

조리실내의 유해오염물질 제거율에 관한 연구

권우택¹⁾ · 이우식²⁾

을지대학교 보건환경안전학과¹⁾ · 가천대학교 화공생명공학과²⁾

A Study on the Removal Efficiency of Harmful Pollutants in the Cooking Chamber

Woo-Taeg Kwon¹⁾ · Woo-Sik Lee²⁾

Dept. of Environmental Health and Safety, Eulji University¹⁾
Dept. of Chemical & Biological Engineering, Gachon University²⁾

Abstract

The purpose of this study is to reduce the contaminants (total volatile organic compounds (TVOCs), fine particle, odor and total airborne bacteria) during cooking process in cooking chamber, and to decrease the health damage in indoor space that has bad work environment. In order to solve the shortcomings of existing air purifiers and remove all kinds of pollutants effectively, this study focused on the development of indoor air purifiers which are made of bar type. Bio-ceramics filter which combines activated carbon and loess. The air cleaners developed with 4 measuring items including TVOCs, particulate matter, complex odor and total airborne bacteria were measured comparing their pre-service test to their post-service test after a period of time. The measured results showed higher removal efficiency of 91.02% as the concentration of TVOCs was reduced from 2,500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ to 223 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Second, the particulate matter removal ratio was 97.51% efficient with average concentration of 26.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Third, the odor showed 95.20% reduction as air dilution ratio averaged out at 144. Last, total airborne bacteria was eliminated by over 94% showing the changeable concentration from 787 ~ 814 CFU/ m^3 to 47 ~ 40 CFU/ m^3 . In addition, the removal rate of harmful pollutants is excellent, and it is expected that the environment of the existing poor cooking room will be greatly improved by using the developed air purifier in combination with the ventilation device and the stove hood.

Key words: cooking chamber, pollutants, active carbon, loess, air cleaners, removal

I. 서론

조리실을 포함한 실내공간에는 다양한 오염물질이 존재한다. 내부 오염물질의 발생원은 주방에서의 조리 시 가스레인지의 연소, 흡연, 청소, 각종 건축자재 및 인간의 활동에 의해서 발생되고(Ministry of Environment, 2011), 외부로부터의 오염은 외부 공기에 포함된 각종 유해성 오염물질이 실내

로 유입되어 오염되므로 결국 쾌적한 환경과 건강을 위하여 관리가 필요하다(Lee, 2003; Kwon, 2012; Kim & Lee, 2013).

특히, 조리과정에서 발생하는 유해오염물질은 조리시간, 재료의 양, 조리자 등 조리 상황에 따라 달라질 수 있다. 일반적으로 초기 연소에 시안화수소가 발생하고, 불완전 연소에 의해 일산화탄소, 이산화질소가 발생하며, 기름류 등으로 고기나 야

채류를 튀기거나 볶을 때 유적 및 미세먼지와 휘발성 유기화합물 그리고 알데하이드류와 카본블랙 등이 발생한다(Kim & Kim, 2016). 이러한 오염물질은 조리실내의 환경을 열악하게 만들 뿐 아니라, 신체 내로 흡수되어 산소결핍현상, 호흡기 질환, 면역력을 약화시키고, 장기적으로는 암 발병에도 영향을 끼친다.

특히, 기름류와 튀김찌꺼기 등이 튀김기의 고열(300~600°C)에 의하여 연기가 발생되는데, 이 연기 속에는 많은 종류의 화학물질과 1급 발암물질인 벤조피렌 등이 포함되어 있다(Ministry of Food and Drug Safety, 2014). 이러한 유해물질들은 환기가 잘 안 되는 조리실내에서 조리하는 가정주부와 음식점에 종사하는 주방장 등에게 많이 노출되어 조리업 종사원의 작업환경에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Chung et al., 2008; Kim & Cho, 2012).

가정에서 음식물을 조리하는 과정에서 발생하는 유해물질의 농도는 평상시 일반주택 농도의 2~70배 이상으로 발생하고, 주방환기장치 및 렌지 후드를 작동하지 않고(Choi, 2012) 조리한 경우에는 작동했을 때와 비교해 오염물질의 농도가 최대 10배 이상 높게 나타났다(Kwon et al., 2013). 따라서 이러한 유해물질을 줄이는 방법으로는 기름의 주기적인 교체, 조리 시 연기가 나지 않도록 기름류를 발연점 이하의 낮은 온도에서 조리하기, 굽기·튀김보다는 삶기 또는 조림요리 등의 조리 방법의 개선이 필요하다. 조리 후에는 바닥청소나 가스레인지의 주변청소 또 후드에 부착된 부직포 필터에는 냄새나 유적의 침적으로 인하여 세균의 서식처가 되고 있으므로 주기적인 교환과 조리 후 적어도 30분 이상 환기가 필요하다.

비록 조리 시에 주방환풍기 및 렌지 후드를 사용하여 조리실내의 공기를 쾌적하게 유지하려고 하지만, 오염물질을 100% 밖으로 배출시키지 못할 뿐 아니라(Choi, 2012), 조리실내로 분산되어 냄새를 유발하거나, 인체에 유해한 독성성분으로 존재하여 오염물질을 제거하는 데는 많은 어려움

이 따른다.

따라서 실내에 분산되어진 각종 오염물질을 제거하기 위해서는 환기설비와 공기청정기를 같이 병행하여 사용한다면 보다 효과적일 것으로 사료된다.

공기청정기(Kim et al., 2006)는 내부의 필터방식에 따라 필터식과 무필터식, 복합식으로 구분한다. 필터식(프리필터 + HEPA필터 + 카본필터)은 필터를 주기적으로 관리하지 않으면 고농도의 미세먼지 발생 시 필터의 막힘 현상(Clogging)으로 팬(Fan)부하 현상이 발생하여 실내공기오염도를 증가시킬 수 있는 요인으로 작용할 수 있다. 또, 필터의 수명이 영구적이지 않아 관리의 어려움과 유지비용이 제품 구매비용보다 높게 발생하는 단점(Cha & Seo, 2016)이 있어 소규모 생산업체에서 사용하기엔 여러 가지로 불편한 점이 많아, 영구적 필터가 탑재되는 새로운 방식의 공기청정기 개발이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 조리시 발생되어 조리실내의 환경에 노출되어 있는 TVOCs, 미세먼지, 악취(Jeong, 2016) 및 세균 등의 유해오염물질을 제거하기 위하여 기존의 공기청정기의 단점을 보완하여, 황토(Hwang et al., 2000; Jeong & Jeong, 2016)와 활성탄(Pak et al., 2015)을 혼합하여 내식성·내열성이 있는 바이오세라믹 필터를 담체 형태의 bar type으로 제작하여 반영구적이며, 유해오염물질을 효율적으로 제거할 수 있는 방법을 알아보려고 한다.

II. 연구 방법

1. 바이오세라믹 필터의 제조

조리 시 발생하는 유해오염물질을 제거하기 위한 bar type의 바이오세라믹 필터 제조공정은 다음과 같다. 먼저 황토와 활성탄을 1 : 1로 혼합기(pug mill)에서 혼합하고, 혼합과정에서 생긴 기공을 제거하기 위하여 탈기시킨 다음, 압출기를 통하여 성형되어진 바이오세라믹 필터를 압출시킨 후

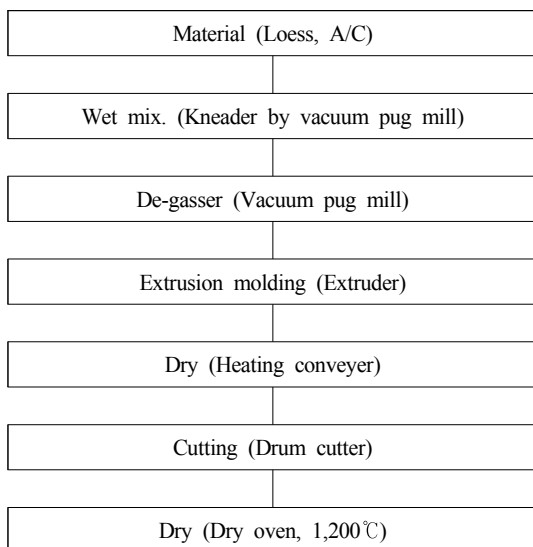
건조기가 장착된 컨베이어 벨트를 지나면서 1차로 건조하고, 드럼커터기에 의해서 공기청정기에 알맞게 절단(39 mm × 12 mm)되어진 것을 약 1,200℃에서 건조시킨 후 사용하였다(Fig. 1).

2. 오염물질 제거를 위한 공기청정기의 디자인

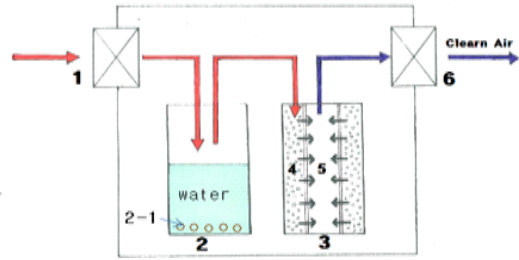
전체를 steal 재질로 구성하였으며, 물통 내의 수위를 파악하기 위한 스크린을 설치하고, 풍속 조절, 체류시간을 조절하기 위해 팬 속도 조절장치를 설치하며, 공기 유출구는 하단부에 위치토록 하였다. 또, 기존 여과집진방식에는 없는 바이오세라믹 키트의 위치를 교차시켜 공기청정기 내의 난류를 조성하여 체류시간을 증가시키고자 하였으며, 하단부는 활성탄이나 바이오세라믹 필터(bar type)를 삽입할 수 있는 공간을 마련하여 물과 공기의 충돌을 시키고, 미세먼지는 바이오세라믹 필터에 의하여 제거될 수 있도록 하였다(Fig. 2, Fig. 3 & Table 1).

3. 실험방법

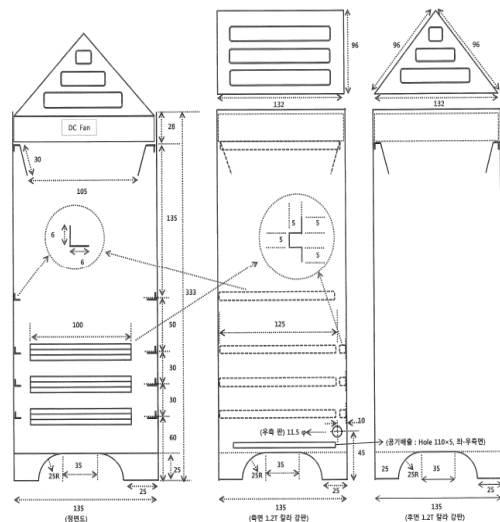
1) 총휘발성 유기화합물(TVOCs) 측정



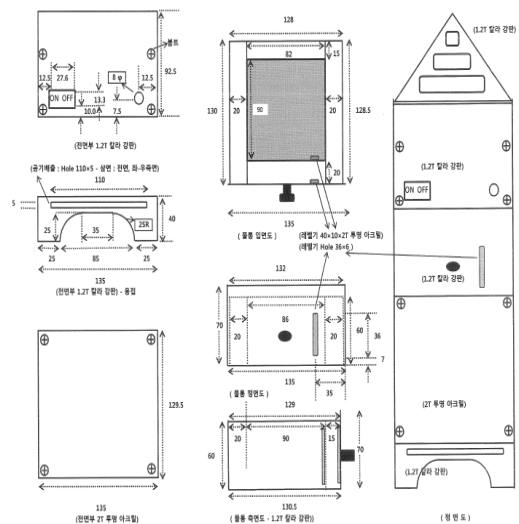
<Fig. 1> Schematic process of bar type.



<Fig. 2> Air flow of air



(a)



(b)

<Fig. 3> Drawings of air cleaner

<Table 1> Air flow of air cleaner

No	Name	Specifications
1	Inlet fan	18 W, 70 CMH
2	Water chamber	120 \varnothing \times 220 m/m, 1.2 L
2-1	Antibacterial ceramic filter	3~5 \varnothing , 99.9% Antibacterial
3	VOCs filter	120 \varnothing \times 220 m/h, 1.2 L
4	Bio-ceramic	Air purification (VOCs, NH ₃)
5	Cylinder carbon	Air purification (Deodorization)
6	Discharge fan	18 W, 70 CMH

삶기를 제외하고 기름을 사용하여 조리하는 과정에서 TVOCs가 발생되어지므로 1,320 mm(W) \times 660 mm(L) \times 1,320 mm(H)로 만들어진 밀폐공간에 담배를 이용하여 TVOCs 농도가 2,000 ppm 이상일 때까지 발생시킨 후 공기청정기를 2시간 가동 후 감소량을 측정하였다. 이때 측정에 사용된 TVOCs 측정기는 miniRAE 3000을 사용하였다.

또, 챔버에 조리할 때 배출되는 오염물질 중 확인된 VOCs와 비슷한 조성을 가진 고농도 본드를 방치한 후와 2시간 자연방치 할 경우 및 2시간 가동시켰을 경우의 발생된 시료를 채취하여 TVOCs 농도 변화량을 측정하였다. 시료채취는 측정 공에 Tenex-TA(Supelco, USA) 흡착튜브를 넣은 후 100 mL/min로 10분간 채취한 후 GC/MSD(HP 6890/5973N)를 이용하여 분석하였다.

2) 미세먼지 측정

시간에 따른 미세먼지 제거율 변화를 알아보기 위하여 1,320 mm(W) \times 660 mm(L) \times 1,320 mm(H)로 만들어진 밀폐공간에 담배연기 발생장치를 설치한 후, 담배를 태웠을 때 발생하는 미세먼지를 10분 간격으로 60분 동안 미세먼지측정기(APM/3330 Model)를 이용하여 측정하였다.

3) 복합악취 측정

공기청정기를 의류가 많이 있는 일정공간에 방

치한 후 초기농도를 측정하고, 공기청정기를 가동한 후 시료를 채취하여 복합악취의 농도를 측정하였다. 이때 시료는 고순도 질소로 3회 이상 세척한 10 L Tedlar bag을 이용하여 1 L/min 채취하고, 무취공기 제조 장치를 이용하여 제조된 무취공기에 채취된 시료를 단계적으로 주입하여 희석시료를 제조한 후, 악취공정시험법의 공기희석관능법에 의하여 측정하였다(Ministry of Environment, 2014).

4) 총부유세균 측정

공기청정기의 바이오세라믹 필터에 의한 세균 감소율을 측정하기 위하여 공기 중의 공중 미생물을 부유세균 채취장치(MAS 100, Merck, Germany)에 TSA 배지(한천배지, Difco)를 장착하여 실험실 중앙에 위치시키고, 유량 100 mL/min로 5분간 공기 시료를 포집한 후 배지를 배양기에서 배양(35 \pm 0.5 $^{\circ}$ C, 24 hr)한 후 측정하였다. 시료채취 장소는 각종 세균에 많이 노출된 미생물실험실에서 하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 총휘발성 유기화합물(TVOCs)

조리 재료나 조리하는 과정 중에서 기름성분이 TVOCs를 발생시키므로 밀폐공간에 담배연기를 이용하여 TVOCs 농도가 2,000 ppm 이상일 때까지 발생시킨 후 공기청정기를 2시간 가동 후의 제거효율을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 1회 측정 시 농도가 2,131 μ g/m³에서 가동 2시간 경과 후의 감소량은 208 μ g/m³으로 약 90.24% 이상의 제거효율을 보였으며, 3회 측정된 총휘발성 유기화합물의 평균 농도는 223 μ g/m³으로 91.02%의 높은 제거율을 보여 주었다.

또, 챔버에 고농도 본드를 노출시킨 후 자연방치와 2시간이 경과된 후에도 초기농도에는 큰 변화 없이 평균 6,790.33 μ g/m³으로 고농도로 잔류하였으나, 2시간 공기청정기를 가동하였을 경우 시료를 채취하여 분석한 결과, TVOCs 농도가

〈Table 2〉 Measurement of TVOCs by tobacco smoke (unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Division	Initial conc.	2hr operate after	Removal efficiency (%)
1st	2,131	208	90.24
2nd	2,665	230	91.37
3rd	2,704	231	91.46

〈Table 3〉 Measurement of TVOCs by bond (unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Division	Initial conc.	2hr stand	2hr operate after	Removal efficiency (%)
1st	6,859	6,604	1,240	81.92
2nd	6,724	6,230	1,305	80.59
3rd	6,788	6,319	1,285	81.07

1,240~1,305 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 평균 81.19%까지 감소되는 것으로 보아 우수한 처리 효율을 가진 것으로 나타났다(Table 3).

위의 결과로 볼 때 바이오세라믹 필터의 제조 공정에서 활성탄의 화학 흡착능력을 향상시키기 위해 표면을 개질시킨 활성탄(Park et al., 2015)이 휘발성 유기화합물을 흡착, 분해하여 우수한 처리 효율을 가짐에 따라 조리 시 발생하는 다른 휘발성 유기오염물질들의 제거율도 우수할 것으로 생각되어지며, 이에 대한 지속적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

2. 미세먼지

미세먼지 발생은 조리 시 가스연소에 의해서 음식표면으로부터 발생되어 시간이 지남에 따라 응결되어 조리실내에 분산되어 있거나, 크기가 커져 응결되어 바닥에 떨어진다. 따라서 휘발성 유기화합물 측정방법과 같은 밀폐공간에 담배연기가 내

부로 향하도록 옆면에 설치한 후 10분 간격으로 발생시킨 후 60분 동안 5회 측정 한 결과는 〈Table 4〉와 같다.

결과적으로 471.2~1,645.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 높은 초기 농도에 비해 가동 시간이 경과할수록 미세먼지가 제거되는 경향이 있었으며, 60분 경과 후의 미세먼지 농도는 평균 26.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로서 97.51%의 매우 우수한 제거효율을 보여 주었다. 따라서 조리실내에 분산되어 있는 미세먼지는 공기청정기내로 유입되어지면서 세정수(흡수액)와 오염공기가 접촉하여 미세먼지를 세정처리하고, 물속에 있는 미세먼지는 바이오세라믹 필터에 의하여 제거될 것으로 판단된다.

3. 복합악취

복합악취 측정은 공기청정기를 의류가 많이 있는 일정공간에 방치한 후 초기농도를 측정하고, 가동한 후 초기희석배수와 2시간 가동 후의 희석

〈Table 4〉 Measurement of particulate matter by tobacco smoke (unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Division (min)	1st	2nd	3rd	4th	5th
0	471.20	1,290.10	1,645.60	1,472.40	1,557.70
10	282.50	869.80	1,054.80	711.60	696.50
20	143.30	504.20	618.00	437.80	440.00
30	86.90	141.50	294.40	190.20	159.60
40	67.10	79.90	105.60	86.10	68.80
50	38.60	44.50	57.30	50.30	37.10
60	23.90	25.70	29.90	24.50	29.40
Removal efficiency (%)	94.93	98.00	98.18	98.34	98.11

배수에 의하여 산정한 결과는 <Table 5>와 같다.

초기희석배수가 3,000에서 2시간 후의 복합악취 농도가 평균 144로 전체 평균 95.20%의 악취 제거율을 보여 악취제거에도 매우 우수하였음을 나타냈다. 따라서 조리 시 발생할 주방 음식냄새와 증간냄새를 차단하기 위하여 개발되어진 공기청정기를 가동시킨다면 분산되어 있는 악취성분은 물에 흡수되어 바이오세라믹 필터 내의 담체에 있는 다양한 분해 미생물군에 의하여 에너지원으로 이용되어 제거되거나, 다른 형태의 무기가스로 산화되어 악취가 제거될 것으로 판단된다.

4. 총부유세균

업종별로 식자재 종류와 취급하는 방식에 따라 조리실내의 미생물 환경이 달라질 수 있으며, 경우에 따라서는 조리자의 건강을 위해하는 요인이 될 수도 있다. 따라서 공기청정기에 장착된 바이오세라믹 필터의 항균 역할에 대하여 알아보고자 세균에 많이 노출된 미생물 실험실에서 공중 부유미생물을 배지에 포집한 후 제거율을 측정하였다(Table 6).

실험실 환경이 여러 종류의 미생물들을 실험하는 공간이므로 미생물 처리과정에서 많은 부유미생물이 배출 및 잔류되어 있어 처음에는 787~814 CFU/m³로 높게 측정되었으나, 공기청정기를

2시간 가동 한 후 측정된 결과는 47~40 CFU/m³로 약 94.56% 제거되는 것을 확인하였다. 이는 바이오세라믹 필터 내의 담체의 특성상 미생물이 잘 부착되는 성질이 있어 총부유세균이 감소되는 것으로 생각되어진다. 향후 실내의 부유미생물은 환경에 따라 달라질 수 있으므로 온도, 습도 및 장시간 측정하여 총부유세균 변화 추이와 총부유진균에 대해서도 지속적인 연구가 필요할 것이다.

IV. 결 론

조리과정에서 발생한 미세먼지, 총휘발성 유기화합물질, 악취, 총부유세균 등의 오염물질들이 조리실내로 분산되어 실내공간이나 조리업 종사자에게는 냄새나 작업환경 및 건강에 나쁜 영향을 준다. 따라서 이러한 오염물질들을 제거하기 위해서 연구 개발한 소형 공기청정기를 이용하여, 오염물질의 제거율 성능 실험을 통해서 그 효율을 증가시킬 수 있는 실험적·경험적 기반을 마련하였는데 본 연구의 의의를 들 수 있으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 공기청정기를 챔버 내에 설치한 후 가동 2시간 경과 후의 총휘발성 유기화합물의 농도는 평균 2,500 µg/m³에서 223 µg/m³으로 약 91.02%의 높은 제거효율이 나타났으며, 본드의 실험에서는 6,790.33 µg/m³의 고농도로 존재하던 총휘발성 유기화합물이 평균 2,073.33 µg/m³으로 감소되어 약 81.19%까지 제거되는 것으로 나타났다.

둘째, 미세먼지의 제거율은 초기 높은 농도로 존재하였으나 가동 60분 경과 후 평균 농도가 26.68 µg/m³로서 97.5%의 우수한 제거효과가 나타났다. 따라서 개발되어진 공기청정기의 바이오세라믹 필

<Table 6> Measurement of total airborne bacteria removal ratio by bio-ceramic filter (unit : CFU/m³)

Division	Initial	2hr operate after	Efficiency(%)
1st	787	47	94.03
2nd	814	40	95.09

<Table 5> Odor measurement by air dilution method

(unit : dilution ratio)

Division	1st	2nd	3rd	4th	5th
Initial dilution ratio	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2hr after dilution ratio	144	144	144	144	144
Removal efficiency (%)	95.20	95.20	95.20	95.20	95.20

터의 성능이 우수함을 보여 주었다.

셋째, 복합악취는 공기청정기를 2시간 가동한 후에 희석배수를 측정한 결과, 평균 144로 평균 95.20%로 감소되어 복합악취에도 우수한 제거율을 나타내었다.

넷째, 바이오세라믹 필터에 의한 총부유세균을 측정된 결과, 초기 농도가 787~814 CFU/m³에서 47~40 CFU/m³로 감소되어 약 94% 이상 제거되는 것을 확인하였다.

이상의 결과로 볼 때 유해오염물질들의 제거율이 우수하게 나타남에 따라 개발되어진 공기청정기를 환기장치와 렌지 후드를 병행하여 사용하면 기존의 열악한 조리실내의 환경이 크게 개선되어질 것으로 사료되며, 향후 공기청정기의 성능향상을 위해서 바이오세라믹 필터에 대한 연구와 조리실내에서 발생하는 오염물질의 항목을 추가로 실험하여 새로운 데이터가 확보되면 더욱 향상된 고효율의 필터를 개발할 수 있을 것으로 보인다.

한글 초록

본 연구의 목적은 조리과정에서 발생한 총휘발성 유기화합물질, 미세먼지, 악취, 총부유세균 등의 오염물질들이 조리실내로 분산되어 실내공간이나 조리업 종사자에게는 나쁜 냄새나 작업환경 및 건강피해를 감소하고자 하는 것이다. 이를 위해 기존 공기청정기의 단점을 보완하고, 반영구적이며, 각종 오염물질을 효율적으로 제거하기 위하여 활성탄과 황토를 결합한 바이오세라믹 필터를 bar type으로 제작한 실내용 소형 공기청정기 개발에 중점을 두었다.

측정항목은 총휘발성 유기화합물, 미세먼지, 복합악취, 총부유세균 등 모두 4가지 항목으로 개발된 공기청정기 가동 전과 일정시간 가동 후를 비교하여 측정하였다. 측정결과, 총휘발성 유기화합물의 농도는 평균 2,500 µg/m³에서 223 µg/m³으로 약 91.02%의 높은 제거효율을 보였으며, 미세먼지의 제거율은 평균 농도가 26.68 µg/m³로서 97.51%

의 우수한 제거효과가 나타났으며, 복합악취의 희석배수를 측정된 결과 평균 144로 평균 95.20% 감소하였다. 또 총부유세균은 초기 농도가 787~814 CFU/m³에서 47~40 CFU/m³로 약 94% 이상 제거되는 것을 확인하였다. 결론적으로 개발되어진 공기청정기의 바이오세라믹 필터는 오염물질을 제거하는데 우수한 제거효과를 나타냈다. 따라서 공기청정기를 조리실내에서 환기장치와 렌지 후드를 병행하여 사용하면 기존의 열악한 조리실내의 환경이 크게 개선되어질 것으로 사료된다.

주제어: 조리실, 공기청정기, 오염물질, 활성탄, 황토, 총휘발성 유기화합물, 미세먼지, 복합악취, 총부유세균, 제거효율

REFERENCES

- Ministry of Environment. (2011). *Indoor Air Quality*.
 Lee, Y. S. (2003). A study on the economic impact of floating yellow dusts on domestic industry. Dept. of Industrial Economics, Graduate School of Chung-Ang University.
 Kwon, H. J. (2012). Toxicity and health effects of Asian dust: A literature review. *J Korean Med Assoc*, 55(3), 234-242.
 Kim, J. H., & Lee, J. J. (2013). Management changes of hazardous air pollutants sources and its proposed improvement in Korea. *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 29(5), 536-544.
 Kim, H. K., & Kim, T. Y. (2016). An analysis of concentration of the contaminants in the residential building based on cooking condition. *Architectural Institute of Korea spring conference*, 255-256.
 Ministry of Food and Drug Safety. (2014). Press Release.
 Chung, H. J., Rho, S. J., & Lee, K. H. (2008). The

- effects of cooking operations duties and kitchen facilities on fatigue. *J of the East Asian Society of Dietary Life*, 18(3), 405-414.
- Kim, G. H., & Cho, Y. B. (2012). Effector of the kitchen and job environment to attitude of job performance in hotel employee for cooking. *Journal of Food Service Management Society of Korea*, 15(3), 265-287.
- Choi, Y. J. (2012). A study on improvement of indoor air quality in home. *The Seoul Institute Homes*, 2012-PR-59190.
- Kwon, M. H., Kim, S. M., Shim, I. K., Seo, S. Y., Won, S. R., Ji, H. A., & Park, J. (2013). A study on management of indoor air quality pollutants in kitchen air. *National Institute of Environmental Research*.
- Kim, Y. J., Han, B. W., Kim, H. J., Jang, S. K., & Lee, W. S. (2006). Performance test of air cleaners: Deodorization of ammonia, acetic acid and acetaldehyde and gas removal of toluene and formaldehyde. *Journal of Korean Society for Indoor Environment*, 3(3), 236-246.
- Cha, S. I., & Seo, G. H. (2016). Domestic and foreign market trends and certification of air cleaner. *Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, 10(1), 19-24.
- Jeong, M. Y. (2016). Characteristics of odor management by adsorption in industrial utility of odor management area. Dept. of Environmental Energy Engineering, Incheon National University.
- Hwang, J. Y., Jang, M. I., Kim, J. S., Cho, W. M., Ahn, B. S., & Kang, S. W. (2000). Mineralogy and chemical composition of the residual soils (Hwangto) from South Korea. *Journal of the Mineralogical Society of Korea*, 13(3), 147-163.
- Jeong, S. H., & Jeong, B. G. (2016). Application characteristics of food waste and regenerated activated carbon for manufacturing functional ceramic loess ball sorbent. *Journal of Korea Society of Waste Management*, 33(4), 398-403.
- Pak, S. H., Shin, M. S., Kim, H. J., & Jeon, Y. W. (2015). Adsorption/desorption properties of activated carbon on toluene with operation condition and characteristics. *Journal of Odor and Indoor Environment*, 14(1), 66-72.
- Ministry of Environment. (2014). *Standard Method of Odor Compounds*.
- Park, S. H., Kim, Y. J., & Jeong, Y. W. (2015). Toluene adsorption on acid treated activated carbon. *Journal of Odor and Indoor Environment*, 14(4), 351-356.

2016년 11월 21일 접수

2016년 12월 08일 1차 논문수정

2016년 12월 23일 논문게재확정