때문이라도 판단된다.

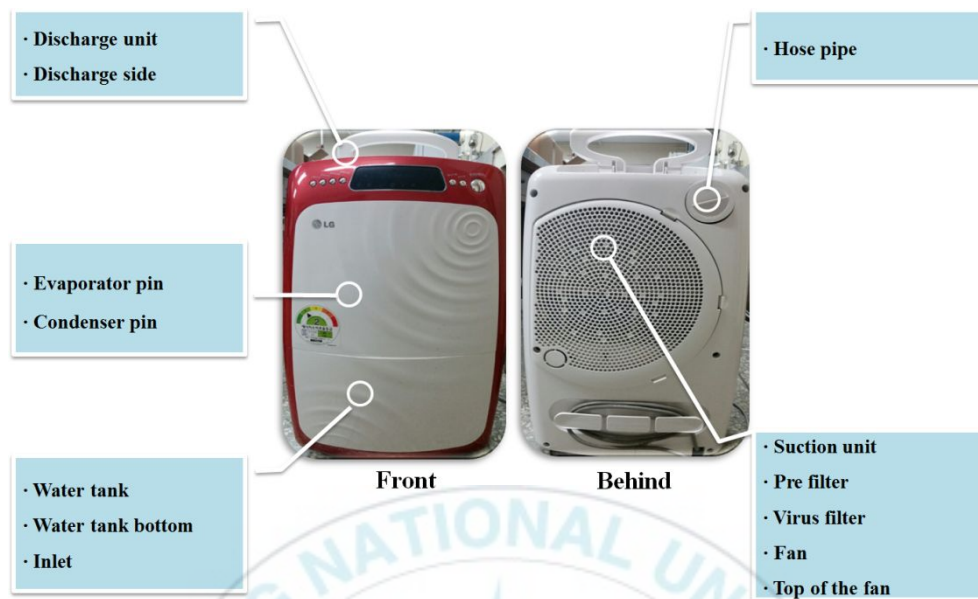


Fig. 7. Sample collection parts using swab test in product C.

Table 5. Identification of bacterial contaminants in product C(Unit : CFU/cm²)

Parts	Strain identification	Determined cell / total cell
Rear fan	<i>Micrococcus</i> sp.	70/110
	<i>Staphylococcus</i> sp.	40/110
Condenser	<i>Staphylococcus</i> sp.	1,630/2,630
	<i>Micrococcus</i> sp.	1,000/2,630
Pre filter	<i>Staphylococcus</i> sp.	430/510
	<i>Bacillus</i> sp.	80/510
Virus filter	<i>Staphylococcus</i> sp.	120/160
	<i>Bacillus</i> sp.	40/160
Water tank bottom	<i>Staphylococcus</i> sp.	150/260
	<i>Micrococcus</i> sp.	110/260
Inlet	<i>Staphylococcus</i> sp..	720/1,120
	<i>Micrococcus</i> sp.	400/1,120
Cooler	<i>Micrococcus</i> sp.	580/860
	<i>Staphylococcus</i> sp.	280/860
Condenser	<i>Staphylococcus</i> sp.	201/201
Water tank inside	<i>Staphylococcus</i> sp.	47,120/87,390
	<i>Micrococcus</i> sp.	31,870/87,390
	<i>Bacillus</i> sp.	8,400/87,390
Fan side	<i>Staphylococcus</i> sp.	10/10
Suction unit	<i>Staphylococcus</i> sp.	40/40
	<i>Micrococcus</i> sp.	197/441
Evaporator pin	<i>Staphylococcus</i> sp.	170/441
	<i>Bacillus</i> sp.	74/441
	<i>Micrococcus</i> sp.	80/180
Hose pipe	<i>Staphylococcus</i> sp.	60/180
	<i>Bacillus</i> sp.	40/180

Table 5. Continued(Unit : CFU/cm²)

Top of the fan	<i>Staphylococcus</i> sp.	30/50
	<i>Micrococcus</i> sp.	20/50
Discharge side	<i>Staphylococcus</i> sp.	230/400
	<i>Bacillus</i> sp.	170/400
Discharge unit	<i>Bacillus</i> sp.	830/1,190
	<i>Staphylococcus</i> sp.	290/1,190
	<i>Micrococcus</i> sp.	70/1,190
Board of top fan	<i>Staphylococcus</i> sp.	11,200/22,000
	<i>Micrococcus</i> sp.	6,100/22,000
	<i>Bacillus</i> sp.	4,700/22,000



Table 6. Identification of fungal contaminants in product C

(Unit : CFU/cm²)

Parts	Strain identification	Determined cell / total cell
Rear fan	<i>Cladosporium</i> sp.	2,130 /3,300
	<i>Epicoccum</i> sp.	660 /3,300
	<i>Penicillium</i> sp.	510 /3,300
Condenser	<i>Cladosporium</i> sp.	4,720 /7,810
	<i>Penicillium</i> sp.	3,000 /7,810
	<i>Epicoccum</i> sp.	90 /7,810
Pre filter	<i>Cladosporium</i> sp.	31,300 /31,900
	<i>Penicillium</i> sp.	600 /31,900
Virus filter	<i>Penicillium</i> sp.	61,060 /64,330
	<i>Cladosporium</i> sp.	3,270 /64,330
Water tank bottom	<i>Cladosporium</i> sp.	68,400 /69,000
	<i>Epicoccum</i> sp.	600 /69,000
Inlet	<i>Cladosporium</i> sp.	365,200 /376,700
	<i>Penicillium</i> sp.	1,500 /376,700
Cooler	<i>Penicillium</i> sp.	170 /280
	<i>Cladosporium</i> sp.	90 /280
	<i>Epicoccum</i> sp.	20 /280
Condenser	<i>Cladosporium</i> sp.	5,670 /6,210
	<i>Epicoccum</i> sp.	300 /6,210
	<i>Penicillium</i> sp.	240 /6,210
Water tank inside	<i>Cladosporium</i> sp.	86,750 /96,750
	<i>Penicillium</i> sp.	9,980 /96,750
	<i>Sporobolomyce</i> sp.	20 /96,750
Fan side	<i>Epicoccum</i> sp.	910 /1,280
	<i>Cladosporium</i> sp.	310 /1,280
	<i>Penicillium</i> sp.	60 /1,280

Table 6. Continud

(Unit : CFU/cm²)

Suction unit	<i>Epicoccum</i> sp.	490 /500
	<i>Cladosprorium</i> sp.	10 /500
Evaporator pin	<i>Cladosprorium</i> sp.	2,090 /4,870
	<i>Epicoccum</i> sp.	1,430 /4,870
	<i>Penicillium</i> sp.	1,340 /4,870
	<i>Sporobolomyce</i> sp.	10 /4,870
Hose pipe	<i>Cladosprorium</i> sp.	2,510 /5,120
	<i>Penicillium</i> sp.	1,350 /5,120
	<i>Epicoccum</i> sp.	1,260 /5,120
Top of the fan	<i>Cladosprorium</i> sp.	1,150 /1,200
	<i>Epicoccum</i> sp.	30 /1,200
	<i>Penicillium</i> sp.	20 /1,200
Discharge side	<i>Cladosprorium</i> sp.	80,020 /82,000
	<i>Penicillium</i> sp.	1,500 /82,000
	<i>Epicoccum</i> sp.	290 /82,000
	<i>Sporobolomyce</i> sp.	190 /82,000
Discharge unit	<i>Cladosprorium</i> sp.	1,330 /1,510
	<i>Epicoccum</i> sp.	130 /1,510
	<i>Penicillium</i> sp.	40 /1,510
	<i>Sporobolomyce</i> sp.	10 /1,510
Board of top fan	<i>Cladosprorium</i> sp..	1,150 /1,200
	<i>Epicoccum</i> sp.	30 /1,200
	<i>Penicillium</i> sp.	20 /1,200

Product D의 예상 오염부위는 Fig. 8와 같이 선정하였다. Swab test 결과, 총 4종의 세균과 4종의 곰팡이가 검출되었다. 세균의 경우, 제품의 대부분의 부위에서 *Micrococcus* sp. 에 의한 오염도가 가장 높은 것으로 나타났고, 대부분 부위 오염도가 10^2 CFU/cm² 수준으로 낮았고 HEPA filter에서 10^3 CFU/cm² 수준으로 확인하였다 (Table 7). 곰팡이의 경우, 대부분의 부위에서 *Cladosporium* sp. 에 의한 오염도가 가장 높은 것으로 나타났고, 오염도는 10^2 CFU/cm² 이하로 높지 않은 것을 확인하였다 (Table 8). 이러한 결과를 통하여 유사한 제품이더라도 사용하는 환경과 조건에 따라서 다른 오염 수준을 나타내는 것을 사료된다.

이상의 다양한 공기정화제품에서 분석한 오염미생물 결과를 종합해 보면, 세균류로는 *Staphylococcus* sp. *Micrococcus* sp. 그리고 *Bacillus* sp., 진균류로는 *Cladosporium* sp. 및 *Penicillium* sp.가 일반적으로 오염되어 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 공기 중에 존재하는 우점 미생물에 대한 다른 연구결과와도 일치하였다(Lee et al., 2005; Kim and Kim, 2009; Seo et al., 2013; Lee et al., 2015).



Fig. 8. Sample collection parts using swab test in product D.

Table 7. Identification of bacterial contaminants in product D(Unit : CFU/cm²)

Parts	Strain identification	Determined cell / total cell
Discharge unit	<i>Micrococcus</i> sp.	120 /180
	<i>Staphylococcus</i> sp.	40 /180
	<i>Sphingomonas</i> sp.	20 /180
Hose pipe	<i>Micrococcus</i> sp.	570 /760
	<i>Staphylococcus</i> sp.	180 /760
	<i>Bacillus</i> sp.	10 /760
Hose	<i>Micrococcus</i> sp.	1,070 /1,330
	<i>Staphylococcus</i> sp.	100 /1,330
	<i>Sphingomonas</i> sp.	120 /1,330
	<i>Bacillus</i> sp.	40 /1,330
Water tank	<i>Staphylococcus</i> sp.	390 /560
	<i>Micrococcus</i> sp.	170 /560
Inside unit	<i>Micrococcus</i> sp.	140 /250
	<i>Staphylococcus</i> sp.	110 /250
Suction unit	<i>Micrococcus</i> sp.	40 /50
	<i>Sphingomonas</i> sp.	10 /50
Inlet	<i>Staphylococcus</i> sp.	150 /190
	<i>Bacillus</i> sp.	40 /190
Back fan	<i>Staphylococcus</i> sp.	250 /350
	<i>Micrococcus</i> sp.	80 /350
	<i>Bacillus</i> sp.	20 /350
Fan	<i>Micrococcus</i> sp.	640 /930
	<i>Sphingomonas</i> sp.	150 /930
	<i>Staphylococcus</i> sp.	130 /930
	<i>Bacillus</i> sp.	10 /930

Table 7. Continued

		(Unit : CFU/cm ²)
Filter	<i>Micrococcus</i> sp.	1,160 /1,810
	<i>Staphylococcus</i> sp.	490 /1,810
	<i>Sphingomonas</i> sp.	160 /1,810
Front broad	<i>Staphylococcus</i> sp.	70 /80
	<i>Bacillus</i> sp.	10 /80
Back broad	<i>Sphingomonas</i> sp.	40 /40
Condenser pin	<i>Staphylococcus</i> sp.	40 /90
	<i>Micrococcus</i> sp.	40 /90
	<i>Sphingomonas</i> sp.	10 /90
Base	<i>Micrococcus</i> sp.	210 /300
	<i>Staphylococcus</i> sp.	90 /300



Table 8. Identification of fungal contaminants in product D(Unit : CFU/cm²)

Parts	Strain identification	Determined cell / total cell
Discharge unit	<i>Cladosporium</i> sp.	30 /30
Hose pipe	- ^{a)}	-
Hose	<i>Cladosporium</i> sp.	130 /140
	<i>Phlebia</i> sp.	10 /140
Water tank	<i>Cladosporium</i> sp.	310 /330
	<i>Penicillium</i> sp.	20 /330
Inside board	<i>Cladosporium</i> sp.	80 /80
Suction unit	<i>Cladosporium</i> sp.	10 /10
Inlet	<i>Cladosporium</i> sp.	10 /10
Back fan	<i>Cladosporium</i> sp.	90 /110
	<i>Phlebia</i> sp.	10 /110
	<i>Penicillium</i> sp.	10 /110
Fan	<i>Penicillium</i> sp.	550 /590
	<i>Cladosporium</i> sp.	40 /590
Filter	<i>Cladosporium</i> sp.	90 /110
	<i>Phlebia</i> sp.	10 /110
	<i>Xylariales</i> sp.	10 /110
Front board	<i>Cladosporium</i> sp.	10 /10
Back board	<i>Cladosporium</i> sp.	90 /110
	<i>Phlebia</i> sp.	10 /110
	<i>Penicillium</i> sp.	10 /110
Condenser pin	<i>Cladosporium</i> sp.	10 /10
Base	<i>Cladosporium</i> sp.	20 /30
	<i>Penicillium</i> sp.	10 /30

^{a)}, Not detected

3.2 공기정화제품의 부위별 우점 세균의 동정

미생물들이 실내의 공기를 순환시키고 정화하는 장치인 공기정화제품에 오염이 되었을 경우에는 1차적인 실내공기를 오염을 유발할 수 있을 뿐 아니라 미생물 성장에 도움을 줄 수 있는 식품에 교차오염이 일어나 식중독과 같은 질병을 일으킬 수 있을 것으로 판단된다. 공기정화제품에서 우점종으로 존재하는 미생물이 다량 존재하거나 존재할 가능성이 높은 부위를 파악하였고 보다 구체적인 연구를 진행하기 위해 본 연구의 공기정화제품에서 공통적으로 분리된 균들 중 대표적인 균인 *Staphylococcus* sp., *Micrococcus* sp., *Bacillus* sp.는 DNA 염기서열과 phylogenetic tree를 통하여 분석하였다. 각 세균의 DNA 염기서열은 Table 9에 나타내었다. 각 세균의 계통수 분석을 진행한 결과 *Staphylococcus* sp., *Micrococcus* sp., *Bacillus* sp.는 각각 *Staphylococcus epidermidis* (Fig. 9), *Micrococcus luteus* (Fig. 10), *Bacillus amyloliquefaciens* (Fig. 11)로 밝혀졌다.

Staphylococcus epidermidis 는 모든 사람의 피부에 상재하는 피부상재균이며 표피포도상구균으로도 불린다. 일반적으로 비병원성이라고 알려져 있지만 감염되는 특이적으로 백혈구 감소증, 면역억제등과 같은 병원성을 나타내는 경우가 있다고 알려져 있으며 독일에서는 매년 100,000 명까지 환자가 발생하는 것으로 발표되었다(Reuben et al., 1989; Mark et al., 2013).

*Micrococcus luteus*는 사람의 피부에 일반적으로 존재하고 있으며 물이나 토양에서도 흔히 발견되는 종이다. 일반적으로 비병원성이지만 때로 기회성 감염으

로 재발성 균혈증, 패혈성 쇼크, 패혈성 관절염, 심장 내막염, 수막염등의 감염을 일으킨다고 보고되어 있다(Darouiche, 2001; Upadhyay et al., 2010).

*B. amyloliquefaciens*는 토양에서 흔히 분리되는 균으로 효소산업에서 효소생산에 유용하게 사용되고 있는 세균이다. 사람에게 병원성을 일으키지는 않지만 식품의 원료나 빵과 같은 식품에 자랄 경우 부패를 일으킬 수 있다고 알려져 있다(Valerio et al., 2012).



Table 9. DNA sequences of bacteria isolated from air solution products

Strain	DNA sequence
<i>Staphylococcus</i> sp.	5'- TCACCATTGACGGCTAGCTCCAATGGTTACTCCACCGGCTTCG GGTGTTACAACTCTCGTGGTGTGACGGGCGGTGTGTACAAGACC CGGGAACGTATTCACCGTAGCATGCTGATCTACGATTACTAGCGA TTCCAGCTTCATATAGTCGAGTTGCAGACTACAATCCGAAGTGA AACAACTTTATGGGATTTGCTTGACCTCGCGGTTTCGCTGCCCTTT GTATTGTCCATTGTAGCACGTGTGTAGCCCAAATCATAAGGGGCA TGATGATTTGACGTCATCCCCACCTTCCTCCGGTTTGTACCGGCA GTCAACTTAGAGGTGCCAACTTAATGATGGCAACTAAGCTTAAG GGTTGCGCTCGTTGCGGGGACTTAACCCAACATCTCACGACACGA GCTGACGACAATCCATGCATCACCTGTCACTCTGTCCCCCGAAGG GGAAAACCTCTATCTCTAGAGGGGTGAGAGGATGTCAAGATTGGT AAGGTTCTTCGCGTTGCTTCGAATTAACCACATGCTCCACCGCTT GTGCGGGTCCCCGTCAATTCCTTTGAGTTTCAACCTTGCGGTGTA CTCCCCAGGCGGAGTGCTTAATGCGTTAGCTGCAGCACTAAGGGG CGGAAACCCCTAACACTTAGCACTCATCGTTTACGGCGTGGACTA CCAGGGTATCTAATCCTGTTTGATCCCCACGCTTTCGCACATCAGC GTCAGTTACAGACCAGAAAGTCGCCTTCGCCACTGGTGTTCTCTCA TATCTCTGCGCATTTACCGCTACACATGGAATTCCACTTTCCTCTT CTGCACTCAAGTTTTCCAGTTTCCAATGACCCTCCACGGTTGAGCC GTGGGCTTTCACATCAGACTTAAAAAACCGCCTACGCGCGCTTTAC GCCAATAATTCCCGGATAACGCTTGCCACCTACGTATTACCGCGG CTGCTGGCACGTAGTTAGCCGTGGCTTTCTGATTAGGTACCGTCAA GACGTGCATAGTTACTTACACATTTGTTCTTCCCTAATAACAGAGT TTTACGATCCGAAGACCTTCATCACTCACGCGGCGTTGCTCCGTCA GGCTTTCGCCCATTGCGGAAGATTCCCTACTGCTGCCCTCCCGTAGG AGTCTGGACCGTGTCTCAGTTCCAGTGTGGCCGATCACCTCTCAG GTCGGCTACGCATCGTTGCCTTGGTAAGCCGTTACCTTACCAACTA GCTAATGCGGCGCGGATCCATCTATAAGTGACAGCAAAAACCGTCT TTCATATTGAACCATGCGGTTCAATATATTATCCGGTATTAGCTC CGGTTTCCCGAAGTTATCCCAGTCTTATAGGTAGGTTATCCACGTG TACTCACCCGTCCGCCGCTAACGTCAGAGGAGCAAGCTCCTCGTC TGTTGCTCGACTTGCATTATAGCGACTTGCATGTATAGCACGTCG CC -3'

Bacillus sp.

5'- TCTGATCACCATTTCGGCGGCTGGCTCCATAAAGGTTACCTCA
CCGACTTCGGGTGTTACAAACTCTCGTGGTGTGACGGGCGGTG
TGTACAAGGCCCGGAACGTATTCACCGCGGCATGCTGATCCG
CGATTACTAGCGATTCCAGCTTCACGCAGTCGAGTTGCAGACT
GCGATCCGAAGTGAAGACAGATTTGTGGGATTGGCTTAACCTC
GCGGTTTCGCTGCCCTTTGTTCTGTCCATTGTAGCACGTGTGTA
GCCCAGGTCATAACGAGGCAATGATGATTGACGTCATCCCCAC
CTTCCTCCGGTTTGTACACCGGCAGTCACCTTAGAGTGCCCAACT
GAATGCTGGCAACTAAGATCAAGGGTTGCGCTCGTTGCGGGAC
TTAACCCAACATCTCACGACACGAGCTGACGACAACCATGCAC
CACCTGTCACTCTGCCCCGAAGGGGACGTCCCTATCTCTAGG
ATTGTAGAGGATGTCAAGACCTGGTAAGGGTTCTTCGCGTTGC
TTCGAATTAACACCATGCTCCACCGCTTGTGCGGGCCCCCGT
CAATTCCTTTGAGTTTCAGTCTTGCGACCGTACTCCCCAGGCGG
AGTGCTTAATGCGTTAGCTGCAGCACTAAGGGGCGGAAACCCC
CTAACACTTAGCACTCATCGTTTACGGCGTGGACTACCAGGGTA
TCTAATCCTGTTGCTCCCCACGCTTTCGCTCCTCAGCGTCAGTT
ACAGACCAGAGAGTCGCCTTCGCCACTGGTGTTCCTCCACATCT
CTACGCATTTACCGCTACACGTGGAATTCCACTCTCCTCTTCTG
CACTCAAGTTCCCCAGTTTCCAATGACCCTCCCCGGTTGAGCCG
GGGGCTTTCACATCAGACTTAAGAAACCGCCTGCGAGCCCTTTA
CGCCCAATAATTCCCGGACAACGCTTGCCACCTACGTATTACCG
CGGCTGCTGGCACGTAGTTAGCCCGTGGCTTCTGGTTAGGTAC
CGTCAAGGTGCCGCCCTATTTGAACGGCACTTGTCTTCCCTAA
CAACAGAGCTTTACGATCCGAAAACCTTCATCACTCACGCGGC
GTTGCTCCGTCAGACTTTCGTCCATTGCGGAAGATTCCCTACTG
CTGCCTCCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGTCTCAGTCCCAGTGTGG
CCGATCACCTCTCAGGTCGGCTACGCATCGTTGCCCTTGGTGAG
CCGTTACCTCACCAACTAGCTAATGCGCCGCGGGTCCATCTGTA
AGTGGTAGCCGAAGCCACCTTTTATGTCTGAACCATGCGGTTCA
AACAACCATCCGGTATTAGCCCCGGTTTCCCGGAGTTATCCAG
TCTTACAGGCAGGTTACCCACGTGTTACTACCCGTCCGCCGCT
AACATCAGGGAGCAAGCTCCCATCTGTCCGCTCGACTGCATTAT
AGCTGCCGCCATT -3'

Micrococcus
sp.

5'- CACAAGGTGTTAGGCCACCGGCTTCGGGTAGTAACCGAC
TTTCGTGACTTGACGGGCGGTGTGTACAAGGCCCGGAAC
GTATTCACCGCAGCGTTGCTGATCTGCGATTACTAGCGACT
CCGACTTCATGGGGTCGAGTTGCAGACCCCAATCCGAAC
GAGACCGGCTTTTTGGGATTAGCTCCACCTCACAGTATCGC
AACCCATTGTACCGGCCATTGTAGCATGCGTGAAGCCAA
GACATAAGGGGCATGATGATTTGACGTCGTCCTCACCTTCC
TCCGAGTTGACCCCGGCAGTCTCCCATGAGTCCCCACCACT
ACGTGGCTGGCAACATGGAACGAGGGTTGCGCTCGTTGCG
GGACTTAACCCAACATCTCACGACACGAGCTGACGACAAC
CATGCACCACCTGTGAACCCGCCCCAAAGGGGAAACCGTA
TCTCTACGGCGATCGAGAACATGTCAAGCCTTGGAAGGT
TCTTCGCGTTGCATCGAATTAATCCGCATGCTCCGCCGCTT
GTGCGGGCCCCCGTCAATTCCTTTGAGTTTTAGCCTTGCGG
CCGTACTCCCCAGGCGGGGCACTTAATGCGTTAGCTGCGG
CGCGGAAACCGTGGAATGGTCCCCACACCTAGTGCCCAAC
GTTTACGGCATGGACTACCAGGGTATCTAATCCTGTTTCGT
CCCCATGCTTTCGCTCCTCAGCGTCAGTTACAGCCCAGAGA
CCTGCCTTCGCCATCGGTGTTCCCTCCTGATATCTGCGCATT
CCACCGCTACACCAGGAATTCCAGTCTCCCCTACTGCACTC
TAGTCTGCCCCGTACCCACCGCAGATCCGGGGTTAAGCCCC
GGACTTTCACGACAGACGCGACAAACCGCCTACGACTCTT
TACGCCCAATAATTCCGGATAACGCTCGCACCCCTACGTATT
ACCGCGGCTGCTGGCACGTAGTTAGCCGGTGCTTCTTCTGC
AGGTACCGTCACTTTCGCTTCTTCCCTACTGAAAGAGGTTT
ACAACCCGAAGGCCGTCATCCCTCACGCGGCGTCGCTGCA
TCAGGCTTGCGCCCATTTGTGCAATATTCCCCACTGCTGCCT
CCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGTCTCAGTCCCAGTGTGGCC
GGTCACCCTCTCAGGCCGGCTACCCGTCGTCGCCTTGGTG
AGCCATTACCTCACCAACAAGCTGATAGGCCGCGAGTCCA
TCCAAAACCGATAAATCTTTCCAACACCCACCATGCGGTGG
ACGCTCCTATCCGGTATTAGACCCAGTTTCCCAGGCTTATC
CCAGAGTTAAGGGCAGGTTACTCACGTGTTACTACCCGTT
CGCCACTAATCCACCCAGCAAGCTGGGCTTCATCGT-CGACT -3'

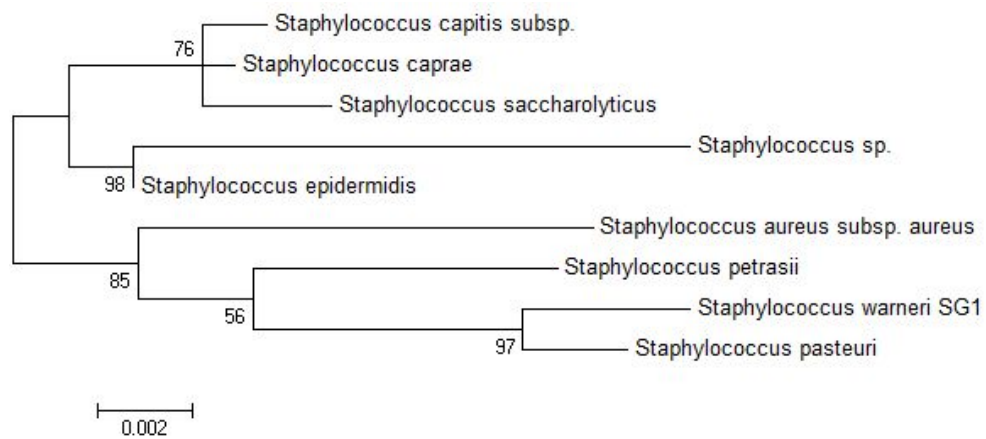


Fig. 9. Neighbor-joining phylogenetic tree of *Staphylococcus* sp. isolated from air solution products. Bootstrap values based on 1,000 re-samplings display the significance of the interior nodes, and are shown at branch points; only values displaying >50% are given. The scale bar represents a 2% estimated difference in nucleotide sequences.

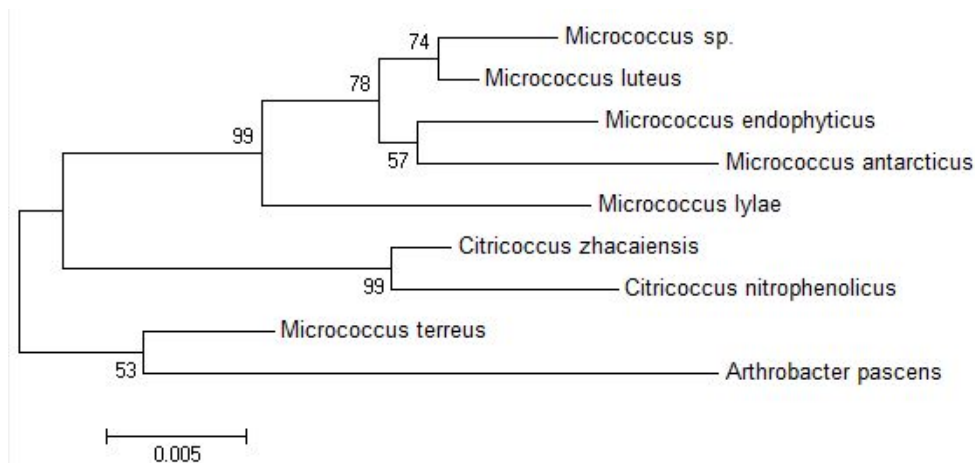


Fig. 10. Neighbor-joining phylogenetic tree of *Micrococcus* sp. isolated from air solution products. Bootstrap values based on 1,000 re-samplings display the significance of the interior nodes, and are shown at branch points; only values displaying >50% are given. The scale bar represents a 2% estimated difference in nucleotide sequences.

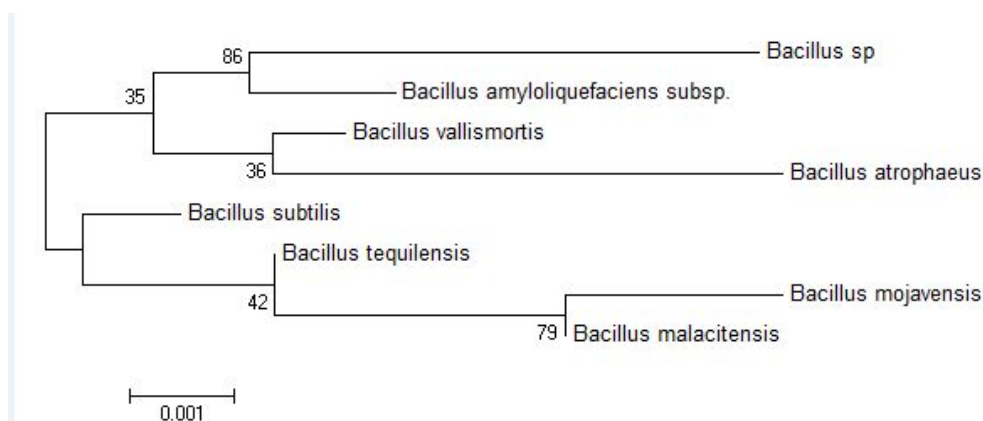


Fig. 11. Neighbor-joining phylogenetic tree of *Bacillus* sp. isolated from air solution products. Bootstrap values based on 1,000 re-samplings display the significance of the interior nodes, and are shown at branch points; only values displaying >50% are given. The scale bar represents a 2% estimated difference in nucleotide sequences.

3.3 인삼 잎 추출물의 항균활성

인삼 잎 추출물의 여러 미생물에 대한 항균활성에 대한 연구보고가 다수 있다(Kim et al., 1987; Möritz et al., 2001; Chang, 2003). 이에 본 연구에서도 공기정화 제품에서 분리한 세균들에 대한 인삼 추출물의 항균활성에 대해 분석하였다

먼저 disc diffusion assay법을 이용하여 공기 정화 제품으로부터 분리된 공기 중 및 공기정화제품에 분리 동정된 3종의 우점종과 이들 우점종의 표준균주에 대한 인삼 잎 추출물의 항균활성을 검토하였다. 인삼 잎 추출물의 항균 활성 분석은 추출물을 1 mg/disc와 5 mg/disc의 농도로 비교하였으며, 그 결과를 각각 Table 9에 나타내었다. 5 mg의 인삼 잎 EtOH 추출물이 본 연구에 사용된 6종의 균주에 대해 8.0 mm - 10.5 mm의 clear zone을 형성하는 것으로 나타났다 (Table 10).

이러한 활성은 다른 천연추출물인 해양식물, 육상식물등의 연구 결과와 비교해 높은 수준이라는 것을 확인하였다(Kil et al., 2014; Kim, 2014). 인삼 잎 추출물이 본 연구에서 사용한 3 종의 세균에 대해 높은 항균 활성을 나타내는 이유는 인삼 잎에 풍부하게 존재하는 진세노사이드(ginsenosides) 등과 같은 사포닌 성분 때문인 것으로 판단된다(Kim et al., 1987; Jo et al., 1998; Möritz et al., 2001; Chang, 2003).

Table 10. Antibacterial assay of ethanol extract from *Panax ginseng* leaf against bacteria isolated from air solution products

Strains	disc diffusion assay	
	1 mg	5 mg
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	- ^{b)}	9.0 ± 0.2
<i>S. epidermidis</i> KCTC 1917		10.5 ± 0.2
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	-	10.0 ± 0.3
<i>B. amyloliquefaciens</i> KCTC 3002		9.5 ± 0.2
<i>Micrococcus luteus</i>	-	9.0 ± 0.2
<i>M. luteus</i> KCTC 1056		8.0 ± 0.2

^{a)} Ethanol extract and its solvent-soluble extracts from *P. ginseng* were loaded onto a disc (6 mm in diameter) at concentrations of 1 or 5 mg/disc.

^{b)} -, No detected antibacterial activity

3.4 인삼 잎 추출물의 MIC 시험결과

공기정화제품에서 분리한 균주 (*S. epidermidis*, *B. amyloliquefaciens*, *M. luteus*)와 이들의 표준균주에 대한 인삼 잎 EtOH 추출물의 정량적인 항균 활성을 MIC assay 로 평가하였다. 각 균주에 대하여 MIC value는 256 µg/mL에서 512 µg/mL로 나타났다 (Table 11). 이러한 결과는 인삼 잎의 추출물이 Gram positive bacteria에 대한 뛰어난 항균활성을 가진다는 기존의 연구 결과와 일치하고 있다(Jo et al., 1998; Lee et al., 2014). 이러한 결과는 인삼 잎 추출물의 항균력을 이용하여 공기정화제품의 필터로 개발하여 오염도를 제어할 수 있는 천연물질로 판단된다.

Table 11. Minimum inhibitory concentration of the ethanol extract from *Panax ginseng* leaf against type bacteria and isolated bacteria from air solution products

		Unit : µg/mL
Strain	MIC	
	EtOH extract	
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	512	
<i>S. epidermidis</i> KCTC 1917	256	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	512	
<i>B. amyloliquefaciens</i> KCTC 3002	512	
<i>Micrococcus luteus</i>	512	
<i>M. luteus</i> KCTC 1056	256	

3.5 인삼 잎 추출물을 함유하고 있는 필터의 항균활성

결과 3.1 ‘공기정화제품의 부위별 미생물 오염도’ 결과에서 곰팡이와 세균을 직접 걸러주는 역할을 하고 있는 필터 부위의 오염도가 가장 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 대부분의 공기정화제품에서 공기의 여과가 주로 필터를 통해 이루어지기 때문에 미생물학적 오염도가 가장 높게 나타나는 것으로 판단된다. 하지만, 현재 필터의 경우 합성 항균물질 적용이 엄격하기 때문에 효과적인 항균 필터를 이용한 미생물 제어가 어렵다.

이에 본 연구에서는 뛰어난 항균 활성을 나타내는 천연 추출물인 인삼 잎 추출물을 이용한 항균 필터를 제작하고, 공기정화제품에 오염된 미생물의 제어 가능성에 대한 연구를 진행 하였다.

다른 연구에서 Cu^{+2} 화합물이 높은 항균활성에 대한 보고가 있다(Theivasanthi and Alagar, 2011). 이에 본 연구에서는 인삼 잎 추출물을 이용한 항균필터는 다음과 같이 세가지 형태로 제조하였다 (Fig. 12). 인삼 잎 추출물만을 함유한 필터, 인삼 잎 추출물 (10 mg/filter) 과 Cu^{+2} (50 mg/filter)를 함유한 필터, Cu^{+2} (50 mg/filter)만 함유한 필터를 각각 제조하고 각 필터의 항균력을 시험하였다. 본 연구에서 Cu^{+2} 만 함유한 필터의 경우, 6 종 균에서 모두 99%이상 ($2 \log$ CFU/mL)의 감소율을 나타냈다(Table 12). 인삼 잎 추출물만을 함유한 필터는 6 종 균에서 모두 60%이상의 감소율을 나타냈다(Table 13). 반면, 인삼 잎 추출물 (10 mg/filter) 과 Cu^{+2} (50 mg/filter)를 함유한 필터의 경우, 6 종 균에서 모두 99.99%

(4 log CFU/mL)의 감소율을 나타내어 가장 항균 효과가 뛰어난 것으로 나타났다(Table 14). Cu^{+2} 또는 인삼 잎 추출물만 함유하고 있는 필터의 각각 99%, 60% 가량의 감소율에 비교해 보면, Cu^{+2} 와 인삼 잎 추출물의 병행 사용의 경우 99.99%의 감소율을 나타내어 두 물질이 항균 시너지 효과를 나타내는 것으로 판단된다. 이와 같이 두가지 이상의 물질의 병행 사용에 의한 항균 시너지에 대한 효과는 다른 연구결과와 유사한 효과라고 사료된다(Kim, 2014).

이상의 결과를 종합해 보면, 인삼 잎 추출물을 이용한 필터의 경우 공기정화제품에서 문제가 되는 미생물에 대한 높은 항균활성을 나타내는 것으로 조사되어 향후 이를 이용한 공기제어제품에서 적용 가능한 항균필터 소재로서 유용할 것으로 판단된다. 하지만 이를 위해서는 인삼 잎 추출물을 이용한 필터의 안전성 및 신뢰성에 대한 후속 연구가 진행되어야 할 것이다.

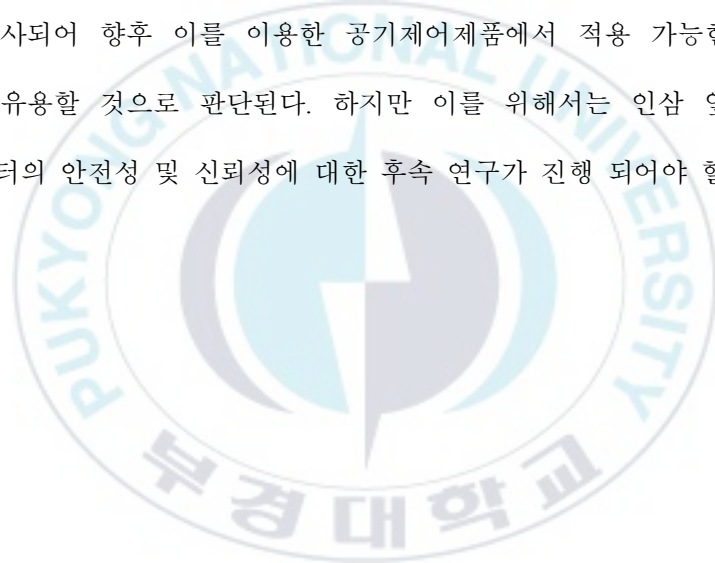


Table 12. Antibacterial activity of a filter containing Cu⁺² (50 mg/filter)

Unit : CFU/mL

Antibiotics Strains	Control	15 min	30 min	60 min	Antibacterial activity value
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2.9×10^5	3.3×10^3	7.5×10^2	48	99.98%
<i>S. epidermidis</i> KCTC 1917	1.8×10^5	2.7×10^3	3.7×10^2	2	99.999%
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1.4×10^5	2.8×10^4	4.8×10^3	4.0×10^2	99.71%
<i>B. amyloliquefaciens</i> KCTC 3002	1.0×10^5	5.5×10^4	8.4×10^3	2.2×10^2	99.78%
<i>Microccus luteus</i>	2.2×10^5	4.1×10^4	6.6×10^3	5.2×10^2	99.76%
<i>M. luteus</i> KCTC 1056	2.8×10^5	7.9×10^4	8.4×10^3	6.8×10^2	99.76%

Table 13. Antibacterial activity of a filter containing *Panax ginseng* leaf extract (10 mg/filter)

Unit : CFU/mL						
Strains	Antibiotics	Control	15 min	30 min	60 min	Antibacterial activity value
<i>Staphylococcus epidermidis</i>		4.1×10^5	1.3×10^5	1.0×10^5	5.6×10^4	86.34%
<i>S. epidermidis</i> KCTC 1917		2.5×10^5	7.9×10^4	5.5×10^4	2.8×10^4	88.80%
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>		1.2×10^5	8.8×10^4	7.7×10^4	3.8×10^4	68.33%
<i>B. amyloliquefaciens</i> KCTC 3002		1.4×10^5	6.9×10^4	2.7×10^4	1.8×10^4	87.14%
<i>Microoccus luteus</i>		1.8×10^5	5.5×10^4	2.2×10^4	2.5×10^4	86.11%
<i>M. luteus</i> KCTC 1056		2.4×10^5	2.3×10^4	8.5×10^4	4.1×10^4	82.92%

Table 14. Antibacterial activity of a filter containing *Panax ginseng* leaf extract (10 mg/filter) and Cu⁺² (50 mg/filter)

Unit : CFU/mL

Strains	Antibiotics	Control	15 min	30 min	60 min	Antibacterial activity value
<i>Staphylococcus epidermidis</i>		5.2×10^5	4.5×10^2	N.D	N.D	99.999%
<i>S. epidermidis</i> KCTC 1917		4.3×10^5	5.8×10^3	3.4×10^2	N.D	99.999%
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>		1.4×10^5	5.5×10^3	2.0×10^2	2	99.999%
<i>B. amyloliquefaciens</i> KCTC 3002		3.0×10^5	2.9×10^3	1.7×10^2	20	99.99%
<i>Micrococcus luteus</i>		2.6×10^5	3.8×10^4	7.8×10^3	N.D	99.999%
<i>M. luteus</i> KCTC 1056		3.0×10^5	6.9×10^4	4.0×10^3	3	99.999%

IV. 요 약

대부분의 현대인들이 하루 중 80% 이상의 시간을 실내에서 생활함에 따라 최근 실내 공기질에 대한 관심이 높아지고 있다. 환기가 부족한 실내 공기중의 먼지나 수증기에는 다양한 세균이 번식할 수 있고, 이러한 세균은 각종 질환을 일으킬 수 있는 원인으로 알려져 있다. 이로 인한 새집 증후군 (Sick House Syndrome, SHS), 건물 증후군 (Sick Building Syndrome, SBS)등의 새로운 질병이 대두되고 있다. 실내 공기질 관리의 중요성이 대두되면서 쾌적한 실내 환경에 도움을 주는 공기청정 기능과 습도 조절 기능을 동시에 갖춘 제습기와 공기청정기가 각광받고 있다. 하지만 오랜 기간 동안 공기정화제품을 사용하게 될 시에는 필터가 오염되고 본연의 기능을 상실하게 된다. 이러한 공기정화제품의 필터의 오염을 막기 위하여 최근 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 연구의 목적은 이러한 요구에 부응하기 위하여 천연추출물을 이용한 미생물 오염 방지에 대한 필터 개발이다.

이를 위해 먼저, 공기정화제품의 부위별 미생물 오염도 및 주요 오염 미생물들을 분석하였다. 그 결과, 4 종류의 공기정화제품에서 오염도가 높은 부위는 필터부위, 물이 직접 닿는 부위, 공기가 외부로부터 직접적으로 들어오는 입구부위 등이 오염도가 가장 높았다. 하지만 4종류의 공기정화제품은 사용하는 환경과 조건에 따라서 오염도는 각각 다르게 나타났다. 특히 다른 제품보다

오염도가 낮은 product D의 경우는 필터, 물이 직접 닿는 부위 등도 10^2 CFU/mL 수준으로 오염도가 낮게 나타났다. 공기정화제품으로부터 분리된 세균의 우점종을 동정하여 계통수 분석을 진행한 결과 *Staphylococcus epidermidis*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus amyloliquefaciens*로 나타났다.

공기 정화 제품으로부터 분리된 3종의 균주와 표준균주 대한 인삼 잎 추출물의 항균활성을 disc diffusion assay법을 이용하여 검토하였다. 항균 활성 분석은 추출물을 1 mg/disc와 5 mg/disc의 농도로 비교하였으며, 그 결과는 5 mg의 인삼 잎 EtOH 추출물이 본 연구에 사용된 6종의 균주에 대해 8.0 mm-10.0 mm의 clear zone을 형성하는 것으로 나타났다. 공기정화제품에서 분리한 균주; *S. epidermidis*, *B. amyloliquefaciens*, *M. luteus*와 이와 같은 속의 표준균주를 대한 인삼 잎 추출물의 정량적인 항균활성도를 MIC법을 통하여 평가하였다. 각 균주에 대하여 MIC value는 256 μ g/mL에서 512 μ g/mL 까지 나타났다. 그리고 실제 공기정화제품의 미생물 오염을 방지 하기 위하여 인삼 잎 추출물을 포함한 항균필터를 제작한 후 ASTM E2149 - 13a method으로 항균활성도를 평가하였다. 시험 결과, 6종 균에서 모두 99.99% (4 log CFU/mL)의 감소율을 나타냈다. 이 결과는 실제 제품에서 나타난 필터의 오염도인 10^4 CFU/cm²의 크게 감소시켜줄 수 있는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 실제 사용하고 있는 공기정화제품의 오염도를 파악하고 공기정화제품에 천연추출물을 적용하여 항균활성을 확인할 수 있었기에 공기정화제품의 필터를 제작하는데 있어 기초 연구 데이터로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

V. 참고문헌

- Abdul-Wahab and Sabah A. 2011. Sick building syndrome in public buildings and workplaces. Springer, USA, pp. 25-26.
- ASTM. 2013. E2149-13a: Standard test method for determining the antimicrobial activity of antimicrobial agents under dynamic contact conditions, American Society for Testing and Materials International, USA.
- Benishin GC. 1992. Actions of ginsenoside Rb1 on choline uptake in central cholinergic nerve endings. *Neurochemistry International*, 21, 1-5.
- Chang HK. 2003. Effect of procession methods on the saponin contents of Panax ginseng leaf-tea. *The Korean Journal of Food and Nutrition*, 16, 46-53.
- Choi JE, Han YH and Lee KT. 2009. Changes of saponin contents of leaves, stems and flower-buds of Panax ginseng C.A.Meyer by harvesting days. *Korean Journal of Crop Science*, 17, 251-256.
- Darouiche RO. 2001. Device-associated infections: a macroproblem that starts with microadherence. *Clinical Infect Diseases*, 3, 1567-1572.
- Huo Y and Chen Y. 1998. The effect of Panax ginseng extract on insulin and corticosteroid receptors. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 8, 293-295.
- Jo JS, Mok SG and Weon JY. 1998. Culture of latest ginseng. Seonjin Munhwasa, Seoul, Korea, pp. 34.
- Kang SY and Kim ND. 1992. The antihypertensive effect of red ginseng saponin and the endothelium-derived vascular relaxation. *The Korean Society of Ginseng*, 18, 175-182.

- Kil JK, Doh ES, Chang JP, Lee SH and Yoo JH. 2014. Antibacterial and antioxidant activities of bio-fermented *Sanguisorbae* radix extract. Master Thesis. Joongbu University Geumsan, Korea.
- Kikuchi Y, Sasa H, Kita T, Hirata J and Tode T. 1991. Inhibition of human ovarian cancer cell proliferation in vitro by ginsenoside-Rb2 and adjuvant effects of cisplatin *in vivo*. *Anticancer Drugs*, 2, 63-67.
- Kim AR. 2011. Antimicrobial activities of the extracts of ginseng fine roots and leave. Master Thesis , Pukyong National University, Korea.
- Kim MW, Ko SR, Choi KJ and Kim SC. 1987. Distribution of saponin in various sections of *Panax ginseng* root and changes of its contents according to root age. *Journal of Ginseng Research*, 11, 10-16.
- Kim SH and Kim YK. 2009. A study on microbial pollution of indoor air at elderly care facilities. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 10, 2485-2491.
- Kim SY. 2014. Antibacterial and synergistic of *Ecklonia cava* against *Enterococcus faecalis*. Master Thesis, Pukyong National University, Korea.
- Lee AM, Kim NY, Kim SY and Kim JS. 2005. Distribution and characteristics of airborne microorganisms in indoor environment of schools. *The Korean Journal of Microbiology*, 41, 188-194.
- Lee KA, Kim WJ, Kim HJ and Kim KT. 2014. Antibacterial activity of Ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) stems-leaves extract produced by subcritical water extraction. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 947-953.

- Lee SW, Jung HM, Park SJ, Choe B, Kim JH, Lee BR, Joo YL, Kwon OS and Jheong WH. 2015. Identification and phylogenetic analysis of culturable bacteria in the bioaerosol from several environments. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, 43, 142-149.
- Mack D, Davies A, Harris L, Jeeves R, Pascoe B, Knobloch J and Rohde H. 2013. *Biomaterials associated infection*. Springer, USA, pp. 566-570.
- 환경부 (Ministry of Environment) 2015. 지하생활공간공기질관리법, 법률 제5224호.
- Möritz M, Peters H, Nipko B and Rüdén H. 2001. Capability of air filters to retain airborne bacteria and molds in heating, ventilating and air-conditioning (HVAC) systems. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 203, 401-409.
- Pronczu J. 2008. Indoor air pollution. World Health Organization, 7, pp. 40.
- Reuben A, Anaissie E, Nelson PE, Hashem R, Legrand C, Ho DH and Bodey GP. 1989. Antifungal susceptibility of 44 clinical isolates of *Fusarium* species determined by using a broth microdilution method. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 33, 1647-1649.
- Saitou N and Nei M. 1987. The neighbor-joining method-a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4, 406-425.
- Seo MS, Lee SM and Hong JY. 2013. The Characteristic study of the microbial habitat in the Muwisa museum, Gangjin. *Journal of Conservation Science*, 29, 333-343.
- Tamura K, Peterson D, Peterson N, Stecher G, Nei M and Kumar S. 2011. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Molecular Biology and Evolution*, 28,

2731- 2739.

Theivasanthi T and Alagar M. 2011. Studies of copper nanoparticles effects on microorganisms. *Annals of Biological Research*, 2, 82-87.

Upadhyay RK, Dwivedi P and Ahmad S. 2010. Screening of antibacterial activity of six plant essential oils against pathogenic bacterial strains. *Asian Journal Medical Science*, 2, 152-158.

Valerio F, De Bellis P, Di Biase M, Lonigro SL, Giussani B, Visconti A, Lavermicocca P and Sisto A. 2012. Diversity of spore-forming bacteria and identification of *Bacillus amyloliquefaciens* as a species frequently associated with the ropy spoilage of bread. *International Journal of Food Microbiology*, 3, 278-285.

