

국내 요식업 작업환경의 호흡기 유해인자 노출 연구

차원석* · 김은영

근로복지공단 직업환경연구원

A Study on Exposure of Respiratory Hazard Factors in Food Service Workplace

Won-Seok Cha* · Eun-Young Kim

Institute of Occupation Environment, Korea Workers' Compensation and Welfare Service

ABSTRACT

Objectives: In this study, we assessed respiratory hazards in the working environment as the work-relatedness of occupational diseases were examined.

Methods: The subjects of the study were three Korean meat roasting restaurants, one Chinese restaurant, and two cafeterias. Measurement items were total dust, respirable dust, fine dust (PM_{2.5}), PAHs, TVOCs, temperature, humidity, carbon monoxide, carbon dioxide, and nitrogen dioxide.

Results: The concentration of total dust and respiratory dust in the restaurant was low. Most PAHs were undetectable, but some Naphthalene and Acenaphthylene was detected. Thirteen kinds of PAHs were detected in one sample of roasted meat, and Benzo(a)pyrene was 1.496 µg/m³. PM_{2.5}, TVOCs, CO, and CO₂ were instantaneously high, but the average concentration was low. NO₂ was not detected.

Conclusions: The results show that harmful substances such as PM_{2.5}, PAHs, CO, and TVOCs were generated in the air in the catering industry. When roasting meat, Benzo(a)pyrene, a carcinogen related to lung cancer, was generated among PAHs. Lung cancer can occur when working for a long time in such a working environment. Therefore, it is necessary to improve the working environment for the health of restaurant workers, and it is necessary to evaluate the concentration of harmful substances by cooking method through further research.

Key words: food service worker, lung cancer, PAHs, respiratory hazard factor

I. 서 론

국내 식품산업 중 음식료품제조업 및 요식업은 삶의 질 향상에 따라 꾸준히 성장하여 2013년 기준 156조 8701억 원으로 지난 10년간 약 70%의 성장을 보였다. 식품산업의 성장에 힘입어 요식업 또한 매년 꾸준히 증가하는 추세를 보이는데, 2013년 기준 노동자수 10인 이상의 사업체 수는 약 63만 개이며, 노동자수는 약 182만 명, 매출액은 79조에 달한다(AT, 2015).

이러한 요식업은 한식 음식점업, 중식 음식점업 등으로 나눌 수 있는데 대부분은 한식 음식점 업으로 노동자는 약 30만 명으로 88%를 차지하고, 그 다음이 중식


음식점업 노동자가 약 2만 명으로 6%, 기관 구내식당업 노동자가 약 7천 명으로 2% 등으로 나타났다. 국내 요식업계의 경영실태 조사 결과 대부분의 음식점은 업종 전환을 하지 않았으며(96.6%), 노동자들은 관련자격증 취득, 전망 등의 이유로 동일한 업종에서 장기간 근무하는 경향을 보였다(AT, 2015; KREI, 2016).

한편 산업재해보상보험법 시행령 2조에 따라 1인 이상 사업장의 경우 산업재해보상보험 가입 대상 사업장이며 이는 요식업도 포함된다. 최근 산업재해에 대한 인식이 확산됨에 따라 요식업에서도 산업재해보상보험의 가입률이 증가하고 있으나(KOSIS 2017), 요식업 작업환경에서 발생하는 유해인자에 대한 연구는 부족한 실정이다.

*Corresponding author: Won-seok Cha, Tel: 032-540-4979, E-mail: aromaticwind@gmail.com

2F Incheon labor & Welfare Complex, 478, Munemi-ro, Bupyeong-gu, Incheon 21417

Received: March 3, 2020, Revised: March 24, 2020, Accepted: March 30, 2020

 Won-Seok Cha <http://orcid.org/0000-0002-6453-4891>

 Eun-Young Kim <http://orcid.org/0000-0003-4881-1470>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

요식업의 작업환경에는 다양한 오염원으로부터 배출되는 유해인자들이 존재하며, 요식업 노동자들이 노출될 수 있는 유해인자에는 다핵방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs), 일산화탄소, 질소산화물, 총 휘발성 유기화합물(Total Volatile Organic Compounds, TVOCs), 미세먼지 등이 있다.

PAHs는 미국 환경보호국(Environmental Protection Agency, EPA)에서 16종을 지정하여 주기적으로 모니터링을 해야 하는 발암물질로 지정했으며(EPA, 1997), 폐암 발암물질로도 잘 알려져 있다(IARC, 2010). 요식업 노동자들이 노출될 수 있는 유해인자 중 PAHs는 다양한 환경(석탄, 산림 화재, 자동차 등)에서 발생할 수 있는데 인체 유해성이나 독성이 매우 높은 물질이다(Bekaert et al., 1999; Bispo et al., 1999; Okuda et al., 2004; Reinik et al., 2007; Bowa et al., 2009; Snyder et al., 2019), 육류를 불에 굽거나 튀기는 등의 작업에서 입자상 및 가스상 물질의 형태로 발생할 수 있다(Martorell et al., 2010; Onyango et al., 2012; Park et al., 2015; Lee et al., 2016; Kim & Lim, 2017).

TVOCs는 각종 식자재에서 자연적으로 발생하거나 음식을 튀기는 과정에서 발생할 수 있다. 육류의 높은 지방 함유는 가열하거나 산화되어 휘발성 및 반 휘발성 유기화합물을 생성할 수 있다(Kim & Lee, 2012). 일산화탄소는 연료의 불완전 연소에 의해 발생되는데, 헤모글로빈에 대한 친화도가 산소에 비해 높아 쉽게 중독되며(Turner et al., 1999), 헤모글로빈과 결합하여 심장, 뇌, 폐 등과 같이 산소요구량이 높은 기관은 쉽게 조직이 손상된다(EPA, 2010).

질소산화물은 주로 화석연료의 불완전 연소에 의해 발생되는데, 대기 중에서 수산화라디칼과 반응하여 질산을 생성하며, 광화학반응에 의해 오존을 생성한다(Chen et al., 2007). 미세먼지는 생선이나 조류 등을 굽는 과정에서 발생할 수 있는데(Froning et al., 1969; Oliveira et al., 2017). 입자 표면에 가스상 물질 혹은 탄소 성분 등을 부착하고 있는 경우가 대부분이어서 인체에 악영향을 미칠 수 있다. 0.1~1 μm 입자들은 폐포까지 도달하여 가스교환 시 모세혈관에 독성 물질들을 전달하여 심혈관계 질환에도 영향을 미칠 수 있는데, 육류를 굽는 과정에서 발생하는 미세먼지의 대부분은 PM_{2.5} 이하로 나타났다(Park et al., 2015).

이러한 여러 연구 결과를 검토하면 요식업 작업환경

에서 다양한 유해인자들이 발생함을 알 수 있다. 그러나 요식업에서 발생하는 유해인자의 노출 및 그 농도에 관한 연구는 거의 진행된 바 없으며, 법적 작업환경측정 또한 진행되고 있지 않은 실정이다. 게다가, 요식업 노동자들이 꾸준히 증가하고 있으며, 최근 근로복지공단 직업환경연구원에 요식업 노동자의 역학조사가 의뢰되고 있다.

이에 요식업 노동자들에 대한 작업환경평가를 통해 요식업의 업무상질병 역학조사 및 작업환경 개선의 기초자료로 활용하고자 본 연구를 실시하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 요식업 노동자의 수가 많은 한식 음식점업, 중식 음식점업, 기관 구내 식당업을 연구대상으로 하였다. 이 중 한식 음식점업은 매우 다양하기에, 노동자의 비율이 높으며, 상대적으로 유해인자 발생이 잘 알려진 육류구이 음식점 3개소(A, B, C), 중식 음식점업(중국음식점) 1개소(D), 기관 구내식당업(급식소) 2개소(E, F)를 선정하였다.

육류구이 음식점 2개소(A, B)는 국내 울산 소재로 돼지 막창(rectum)을 취급하며, 1개소(C)는 고기 종류로 돼지 삼겹살(pork)을 취급하였다. 음식점 A와 B는 유사한 형태인데 음식점 B의 크기 및 규모가 조금 더 큰 형태였다. 음식점 A의 크기는 홀 30평, 주방 10평 정도로 주방 내 구이를 하는 곳이 따로 마련되어 있었으며, 측정 당일 손님은 약 150명, 판매한 막창의 양은 약 30 kg 정도였다. 음식점 B의 크기는 홀 50평, 주방 20평 정도이며 주방 내 구이(grill)를 하는 곳이 따로 마련되어 있었으며, 측정 당일 손님은 약 70명, 판매한 막창의 양은 약 10 kg 정도였다. 음식점 C의 경우 전체 크기는 100평이 넘는 큰 형태였으나, 각 방이 문으로 분리되어 있는 형태로 손님이 식사하는 방 1개의 내부 2곳에서 측정하였다. 방의 크기는 약 6평, 음식점 내 주방의 크기는 4평 정도로 좁았다. 측정 당일 손님은 20명 정도 단체손님이었으며, 판매한 돼지 삼겹살의 양은 약 5 kg 정도였다. 사업주와 5명 내외의 노동자가 하루 평균 7시간 근무(17시~24시)하나 판매시간은 그보다 짧았다. 작업형태는 구이, 홀 서빙, 재료 준비, 찌개 등으로 업무가 다양하나 노동자 별로 정확하게 업무분장이 되어 있지는 않았다. 홀과 주방(kitchen), 계산대(counter) 등이 개방되어 있어 고기구이 시 발생하는 물

질들이 비산되었으며, 환기시설이 천장에 설치되어 있었는데, 냉/난방 등의 이유로 문을 닫아 놓기에 환기가 잘 되지 않았다.

중국음식점 1개소(D)는 국내 인천 소재로 사업주와 5명 내외의 노동자가 계산, 홀 서빙, 음식조리, 주차안내 등의 업무를 수행하였다. 음식점 D의 크기는 1층 20평, 2층 10평, 주방이 5평 정도였으며, 측정 당일 손님은 약 50명이고 대부분 면 요리(짜장면, 짬뽕 등)를 판매하였다. 주방장, 주방보조의 2인 요리를 하였으며, 주문이 들어오면 요리하는 형태로 동시에 여러 요리를 하는 특징이 있었다. 하루 평균 8시간(12시~20시) 근무하나 판매시간은 그보다 짧았다. 홀과 계산대 등은 청결하며 환기가 잘 되고 있으며, 주방에는 화로(brazier) 위에 후드가 설치되어 있었다.

기관구내식당은 국내 해남(E), 거제(F) 소재 급식소 각각 1개소로 식단과 청결관리 등을 담당하는 영양사(1명)와 조리업무를 수행하는 조리사(5명 이하)가 근무하였다. 급식소 E의 크기는 식사를 하는 홀이 50평, 조리실은 약 20평 정도였다. 측정 당일 140인분을 조리하였는데, 식단은 차조밥/아욱된장국/오이양파무침/등심 돈가스/과일 샐러드였다. 급식소 F의 크기는 식사를 하는 홀이 약 8평, 조리실은 약 4평 정도였다. 측정 당일 오전 10인분/점심 20인분 조리하였는데, 오전 식단은 흰쌀밥/미더덕된장찌개/계란찜/숙주무침/고등어구이/김/김치였고, 점심 식단은 흰쌀밥/김치콩나물국/두부조림/오이무침/삼겹살 구이(5 kg)/김치였다. 하루 근무시간은 업무에 따라 달랐는데, 식사 시간(아침, 점심, 저녁)에 맞추어 요리하는 특징이 있었으며, 조리 소요되는 시간은 1시간 내외로 그 외 시간에는 휴식을 취하거나 퇴근하기도 하였다. 조리는 화로(brazier), 전처리(pre-treatment), 세척(wash), 재료준비대(preparation) 등에서 나눠서 수행하였다. 기관

구내식당의 경우 식단이 정해져 있어 조리 시 발생하는 유해물질의 종류와 농도가 음식의 종류에 따라 변하는 특징이 있었다. 또한 대형 구내식당의 경우 업무가 세분화되어 있었으나, 본 연구에서 방문한 사업장들은 조리사별 업무가 나뉘어져 있지 않았다. 청결이 매우 중요하여 본청 등의 상위기관에서 식재료와 청결 상태를 직접 체크하며 관리하였으며, 식사 전/후 전체 환기를 실시하고 후드 등의 국소배기시설과 손 소독기, 신발세척기 등의 위생시설이 설치되어 있었다.

2. 연구 방법

측정항목은 총 분진, 호흡성 분진, PM_{2.5}, 온도, 습도, 일산화탄소, 이산화탄소, TVOCs, 이산화질소의 가스상 물질 및 PAHs에 대해 실시하였다. 총 분진, 호흡성 분진, PAHs는 개인시료로 측정하였고, 그 외의 항목은 노동자들이 근무하는 주방, 홀 등에서 지역시료로 측정하였다. 측정시간은 음식점 A, B는 17시부터 24시, C는 16시부터 21시까지 측정하였고, 음식점 D는 12시부터 19시, 급식소 E는 15시부터 19시(석식), F는 09시부터 13시(중식)까지 측정하였다.

총 분진의 측정 및 분석은 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) method 0500, 호흡성 분진은 #0600, PAHs는 #5515에 준하여 실시하였으며 PM_{2.5}는 디지털 분진측정기(AM520, TSI Inc., USA)를 이용하여 측정하였다.

온도, 습도, 일산화탄소, 이산화탄소의 농도는 실시간 대기측정기(7545, TSI Inc., USA), TVOCs와 이산화질소의 측정은 실시간 다중가스측정기(Yes-plus, Critical Environment Tech, Canada)를 이용하여 측정하였다.

SPSS/PC(Statistical package for social science;



(a) Roasting meat restaurant



(b) Chinese restaurant



(c) Cafeteria

Figure 1. Work environment of restaurant

window version 18.0, IBM analytics, USA)를 이용하여 공기 중 총 분진 농도와 호흡성 분진 농도가 업종, 요리재료, 사용연료, 조리법과 정규분포 여부를 검증(Kolmogorov-Smirnov 검증)한 결과, 업종에서는 중국 음식점, 기관구내식업, 요리재료에서는 막창, 면 요리, 조리법에서는 볶음이 정규분포를 하였다. 호흡성 분진 농도의 정규분포 여부를 검증한 결과, 업종에서는 육류구이업, 기관구내식업에서 정규분포를 하였으며, 요리재료에서는

막창요리가 정규분포를 하였다. 정규분포를 하는 총 분진, 호흡성 분진 농도의 경우 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)과 T-test를 실시하였다.

III. 결 과

1. 총 분진, 호흡성 분진, PAHs 농도

Table 1은 연구대상 6개 음식점의 공기 중 총 분진, 호

Table 1. The results for the concentration of total dust, respirable dust, and PAHs in restaurant

Site	Measuring point	Sampling time (min)	Total dust (mg/m ³)	Respirable dust (mg/m ³)	PAHs(μg/m ³) [*]															
					NAP	ANL	ANE	FLU	PHE	ANT	FLT	PYR	BAA	CHR	BBF	BKF	BAP	BGP	DAH	ICP
A	Counter	403	0.07	0.05	- [†]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hall	399	0.14	0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kitchen(left)	382	0.37	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kitchen(right)	399	0.33	0.24	-	-	-	-	-	-	-	-	0.60	0.45	-	-	-	-	-	-
	Grill	380	0.65	0.31	1.01	9.07	4.33	1.44	1.05	0.81	1.62	0.76	0.93	782.44	3.72	1.36	2.14	-	-	-
	Outdoor	402	0.05	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Counter	382	0.08	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Hall	359	0.12	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Kitchen(left)	388	0.23	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Kitchen(right)	392	0.15	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Grill	399	0.45	0.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Outdoor	398	0.07	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C	Counter	198	0.03	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Kitchen	200	0.07	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Room(left)	206	0.87	0.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Room(right)	203	0.81	0.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Outdoor	199	0.04	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D	Counter	430	0.02	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Kitchen(1st floor)	445	0.04	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Kitchen(2nd floor)	440	0.04	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Hall(1st floor)	442	0.03	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Hall(2nd floor)	445	0.02	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Outdoor	430	0.01	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E	Hall	235	0.10	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Brazier	237	0.10	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.37	0.47	-	-	-	-	
	Pre-treatment	235	0.03	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.37	1.37	-	-	-	-	
	Wash	234	0.12	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
F	Hall	235	0.05	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Brazier	234	0.37	0.15	0.91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Preparation	235	0.19	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Foodstuff	234	0.07	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Pre-treatment	235	0.04	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Outdoor	237	0.04	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

^{*}PAHs : NAP(Naphthalene), ANL(Acenaphthylene), ANE(Acenaphthene), FLU(Fluorene), PHE(Phenanthrene), ANT(Anthracene), FLT(Fluoranthene), PYR(Pyrene), BAA(Benzo(a)anthracene), CHR(Chrysene), BBF(Benzo(b)fluoranthene), BKF(Benzo(k)fluoranthene), BAP(Benzo(a)pyrene), BGP(Benzo(ghi)perylene), DAH(Dibenz(a,h)anthracene), ICP(Indeno(1,2,3-cd)pyrene)

[†]- : < limit of detection(LOD : NAP, 0.55; ANL, 0.62; ANE, 0.68; FLU, 0.14; PHE, 0.23; ANT, 0.23; FLT, 0.28; PYR, 0.12; BAA, 0.07; CHR, 0.02; BBF, 0.24; BKF, 0.02; BAP, 0.08; BGP, 0.12; DAH, 0.22; ICP, 0.09)

흡성 분진, PAHs 농도를 나타낸 것이다.

육류구이 사업장 3개소의 총 분진 농도는 평균 0.27 mg/m³, 호흡성 분진 농도는 평균 0.16 mg/m³이었으며, 중국 음식점의 총 분진 농도는 평균 0.03 mg/m³, 호흡성 분진 농도는 평균 0.02 mg/m³이며, 급식소 2개소의 총 분진 농도는 평균 0.10 mg/m³, 호흡성 분진 농도는 평균 0.10 mg/m³이었다.

육류구이 사업장 A에서는 구이 작업 시 공기 중 Naphthalene 농도가 1.01 µg/m³, Acenaphthylene 9.07 µg/m³, Acenaphthene 4.33 µg/m³, Fluorene 1.44 µg/m³, Phenanthrene 1.05 µg/m³, Anthracene 0.81 µg/m³, Fluoranthene 1.62 µg/m³, Pyrene 0.76 µg/m³, Benzo(a)anthracene 0.93 µg/m³, Chrysene 782.44 µg/m³, Benzo(b)fluoranthene 3.72 µg/m³, Benzo(k)fluoranthene 1.36 µg/m³, Benzo(a)pyrene 2.14 µg/m³, 검출되었고, Benzo(ghi)perylene, Dibenz(a,h)anthracene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene는 불검출되었다. A의 2번째 주방에서 Benzo(b)fluoranthene가 0.60 µg/m³, Benzo(k)fluoranthene가 0.45 µg/m³ 검출되었다. 이 외 PAHs는 불검출이었다.

중국음식점의 공기 중 PAHs는 모두 불검출로 나타났으며, 급식소 E의 조리대에서 Benzo(b)fluoranthene 농도가 1.42 µg/m³, Benzo(k)fluoranthene 농도가 0.47 µg/m³, 화로에서 Benzo(b)fluoranthene가 1.37 µg/m³, Benzo(k)fluoranthene가 1.37 µg/m³ 검출되었으며, 급식소 F 조리대에서 Naphthalene 농도가 0.927 µg/m³ 검출되었다. 이 외 PAHs는 불검출이었다.

2. PM_{2.5} 농도

Table 2는 연구대상 6개 음식점의 공기 중 PM_{2.5}의 농도를 나타낸 것이다. 디지털 분진 측정기(AM 520)이 1대

였기에 유해물질의 발생이 가장 많을 것으로 판단되는 곳에서 측정을 실시하였다. 육류구이 음식점 중 A, B는 고기를 굽는 홀에서 측정하였으며, C는 방 내부 고기를 굽는 화로 주변에서 측정하였다. 중국음식점 D는 1층 주방, 급식소 E와 F는 화로 주변에서 측정하였다.

육류구이 음식점 3개소의 PM_{2.5} 농도는 평균 0.66 mg/m³이었는데, 막창을 취급하는 A, B는 높지 않았다. 그러나 C는 삼겹살을 구울 때 급격하게 증가하는 것을 확인하였는데, 화로 바로 옆에서 측정하였기에 높게 나타난 특징이 있다. 중국음식점의 농도는 평균 0.03 mg/m³으로 탕수육 등 튀김요리를 할 때 다소 증가하는 경향을 나타냈다. 급식소 2개소의 농도는 평균 0.05 mg/m³이었는데, 급식소 E는 돈가스를 튀길 때 다소 증가하는 경향을 보였고, 급식소 F는 고등어와 삼겹살을 구울 때 급격하게 증가하는 경향을 나타냈다.

3. 온·습도, CO, CO₂, TVOCs, NO₂ 농도

Table 3은 연구대상 6개 음식점의 온/습도, CO, CO₂, TVOCs, NO₂를 측정된 것이다. 육류구이 음식점의 측정 온 고기를 굽는 홀에서 실시하였으며, 중국음식점과 급식소의 측정은 주로 요리를 수행하는 주방에서 측정하였다.

육류구이 음식점 3개소의 온도는 평균 25.87℃이며, 습도는 평균 48.25%이었다. CO농도는 평균 7.36 ppm, CO₂의 농도는 평균 888.98 ppm이었다. NO₂는 모두 검출되지 않았으며, TVOCs는 C음식점에서 검출되었는데, 농도는 평균 2.32 ppm이었다. 중국음식점의 온도는 평균 26.15℃이며, 습도는 평균 57.07%였다. CO의 농도는 평균 3.80 ppm, CO₂의 농도는 평균 669.34 ppm이었다. NO₂는 검출되지 않았으며, TVOCs의 농도는 평균 1.67 ppm으로 나타났다. 급식소 2개소의 온도는 평균 26.20℃이며, 습도는 평균 36.44%였다. CO농도는 평균

Table 2. The results for the concentration of PM_{2.5} in restaurant (Unit : mg/m³)

Site	Measuring point	Sampling time(Min)	Range	Mean*	SD [†]
A	Grill	372	0.03~4.54	0.27	0.45
B	Grill	390	0.07~4.66	0.51	0.62
C	Brazier	199	0.12~4.09	1.68	1.28
D	Kitchen(1st floor)	437	0.01~0.36	0.03	0.04
E	Brazier	229	0.01~0.03	0.01	0.00
F	Brazier	223	0.01~3.03	0.06	0.23

*Mean : Arithmetic mean

†SD : Standard deviation

Table 3. The results for the concentration of temperature, humidity, CO, CO₂, NO₂^{*}, and TVOCs in restaurant

Classification	Site	Measuring point	Sampling time(Min)	Range	Mean	SD
Temperature [†]	A	Hall	356	25.80~28.60	27.45	0.68
	B		363	23.20~27.70	25.32	1.11
	C	Room	216	22.00~27.20	23.68	0.92
	D	Kitchen(1st floor)	436	22.30~27.40	26.15	1.27
	E	Brazier	212	24.60~31.90	28.15	1.66
	F		225	16.40~30.10	25.20	6.35
Humidity [†]	A	Hall	356	25.30~46.60	37.84	4.31
	B		363	45.50~60.40	52.96	2.47
	C	Room	216	48.50~75.30	60.66	7.15
	D	Kitchen(1st floor)	436	50.90~72.90	57.07	5.36
	E	Brazier	212	29.00~63.10	40.67	9.67
	F		225	24.40~73.10	34.27	9.33
CO [§]	A	Hall	356	0.90~22.10	4.71	4.17
	B		363	1.50~19.60	6.25	4.53
	C	Room	216	8.50~34.10	14.81	7.98
	D	Kitchen(1st floor)	436	2.90~12.20	3.80	0.92
	E	Brazier	212	1.10~4.60	2.10	0.76
	F		225	0.00~135.90	8.80	20.01
CO ₂ [§]	A	Hall	356	436~1187	642.01	192.40
	B		363	437~1155	733.51	218.09
	C	Room	216	758~2183	1678.43	372.81
	D	Kitchen(1st floor)	436	441~969	669.34	91.17
	E	Brazier	212	433~1289	679.69	165.79
	F		225	393~4738	882.07	670.81
TVOCs [§]	A	Hall	356	ND	ND	ND
	B		363	ND	ND	ND
	C	Room	216	1.71~3.57	2.32	0.28
	D	Kitchen(1st floor)	436	1.03~4.22	1.67	0.67
	E	Brazier	212	0.67~3.35	1.23	0.38
	F		225	0.15~7.01	0.88	0.95

*NO₂ : Not Detected(ND)

†Temperature(Unit) : °C

†Humidity(Unit) : g/m³§CO, CO₂, TVOCs(Unit) : ppm

6.54 ppm이며, CO₂의 농도는 평균 812.87 ppm이었다. NO₂는 모두 검출되지 않았으며, TVOCs의 농도는 평균 1.00 ppm으로 나타났다.

4. 업종에 따른 총 분진, 호흡성 분진 농도 비교

Table 4는 연구대상 3가지 업종의 총 분진, 호흡성 분진의 평균 농도를 비교한 것이다. 육류구이 음식점(Meat roast), 중국음식점(China food), 급식소(Cafeteria)의

3가지 업종의 평균 농도 비교에서는 육류구이 음식점, 급식소(p=0.036)와 중국음식점의 총 분진 농도가 유의한 차이가 있었으며, 육류구이 음식점(p=0.004) 호흡성 분진의 농도가 다른 업종에 비해 유의하게 높았다.

업종 간 총 분진, 호흡성 분진 모두 육류구이업의 농도가 중국음식점, 기관구내식업의 농도에 비해 유의하게 높으며(p<0.05), 중국음식점과 기관구내식업의 총 분진 농도는 유의한 차이가 없었다.

Table 4. The results for the concentration of total dust and respirable dust according to the type of restaurant (Unit : mg/m³)

Classification	Site	n	AM	SD	p-values*	
					b	c
Total dust	a. Meat roast	17	0.27	0.28	0.002	0.039
	b. China food	6	0.03	0.01		0.115
	c. Cafeteria	10	0.10	0.23		
					F=3.727, p=0.036 [†]	
Respirable dust	a. Meat roast	17	0.16	0.13	<0.001	0.004
	b. China food	6	0.02	0.01		0.067
	c. Cafeteria	10	0.05	0.04		
					F=6.697, p=0.004 [†]	

*Calculated by T-test

[†]Calculated by ANOVA test (Duncan HSD test)

5. 재료, 연료, 조리법에 따른 총 분진, 호흡성 분진 농도 비교

Table 5는 연구대상 3가지 업종을 요리재료, 사용연료, 조리법으로 나누어 총 분진과 호흡성 분진의 평균 농

도를 비교한 것이다. 요리재료는 막창(rectum), 삼겹살(pork), 면(noodle)으로 나누었으며, 사용연료는 LPG와 전기로 나누었으며, 조리법은 구이(roast), 볶음(stir-fry), 튀김(fry)로 나누었다.

Table 5. The results for the concentration of Total dust and respirable dust according to the type of foodstuff, fuel, and recipe (Unit : mg/m³)

Classification	Category	n	AM	SD	p-values*		
					b	c	
Total dust	Foodstuff	a. Rectum	12	0.23	0.19	0.702	
		b. Pork	15	0.19		0.28	0.041
		c. Noodle	6	0.03		0.01	
						F=1.683, p=0.203 [†]	
	Fuel	a. LPG	28	0.14	0.16	0.314	
		b. Electric	5	0.36	0.44		
Recipe	a. Roast	23	0.23	0.25	0.001	0.209	
	b. Stir-fry	6	0.03	0.01		0.246	
	c. Fry	4	0.07	0.05			
					F=2.686, p=0.085 [†]		
Respirable dust	Foodstuff	a. Rectum	12	0.16	0.10	0.195	<0.001
		b. Pork	15	0.09		0.14	0.039
		c. Noodle	6	0.02		0.01	
						F=3.402, p=0.047 [†]	
	Fuel	a. LPG	28	0.09	0.09	0.387	
		b. Electric	5	0.18	0.21		
	Recipe	a. Roast	23	0.14	0.13	<0.001	<0.001
		b. Stir-fry	6	0.02	0.01		0.093
		c. Fry	4	0.03	0.01		
					F=4.282, p=0.023 [†]		

*Calculated by T-test

[†]Calculated by ANOVA test (Duncan HSD test)

요리재료별 총 분진의 평균 농도 차이는 통계적으로 유의하지 않으나, 막창, 삼겹살을 사용하는 경우 면 요리에 비해 총 분진의 농도가 유의하게 높았다($p < 0.05$). 사용연료별 총 분진의 농도는 유의한 차이가 없었다. 조리방법에 따른 총 분진의 농도는 유의한 차이가 없으나, 구이가 튀김에 비해 총 분진의 농도가 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$).

요리재료별 호흡성 분진의 평균 농도 차이는 막창, 삼겹살을 사용하는 경우 면 요리에 비해 유의하게 높으며, 막창과 삼겹살을 사용하는 경우 총 분진의 농도는 유의한 차이가 없었다. 사용연료별 호흡성 분진의 농도는 유의한 차이가 없었다. 조리방법에 따른 호흡성 분진의 농도는 유의한 차이가 없으나, 구이가 다른 작업에 비해 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$).

IV. 고 찰

이번 연구를 통해 요식업에서 발생하는 공기 중 유해물질에 대하여 측정된 결과, $PM_{2.5}$, PAHs, CO, TVOCs 등의 입자상 물질 및 가스상 물질이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

총 분진, 호흡성 분진의 농도는 낮았으며, $PM_{2.5}$ 도 중국음식점과 급식소에서는 낮게 나타났다. 그러나 육류 구이 음식점에서는 많이 발생하였는데, 그 이유는 고기를 구멍이 있는 불판에서 구울 때 고기에 함유된 기름(지방, 단백질, 양념 등)이 불에 떨어지면서 불완전연소되어 연기가 발생하고, 작은 기름 알갱이(유적)이 미세먼지의 형태로 나타나기 때문으로 판단된다. 이러한 미세먼지 발생은 고기의 종류에 따라 달라지는데, 소 내장을 구울 때 가장 높은 미세먼지 발생을 보이며, 생고기, 양념고기 구이 등의 순으로 나타난다(Park et al., 2015). 또한 미세먼지는 튀김요리>구이>볶음요리>삶는 요리>찜 순으로 많이 발생하며(Lee et al., 2001; See & Balasubramanian, 2008), 숯불을 이용한 조리 시 볶음 요리보다 많이 발생하였다(Mcdonald et al., 2003). 이번 연구에서 육류구이 음식점의 $PM_{2.5}$ 농도는 고용노동부 작업장 노출기준은 없으나 환경부 실내공기질 유지기준($0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$)을 초과하는 농도였다. 다만 중국음식점과 급식소는 육류를 튀기거나 볶는 작업이 있었으나, 조리 시간이 1시간 내로 짧아 상대적으로 낮게 나타났다고 판단된다.

PAHs는 고기를 굽거나 섭취할 때 노출될 수 있는데

(Onyango et al., 2012, Park et al., 2015; Lee et al., 2016; Kim & Lim, 2017), 본 연구에서도 PAHs를 측정된 결과 일부 PAHs가 검출되었다. PAHs 농도는 고용노동부 입자상 다환방향족탄화수소(벤젠에 가용성) 기준($0.2 \text{ mg}/\text{m}^3$)과 비교했을 때 낮은 수준이나, 돼지 내장(막창)을 가열하는 근로자에게서 Benzo(a)pyrene을 비롯한 13종의 PAHs가 저 농도로 검출되었는데, 이는 고기를 굽거나 튀길 때 떨어지는 기름과 육질이 타면서 고기 표면과 배기가스에 PAHs를 생성하거나 방출하였다고 판단된다. 고기를 굽는 시간이 길어질수록 발생하는 PAHs의 양이 많아진다는 연구가 있는데(Kang, 2015), 본 연구에서도 근무시간 내내 육류를 굽는 경우 상대적으로 많은 종류의 PAHs가 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

육류를 구우면서 발생하는 PAHs를 분석한 연구에서 폐암 발암물질인 Benzo(a)pyrene이 소고기에서 0.0071 wt%, 돼지고기에서 0.0023 wt% 검출됨을 확인할 수 있으며(Seo et al., 2010), 지방이 많은 식재료를 사용할 경우 삶는 요리보다 튀기거나 굽는 요리에서 Benzo(a)pyrene과 같은 벤젠 고리가 5개 이상인 PAHs가 검출된다는 연구가 있다(Zhu & Wang, 2003). 또한 튀김요리가 구이보다 기름을 많이 쓰고, 요리 온도가 높기 때문에 PAHs 노출수준이 더 높고(Yao et al., 2015), 숯과 같은 고체연료를 사용하여 조리할 경우 입자상 물질과 PAHs의 농도가 높다는 연구(Kuo et al., 2003; Chen et al., 2012; Ding et al., 2012)를 감안하면 장시간 고기를 구울 때 다양한 PAHs가 발생할 수 있다고 판단되며, 이러한 작업환경은 국소배기시설을 설치하는 등의 방법으로 개선할 필요가 있다.

한편 급식소의 경우 노출기준과 비교하면 매우 낮은 수준이지만 Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene 등의 PAHs가 검출되었는데, 육류구이, 튀김 등의 작업을 수행하였기 때문으로 판단된다. 그러나 튀김 등의 요리온도는 $170\sim 180^\circ\text{C}$ 정도로 벤젠 고리가 5개 이상인 PAHs가 기체 상태로 노출되기 위한 온도($280\sim 300^\circ\text{C}$)보다 낮기에 여러 종류의 PAHs가 검출되지는 않은 것으로 판단되며, 급식소는 튀김 요리가 상시 작업이 아니므로 매일 이러한 물질에 노출되지는 않는다. 중국음식점의 경우 모든 시료에서 PAHs가 검출되지 않았는데 면 요리가 대부분이며, 상대적으로 육류를 튀기거나 굽는 작업이 적었기 때문으로 판단된다.

CO와 CO_2 의 경우 음식점 C와 F에서 순간적으로 고

용노동부 노출기준(CO: 30 ppm, CO₂: 5000 ppm)에 육박하거나 초과하는 것을 확인할 수 있었다. 두 음식점 모두 삼겹살 구이작업을 수행하였는데, 육류에서 발생하는 기름 성분이 불과 만나 불완전연소가 발생하였기 때문으로 판단된다. CO와 PM_{2.5}의 발생은 상관관계가 있는 것으로 알려져 있는데(NIER 2008), CO가 높게 발생한 음식점 C에서 PM_{2.5}의 평균 농도가 가장 높았다. 또한 LPG 연료를 사용하는 경우 CO₂의 발생이 많은 것으로 알려져 있는데(Kim et al, 2008), CO₂가 순간적으로 고농도로 발생한 급식소 F에서도 연료로 LPG를 사용하였다. TVOCs의 경우 육류에 함유된 지방이 튀기거나 굽는 등으로 가열될 때 산화되어 발생하는 것으로 알려져 있는데(Kim & Lee, 2012), 막창을 굽는 음식점 A, B에서는 검출되지 않았으나 그 외 음식점에서 저 농도로 발생하였다. VOC는 대기 중에서 광화학 반응을 통해 NO₂가 발생한다는 상관관계에 있으나(Kwak, 2004), 본 연구에서 NO₂는 발생하지 않았다. 이러한 물질은 모두 조리 시 순간적으로 발생하였으며, 농도 변화가 매우 짧은 시간에 이루어지기에 평균 농도는 낮게 나타났다.

요식업은 손님 수, 작업시간 등 다양한 변수에 의해 작업환경이 각각 달라진다. 육류구이 음식점은 고기를 굽는다는 점에서는 유사하나, 본 연구에서 측정된 육류구이 사업장의 경우 모두 국소배기시설이 천정에 설치되어 있어 고기를 구울 때 발생하는 유해물질이 효과적으로 포집되지 못했을 것으로 판단된다. 그러나 국소배기시설이 육류를 굽는 불판에 근접하게 설치된 사업장도 많이 존재하기에 본 연구의 결과를 모든 육류구이 사업장에 적용할 수 없다. 게다가 손님의 수가 가장 많은 주말에 측정하였기에 평일에 비해 상대적으로 높은 농도에서 측정되었다고 볼 수 있으며, 사업장의 크기, 판매하는 고기의 종류 등 변수가 매우 다양하기에 본 연구와 다른 결과가 나타날 수 있다. 중국음식점의 경우 주방에서만 조리를 수행하기에 유해인자의 노출은 주방장, 주방보조 등에 국한될 수 있고, 주방의 환기시설(후드 등)이 더욱 중요할 것으로 판단되며, 급식소의 경우 식단에 따라 취급하는 식재료도 달라지기에 노출되는 유해물질의 종류도 매우 다양하게 변화한다는 특징이 있다. 이러한 연구결과는 조리사들의 전체 작업환경에 대한 평가가 아니며, 식단, 조리방법, 식재료, 조리시간, 식사인원 등에 따라 유해인자의 농도를 체계적으로 평가할 필요가 있다.

요식업의 종류는 매우 다양하기에 본 연구의 결과를

전체 요식업에 대한 작업환경측정 결과로 판단하기에는 큰 한계가 있으나, 본 연구를 통해 요식업 노동자들에게 미세먼지, PAHs, CO 등이 발생하는 것은 확인할 수 있었다. 본 연구의 제한점으로 연구에 포함된 6개의 사업장들은 국내의 모든 요식업 사업장들을 대표할 수 없으며, 채취된 시료 수도 적기에 이번 조사에서 얻어진 측정치를 국내·외 전체 요식업 근로자들의 노출량으로 추정하는 것은 한계가 있다. 추가적인 연구를 통해 음식점 규모별, 요일별, 판매량별 등 국내 다양한 요식업 사업장들의 특성을 반영하여 체계적으로 연구결과를 정리할 필요가 있으며, 그에 따라 요식업 작업환경을 개선할 필요가 있다고 판단된다. 또한 조리 시 발생하는 COF (cooking oil fumes) 및 유기화합물, 음식 조리 외에도 세척할 때 발생하는 소음, 세제에서 발생하는 유기화합물 등 이번 연구에서 다루지 못하였던 많은 유해인자도 확인할 필요가 있다.

V. 결 론

본 연구를 통해 국내 요식업 중 많은 근로자들이 종사하는 육류구이 음식점, 중국음식점, 기관구내식당업 음식점을 대상으로 분진, 미세먼지(PM_{2.5})의 입자상 물질, CO, CO₂, TVOCs 등의 가스상 물질, PAHs를 측정 및 분석한 이번 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 업종 중 육류구이업 사업장의 총 분진 평균 농도는 0.27 mg/m³, 호흡성분진 0.16 mg/m³, 중국음식점 사업장의 총 분진 평균 농도는 0.03 mg/m³, 호흡성 분진 0.02 mg/m³, 기관구내식당 사업장의 총 분진 평균 농도는 0.10 mg/m³, 호흡성 분진 0.10 mg/m³로 나타났다.
2. EPA에서 우선 위험 군으로 설정한 16종의 PAHs 중 Naphthalene과 Acenaphthylene은 일부 검출되었으나, 특히 1개 시료에서 13종의 PAHs가 검출되었는데 폐암 발암물질인 Benzo(a)pyrene가 1.496 µg/m³로 나타났다. 그 외 PAHs 들은 대부분 불검출이었다.
3. 육류구이업 음식점의 미세먼지(PM_{2.5}) 평균 농도는 0.66 mg/m³, 중국음식점 사업장의 평균 농도는 0.03 mg/m³, 기관구내식당 사업장의 평균 농도는 0.05 mg/m³로 나타났다.
4. 업종별로 가스상 물질 중 CO, CO₂, TVOCs를 측정하였는데, 육류구이업 사업장의 CO의 평균 농도는 7.36 ppm, 중국음식점 사업장의 평균 농도는 3.80

ppm, 기관구내식업 사업장의 평균 농도는 6.54 ppm으로 나타났다. 육류구이업 사업장의 CO₂의 평균 농도는 888.98 ppm, 중국음식점 사업장의 평균 농도는 669.34 ppm, 기관구내식업 사업장의 평균 농도는 812.87 ppm으로 나타났다. 육류구이업 사업장의 TVOCs의 평균 농도는 2.32 ppm, 중국음식점 사업장의 평균 농도는 1.67 ppm, 기관구내식업 사업장의 평균 농도는 1.23 ppm으로 나타났다.

5. 업종별 총분진, 호흡성분진의 평균 농도를 비교한 결과 육류구이 음식점에서 유의하게 높게 나타났다. 요리재료, 사용연료, 조리법으로 나누어 평균 농도를 비교한 결과 육류구이 음식점에서 막창, 삼겹살을 굽는 경우 유의하게 높게 나타났으며, 사용연료별 분진 농도의 차이는 없었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 요식업에서 다양한 호흡기 유해인자가 발생하고 있음을 알 수 있었으나, 그 농도는 높지 않았다. 유해인자의 농도는 육류구이 음식점에서 가장 높게 나타났는데, 다양한 유해인자 중에서도 특히 폐암 발암물질이 포함되어 있는 것을 확인 할 수 있었다. 추후 연구를 통해 요식업 중에서도 요식업 작업환경의 특성, 음식종류, 발생물질, 근무시간, 측정요일, 세부작업 등 여러 변수를 체계적으로 나누어 유해인자의 농도를 확인할 필요가 있다.

References

- AT(Korea Argo-Fisheries & Food Trade Corporation). Food industry key indicators. 2015 August[Accessed 2015 August 7]. Available from: <https://www.atfis.or.kr/article/M001040000/view.do?articleId=1739&boardId=3&page=3&searchKey=&searchString=&searchCategory=>
- Alexander DD, Cushing CA. Red meat and colorectal cancer: a critical summary of prospective epidemiologic studies. *Obesity reviews* 2011;12(5):472-493 (<https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2010.00785.x>)
- Aschebrook-Kilfoy B, Ollberding NJ, Kolar C, Lawson TA, Smith SM, Weisenburger DD et al. Meat intake and risk of non-Hodgkin lymphoma. *Cancer Causes & Control* 2012;23(10):1681-1692 (<http://doi.org/10.1007/s10552-012-0047-2>)
- Békaert C, Rast C, Ferrier V, Bispo A, Jourdain MJ et al. Use of in vitro (Ames and Mutatox tests) and in vivo (Amphibian Micronucleus test) assays to assess the genotoxicity of leachates from a contaminated soil. *Org. Geochem* 1999;30:953-962([https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(99\)00079-0](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(99)00079-0))
- Bispo A, Jourdain MJ, Jauzein M. Toxicity and genotoxicity of industrial soils polluted by polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs). *Organic Geochemistry* 1999;30(8): 947-952([https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(99\)00078-9](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(99)00078-9))
- Bostick RM, Potter JD, Kushi LH, Sellers TA, Steinmetz KA et al. Sugar, meat, and fat intake, and non-dietary risk factors for colon cancer incidence in Iowa women (United States). *Cancer Causes & Control* 1994;5(1):38-52
- Bowa OK, Joseph OL, Wandiga OS. Spartial and Seasonal Variations in Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water and Sediment of Kisumu City Bay of Winam Gulf, Lake Victoria-Kenya. *Bull Environ Contam Toxicol* 2009;83(5):734-741 (<https://doi.org/10.1007/s00128-009-9830-5>)
- Chen JW, Wang SL, Hsieh DP, Yang HH, Lee HL. Carcinogenic potencies of polycyclic aromatic hydrocarbons for backyard neighbors of restaurants with cooking emissions. *Science of the Total Environment* 2012;(417-418):68-75(<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.12.012>)
- Chen TM, Kuschner WG, Gokhale J, Shofer S. Outdoor air pollution: nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide health effects. *The American J of the medical sciences* 2007;333(4):249-256
- Conacher HB, Mes J. Assessment of human exposure to chemical contaminants in foods. *Food Additives & Contaminants* 1993;10(1):5-15
- Daniel CR, Schwartz KL, Colt JS, Dong LM, Ruterbusch JJ et al. Meat-cooking mutagens and risk of renal cell carcinoma. *British J of cancer* 2011;105(7): 1096-1104(<https://doi.org/10.1038/bjc.2011.343>)
- Ding J, Zhong J, Yang Y, Li B, Shen G et al. Occurrence and exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and their derivatives in a rural Chinese home through biomass fuelled cooking. *Environmental Pollution* 2012;(169):160-166(<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.10.008>)
- English DR, MacInnis RJ, Hodge AM, Hopper JL, Haydon AM et al. Red meat, chicken, and fish consumption and risk of colorectal cancer. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers* 2004;13(9):1509-1514
- Environmental Protection Agency(EPA). Carbon monoxide acute exposure guideline levels. In: *Acute exposure guideline levels for selected airborne chemicals*. The National Academies Press 8th ed; 2010. p. 49-143

- Environmental Protection Agency(EPA). Code of Federal Regulation, title 40, part 60, subparts D, Da, Db, Dc. Washington DC: 1997 p. 44
- Froning GW, Mather FB, Daddario J, Hartung TE. Effect of automobile exhaust fume inhalation by poultry immediately prior to slaughter on color of meat. *Poultry science* 1969;48(2):485-487 (<https://doi.org/10.3382/ps.0480485>)
- International Agency for Research on Cancer(IARC). IARC monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans; Vol 92. 2010 October[Accessed 2010 October 18]. Available from: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Some-Non-heterocyclic-Polycyclic-Aromatic-Hydrocarbons-And-Some-Related-Exposures-2010>
- Kang YO. Factors that influence formation of polycyclic aromatic hydrocarbons in meat products. Diss. Master Thesis, Dongguk University Seoul, 2015. p. 4-15
- Kim YT, Lee HK, Kang JH, Han SB, Chung YJ, Relationship between CO emission and fuel consumption rate according to used fuels at driving mode. *J of Energy Engineering* 2008;17(4):227-232
- Kim H, Lee SB. Charcoal Grill Restaurants Deteriorate Outdoor Air Quality by Emitting Volatile Organic Compounds. *Pol J of Environ Stud* 2012;21(6):1667-1673
- Kim HK, Lim DY. Emissions of gaseous and particulate polycyclic aromatic hydrocarbons depending on heat cooking methods of meats. *J of the Environment*, 2017;12(1):9-17
- Korea Statistical Information Service(KOSIS). Summary of occupational accident by industry(divisions). 2017 December[Accessed 2017 December 5]. Available from: <http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do>
- Korea Rural Economic Institute(KREI). Restaurant business management survey report. 2016 December [Accessed 2016 December 15]. Available from: <https://www.atfis.or.kr/fip/article/M000010401/vi ew.do>
- Kuo, CY, Hsu YW, Lee HS. Study of human exposure to particulate PAHs using personal air samplers. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2003;(44): 454-459
- Kwak J. A study on the concentration distribution of Volatile Organic Compounds(VOCs) in Busan metropolitan city. *Rep Busan Inst. Health & Environ* 2004;14(2):229-254
- Lee BH, AN YJ, Park DY, Byun GY, Kim KD et al. Characteristics of PAH Occurrence during Meat Cooking. *J of Environmental Science International*. 2016;25(11):1459-1466(<https://doi.org/10.5322/JESI.2016.25.11.1459>)
- Lee SC, Li WM, Chan LY. Indoor air quality at restaurants with different styles of cooking in metropolitan Hong Kong. *Sci. Total Environ* 2001;(279):181-193
- Martorell I, Perelló G, Martí-Cid R, Castell V, Llobet JM et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in foods and estimated PAH intake by the population of Catalonia, Spain: temporal trend. *Environment international* 2010;36(5):424-432(<https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.03.003>)
- McDonald JD, Zielinska B, Fujita EM, Sagebiel JC, Chow JC et al. Emissions from Charbroiling and Grilling of Chicken and Beef. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 2003;(53):185-194.
- Missmer SA, Smith-Warner SA, Spiegelman D, Yaun SS, Adami HO et al. Meat and dairy food consumption and breast cancer: a pooled analysis of cohort studies. *International J of epidemiology* 2002;31(1):78-85(<https://doi.org/10.1093/ije/31.1.78>)
- National Institute of Environmental Research(NIER). Research on yellow dust and fine dust measurement method. 2008 October[Accessed 2008 October 24]. Available from: http://www.prism.go.kr/homepage/origin/retrieveOriginDetail.do;jsessionid=3D3364657D45B264E88CC4FA4CB98114.node02?cond_research_name=&cond_research_start_date=&cond_research_end_date=&cond_organ_id=1480000&research_id=1480000-200800095&pageIndex=131&leftMenuLevel=120
- National Institutes of Occupational Safety and Health (NIOSH). OSHA PEL project documentation: List b CAS number. 1989 January[Accessed 1989 January 19]. Available from: URL: <http://www.cdc.gov/niosh/pel88/630-08.html>
- Onyango AA, Lalah JO, Wandiga SO. The effect of local cooking methods on polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contents in beef, goat meat, and pork as potential sources of human exposure in Kisumu City, Kenya. *Polycyclic Aromatic Compounds* 2012;32(5):656-668(<https://doi.org/10.1080/10406638.2012.725195>)
- Okuda T, Kumata H, Naraoka H, Takadai H. Molecular composition and compound-specific stable carbon isotope ratio of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the atmosphere in suburban areas. *J Geochemical* 2004;38(1):89-100(<https://doi.org/10.2343/geochemj.38.89>)
- Oliveira GMF, Queiroz J, Duarte E, Hoelzemann J, André

- P et al. Characterization of the particulate matter and relationship between buccal micronucleus and urinary 1-hydroxypyrene levels among cashew nut roasting workers. *Environmental pollution* 2017; 220:659-671(<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.024>)
- Park SK, Kim DK, Hwang UH, Lee JJ, Lee Jb et al. Emission characteristics of air pollutants from charbroiling. *J of Climate Change Research* 2015; 6(4):311-318(<https://doi.org/10.15531/ksccr.2015.6.4.311>)
- Reinik M, Tamme T, Roasto M, Juhkam K, Tenno T et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in meat products and estimated PAH intake by children and the general population in Estonia. *Food additives and contaminants* 2007;24(4):429-437(<https://doi.org/10.1080/02652030601182862>)
- Schneider J, Grosser R, Jayasimhulu K, Xue W, Warshawsky D. Degradation of pyrene, benz [a] anthracene, and benzo [a] pyrene by *Mycobacterium* sp. strain RJGII-135, isolated from a former coal gasification site. *Appl. Environ. Microbiol* 1996; 62(1):13-19
- See SW, Balasubramanian R. Chemical characteristics of fine particles emitted from different gas cooking methods. *Atmos. Environ.* 2008;(42):8852-8862 (<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.011>)
- Seo YH, Ko KY, Jang YK. Determination of cholesterol, fatty acids and polyaromatic hydrocarbons in PM10 particles collected from meat charbroiling. *J of KSEE* 2010;32(2):155-164
- Sinha R, Kulldorff M, Curtin J, Brown CC, Alavanja MC et al. Fried, well-done red meat and risk of lung cancer in women (United States). *Cancer Causes & Control* 1998;9(6):621-630
- Sinha R, Chow WH, Kulldorff M, Denobile J, Butler J et al. Well-done, grilled red meat increases the risk of colorectal adenomas. *Cancer Research* 1999; 59(17):4320-4324
- Snyder SM, Pulster EL, Murawski SA. Associations Between Chronic Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Health Indices in Gulf of Mexico Tilefish (*Lopholatilus chamaeleonticeps*) Post Deepwater Horizon. *Environmental toxicology and chemistry* 2019;38(12):2659-2671(<https://doi.org/10.1002/etc.4583>)
- Taylor EF, Burley VJ, Greenwood DC, Cade JE. Meat consumption and risk of breast cancer in the UK Women's Cohort Study. *British J of cancer* 2007; 96(7):1139-1146(<https://doi.org/10.1038/sj.bjc.603689>)
- Turner M, Hamilton-Farrel MR, Clark RJ. Carbon monoxide poisoning: an update. *J Accid Emerg Med.* 1999;16(2):91-103(<https://doi.org/10.1136/emj.16.2.92>)
- Tittlemier SA, Pepper K, Seymour C, Moisey J, Bronson R et al. Dietary exposure of Canadians to perfluorinated carboxylates and perfluorooctane sulfonate via consumption of meat, fish, fast foods, and food items prepared in their packaging. *J of agricultural and food chemistry* 2007;55(8):3203-3210
- Tiemersma EW, Voskuil DW, Bunschoten A, Hogendoorn EA, Witteman BJ et al. Risk of colorectal adenomas in relation to meat consumption, meat preparation, and genetic susceptibility in a Dutch population. *Cancer Causes & Control* 2004;15(3):225-236
- Tostmann A, Bousema T, Oliver I. Investigation of outbreaks complicated by universal exposure. *Emerging infectious diseases* 2012;18(11):1717-1722
- Yao, Z. et al. Characteristics of PAHs from deep-frying and frying cooking fumes. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2015;(22):16110-16120(<https://doi.org/10.1007/s11356-015-4837-4>)
- Zhu. L., Wang. J. Source and patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons pollution in kitchen air, China. *Chemosphere.* 2003;(50):611-618

<저자정보>

차원석(전임연구원), 김은영(전임연구원)