

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2018.4.1.325

JCCT 2018-2-40

주방 조리시 미세먼지(PM2.5) 배출 특성과 관리방안

Characteristics and Management of Particulate Matter(PM2.5) Emission on Cooking Condition

이명구* , 정명진** , 강민지***

Myeonggu Lee* , Myeongjin Jeong** , Minji Kang***

요 약 실내 거주공간에는 건축 자재, 환기, 조리 등으로 인하여 많은 오염물질이 발생한다. 이중 미세먼지는 1급 발암물질로 인체에 매우 유해한 물질이며, 주로 조리시에 가장 많이 발생한다. 따라서 실내공기질을 잘 관리하기 위해서는 조리시 발생하는 미세먼지의 농도와 환기방법과의 관계를 평가할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 음식물의 종류 및 환기방법에 따른 미세먼지(PM2.5)의 농도변화를 측정하고 분석하여, 주방 조리시 발생하는 미세먼지의 관리방안을 제시하고자 하였다.

주요어 : 오염물질, 미세먼지, 초미세먼지, 실내공기, 환기방법

Abstract There are many pollutants in the residential space due to building materials, ventilation, cooking, etc. Among them, particulate matter is a primary carcinogen and very harmful to the human body, it occurs mostly in cooking. Therefore, in order to manage the indoor air quality well, it is necessary to evaluate the relationship between the concentration of particulate matter generated during cooking and ventilation method. In this study, we propose a management method and particulate matter which occurs during the kitchen cooking by measuring and analyzing the concentration change of particulate matter(PM2.5) according to the type of food and the ventilation method.

Key Words : pollutants, cooking, particulate matter, ventilation method

1. 서 론

실내 거주공간에는 건축 자재, 환기, 조리 등으로 인하여 많은 오염물질이 발생한다.[1] 실내에서 발생하는 오염물질 중 입자상 오염물질인 미세먼지는 세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소(IARC)가 1급 발암물질로 규정한 물질로, 호흡기를 통해 폐속으로 침투해서

폐 세포에 축적되어 염증과 폐질환을 야기할 수 있고, 혈관에 흡착되어 심혈관계 기능에도 영향을 미친다. 심혈관 질환, 뇌혈관 질환, 호흡기 질환 및 암발병 위험이 높아지고 이로 인한 사망률도 증가한다.[2] 최근 연구에 따르면 미세먼지 농도가 10 μ m 증가할 때마다 고혈압 발생률이 4.4% 증가한다고 한다.[3] 특히 조리 활동은 실내에서 미세먼지를 가장 많이 발생시킨다.[4] 조리과정

* 정희원, 을지대학교 보건환경안전학과

** 정희원, 을지대학교 보건환경안전학과

*** 정희원, 을지대학교 보건환경안전학과

접수일자: 2017년 11월 30일, 수정완료일자: 2018년 1월 22일
게재확정일자: 2018년 2월 5일

Received: November 30, 2017 / Revised: January 22, 2018

Accepted: February 5, 2018

**Corresponding Autor: jmj123@eulji.ac.kr

Dept. of Environment Health and Safety, Eulji University, Korea

에는 음식물과 기름 등의 연소로 인하여 많은 미세먼지가 발생하게 된다. 이로 인하여 주방에서 주로 활동하는 주부의 압 발생확률이 증가되기도 한다. 또한 주방에서 발생하는 미세먼지는 주방 뿐만 아니라 거실 및 인접공간까지 확산되어 여러 재실자들에게 악영향을 미친다.[5] 따라서 국토교통부에서는 실내공기 환경개선을 위한 대책의 일환으로 ‘건축물의 설비기준 등에 관한 규칙’을 개정·공포하여 공동주택의 경우 시간당 0.5회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치하는 것을 의무화하고 있다.[6] 그럼에도 불구하고 공동주택에 환기장치를 설치했을 경우의 실내공기질 개선효과에 대한 사례 보고가 많지 않다. 따라서 조리시 발생하는 미세먼지와 환기방법과의 관계를 평가할 필요가 있으며, 본 연구에서는 음식물의 종류 및 환기방법에 따른 미세먼지의 농도를 측정하고, 개선방안을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

미세먼지는 크기가 작아서 인체에 쉽게 흡수되는 대기오염물질로 2001년 대기환경기준에 포함된 직경 10 μm 이하의 먼지인 PM10(particulate Matter, 직경 $<10\mu\text{m}$)과 2015년부터 대기환경기준에 포함된 직경 $2.5\mu\text{m}$ 이하의 초미세먼지라 부르는 PM2.5가 있다.[7] PM2.5는 연소과정이나 휘발성 물질이 응축되면서 된다. 미세먼지는 호흡을 통해 인체에 침투하게 되는데 $5\mu\text{m}$ 이상의 먼지는 인후 또는 기관지 점막에 걸러지지만, $2\mu\text{m}$ 이하의 먼지의 경우에는 폐포에 침착하고, 혈관으로 침투하여 기관지질환이나 심장질환을 유발한다고 알려져 있다. 미세먼지의 경우 표면에 유해성분 및 중금속을 흡착시켜 유해물질을 체내에 전달하는 매개체 역할을 하기도 한다. 특히, PM2.5는 PM10에 비해 상대적으로 고농도의 발암성물질을 포함하는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 일반 가정집(공동주택)에서 포화지방과 불포화지방을 함유하는 각각의 다른 재료 균을 조리할 때 자연환기와 주방 환기 설비(레인지 후드)의 사용에 따른 미세먼지(PM2.5)의 농도변화를 측정하기 위한 실험을 실시하였다.

1. 실험조건

본 연구를 위하여 시중에서 포화지방을 함유하고

있는 음식으로 삼겹살, 불포화지방을 함유하고 있는 음식으로 고등어로 선정하여 구매하였으며, 미리 저울에 칭량 후 실험하였다. 실험은 면적이 14.88m^2 인 아파트 지상 1층 주방에서 실시하였으며, 실험 조건으로 조리 사용하는 음식의 무게는 170g 으로 통일하였다. 가스 레인지 화력은 3단 중 2단으로 하였으며, 실험 후 20분 동안 환기하는 것으로 실험 조건을 통일하였다.

한편, 환기조건은 자연환기상태, 레인지 후드 1단($Q_1 = 0.018\text{m}^3/\text{sec}$) 및 2단($Q_2 = 0.026\text{m}^3/\text{sec}$)으로 하였으며, 이 3가지 환기상태에서 미세먼지(PM2.5)의 농도 측정이 이루어졌다.

2. 측정방법

각각의 실험상태에 따라 환기속도와 미세먼지(PM2.5) 농도를 측정하였다.

미세먼지의 측정 위치는 실내 공기질 공정시험기준에 따라 ‘시료 채취는 인접지역에 직접적인 오염물질 발생원이 없고, 시료채취지점의 중앙점에서 바닥 면으로부터 $1.2\text{m}\sim 1.5\text{m}$ 높이에서 수행한다’는 기준과 30대부터 60대 여성의 평균 키가 157.8cm 임에 따라서 본 연구는 바닥 면으로부터 1.4m 위치와 가스레인지에서부터 10cm 떨어진 지점에서 수행하였다.

미세먼지 농도 측정은 광산란 방식의 미세먼지측정기 AM510(TSI)으로 측정하였으며, 환기량은 열선풍속계 TSI-9515(TSI)를 사용하여 레인지 후드의 환기속도를 측정후 환기량을 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 미세먼지 측정 시기

본 실험에서는 실험횟수를 줄이고, 실험결과 비교에 있어서 신뢰도를 높이기 위하여 측정 시점을 통일 시키기로 하였으며, 이를 위하여 각 재료의 미세먼지 농도의 최대치가 되는 시간대를 실험을 통해 확인하였다. 실험 조건은 밀폐상태에서 재료를 올리기 전 2분간 가열 한 후 측정을 시작하고, 총 요리 시간은 6분으로 하였다.

표 1, 2는 6분 동안의 미세먼지 농도 변화를 나타낸 것이다. 고등어의 경우 시간이 경과할수록 계속 증가하는 추세를 보여 6분이 지난 후에 가장 높은 농도를 보였다. 삼겹살의 경우 농도가 점차 증가하다 4분 이후

로는 다시 감소하는 경향을 보였다. 따라서, 동일한 음식에 대하여 미세먼지의 농도가 가장 높은 수치를 나타내는 조리시간대에 미세먼지의 농도를 측정하기 위하여, 미세먼지의 농도 측정시기는 고등어의 경우 조리시작후 6분이 되는 시점, 삼겹살의 경우 조리시작후 4분이 되는 시점에 미세먼지의 농도를 측정하도록 하였다.

표 1. 조리시간에 따른 미세먼지(PM2.5) 농도 변화(고등어)
 Table 1. Change of particulate matter(PM2.5) concentration with cooking time(mackerel)

Time (min)	1	2	3	4	5	6
PM2.5 concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	358	378	929	1090	1580	3850

표 2. 시간에 따른 미세먼지 농도 변화(삼겹살)
 Table 2. Change of particulate matter(PM2.5) concentration with cooking time(pork belly)

Time (min)	1	2	3	4	5	6
PM2.5 concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	59	176	258	321	317	308

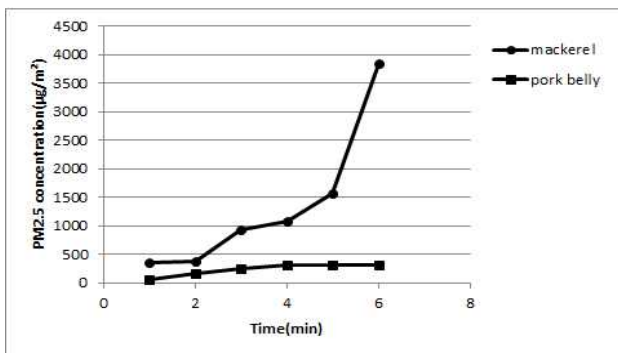


그림 1. 조리시간에 따른 미세먼지(PM2.5) 농도 변화
 Figure 1. Change of particulate matter(PM2.5) concentration with cooking time

2. 고등어조리시 미세먼지농도

표 3은 환기 종류에 따른 고등어 요리 시 미세먼지의 농도 값이다. 자연 환기를 할 경우는 $1290\mu\text{g}/\text{m}^3$, 레인지 후드의 1단 작동 시에는 $2230\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2단 작동 시에는 $1400\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 자연환기가 가장 농도가 작고, 레인지 후드 1단이 가장 큰 농도 값이 나타났다.

표 3. 환기방법에 따른 미세먼지 농도 변화(고등어)
 Table 3. Change of particulate matter concentration by ventilation method(mackerel)

Type of ventilation	Natural ventilation	Range hood 1 st stage	Range hood 2 stage
PM2.5 concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1290	2230	1400

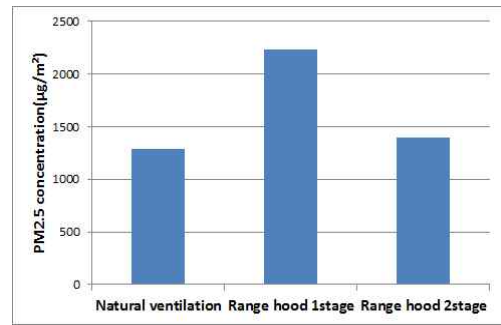


그림 2. 환기방법에 따른 미세먼지 농도변화(고등어)
 Figure 2. Change of particulate matter(PM2.5) concentration by ventilation method(mackerel)

3. 삼겹살 조리시 미세먼지농도

표 4는 환기 종류에 따른 삼겹살 요리 시 미세먼지의 농도 값이다. 자연 환기를 할 경우는 $92\mu\text{g}/\text{m}^3$, 레인지 후드의 1단 작동 시에는 $136\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2단 작동 시에는 $94\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 자연환기가 가장 농도가 작고, 레인지 후드 1단이 가장 큰 농도 값이 나타났다.

표 4. 환기방법에 따른 미세먼지 농도 변화(삼겹살)
 Table 4. Change of particulate matter concentration by ventilation method(pork belly)

Type of ventilation	Natural ventilation	Range hood 1 st stage	Range hood 2 stage
PM2.5 concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	92	136	94

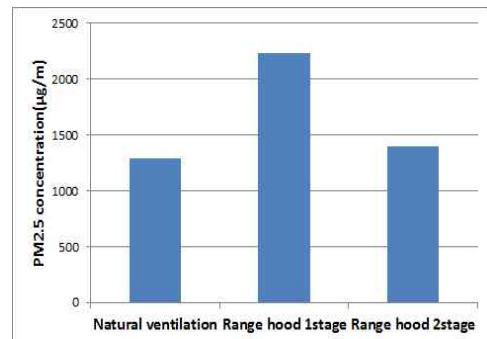


그림 3. 환기방법에 따른 미세먼지 농도변화(삼겹살)

Figure 3. Change of particulate matter(PM2.5) concentration by ventilation method(pork belly)

실험 결과를 기초로 하여, 분석하여 보면 다음과 같다.

1. 삼겹살에 비해, 고등어의 미세먼지 수치가 월등히 높게 나타나고 있다. 이는 고체상태인 포화지방과는 달리 불포화지방은 액체상태라 낮은 온도에서도 쉽게 휘발될 뿐 만 아니라, 고등어의 경우 전체 지방의 70-80%정도가 불포화지방이고 삼겹살은 50% 정도이므로, 삼겹살에 비하여 고등어의 경우가 미세먼지 발생 수치가 훨씬 높은 것으로 판단된다. 특히, 음식을 태웠을 때와 아닌 경우에도 미세먼지의 농도차가 매우 크게 나타났다. 고등어의 경우, 태우지 않았을 경우와 태웠을 경우 차이는 약 2.98배 차이가 났다. 따라서 음식을 태우지 않는 것이 요리 시 미세먼지 감소에 좋을 것으로 판단된다.

2. 고등어 및 삼겹살 조리시 모두 자연환기 상태가 미세먼지 농도에 있어서 최소치를 보이고 있으며, 레인지 후드를 2단으로 작동하는 경우의 미세먼지 농도와 비슷한 값을 보이고 있다. 반면, 레인지 후드를 1단으로 작동하는 경우가 미세먼지 농도의 최고치를 보이고 있다. 이는 현재 주방에 설치되어 있는 레인지 후드의 경우 조리시 발생하는 미세먼지를 배출하기에는 용량이 부족하여 제 기능을 못하고 있는 것으로 판단되며, 또한 실내(주방)에 부압(-압)이 너무 크게 되면 레인지 후드의 배기 성능이 저하되기 때문에 레인지 후드에 의하여 배기되는 풍량만큼 외부로부터 공기가 공급되어야 할 것이다. 이러한 외부공기의 유입방법에 따라서도 미세먼지의 배출 성능에 큰 영향을 줄 것이다. 따라서, 미세먼지의 더 큰 감소를 위해서는 조리시 레인지 후드를 이용한 환기와 자연환기를 병행하는 것이 그 효과가 클 것이다. 특히, 현재 우리나라 주택의 주방에 설치되어 있는 레인지 후드 전반에 대한 점검이 이루어져야 할 필요가 있으며, 주방의 규모 및 조리기구의 용량에 따라 적정 레인지 후드를 설치하는 등 환기시스템에 대한 설치기준의 보급이 필요하다고 판단된다.

3. 환경부 기준 51 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ 이상은 미세먼지(PM2.5) 예보 등급 '나쁨'에 해당한다. 고등어의 실험결과 자연 환기를 했을 때 가장 수치가 낮게 나타났으나 환경부 권고 수치보다 약 25.29배, 삼겹살의 경우에도 자연 환기를 했을 때 가장 수치가 낮게 나타났으나 환경부 권고 수치보다 약 1.80배 차이가 나타났다. 따라서, 공동주택

설계시에도 조리시 미세먼지량을 최소화 할 수 있는 자연환기량을 고려한 설계가 되어야 할 것이다.

표 5. 규격별 레인지 후드 성능평가항목
Table 5. Range hood performance evaluation items by Standard

	국가기술표준원	한국설비기술협회	한국공기청정협회
성능평가항목	외곽치수 최대유효면적 전원 전선의 길이 질량 순환공기의 부피 측정 기름흡착률 악취추출법 연소기구 불꽃의 유효성 유지성 기타 특성	풍량 소음 소비전력	풍량 소음 소비전력 기름흡착률 재료

4. 국내 공동주택 주방의 환기시설은 자연환기 뿐만 아니라 레인지 후드에 의한 환기 역시 미세먼지를 환경부 기준보다 초과하는 등 제 기능을 제대로 하지 못한다고 판단되며 시설에 대한 재검토가 요구된다.

특히, 환기시설의 주요 시설로 채택되고 있는 레인지 후드에 대한 규격 및 제도가 매우 미비한 것으로 판단된다. 현재 국내에서 시판중인 레인지 후드의 경우, 단순한 환풍기로 분류되어 배기설비의 일환으로 규정되어 있으며, 레인지 후드의 배기 성능 및 효율 등에 대한 규정이 없이 성능 측정 방법 중심이 규격들이 있을 뿐이다. 'KS C IEC 61591 가정용 레인지 후드 및 기타 조리용 연기 추출기-성능 측정 방법(제정 : 2002년, 개정 : 2015년)'[8]에서는 시험 항목으로 외곽치수, 최대 유효면적, 전원 전선의 길이, 질량, 순환 공기의 부피 측정, 기름 흡착률, 악취 추출법, 연소 기구 불꽃의 유효성, 유지성, 기타 특성 등이 있으며, 그밖에 한국설비기술협회에서 인증사업을 위하여 규정한 단체표준 'SPS-KARSE B 0037-0199-레인지 후드(제정 : 2004년, 개정 : 2015년)'[9]와 한국공기청정협회에서 규정한 'SPS-KACA016-146-주거용 주방환기(제정 : 2004년, 개정 : 2015년)'[10] 등이 있다. 이 규격들 역시 KS C IEC 61591에서 제시하고 있는 성능 항목과 유사한 항목을 적용하고 있는 상황이며, 국내 규격중에는 연소시 발생하는 오염물질의 배출에 대한 기준을 제시하고 있는 규정은 없는 실정이다.

IV. 결론

본 연구에서는 주방조리시 발생하는 미세먼지의 농도를 음식의 종류 및 환기 방법에 따라 측정하고 분석하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 포화지방이 많이 함유된 삼겹살에 비해, 불포화지방이 많이 함유된 고등어의 미세먼지 농도가 월등히 높았다. 특히, 음식을 태웠을 경우와 태우지않은 경우에도 미세먼지 농도에 큰 차이가 나타났으며, 고등어의 경우 약 2.98배 차이가 났다. 따라서 음식을 태우지 않는 것이 조리시 미세먼지 감소에 도움이 되는 것으로 판단된다.

2. 자연환기 상태가 레인지 후드를 작동하는 것보다 미세먼지 농도 감소에 더욱 효과가 큰 것으로 나타나며, 더 큰 감소 효과를 위해서는 레인지 후드를 이용한 환기와 자연환기를 동시에 하는 것이 바람직하다고 판단된다.

3. 현재 주방에 설치되어 있는 레인지 후드는 조리시 발생하는 미세먼지를 배출하기에는 용량이 부족하여 제 기능을 못하는 것으로 판단된다. 따라서 현재 우리나라 주택의 주방에 설치되어있는 레인지 후드 전반에 대한 점검이 이루어져야 필요가 있으며, 주방의 규모 및 조리기구의 용량에 따라 적정 레인지 후드를 설치할 수 있도록 설치기준의 보급이 필요하다고 판단된다.

4. 국내 레인지 후드에 대한 관련 규격에 있어서 주로 성능측정방법을 규정하고 있으며, 레인지 후드의 가장 중요한 성능인 배기성능 및 효율에 대한 규정은 매우 미흡하다. 따라서 레인지 후드에 대한 관련 규격 및 제도의 정비가 필요하다고 판단된다.

the Total Environment, Vol. 408, Issue 4, pp. 754-759, 2010

- [4] K.M. Kang, "Analysis of Size-resolved Indoor Particles from Cooking Activities", Spring Conference Proceedings of the Architectural Insititute of Korea, Vol. 37, No. 1, pp. 481-482, 2017
- [5] H.K. Kim etc., "Measurement of particulate matter(PM2.5) and risk assessment on cooling condition", Fall Conference Proceedings of the Architectural Insititute of Korea, Vol. 36, No. 2, pp. 1383-1384, 2016
- [6] Ministry of Land, Infrastructure and Trasport, 'Regulations on facilities Standards of Buildings', 2017
- [7] Ministry of Environment, "Enforcement Decree of Environmental Policy Basic Law", 2011
- [8] Korea Agency for Technology and Stanadrds, 'KSC IEC 61591-Household range hoods and other cooking fume extractors-Methods for measuring performance', 2015
- [9] Korea Facilities Technology Association, 'SPS-0199-0037-Range hoods',2015
- [10]Korea Air Cleaning Association, 'SPS-KACA016-146-Range hood', 2015

References

- [1] Y.S. Kim, "Indoor Air Quality and Problems in Korea"J. Korean Society for Health Education and Promotion", pp. 3-18, 2000
- [2] K.M. Kim, "Indoor Air Pollution Satus and Tasks Due to Food Cooking", NARS, No.1178, 2016
- [3] H. Kim etc., "Asian Dust Storm and pulmonary function of school children in Seoul", Science of