

연구보고서

조리시 발생하는 공기 중 유해물질과 호흡기 건강영향

- 학교 급식 종사자를 중심으로 -

이유진 · 이상길 · 서희경 · 최보화 · 최지형

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요 약 문

연구기간

2019년 1월 ~ 2019년 11월

핵심 단어

조리, 유해물질, 호흡기 건강영향

연구과제명

조리시 발생하는 공기 중 유해물질과 호흡기 건강영향

1. 연구배경

음식업 조리종사자는 2018년 집계 기준 105여만명으로 조리환경의 주요 발암성 인자로 기름조리과정에서 발생하는 조리흡이 국제암기구에서 인간의 발암성 가능물질로 분류하고 있고 기름조리가 많은 중식조리에서 폐암과의 관련성이 역학적으로 최근 긍정적으로 인정되고 있다.

최근 17년 이후 단체 학교 급식조리종사자를 중심으로 일산화탄소 중독사고의 지속적 발생, 호흡기 암 발생가능성 제기 등 40~50대가 주를 이루는 여성 취약집단으로서 사회적 이슈로 부각되고 있으며 그 종사자는 7만여명에 이르고 있다. 그러나 국내 단체급식의 조리환경 내 공기질 환경에 대한 정량적 평가와 명확한 관리기준이 부족하고 조리환경의 건강영향에 대한 정량적 연구가 부족한 실적이다.

2. 연구목적 및 방법

학교 내 단체 급식환경의 공기질 유해물질 노출수준을 정량적으로 확인하고 환기에 대한 사례평가를 통해 공기 내 유해물질 관리 방향을 제시하였다. 사무직군과 단체급식종사자 직군의 혈액 내 면역지표 비교를 통해 조리환경에 의한 건강영향을 평가하였다.

3. 주요 연구결과

[조리 중 발생하는 공기 오염물질 평가]

- 1) 전반적으로 전(계란말이, 스크램블, 삼겹살), 튀김과 같은 기름을 사용하는 요리에서 일산화탄소, 이산화탄소 발생량이 높았으며, 1개소에서 일산화탄소 단시간노출기준 200ppm을 초과하였다.
- 2) PM₁₀의 평균발생량은 측정대상 24개소 중 4개소(17%)에서 현재 실내 공기질 기준(일간 평균 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 초과하였으며, PM_{2.5}의 평균발생량은 총 5개소(20%)에서 초과(일간 평균 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)하였다.
- 3) 전체 조리작업 내·외부 포름알데히드의 평균발생량은 조리환경에서 유의하게 높아 조리환경이나 조리재료에 상관없이 조리환경에서 지속적으로 발생하는 경향을 보였으나, 사무실 오염물질관리 수준(120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)에는 미치지 못하였다.
- 4) 벤젠 및 휘발성 유기화합물의 발생량 차이는 조리실 내 외부 및 조리실 내부 간 차이가 없었으나 일부조리환경에서 사무실 공기질 수준을 초과하였다, 다환방향족 탄화수소(PAHs)는 조리환경에서 외부에 비해 높은 경향을 보였으나 발암성 물질로 알려진 세부 항목은 전반적으로 매우 낮은 수준으로 검출되었으며, 가장 많이 검출되었던 Naphthalene은 발암성 물질보다는 자극성 물질로 알려져 있다.

[환기사례 평가 및 관리방안]

급식실 내 조리 작업 시 환기실태 분석결과, 열원을 포함한 오염물질을 제어하기 위해 상승기류에 유용한 캐노피 후드를 국소배기에 사용하고 있었으며, 창문이나 출입문을 통한 자연환기와 벽면 환풍기를 통해 전체환기가 이루어지고 있었다. 조리과정에서 종사자들이 고온에 노출됨으로써 선풍기나 에어컨을 이용하는 경우가 많고, 창문 개방으로 외기가 유입되어 캐노피 후드에 방해기류로 작용함으로써 배기효율이 낮게 평가되는 곳이 많았다. 또한

캐노피 후드의 개구면과 작업면 사이의 이격 거리가 큰 점도 배기효율 저하에 영향을 미치고 있었으며, 캐노피 후드가 작업자의 머리 위에 위치함으로써 오염물질이 작업자의 호흡영역을 통과한 후 배기되는 문제가 있었다.

[조리환경의 건강영향 평가]

- 1) 사전설문조사결과에서 조리직군의 평균연령은 52.4세였으며 BMI는 정상범위에 있었다. 조리현장에 머무는 평균시간은 6.8시간이었으며 질환 호소건수는 안구건조증이 가장 높았고, 알레르기성비염, 아토피성피부염순으로 나타났다. 마스크의 착용률이 타 복장에 비해 상대적으로 낮았다.
- 2) 혈액면역지표 분석대상이었던 조리직군에서 집에서 요리하는 평균 시간이 길었다.
- 3) 혈액학적 검사결과상 두 집단 간 차이는 없었다. 혈청 수준의 항체 항목 중 통계적으로 유의하게 높은 항목은 없었으나, 조리직군에서 IgG1, IgG4, IgE 수준이 높은 경향성을 보였다. 혈장 내 발암지표 중 Cyfra 21-1, proGRP 발현 수준 역시 조리직군이 높은 경향을 보였으나, 통계적 유의성은 없었다. T 림프구 배양액에서 사이토카인 중 Interleukin-4, GM-CSF(Granulocyte-macrophage colony-stimulating factor), TGF- β 1의 발현수준이 조리직군에서 유의하게 높았는데 이는 PAHs와 분진과의 관련성이 보고된 지표이다.

4. 연구 활용방안

조리과정에서 나타나는 유해물질의 종류와 양, 유해물질 제거를 위한 환기실태의 문제점을 확인하고, 조리환경의 건강영향을 면역 수준을 통해 확인함으로써 유해성 인지향상과 급식조리환경 환기표준 모델의 기초자료로 활용될 수 있다.

5. 연락처

- 산업안전보건연구원 직업건강연구실 이유진 차장
- ☎ 052) 703-0872
- E-mail miummi@kosha.or.kr

차례

I. 서론	1
1. 연구 배경 및 필요성	1
2. 연구목적	6
II. 연구방법	7
1. 연구설계 및 도구	7
2. 연구수행절차	8
1) 급식조리환경의 작업환경평가	8
2) 조리환경의 건강영향평가	15
3) 통계처리	26
III. 연구결과	27
1. 급식실 내 작업환경평가	27
2. 급식실 작업환경 및 환기실태	66
3. 조리환경의 건강영향평가	81
IV. 고찰	98
V. 결론 및 제언	104

VI. 참고문헌	107
VII. Abstract	112
VIII. 부록	116
[부록] I. 조리사용 설문지	116
[부록] II. 사무직군용 설문지	121
[부록] III. 동의서	124
[부록] IV. 급식조리실 관리자용 체크리스트	125

<표 차례>

<표 1-1> 음식점 및 주점업 사업체 및 종사자수	1
<표 2-1> 작업환경측정 항목, 방법 및 분석	8
<표 2-2> 사무실 공기질 관리 항목 및 관리기준	9
<표 2-3> 다중시설에 대한 실내공기질 관리기준	10
<표 2-4> 신축공동주택에 대한 실내공기질 권고기준 및 관리기준	11
<표 2-5> 혈액검사항목	17
<표 3-1> 조사대상 조리실 환경의 일반적 특징	27
<표 3-2> 급식조리실 위치별 학교 구분별 환기상태	28
<표 3-3> 작업환경측정대상 현장의 일반적 특징	29
<표 3-4> 측정일자별 온습도, 식단 및 특이사항	30
<표 3-5> 조리종류별 CO, CO ₂ 측정결과	33
<표 3-6> 조리 중 먼지 사이즈별 평균발생량(ug/m ³)	35
<표 3-7> 학교별 측정일자별 포름알데히드발생량 분포, 단위(ug/m ³)	49
<표 3-8> 급식조리환경 내외부의 포름알데히드 발생량의 차이, 단위(ug/m ³)	51
<표 3-9> 급식조리환경 내부 조리위치별 포름알데히드 발생량의 차이, 단위(ug/m ³)	52
<표 3-10> 학교별 측정일자별 휘발성유기화합물 및 벤젠 측정치 분포, 단위(ug/m ³)	54
<표 3-11> 급식조리실 내외부의 휘발성유기화합물 및 벤젠량의 차이, 단위(ug/m ³)	58
<표 3-12> 조리실 내부 조리 위치별 휘발성유기화합물 및 벤젠량의 차이, 단위 (ug/m ³)	59
<표 3-13> PAHs 측정 세부 항목별 결과	61
<표 3-14> 학교별 측정일자별 다환방향족 탄화수소 발생량 분포, 단위(ng/m ³)	62

<표 3-15> 조리환경과 외부와의 PAHs 및 Naphthalene 발생량의 차이, 단위(ng/m^3)	64
<표 3-16> 조리실내 조리위치별 PAHs 및 Naphthalene 발생량의 차이, 단위(ng/m^3)	66
<표 3-17> 작업별 캐노피 후드의 제어유속 범위, 단위(m/s)	74
<표 3-18> 시뮬레이션 조건	78
<표 3-19> 조리사군의 일반적 특징	82
<표 3-20> 조리사 현재질환호소건수(%)	82
<표 3-21> 조리사 복장상태, 건(%)	82
<표 3-22> 사무직군과 조리직군의 일반적 특성	84
<표 3-23> 사무직, 조리군 동일성 검정결과	85
<표 3-24> 사무직, 조리직군 집에서의 조리형태 및 환기형태	86
<표 3-25> 일반 혈액학적 구성비(1)	87
<표 3-26> 일반 혈액학적 구성비(2)	88
<표 3-27> 말초혈액 내 면역세포 비율(%)	89
<표 3-28> 혈장 항체 수준	90
<표 3-29> T 림프구 배양액에서 생성 사이토카인수준	95
<표 3-30> 혈장에서의 종양 표지자 수준	97

[그림 차례]

[그림 1-1] 급식시장 업군별규모 및 시장 점유율	2
[그림 2-1] 연구 설계 및 사용도구	7
[그림 2-2] 일산화탄소, 이산화탄소, 온습도 직독식 측정	11
[그림 2-3] Portable laser aerosol spectrometer and dust monitor model 1.108 ...	12
[그림 2-4] 미세먼진 모니터링 설치의 예	12
[그림 2-5] 조리실 내부 설치의 예	14
[그림 2-6] 조리실 내부 설치의 예	14
[그림 2-7] T 림프구 분화 기능 분류	17
[그림 2-8] 자동혈액분석기(ADVIA 2120)	18
[그림 2-9] 유세포분석기(BD Accuri™ C6 Plus)	19
[그림 2-10] sandwich ELISA 원리(예시, https://www.avivasysbio.com)	21
[그림 3-1] CO평균농도(위치별)	34
[그림 3-2] CO ₂ 평균농도(위치별)	34
[그림 3-3] CO농도(조리방법별)	34
[그림 3-4] CO ₂ 농도(조리방법별)	34
[그림 3-5] 6월 10일 ○○ 초등학교	36
[그림 3-7] 6월 12일 ○○ 초등학교	37
[그림 3-8] 6월 13일 ○○ 초등학교	38
[그림 3-9] 6월 17일 ○○ 초등학교	38
[그림 3-10] 6월 18일 ○○ 고등학교	39
[그림 3-11] 6월 19일 ○○ 초등학교	39
[그림 3-12] 6월 20일 ○○ 초등학교	40
[그림 3-13] 6월 21일 ○○○○○○ 고등학교	40

[그림 3-14] 6월 24일 ○○ 중학교	41
[그림 3-15] 6월 25일 ○○ 초등학교	41
[그림 3-16] 6월 26일 ○○ 초등학교	42
[그림 3-17] 6월 27일 ○○ 초등학교	42
[그림 3-18] 6월 28일 ○○ 중학교	43
[그림 3-19] 7월 5일 ○○ 중학교	43
[그림 3-20] 7월 8일 ○○ 중학교	44
[그림 3-21] 7월 9일 ○○ 중학교	44
[그림 3-22] 7월 10일 ○○ 중학교	45
[그림 3-23] 7월 11일 ○○ 고등학교	45
[그림 3-24] 7월 12일 ○○ 중학교	46
[그림 3-25] 7월 15일 ○○ 고등학교	46
[그림 3-26] 7월 16일 ○○ 고등학교	47
[그림 3-27] 7월 17일 ○○○○고등학교	47
[그림 3-28] 7월 18일 ○○○○○○고등학교	48
[그림 3-29] 초등학교의 측정일별 포름알데히드 발생분포, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50
[그림 3-30] 중학교의 측정일자별 포름알데히드 발생분포, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50
[그림 3-31] 고등학교의 측정일자별 포름알데히드 발생분포, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	51
[그림 3-32] 급식조리환경과 외부와 포름알데히드 발생량의 차이, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ...	52
[그림 3-33] 조리위치별 포름알데히드 발생량의 차이, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	53
[그림 3-34] 초등학교의 측정일별 총휘발성유기화합물의 발생 분포, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	55
[그림 3-35] 중학교의 측정일별 총휘발성유기화합물의 발생 분포, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ...	55
[그림 3-36] 고등학교의 측정일별 총휘발성물질의 발생 분포, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	56
[그림 3-37] 초등학교의 측정일별 벤젠의 발생 분포, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	56
[그림 3-38] 중학교의 측정일별 벤젠의 발생 분포, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	57
[그림 3-39] 고등학교의 측정일별 벤젠의 발생 분포, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	57
[그림 3-40] 조리실 내부와 외부와의 총휘발성유기화합물의 발생량의 차이, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	58

[그림 3-41] 조리실 내부와 외부와의 벤젠 발생량의 차이, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	59
[그림 3-42] 조리실 내부 조리위치별 벤젠 발생량의 차이, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	60
[그림 3-43] 조리실 내부 조리위치별 총휘발성유기화합물의 발생량 차이, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	60
[그림 3-44] 초등학교의 측정일별 다환방향족탄화수소의 발생량 분포 단위(ng/m^3)	63
[그림 3-45] 중학교의 측정일별 다환방향족탄화수소의 발생량 분포 단위(ng/m^3)	63
[그림 3-46] 고등학교의 측정일별 다환방향족탄화수소의 발생량 분포 단위(ng/m^3)	64
[그림 3-47] 조리실 내부와 외부 다환방향족탄화수소의 발생량 분포 차이(ng/m^3)	65
[그림 3-48] 조리실 내부 위치별 PAHS 및 Naphthalene 발생량 분포 차이 (ng/m^3)	65
[그림 3-49] 급식실 구조 및 'Dry zone', 'Wet zone' 구분(예)	67
[그림 3-50] 조리기계기구 배치(예)	67
[그림 3-51] 솥 작업 시 발생 연기의 후드 유입 모습	69
[그림 3-52] 캐노피 후드 배기 불량으로 작업장 내 연기 확산 모습	69
[그림 3-53] 캐노피 후드에 작용되는 방해기류	70
[그림 3-54] 그릴 작업 모습(1)	70
[그림 3-55] 그릴 작업 모습(2)	70
[그림 3-56] 그릴 작업부 에어컨 위치(1)	71
[그림 3-57] 그릴 작업부 에어컨 위치(2)	71
[그림 3-58] 그릴 작업 시 연기의 후드 유입 모습	72
[그림 3-59] 후드 송풍량 부족 시 기류 흐름	72
[그림 3-60] 에어컨에 의한 캐노피 후드의 방해기류 발생	72
[그림 3-61] 밥솥 및 오븐의 캐노피 후드(1)	73
[그림 3-62] 밥솥 및 오븐의 캐노피 후드(2)	73
[그림 3-63] 시뮬레이션 대상 급식실 모델(Top-view)	76
[그림 3-64] 시뮬레이션 대상 급식실 모델(3차원)	77
[그림 3-65] 급식실 내 후드 및 개방구 위치	77
[그림 3-66] <시뮬레이션 결과> 유속 Streamline($z=1.5\text{ m}$)	79

[그림 3-67] <시뮬레이션 결과> 공기연령(Mean of Age) Contour(z=1.5 m) ·····	80
[그림 3-68] T 림프구 배양액에서 사이토카인 수준 (A) IL-4 수준 (B) GM-CSF 수준 (C) TGF- β 1 발현수준 ·····	93
[그림 3-69] IL-4 / IFN- γ ratio ·····	96

I. 서론

1. 연구 배경 및 필요성

국내 음식점업 총 사업체 수는 483,091개소로 총 종사자수는 1,534,233명이었으며, 최근 고용노동부가 발표한 2018년 사업장 노동력 조사에서 음식점 및 주점업 종사자는 약 105만명으로 음식점 주점업 종사자의 60~70%는 상용직 근로자로 35%가 임시직 형태로 종사하고 있으며 여성비율이 높은 업종이다.

<표 1-1> 음식점 및 주점업 사업체 및 종사자수

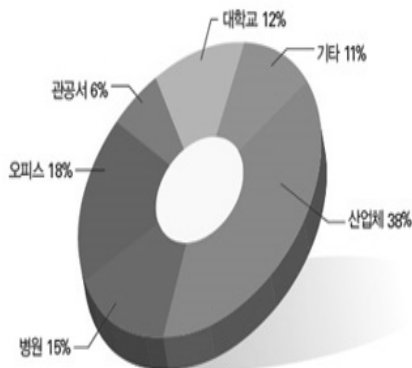
산업별	2016		2015		2014	
	사업체수 (개)	종사자수 (명)	사업체수 (개)	종사자수 (명)	사업체수 (개)	종사자수 (명)
음식점 및 주점업	675,199	1,988,527	657,086	1,944,531	650,890	1,895,511
음식점업-2	483,091	1,534,233	473,614	1,509,675	467,229	1,454,495
일반 음식점업	353,075	1,105,360	348,071	1,095,092	343,415	1,049,177
한식 음식점업	305,766	889,813	304,005	885,650	301,939	858,898
중식 음식점업	23,263	85,453	22,041	80,973	21,550	77,201
일식 음식점업	10,039	45,003	8,657	40,255	7,740	34,688
서양식 음식점업	11,301	72,666	11,204	77,614	10,397	69,462
기타 외국식 음식점업	2,706	12,425	2,164	10,600	1,789	8,928
기관구내식당업	11,103	66,134	11,252	62,896	9,709	61,297
출장 및 이동 음식점업	572	2,616	593	2,990	560	2,758
기타 음식점업	118,341	360,123	113,698	348,697	113,545	341,263
제과점업	18,403	76,347	17,195	71,853	16,496	68,274

피자, 햄버거, 샌드위치 및 유사 음식점	16,277	93,964	15,073	90,781	14,630	85,243
치킨 전문점	34,303	78,234	32,600	75,610	31,529	72,505
분식 및 김밥 전문점	44,466	98,464	43,719	96,445	46,221	103,163
그외 기타 음식점업	4,892	13,114	5,111	14,008	4,669	12,078
주점 및 비알콜음료점업	192,108	454,294	183,472	434,856	183,661	441,016
주점업	123,763	266,785	123,816	267,490	127,968	283,413
일반유흥 주점업	28,496	77,713	28,952	76,567	28,565	80,885
무도유흥 주점업	1,420	7,572	1,349	7,740	1,363	8,262
기타 주점업	93,847	181,500	93,515	183,183	98,040	194,266
비알콜 음료점업	68,345	187,509	59,656	167,366	55,693	157,603

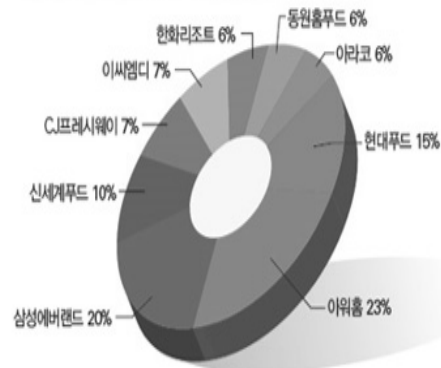
통계청, 전국사업체조사(2016-2017)

전국사업체 조사에서 파악된 단체 급식형태는 기관구내식당업의 형태로 집계될 수 있으며, 국내 급식시장 위탁시장의 업군별 규모를 살펴보면 산업체가 38%로 점유율이 가장 높고 병원, 대학교, 오피스 등의 순으로 집계된다.

급식시장 업군별(위탁시장) 규모



위탁 급식업체 상위 9개사의 시장 점유율



자료: 현대푸드, 대우증권 리서치센터

[그림 1-1] 급식시장 업군별규모 및 시장 점유율

그러나 이외에도 급식환경을 띄고 있으면서 “교육서비스업”으로 분류되고 있는 전국 학교급식업에 종사하는 조리 종사자가 2019년 기준으로 약 7만 천명에 이르고 있다.

학교 단체 급식은 학교 중심으로 1990년대 이후 급격한 증가를 보여 왔는데, 2018년 98%가 직영으로 이뤄지고 있었으며, 산업안전보건법 상 “교육서비스업” 전면고려대상에서 제외되어 운영되어 오다가, 학교 급식 조리종사자의 대부분이 오랜 기간 동안 비정규직인 상태이며, 40~50대의 여성비율이 높은 취약집단으로, 다양한 유해요인과 높은 업무강도, 기타의 문제가 사회적 이슈로 부각되는 빈도가 잦아져 2017년 2월 고용노동부는 ‘국가지방자치단체, 공공기관의 산업안전보건법 적용범위 판단지침’을 통해 학교 급식을 산업안전보건법을 전면 적용하는 ‘기관구내식당업’으로 분류하려 하였으나 현재 학교 내 구내식당은 “교육서비스업”으로 재분류되었다. 그러나 2020년 1월 16일 시행예정인 산업안전보건법 전면개정 시행령 2조 1항의 공공행정 및 교육서비스업은 산업안전보건법 제한적 적용 대상이나, 유해요인이 완전히 다른 현업 근로자 보호를 위해 교육 행정작업자 외는 산업안전보건법 전면 대상으로 규정하고 있다.

<표 1-2> 직종별 인력배치현황

구 분	급식 학교수	급식 시설 갖춘 학교 수	영양(교)사			조리사		조리원		계(명)		
			영양 교사	영양사		정규직	공무직 기타	정규직	공무직 기타	정규직	공무직 기타	계
				정규직	공무직 기타							
초	6,061	5,706	3,766	60	1,405	1,464	4,230	23	23,276	5,313	28,911	34,224
중	3,216	2,406	688	18	1,685	81	2,284	33	11,218	820	15,187	16,007
고	2,369	2,246	714	83	1,735	354	2,091	510	14,437	1,661	18,263	19,924
특	172	155	113	13	24	93	79	37	359	256	462	718
합 계	11,818	10,513 (89%)	5,281	174	4,849	1,992	8,684	603	49,290	8,050	62,823	70,873

*2018. 교육부 학교급식 실시현황

음식업 등 조리 산업에 종사하는 조리 노동자들의 건강 위해요소는 조리 흡으로부터의 자극물질, 알레르기 유발물질, 다환방향족탄화수소, 소음, 연기, 극단적인 온도, 혼잡, 스트레스, 전자파 등으로, 이로 인해 사고성 재해, 피부염, 천식, 요통 및 직업 관련성 상지장애 등 근골격계 질환, 심리사회적 장애, 구강 및 후두암이 증가한다는 증거들이 제시되어 왔으며(Gleeson, 2001; Louis et al, 2000; Ono et al, 1997; Wood & Greig, 1997; Gawkrödger et al, 1986; Hjorth, 1981), 음식업 종의 넘어짐 등의 사고성 재해가 전체 90% 이상을 차지해 2014년 고용노동부는 산업안전보건법 기반으로 사고성 요인 등에 대한 학교 급식소에 안전보건관리대책에 대한 의견을 제시하였다¹⁾.

인천 경기지역을 대상으로 산업안전보건연구원에서 실시한 2년 동안(17-18년)의 직업성 급성중독관리체계 시범운영에서 ‘17년에 치킨가게 주방종업원 2건, 고등학교 급식실 2건의 일산화중독사고가 보고되었으며, ‘18년에는 보고된 중독사례 26건 중 10건이 학교 조리시설에서 발생하는 등 사망까지 초래할 수 있는 조리환경내의 공기 질 환경관리에 대한 문제가 지속적으로 제기되고 있고, 2017년 이후 현재까지 국내에서는 조리과정에서 발생하는 공기 질 유해물질에 의한 급식기관 종사자의 폐 등의 호흡기암 발생가능성 또한 제기되기도 했다²⁾³⁾.

우리나라를 포함한 동양권에서 전체 폐암환자의 30%가 비흡연 여성에서 발생하고 있는데 폐암증가의 주요원인의 하나로 조리흡을 지목하고 있고 폐암의 조직학적 분류에서 비소세포폐암 중에서도 선암(adenocarcinoma)이 대부분 차지하고 있다. 흡연하는 남성에서 흔히 발생하는 편평상피세포암이나 소세포암과는 다른 형태이다⁴⁾. 실제 국제암기구에서는 High temperature frying 중에 발생하는 조리흡(Cooking fume)을 발암물질(발암등급, 2B 인간에게 발암물질 가능성 있음)로 분류하고 있다. 조리흡(cooking fume)이나 조리기름 흡(cooking oil fume)

1) 2014

2) http://ojs8.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0002388304, 2017.12.28

3) http://www.hani.co.kr/arti/society/society_general/899302.html, 2019.06.25

4) (2018)

은 일반적으로 기름으로 튀길 때 발생하는데 가시적인 배출물을 말하는데, 산업 위생학적 측면에서 흡은 뜨거운 증기의 냉각에 의해 생성된 초미세화된 고체 미립자로 정의하고 있다(Svendsen K 등, 2002).

최근의 볶음 및 튀김조리가 대부분인 중식업 종사자에서 기름조리과정에서 생성된 조리흡과의 질환과의 역학적 인과성이 긍정적으로 정리되고 있는데(Zhao et al. 2018; Xue et al, 2016), 상대적으로 기름 조리음식이 많지 않은 한국의 직업적 조리환경에서의 다환방향족 탄화수소, 포름알데히드, 휘발성유기화합물 등 조리흡을 포함한 다양한 물질발생에 대한 정량적 평가가 부족하며, 이들의 발생수준이 건강에 어떤 영향을 미치는지 그 발생기전(메카니즘)에 대한 기초연구는 부족한 실정이다.

특히, 조리흡 내 발생할 수 있는 주요 노출인자 중 다핵방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)의 경우, 성인 천식 및 염증 경로는 불명확하지만 요중 PAHs 대사산물(2-hydroxyfluorene (2-OHFLU), 4-hydroxyphenanthrene (4-OHPHE), 1-OHPHE, 2-OHPHE, 1-Hydroxypyrene (1-OHPYR))과 성인 천식 위험 증가와 유의미한 결과가 있다고 보고(Huang et al, 2018) 된 바 있다. 이외에도 PM10 에 노출된 성인은 알레르기 위험이 높으며(Dèdelè A et al, 2019), 동물실험에서 포름알데히드 노출군은 IgE, Interleukin(IL)-4 발현수준 증가, 기도과민성(Airway hyper-responsiveness, AHR) 발생을 유도한다(Wu et al, 2013). PM2.5에 노출된 상피 폐세포에서는 염증성 사이토카인 등의 분비가 증가하였고, 이는 COPD 환자군과 건강한 그룹간에서도 동일한 경향을 보였으며, CRP(C-reactive protein, 간에서 생성되는 염증 물질), IL-6 등의 염증성 사이토카인 발현이 증가하였다(Liu et al, 2018).

따라서 본 연구는 궁극적으로 국내 조리 작업장의 유해물질 노출 수준을 파악하고 호흡기로의 노출에 따른 면역세포 수준 변화 확인 및 조리흡 내 발생가능한 복합유해인자로 특정 면역지표(알레르기, 염증반응 등)가 활성화되는지 등을 확인하고자 하였다.

2. 연구목적

단체 급식 종사자의 조리과정에서 발생하는 공기 중 유해물질 노출수준과 환기실태 등의 구조적 문제를 확인하고, 동일 연령대의 사무직 대비 학교 조리종사자의 혈액내 면역 지표치를 비교함으로써 조리환경 노출에 따른 건강영향을 평가하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구설계 및 도구

연구 설계는 조리 시 공기 중 발생물질 평가 및 환기분석, 조리사의 건강영향 평가로 구성하였다. 건강영향평가는 울산지역 69개 학교 내 단체급식 조리사를 대상으로 기초설문지를 배포하여 여러 기준을 적용하여 최종적인 혈액 면역지표 검사 대상자를 선정하였으며, 짝짓기 설계를 통해 사무직군 대상군을 모집하여 혈액면역지표 검사를 수행하였다. 24개의 학교 급식장에서 조리 시 공기질 작업 환경평가를 수행하였다.

조리종사자 작업환경평가	조리종사자 호흡기 건강영향평가
• 노출수준 항목 선정 : 문헌검토 • 조사방법 • 작업환경체크리스트(관리자용) • 작업환경측정항목 측정(온도, 습도, CO, CO2, 미세먼지 측정(PM 2.5, PM 10), 포름알데히드, 휘발성유기화합물 및 벤젠, 다핵방향족 탄화수소 • 환기 사례분석 및 관리방안 도출	• 조리종사자 및 사무직군 비교 • 조사방법 • 기초설문지 • 혈액 검사 : 면역세포검사(일반면역검사, 체액면역검사, T림프구 기능검사, 정맥혈 내 주요 면역세포 구성비 검사)

[그림 2-1] 연구 설계 및 사용도구

2. 연구수행절차

1) 급식조리환경의 작업환경평가

조리 시 작업환경평가 장소는 69개소 중 25개소로 선정하였다. 선정을 위해 초등, 중등, 고등학교 비율, 종사 근로자 수 및 사용연료, 환기실태 등에 대해 교육청 담당자, 근로자 대표의 의견과 사전 배포된 작업환경체크리스트 결과를 참조하였다. 작업환경측정은 2019년 6월 10일에서 7월 19일까지 수행하였으며, 대상으로 선정된 25개소 중 1개소는 방학기간으로 현장 측정에 응하지 못했다.

(1) 조리 중 공기질 측정 및 분석

조리 중 공기질 평가 항목으로 CO, CO₂, 초미세분진, 벤젠을 포함한 휘발성 유기화합물, 포름알데히드, 다핵방향족탄화수소를 측정 및 분석하였다.

<표 2-1> 작업환경측정 항목, 방법 및 분석

연 번	측정항목	측정방법 및 분석	비고
1	CO, CO ₂	비분산 적외선 측정법, TSI	직독식(수시)
2	미세분진	광산란법, Portable laser aerosol spectrometer and dust monitor model 1.108	직독식(조리작업 지속모니터링)
3	휘발성유기화합물 (벤젠 포함)	NIOSH MAM 1501 (SKC Cat no. 226-01, 유량 0.2l/min, GC)	조리지역 및 외부
4	포름알데히드	NIOSH, MAM 2016 (SKC Cat.no 226-119, 유량 0.5l/min, HPLC)	조리지역 및 외부
5	다핵방향족탄화수소 (PAH)	NIOSH, MAM 5515 (SKC, cat.no 226-1713/226-30-04, 유량 1.5, GC)	조리지역 및 외부

조리환경 내 공기 질을 규정하고 있는 별도의 규정은 없어, 실내 작업환경 기준을 적용할만한 기준 2가지를 검토하였는데, 고용노동부의 사무실공기질 기준과 환경부의 다중시설의 실내공기질 관리기준이 있다.

<표 2-2> 사무실 공기질 관리 항목 및 관리기준

오염물질	관리기준
미세먼지(PM ₁₀)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
일산화탄소	10 ppm 이하
이산화탄소	1000 ppm 이하
포름알데히드	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (또는 0.1 ppm) 이하
총휘발성유기화합물(TVOC)	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
총부유세균	800 CFU/m ³ 이하
이산화질소	0.05 ppm 이하
오존(O ₃)	0.06 ppm 이하
석면	0.01 개/cc 이하

주1) 관리기준 : 8시간 시간가중평균농도기준

주2) PM₁₀ : Particle Matters, 입경이 10 μm 이하인 먼지

주3) CFU/m³: Colony Forming Unit, 1m³ 중에 존재하고 있는 집락형성 세균 개체 수

※ 사무실공기관리지침(고용노동부 고시 제 2015-43호)

<표 2-3> 다중시설에 대한 실내공기질 관리기준

다중이용시설 \ 오염물질 항목	미세먼지 (PM-10) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	미세먼지 (PM-2.5) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	이산화탄소 (ppm)	포름 알데하이드 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	총부유세균 (CFU/ m^3)	일산화탄소 (ppm)
가. 지하역사, 지하도상가, 철도역사의 대합실, 여객자동차터미널의 대합실, 항만시설 중 대합실, 공항시설 중 여객터미널, 도서관·박물관 및 미술관, 대규모 점포, 장례식장, 영화상영관, 학원, 전시시설, 인터넷컴퓨터게임시설제공업의 영업시설, 목욕장업의 영업시설	100 이하	50 이하	1,000 이하	100 이하	-	10 이하
나. 의료기관, 산후조리원, 노인요양시설, 어린이집	75 이하	35 이하		80 이하	800 이하	
다. 실내주차장	200 이하	-		100 이하	-	25 이하
라. 실내 체육시설, 실내 공연장, 업무시설, 둘 이상의 용도에 사용되는 건축물	200 이하	-	-	-	-	-

비고

1. 도서관, 영화상영관, 학원, 인터넷컴퓨터게임시설제공업 영업시설 중 자연환기가 불가능하여 자연환기설비 또는 기계환기설비를 이용하는 경우에는 이산화탄소의 기준을 1,500ppm 이하로 한다.
2. 실내 체육시설, 실내 공연장, 업무시설 또는 둘 이상의 용도에 사용되는 건축물로서 실내 미세먼지(PM-10)의 농도가 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 근접하여 기준을 초과할 우려가 있는 경우에는 실내공기질의 유지를 위하여 다음 각 목의 실내공기정화시설(덕트) 및 설비를 교체 또는 청소하여야 한다.
 - 가. 공기정화기와 이에 연결된 급·배기관(급·배기구를 포함한다)
 - 나. 중앙집중식 냉·난방시설의 급·배기구
 - 다. 실내공기의 단순배기관
 - 라. 화장실용 배기관
 - 마. 조리용 배기관

※ 실내공기질 관리법 시행규칙 제 3조 관련 별표

미세먼지와 이산화탄소, 일산화탄소, 포름알데히드, 총휘발성유기화합물은 두 가지의 기준 중 미세먼진은 환경부 기준을 기타 항목은 사무실 공기질 기준을 적용하여 평가하였으며, 벤젠의 세부항목은 실내공기질 관리법 시행규칙 별표 4의 2, 신축공동주택의 실내 공기질 권고기준을 평가에 활용하였다.

<표 2-4> 신축공동주택에 대한 실내공기질 권고기준 및 관리기준

1. 벤젠 $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
2. 톨루엔 $1,000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
3. 에틸벤젠 $360\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
4. 자일렌 $700\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
5. 스티렌 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하

※ 실내공기질 관리법 제 7조의 2관련 별표(포름알데히드, 라돈기준 제외되어 있음)

가) 일산화탄소 및 이산화탄소

일산화탄소와 이산화탄소의 발생원을 확인하기 위해 조리시작 전에 측정 하여 배경농도를 확인하였다. 조리과정을 모니터 하면서 화기의 사용지점과 튀김, 전 등의 조리과정에서의 발생량을 확인하기 위해 근접 측정하였으며 최고노출농도를 확인하였다.



[그림 2-2] 일산화탄소, 이산화탄소, 온습도 직독식 측정

나) 미세분진

광산란법 방식의 미세먼지 측정기로 직독식이며, 주로 튀김 등의 기름작업이 많은 화구 측면에 배치하여 조리준비부터 배식 전까지 실시간 모니터 하여 결과를 저장 하였다. 사용한 기기는 Portable laser aerosol spectrometer and dust monitor model 1.108이다.



[그림 2-3] Portable laser aerosol spectrometer and dust monitor model 1.108



[그림 2-4] 미세분진 모니터링 설치의 예

다) 휘발성 유기화합물

벤젠을 포함한 유기화합물 평가를 위해 SOLID SORBENT TUBE (coconut shell charcoal, 100 mg/50 mg, SKC Cat no. 226-01)를 사용하여 0.2l/min의 속도로 조리시작부터 배식 전까지 측정하였으며, 측정전후 유량 보정하였다. 동일한 시료를 측정시료는 지역시료로, 조리지역 내부 튀김 등의 조리가 이뤄지는 화기지역과 술이 배치되어 있는 지역 총 2개의 지역에 배치하였으며, 결과 비교를 위해 외기 1곳에 대해 측정하였다. 시료 운반 등의 처리과정에서의 오류 보정을 위해 현장에서 공시료를 개방즉시 막음 처리하였으며 이송 및 분석 등 결과보정에 활용하였다. 측정, 분석, 운반과정은 NIOSH MAM 1501을 준수하였다.

라) 포름알데히드

NIOSH MAM 2016을 기초하여 Cartridge containing silica gel coated with 2,4-dinitrophenylhydrazine(SK C Cat.no 226-119)를 사용하여 0.5l/min의 속도로 조리시작부터 배식 전까지 측정하였으며, 측정전후 유량 보정하였다. 측정시료는 지역시료로, 조리지역 내부 튀김 등의 조리가 이뤄지는 화기지역과 술이 배치되어 있는 지역 총 2개의 지역에 배치하였으며, 결과 비교를 위해 외기 1곳에 대해 측정하였다. 시료 운반 등의 처리과정에서의 오류 보정을 위해 현장에서 공시료를 개방즉시 막음 처리하였으며 이송 및 분석 등 결과보정에 활용하였다. 모든 시료는 측정완료 후 냉장 보관하여 운반하였다.

마) 다환방향족탄화수소

다환방향족 탄화수소 평가를 위해 FILTER + SORBENT(2- μ m, 37-mm PTFE + washed XAD-2, 100 mg/50 mg, SKC, cat.no 226-1713/226-30-04, 유량 1.5, GC)를 사용하여 2l/min의 속도로 조리시작부터 배식 전까지 측정하였으며, 측정전후 유량 보정하였다. 측정시료는 지역시료로, 조리지역 내부 튀김 등의 조리가 이뤄지는 화기지역과 술이 배치되어 있는 지역 총 2개의 지역에 배치하였

으며, 결과 비교를 위해 외기 1곳에 대해 측정하였다. 시료 운반 등의 처리과정에서의 오류 보정을 위해 현장에서 공시료를 개방즉시 막음 처리하였으며 이송 및 분석 등 결과보정에 활용하였다. 측정, 분석, 운반과정은 NIOSH MAM 5501을 준수하였다.



[그림 2-5] 조리실 내부 설치의 예



[그림 2-6] 조리실 내부 설치의 예

바) 환기실태조사 및 평가

전체 현장평가 대상 중 10개소를 대상으로 환기실태를 파악하였고, 그 중 6개소에서 후드 제어유속 측정 등 환기평가를 실시하였다. 국소배기 및 전체환기에 따른 급식실 전체 유동해석을 위하여 전산유체역학(CFD; Computational Fluid Dynamics) 상용 프로그램인 Fluent(ver.19.0)를 이용하여 현장평가를 실시한 1개 급식실을 대상으로 시뮬레이션을 실시하였다.

2) 조리환경의 건강영향평가

(1) 연구대상자 선정

울산 내 공립 급식 학교 및 급식종사자는 2019년 5월 총 231개소, 1,582명으로 조리실무사를 포함한 조리사는 총 1,345명으로 집계되었다(울산교육청 제공).

231개소 현장 중 초등학교, 중등학교, 고등학교 등의 비율 등을 고려하여 초등학교 25개소, 중등 25개소, 고등 19개소 총 69개소를 선정하여 해당 학교 조리사군이 작성해야 할 건강영향평가를 위한 기초설문지를 배포하였다.

설문지 배포 및 수집은 2019년 6월 10일부터 7월 19일까지 수행하였다.

수집된 설문지는 총 390개로 기초설문지를 분석하여 혈액 채취에 동의한 조리사 중 연령분포를 고려, 10년 이상의 조리사 경력을 가지고 있는 자로 현재 및 과거 호흡기질환 및 알레르기성 질환 병력이 없는 자로 구성된 건강영향 평가 대상 조리직군 60명을 상한선으로 선정하였다. 조사의 통계적 유의성 확보하기 위해 Gpower 3.1 tool을 사용하여 표본의 규모를 사전에 확인하였으며, 탈락율을 고려하여 표본크기를 정하였다.

※ Gpower 3.1 tool, 입력조건

- matched paired t-test, 대조군, 조리군 각 45명, 총 90명
- 분석 조건 : effect size 0.5, α err prob=0.05, power(1- β err prob)

1차 기초 설문지 분석에서 조리직군의 연령대가 중고령 층에 집중되어 있어 모집 표본수를 최소화하기 위해 짝짓기 실험대조군법을 시행하였는데 조리직군 60명을 먼저 선정한 후에 연령별 분포를 고려하여 울산 지역 교육청, 시청 및 보건소 종사자의 사무직군을 대상으로 대조군 모집을 수행하였다. 8월 21일까지 모집된 사무직군은 48명이다. 생명윤리심의위원회의 결과(2019-IRB-12)를 참조하여 혈액검사와 설문정보사용과 절차, 검사절차 및 항목에 대한 안내와 동의절차를 수행하였다.

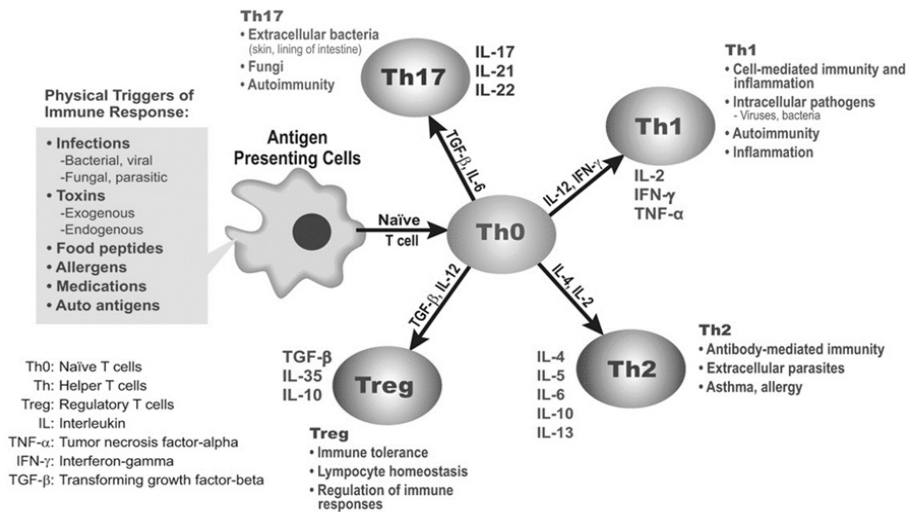
그러나 혈액분석과정 및 통계처리 과정 등의 사유로 최종적으로 분석에 사용된 건강자료는 사무직군은 25명, 조리직군은 37명이었다.

(2) 건강영향평가 방법

본 연구에서 수행한 면역학적 검사에는 혈액 세포구성비 측정(백혈구수, 적혈구수, 혈소판수, 림프구수, 호중구·호산구·호염기수 등), 말초혈액내 면역세포 비율(B 림프구, T 림프구, 자연살해세포 등), B 림프구가 생성하는 항체 수준, T 림프구가 생성하는 사이토카인 수준을 확인하였다. 보조 T 림프구는 주변 사이토카인에 의해 1형 보조 T 림프구, 2형 보조 T 림프구, 조절 T 림프구(regulatory T cells, Tregs), 17형 보조 T 림프구 등으로 분화가 되며 각 기능적으로 분화된 보조 T 림프구가 생성 및 분비하는 사이토카인 수준을 통해 보조 T 림프구의 편향성을 확인하고자 하였다. 각 보조 T 림프구별 대표 사이토카인을 선택하여 분석하였고 1형 보조 T 림프구에서 IFN- γ , 2형 보조 T 림프구에서 분비되는 IL-4, Treg에서 분비하는 TGF- β 1, 17형 보조 T 림프구에서 분비되는 IL-17, 친염증성 사이토카인 GM-CSF 수준을 확인하였다[그림 8-1]. 마지막으로 폐암 진단의 목적으로 사용하는 종양 표지자 중 비소세포성 폐암 표지자로 활용되는 Cytokeratin-19 fragments 21-1(Cyfra 21-1), 소세포성 폐암 표지자로 활용되는 Pro-gastrin-releasing peptide(ProGRP) 수준을 확인하였다[표7-1]. 비록 현재 폐암 조기 진단을 위한 민감도 및 특이도가 높은 표지자는 없고 임상적으로 폐암환자의 추적관찰을 위해 표지자를 사용하지만 그 중 분석에 있어서 민감도가 높은 표지자 2가지를 선정하여 혈액 내 농도 수준 차이를 확인함으로써 대조군 대비 조리흡 노출군의 면역수준을 비교 평가하였다.

<표 2-5> 혈액검사항목

연 번	검사 종류	세부항목	비고
1	혈액 세포구성비 측정	백혈구, 적혈구, 헤모글로빈, 혈소판, 호중구, 림프구, 단핵구, 호산구, 호염구 등	
2	각종 항체수준 검사	IgE(알레르기질환 ↑), IgG(병원체감염 ↑), IgA(점막 또는 호흡기의 1차 면역반응)	
3	말초혈액 내 면역세포 비율	B 림프구, T 림프구(보조 T 림프구, 세포파괴T 림프구), 자연살해세포, T세포유래 자연살해세포 비율	
4	T 림프구 배양액 내 생성 사이토카인 수준 분석	IL-4(알레르기질환과 관련), IFN- γ (바이러스감염), IL-17(전 염증/만성 염증반응), TGF- β (면역반응 중재, 세포 자멸), GM-CSF(백혈구 분화 및 증식촉진, 전 염증성반응)	T 림프구 분화에 관여는 대표 사이토카인을 선택함
5	혈장 종양 표지자 수준확인	Cyfra21-1(비소세포성 폐암 표지자), ProGRP(소세포성 폐암 표지자)	



[그림 2-7] T 림프구 분화 기능 분류

(<http://thefunctionalnaturopath.com/autoimmune-disease-th1th2-paradigm>)

면역학적 수준에서 건강영향 평가를 위하여 2019년 7월 17일부터 2019년 8월 21일까지 총 6번에 나누어 말초혈액을 채취하였고, 혈액채취 당일 면역질환계 약물 복용자, 혈액 채취가 어려운 자 등을 제외하고 사무직군 48명, 조리직군 58명 대상으로 진행하였다. 10 ml EDTA로 코팅된 tube(BD Vacutainer K2E, UK)로 7 ~ 10 ml 채취하여 당일 실온상태로 분석실험실 운송하였다. 이후 다음의 혈액검사를 순서대로 진행하였다.

가) 일반 혈액학적 분석(Hematology analysis)

채취한 혈액 중 1 ml을 자동혈액분석기(ADVIA 2120, Simens, Munich, Germany, 그림 2-8)를 이용하여 백혈구수, 적혈구수, 림프구수, 혈소판수 단핵구수, 헤모글로빈 농도, 헤마토크릿(%) 그리고 호중구·호산구·호염기의 구성비(%) 등을 분석하였다.



[그림 2-8] 자동혈액분석기(ADVIA 2120)

나) 말초혈액 내 면역세포 비율 확인

① 말초혈액 단핵세포(Peripheral Blood Mononuclear Cell, PBMC) 분리
혈액 중 혈장을 분리하고 침전된 혈액세포에 DPBS(Dulbecco's Phosphate-Buffered Saline 1×, Gibco)를 채취한 혈액 volume 까지 추가로 넣은 다음 4-5번 기울였다 세우면서 mixing 하였다. Ficoll-paque density gradient centrifugation(Amersham Pharmacia, Biotech, Upsala, Sweden)방법에 따라 Ficoll-paque Plus(GE Healthcare, UK)를 이용하여 단핵세포군을 분리하였다.

② 면역세포 비율 확인

분리된 PBMC 중 B 림프구, T 림프구, 자연살해세포(Natural Killer cells, NK cells), T 림프구 유래 자연살해세포(Natural Killer T cells, NKT cells)의 비율은 유세포분석(Fluorescence-activated cell sorting, FACS)을 통하여 평가되었다.

각 세포는 세포 특이항원을 제시하는데 이 항원을 인식하는 형광이 표지된 항체를 넣어서, 형광 발광 데이터로 세포종류를 파악하였다. 사용된 기기는 BD Accuri™ C6 Plus(BD Biosciences)이었다.



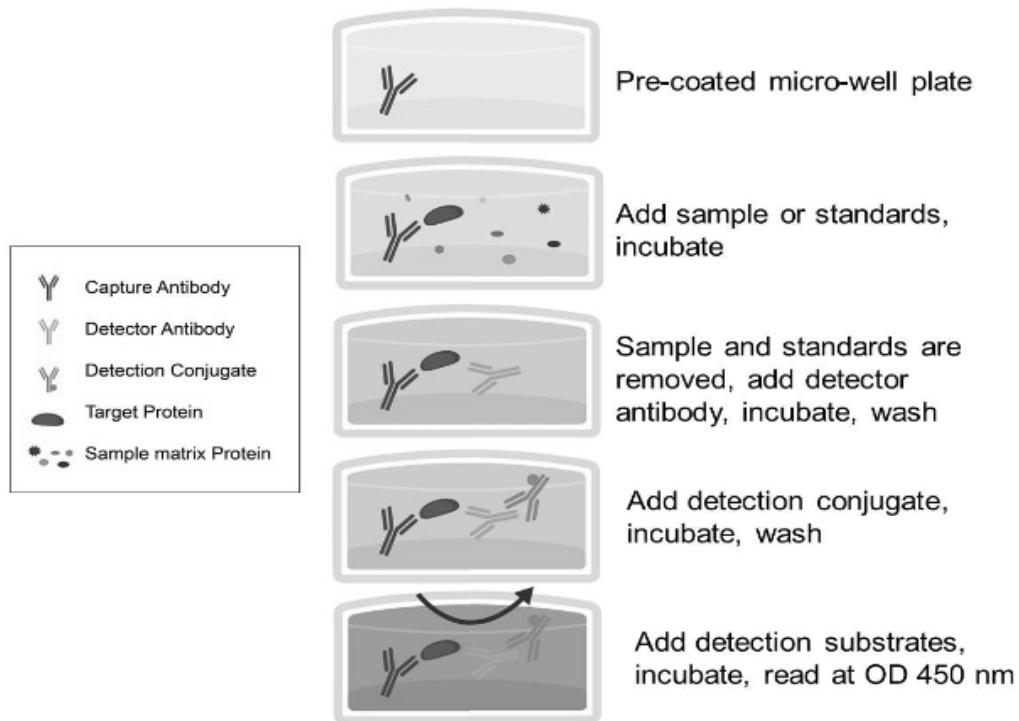
[그림 2-9] 유세포분석기(BD Accuri™ C6 Plus)

각 면역세포별 사용한 항체는 다음과 같다.

B 림프구는 PE-CyTM7 mouse anti-human CD19(BD PharmingenTM, San Diego, CA, USA) 혹은 PE mouse anti-human CD19(BD Pharmingen)를 이용하였다. 보조 T 림프구는 APC mouse anti-human CD4(BD Pharmingen)를 사용하였고, 세포파괴 T 림프구는 PE mouse anti-human CD8(BD Pharmingen)를 이용하여 정량 분석하였다. 자연살해세포와 T림프구 유래 자연살해세포는 FITC Mouse Anti-Human CD3(BD Pharmingen), PerCP-CyTM5.5 mouse anti-human CD16(BD Pharmingen)과 PE mouse anti-human CD56(BD Pharmingen) 시약을 사용하였다. 또한 각 항체에 대한 비특이적 결합을 보정하기 위하여 negative control로 FITC Mouse IgG1 κ Isotype Control(BD Pharmingen), PE Mouse IgG1 κ Isotype Control(BD Pharmingen), APC Mouse IgG1 κ Isotype Control(BD Pharmingen), PE-CyTM7 Mouse IgG1 κ Isotype Control(BD Pharmingen) 시약을 사용하였다.

다) 혈장 내 각종 항체 수준 분석

혈액을 15분간 실온에서 3,000 rpm으로 원심분리한 뒤 혈장(혈액의 액체성분, plasma)을 채취한 후 혈장 속에 포함된 항체(Immunoglobulin) 수준을 sandwich ELISA(Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) 방법으로 정량 분석하였다. 각 지표치별 Standard 농도와 흡광도에 대한 표준검량곡선의 R² 값이 0.98~0.99가 될 경우 standard curve를 확정하고 항체 수준을 계산하였다. 분석 중 sample을 희석한 경우에는 지표치의 농도에 희석배수를 곱하여 농도를 확인하였다.



[그림 2-10] sandwich ELISA 원리(예시, <https://www.avivasysbio.com>)

① Immunoglobulin G(IgG) subclass 분석

Nunc-Immoulon™ 2HB 96 well plate의 모든 well에 IgG subclass(IgG1, IgG2, IgG3, IgG4)별로 각 항체에 대한 $2\mu\text{g}/\text{ml}$ capture antibody(Purified Mouse Anti-Human IgG1(BD Pharmingen), Purified Mouse Anti-Human IgG2(BD Pharmingen), Mouse anti Human IgG3(Hinge Region, Serotec), Purified Mouse Anti-Human IgG4(BD Pharmingen)를 well 당 $100\mu\text{l}$ 씩 넣고 4°C 에서 overnight 시켰다. 이튿날 Automatic washer(Bio-Tek ELx50, Biotek Instruments, USA)로 3번 wash 후 capture antibody 이외 비특이적 단백질 결합을 막고자 10% BSA(Bovine serum albumin)-PBS $200\mu\text{l}/\text{well}$ 씩 첨가하여 실온에서 반응시킨다. 2시간 후 Automatic washer로 3번 wash 하고, 계대 희석한 standard(Human

IgG1, G2, G3(Sigma) : 1,000, 500, 250, 125, 62.5, 31.25, 15.625, 0 ng/ml, Human IgG4(Sigma) : 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125, 1.5625, 0 ng/ml) 또는 sample을 100 μ l씩 첨가하였다. 이 때 각 항체별로 sample의 농도를 고려하여 IgG1 1:5,000, IgG2 1:50,000, IgG3 1:5,000, IgG4 1:25,000으로 각 sample을 희석하여 첨가하였다. 4 °C에서 다시 overnight 한 뒤, 셋째날 Automatic washer로 5번의 wash후 1 μ g/ml의 Biotin Mouse Anti-Human IgG(BD Pharmingen)를 100 μ l씩 모든 well에 넣고 실온에서 2시간 정치 후 5번 Automatic washer로 wash 하였다. avidine peroxidase를 100 μ l/well씩 넣고 1시간동안 실온에서 반응시킨 뒤 ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)-diammonium salt, Sigma) substrate buffer 100 μ l/well 씩 첨가하여 25-30분간 색 변화를 관찰한 뒤 Stop solution으로 반응을 종결시켰다. 이후 Microplate Spectrophotometer (Bio-Teck, Epoch, USA)를 이용하여 흡광도 405nm에서 sample의 흡광도를 읽어 농도를 확인하였다.

② Total IgE 수준 분석

Total-IgE ELISA kit(IGL International GmbH, Germany)를 이용하여 제조회사의 프로토콜에 따라 분석하였다. 혈장 내 total-IgE 수준을 확인하기 위해 kit에 포함된 standard를 1,000, 250, 100, 25, 5, 0 IU/ml 로 계대희석하여 표준검량곡선을 그렸고, microtiter plate(mouse anti-human IgE antibody로 코팅된 plate)의 각 well에 10 μ l씩 Standard 또는 혈장 샘플을 넣었다. 200 μ l Enzyme conjugate IgE를 모든 well에 첨가하고 pipetting(혼합) 후 실온에서 30분간 반응하도록 하였다. 이후 모든 well에 희석된 Wash buffer(10배 희석) 300 μ l를 넣고 washing을 3번 반복하였다. 100 μ l TMB(tetramethylbenzidine) Substrate solution을 동일하게 첨가한 후 실온, 암실조건에서 15분동안 정치하였고 100 μ l Stop solution을 각 well에 넣어 반응(발색)을 종결시켰다. 60분 내에 Microplate Spectrophotometer를 통하여 450nm 흡광도(reference 흡광도는 620nm로 설정)에

서 각 혈액샘플의 Total-IgE의 흡광수준을 읽고 그 농도를 계산하였다.

③ IgA 수준 분석

Nunc-Immoulon™ 2HB 96 well plate에 IgA 항체에 대한 $2\mu\text{g/ml}$ capture antibody(Purified Mouse Anti-Human IgA1/IgA2(BD Pharmingen))를 $100\mu\text{l}$ /well씩 넣고 4°C 에서 overnight 시켰다. 둘째날 Automatic washer로 3번의 wash 후 10% BSA(Bovine serum albumin)-PBS $200\mu\text{l}$ /well 씩 첨가하여 실온에서 반응시킴으로써 sample 등의 단백질이 capture antibody 이외에 비특이적으로 결합하는 것을 막았다. 실온에서 2시간 반응 후 500, 250, 125, 62.5, 31.25, 15.625, 7.8152 ng/ml로 계대희석한 standard(Human IgA, Sigma) 또는 sample(1:50,000 희석) $100\mu\text{l}$ 을 각 well에 분주한다. 다시 4°C 에서 overnight 시키고, 셋째날 5번 wash 후 $1\mu\text{g/ml}$ biotin anti-human IgA1/IgA2(BD Pharmingen)를 $100\mu\text{l}$ /well 씩 첨가 후 실온에서 2시간 반응시켰다. 5번 wash 후 avidine peroxidase $100\mu\text{l}$ /well 분주 , 1시간 후 ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzo thiazoline-6-sulphonic acid)-diammonium salt, Sigma) substrate buffer $100\mu\text{l}$ /well 씩 첨가하여 25-30분간 색 변화를 관찰한 뒤 Stop solution으로 반응을 종결시켰다. 이후 Microplate Spectrophotometer를 이용하여 흡광도 405nm에서 sample의 흡광도를 읽어 농도를 확인하였다.

라) T림프구 배양액 내 생성 사이토카인 수준 분석

분리된 PBMC는 Ficoll용액과 혈소판 등을 제거를 위해 DPBS로 3회 wash 후 24 well plate에 각 sample당 1×10^6 cells/well PBMC, complete RPMI 세포배양액, 500 ng Ionomycin(Sigma), 10 U recombinant human IL-2(Peprotech, USA)을 혼합하여 첨가한 뒤 37°C , 5% CO_2 incubator에 72시간 배양하였다. 이후 4°C 에 15분간 12,000rpm으로 세포배양액(상층액)을 분리하여 추가분석까지 -80°C 에 보관하였다.

T 림프구 배양으로 얻은 상층액에서 Interleukin(IL)-4, Interferon(IFN)- γ , IL-17, Granulocyte-macrophage colony-stimulating factor(GM-CSF), Transforming growth factor beta 1(TGF- β 1) 의 수준을 아래의 각 시약의 제조사 프로토콜에 따라 sandwich ELISA 방법으로 정량분석하였다. 각 지표치별 Standard 농도와 흡광도에 대한 표준검량곡선의 R^2 값이 0.98~0.99가 될 경우 standard curve를 확정하고 지표치의 농도를 계산하였다. 실험 중 sample을 희석한 경우에는 지표치의 농도에 희석배수를 곱하여 농도를 확인하였다.

각 사이토카인별 사용한 ELISA kit는 다음과 같다.

IL-4 : Human IL-4 ELISA Set, BD Biosciences, IFN- γ : Human IFN- γ ELISA Set, BD Biosciences, IL-17: Human IL-17 DuoSet ELISA, R&D systems, USA, GM-CSF: Human GM-CSF ELISA Set, BD Biosciences, TGF- β 1: Human TGF-beta 1 Quantikine ELISA Kit, R&D systems를 사용하였다.

마) 종양 표지자 수준 분석

혈장 내 종양 표지자 Cyfra 21-1와 ProGRP 수준을 분석하기 위하여 각 지표치별로 TM-CYFRA 21-1 ELISA kit (BioVendor-Laboratorni medicina a.s., Czech Republic), Human Pro-Gastrin-Releasing Peptide(ProGRP) ELISA kit(MyBioSource, USA)를 사용하였다.

① Cyfra 21-1 수준 분석

Anti-Cyfra 21-1 antibody로 코팅된 microtiter plate 모든 well에 50 μ l Assay buffer, 10 μ l Enzyme conjugate를 순서대로 넣는다. 표준검량곡선을 그리기 위하여 50, 25, 10, 3, 0 ng/ml 의 Standard, Control 또는 Diluent로 10배 희석한 sample을 well별로 50 μ l씩 주입 후 실온에서 60분간 반응시킨다. Wash Solution을 200 μ l씩 3번 세척한 후 100 μ l Substrate Solution(TMB, tetramethylbenzidine)

을 넣고 다시 실온, 암실조건에서 15분간 정치한다. 마지막으로 반응 종결을 위하여 100 μ l Stop Solution을 모든 well에 첨가한 뒤 10분 내로 Microplate Spectrophotometer를 이용하여 450nm의 흡광도로 각 sample의 흡광도를 읽고 농도를 확인하였다.

② ProGRP(Pro-gastrin-releasing peptide) 수준 분석

1,200, 600, 300, 150, 75, 37.5, 18.75, 0 pg/ml 로 계대희석한 Standard또는 1:2로 희석한 sample을 Assay plate의 각 well에 100 μ l 씩 첨가한다. 실온에서 2시간 동안 반응을 한 뒤 액체를 버리고 100 μ l Biotin-antibody(1 $\times$, Biotin-antibody Diluent로 10배 희석)를 모든 well에 넣고 다시 1시간 정치한다. 200 μ l Wash buffer로 모든 well을 3번 wash를 한 뒤 100 μ l HRP-avidin(1 $\times$, avidin conjugated Horseradish Peroxidase, HRP-avidin Diluent로 10배 희석)을 넣는다. 1시간(실온) 후 다시 Wash buffer로 200 μ l씩 총 5번의 wash를 하고 90 μ l의 TMB Substrate를 넣어 암실조건에서 15-30분간 반응을 시킨다. 50 μ l Stop solution으로 반응을 끝낸 뒤 Microplate Spectrophotometer(Bio-Teck, Epoch, USA)를 이용하여 450nm의 흡광도를 읽고 sample의 농도를 확인하였다.

모든 sandwich ELISA 분석이 완료된 후에는 reference로 sample의 농도를 보정하였다. 이는 면역글로불린, cytokine의 sandwich ELISA 분석시 plate간 흡광도 차이에 따른 sample의 농도차이를 보정하기 위함이다. 각 plate에는 각 지표치 별로 기준농도를 알고 있는 reference를 well에 넣어 분석하였고, reference의 실제 농도값과 실험을 통해 읽은 농도값의 비율을 모든 sample의 농도에 곱하여 값을 보정하였다.

또한 농도 결과값 중 음의 값이 나온 경우에는 각 ELISA data sheet별로 검토하여 농도 최소의 값의 1/2 값으로 보았다. sample을 희석하여 사용하기 때문에 검출한계 이하로 나온 것으로 추정하여 실제 sample에는 비록 소량이지만 존재할 것이라는 점을 염두에 둔 것이다. 다만, 종양 표지자인 Cyfra 21-1, ProGRP의

경우에는 농도를 음의 값이 나온 경우 '0' 으로 처리하였다.

3) 통계처리

연구결과 값은 평균±표준편차 또는 평균±표준오차로 표시하였다. 통계처리는 SPSS version 18.0(SPSS Inc, USA)을 활용하였고, Sigma Plot 14.0(Systat Software, San Jose, CA)을 사용하여 사무직-조리직군의 면역학적 수준을 그래프로 나타냈다.

각 지표치별로 정규분포를 여부를 검증한 뒤 정규분포가 확인되면 Student's t-test 검정을 실시하였고, 정규성이 검정되지 않을 경우에는 Mann-Whitney U test를 수행하였다. 사무직군, 조리직군간의 동질성을 확인하기 위하여 BMI에 대해서는 독립표본 검정을, 연령대(5세 단위로 구분) 및 집에서의 평균조리시간은 카이제곱 검정을 실시하였고, 유의확률이 0.05 미만($p<0.05$)일 때 유의한 차이가 있다고 판단하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 급식실 내 작업환경평가

가) 급식조리환경

표본조사집단 69개소의 급식조리실 환경에서 사용연료는 도시가스를 주로 사용하며 대부분의 학교(94%)에서 1식 배식을 수행하며 주간근무의 비율이 높다. 환기상태에 대해 관리자들이 판단은 환기가 나쁘다는 견해가 10%를 초과하였다. 사용연료는 도시가스나 LPG가스, 전기, 스팀으로 복합적인 사용형태가 많았다.

<표 3-1> 조사대상 조리실 환경의 일반적 특징

조리실 환경의 일반적 특징	
학교구분	
초등	25(36.2)
중등	25(36.2)
고등	19(27.5)
사용연료(복수)	
도시가스 사용	61(88.4%)
LPG사용	8(11%)
기름	2(2.9%)
전기	26(37.7)
스팀	29(42%)
배식수	
1식	65(94.2)
2식	1(1.4)
3식	3(4.3)
근무형태	
주간근무	66(95.6)
교대근무	3(4.3)
환기상태	
원할	35(50.7)
보통	27(39.1)
나쁨	7(10.1)

<표 3-2> 급식조리실 위치별 학교 구분별 환기상태

조리실 위치	환기상태 (관리자판단)	소계	구분		
			초등학교	중학교	고등학교
지상	원활	33(100)	13(3)	11(33)	9(27)
	보통	22(100)	7(32)	9(41)	6(27)
	나쁨	3(100)	1(33)	1(33)	1(33)
지하	원활	2(100)	1(50)	0(0)	1(50)
	보통	2(100)	1(5)	1(50)	0(0)
	나쁨	3(100)	1(33)	1(33)	1(33)
기타	보통	3(100)	1(33)	1(33)	1(33)
	나쁨	1(100)	0(0)	1(100)	0(0)

* 기타에 해당하는 위치는 반지하 구조가 대부분임.

환기가 원활하지 않다는 답변을 한 것이 전체 대상의 10%를 초과하고 있는데, 환기상태가 원활하지 않다는 이유에는 급식조리실 위치, 창문이 없거나 위치 불량, 문을 개방했을 때 외부환경이 운동장이거나 주차장이어서 오히려 오염원이 되는 경우, 배기 후드장치의 효능에 대한 문제 등을 제시하고 있었다.

나) 작업환경측정대상의 기본 정보

표본집단 69개소 중 정밀 작업환경측정대상으로 25개소를 선정하였으며 이 중 실제 측정을 수행한 학교는 24개소이다. 측정당시의 일반적인 정보이다.

<표 3-3> 작업환경측정대상 현장의 일반적 특징

측정일자	근무인원	하루배식횟수	배식량	급식조리설위치	환기상태_판단*	근무형태
2019-06-10	4	1	250	지상	원활	주간근무
2019-06-11	7	1	335	지상	원활	주간근무
2019-06-12	8	1	860	지상	보통	주간근무
2019-06-13	8	1	870	지하	나쁨	주간근무
2019-06-17	8	1	590	지상	원활	주간근무
2019-06-18	8	1	760	지하	나쁨	주간근무
2019-06-19	4	1	300	지하	원활	주간근무
2019-06-20	8	1	650	지상	보통	주간근무
2019-06-21	11	3	410	지상	나쁨	교대근무
2019-06-24	7	1	600	지상	원활	주간근무
2019-06-25	11	1	1300	지상	보통	주간근무
2019-06-26	8	1	742	기타	보통	주간근무
2019-06-27	8	1	853	지상	원활	주간근무
2019-06-28	10	1	920	지상	보통	주간근무
2019-07-05	10	3	190	지상	보통	교대근무
2019-07-08	8	1	750	지상	나쁨	주간근무
2019-07-09	7	1	680	기타	나쁨	주간근무
2019-07-10	7	1	280	지상	원활	주간근무
2019-07-11	8	1	700	지상	원활	주간근무
2019-07-12	10	1	1007	지하	나쁨	주간근무
2019-07-15	11	1	1020	기타	보통	주간근무
2019-07-16	8	1	888	지상	원활	주간근무
2019-07-17	9	1	650	지상	보통	주간근무
2019-07-18	7	1	640	지상	원활	주간근무

* 영양사 등 관리자가 판단한 환기수준

<표 3-4> 측정일자별 온도, 습도, 식단 및 특이사항

번호	측정일자	온도(℃)	습도(%)	식단	특이사항
1	2019-06-10	23.9	50	밥, 낙지볶음, 카레고등어구이, 김치	
2	2019-06-11	24.1	52	베이컨 크림 스파게티, 감자탕, 피클, 마늘빵, 옥수수쌀밥	올리브유 사용, 베이컨 요리
3	2019-06-12	23.7	53	야채계란볶음밥, 짜장소스, 미소된장국, 피자호떡(오븐기), 수박, 단무지, 배추김치	
4	2019-06-13	22.6	54	검정현미밥, 바지락미역국, 콩나물돈육조림, 독일식감자전, 머위대볶음, 배추김치, 우유	
5	2019-06-17	25	81	혼합잡곡밥, 육개장, 돈육김치볶음, 계란말이, 가지나물, 딸기우유	계란말이전, 채소삶기, 환기팬없음. 돈육볶음(김치와 돼지고기), 벽면환기팬없음.
6	2019-06-18	25.3	80	검정콩밥, 닭곰탕과 당면사리, 김치전, 크림떡볶이, 오이소박이/깍두기, 요구르트, 호계중 (칼슘참쌀밥, 돈육김치찌, 오리훈제야채볶음, 애느타리배무침, 명엽채무침, 배추김치/비타민음료)	눈자극증상, 면삶기, 닭찌내기, 환기구 오버플로우 현상 심함.
7	2019-06-19	25.2	72	치킨마요덮밥, 미소시루, 깍두기, 치즈인핫도그(오븐기사요)	치킨마요덮밥은 슴, 핫도그는 오븐에 굽기, 후드 오버플로우 생김
8	2019-06-20	24.5	71	돼지국밥, 참쌀밥, 코다리실엿장조림(오븐기), 야채튀김(솔), 부추양파초절이, 깍두기, 요거트	튀김(10시 40분까지), 기타 수육삶기
9	2019-06-21	26.8	72	삼계탕(솔), 참쌀밥, 모듬전(오븐기), 도넛(완제품), 오이고추무침*오이스틱, 수박*석박지	4명작업, 모듬전은 오븐, 삼계탕 삶기, 후드상태는 좋음, 환기상태 좋으나 업무 강도 높음 호소
10	2019-06-24	23.5	66	잡채, 고추장볶음, 어묵무국, 김치	

11	2019-06-25	25.2	67	혼들도시락(스크램블, 멸치볶음, 햄소시지, 김치볶음, 김볶음), 유부맑은국, 오이부추무침, 알포도, 찰보리빵(완제품), 우유, 에어컨 1대 작동	계란전, 조리실내 급기구 없음. 실내 2층, 조리실 작업중 창개방, 스팀 사용시 오버플로우 가능성 높음
12	2019-06-26	25	81	짜장면&밥, 찹쌀탕수육 (반제품, 튀기기), 단무지무침(짜사이), 중국식채소볶음, 배추김치	탕수육튀기기, 야채볶음, 면삶기
13	2019-06-27	24.9	88	감자옹심이만두국, 돼지갈비찜, 배추김치, 포도, 깻잎무침	○여고 조리공간을 같이 사용함.
14	2019-06-28	24.6	86	비빔밥(계란후라이, 시금치, 호박, 고사리, 표고버섯, 도라지, 당근), 누룽지탕, 백김치, 사과파이, 우유	전판 작업자 뒤 에어컨2대, 선풍기 가동,오븐기(피자, 냉동생지), 3명에서 돌아가면서 계란후라이작업
15	2019-07-05	21.7	90	깍두기볶음밥(깍두기, 햄, 양파-술), 냉메밀소바, 케이준샐러드(텐디스탁-오븐기), 음료, 열무김치	볶음요리
16	2019-07-08	23.6	56	잡곡밥, 강된장찌개, 대패삼겹살구이, 파차, 수제웨지감자, 배추김치	마늘(오븐기), 웨지감자 210도, 술2개, 전판 옆 1개술(튀김술), 전판에서 (삼겹살구이+소스)
17	2019-07-09	20.5	83	통밀밥, 오이냉국, 간장돈육불고기, 부드러운버터쿠키(완제품), 상추쌈, 배추김치(콩나물무침)	에어컨작동, 일면은 벽면, 일면은 주차장, 복기가 주요리였음(술,), 외부에서 비 흘날림
18	2019-07-10	22.8	80	스팸김치마요덮밥, 버섯유부장국, 회오리감자, 깍두기, 오이도라지무침	에어컨 가동, 전판에 스크램블, 튀김술의 회오리감자, 외부창 개방상태로 외부공기 유입많음. 전반에 햄, 튀김요리
19	2019-07-11	25.5	90	찰보리밥, 콩나물국, 오리불고기, 파래김자반볶음	에어컨가동, 술3개(술2개는 오리불고기, 1개는 콩나물국), 오리불고기 샐프로 술에서 조리함. 술방향은 주택, 반대는 운동장, 이동공간이 좁지는 않으나 환기시 외부공기질 영향받을 가능성
20	2019-07-12	25.2	86	김가루볶음밥, 닭다리삼계탕, 석박지, 애플파이, 수박, 명엽채조림	에어컨가동, 지하, 술2개 작동, 튀김술1개 사용x, 오븐기 사용, 화구 3개 사용, 조리사 내부 창은 주차장으로 나와 있고 반대편은 지하벽으로 창구조, 계란말이, 술에서 채소볶기, 삶기

21	2019-07-15	25.1	80	찰현미밥, 돈등뼈감자탕, 맛살달걀말이, 추러스, 타코야끼, 깻잎지, 석박지	타코야끼(오븐), 링추러스(화구), 달걀말이(전판), 반지하구조, 홀에서 눈따가운 증상 있었음. 늦게까지 계란말이함.
22	2019-07-16	23.5	90	잡곡밥, 국산꽃게탕, 대패삼겹마늘구이, 김소파무침, 모듬쌈, 쌈장. 보쌈김치	일의 강도가 약한날, 술에서 1차로 초벌, 전반에서 2차로 삼겹살
23	2019-07-17	25.3	75	짬뽕국, 콩나물밥, 소치소치(오븐), 배추김치, 한라봉쥬스	
24	2019-07-18	26.8	82	감자튀김, 오므라이스	10시30분까지 기름데우기, 계란은 오븐에서 구워내기, 창문은 다닫음, 환기상태 좋음, 배기상태 좋음

다) 일산화탄소 및 이산화탄소 발생결과

전반적으로 전(계란말이, 스크램블, 삼겹살), 튀김과 같은 기름을 사용하는 요리에서 일산화탄소, 이산화탄소 발생량이 높았다. 1개소에서 일산화탄소 순간 농도가 단시간노출기준 200ppm⁵⁾을 초과하였다.

5)

(

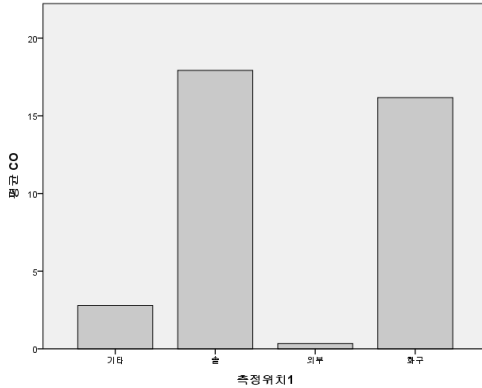
2018-62), 15

가

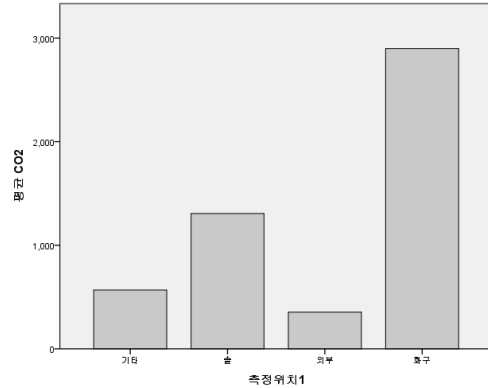
<표 3-5> 조리종류별 CO, CO₂ 측정결과

날짜	CO 측정결과 (범위, ppm)	CO ₂ 측정결과 (범위, ppm)	주요조리방법
6/10	0.1-0.7	400~1000	카레고등어 구이
6/11	1.5-15.5	300~618	베이컨 스파게티
6/12	0-10.5	320~1890	야채계란볶음밥
6/13	0-2.5	352~8888	감자전과 돈육조림
6/17	3-122.2	357~8888	계란말이
6/18	0.1-0.4	353~427	삼계탕
6/19	0-0.9	330~488	치키마요덮밥
6/20	0.4-10.5	358~2450	야채튀김
6/21	0.4-1.4	387~770	삼계탕
6/24	0-1.3	329~680	잡채 및 고추장볶음밥
6/25	0-3.7	377~8888	전(스크램블)에서 최고치
6/26	0.8-295.4	376~1700	탕수육(튀김)에서 최고치
6/27	0.2-1.3	432~732	돼지갈비찜
6/28	0.2-23.3	366~8888	비빔밥, 전(계란후라이)
7/5	0.2-1.2	403~555	햄, 양파볶음(깍두기 볶음밥)
7/8	0.1-3.2	313~8888	전(삼겹살과 소스)
7/9	24.7-132.9	627~8888	전(간장돈육불고기)
7/10	1.7-97.5	398~8888	튀김(회오리감자 및 스크램블)
7/11	7.2-83.1	1000~1180	오리불고기(술)
7/12	0.3-41.4	533~2281	전(스크램블에서 최고치)
7/15	7-185.3	518~8888	계란말이에서 CO, CO ₂ 최고치
7/16	0.6-3.2	608~4727	전(삼겹살)
7/17	0-3.8	336~1296	짬뽕국 및 콩나물밥
7/18	0-60	331~8888	튀김(감자)에서 최고치

화구의 위치에서 이산화탄소, 일산화탄소의 발생률이 높았고, 이산화탄소는 화구(그릴)의 위치에서 더 많이 발생하였다.

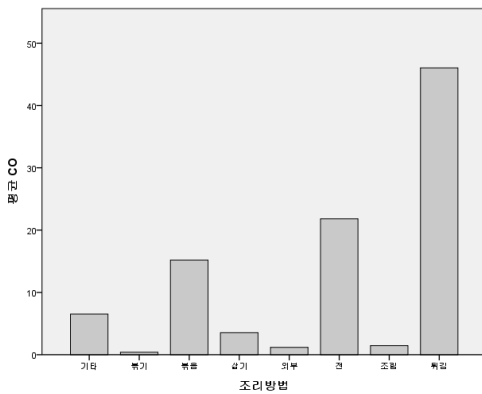


[그림 3-1] CO평균농도(위치별)

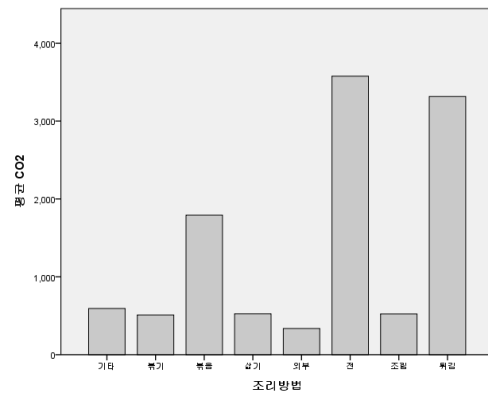


[그림 3-2] CO₂평균농도(위치별)

조리방법별 살펴보면 튀김이나 전 등의 기름을 사용하는 조리법에서 일산화탄소, 이산화탄소 발생비율이 모두 높았다.



[그림 3-3] CO농도(조리방법별)



[그림 3-4] CO₂농도(조리방법별)

라) 미세먼지측정결과

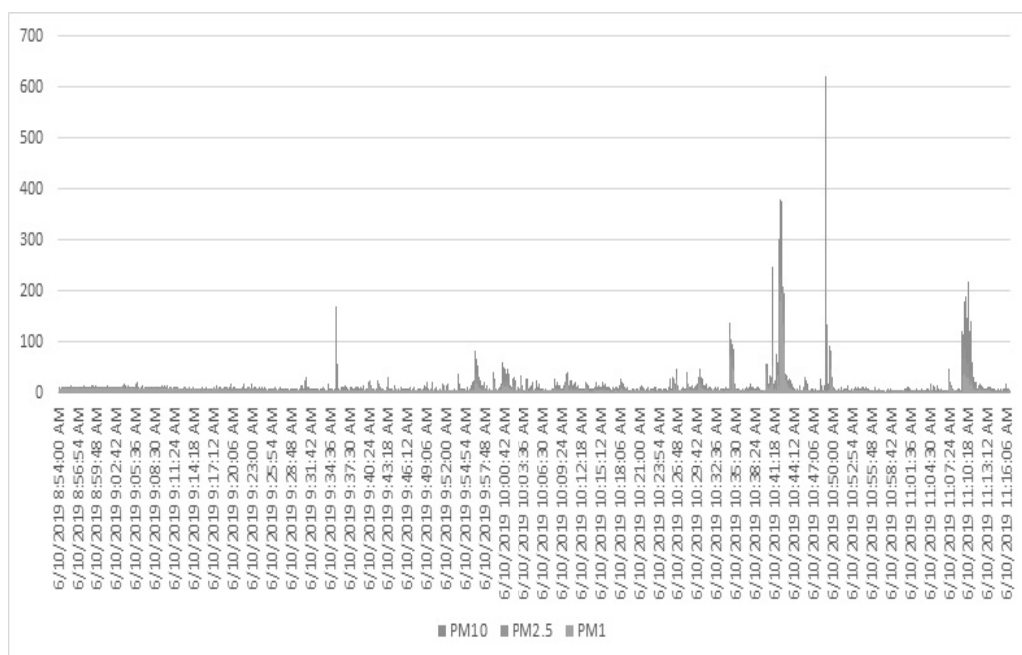
실내공기질 유지기준을 초과한 학교는 PM₁₀ 기준 초과 조리환경은 6월 10일 ○○초등학교, 6월 24일 ○○중학교, 7월 11일 ○○고등학교, 7월 15일 ○○고등학교 4개소였고, PM_{2.5} 초과 조리 상황은 6월 19일 ○○초등학교, 6월 24일 ○○중학교, 7월 11일 ○○고등학교, 7월 5일 ○○중학교 5개소였으며, PM₁의 분진에서는 초과사업장에서의 발○○생량이 같이 증가하는 경향을 보였다.

<표 3-6> 조리 중 먼지 사이즈별 평균발생량(ug/m³)

구분	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁	주요조리방법
6/10	14.2	8.6	6.2	카레고등어 구이
6/11	9.2	5.8	4.0	베이컨 스파게티
6/12	14.4	10.3	8.5	야채계란볶음밥
6/13	16.5	13.5	11.8	감자전과 돈육조림
6/17	19.1	17.5	15.6	계란말이
6/18	32.9	27.6	22.3	삼계탕
6/19	<u>351.9</u>	<u>95.4</u>	<u>34.9</u>	치키마요덮밥
6/20	43.0	36.5	33.7	야채튀김
6/21	31.6	30.5	28.7	삼계탕
6/24	<u>674.9</u>	<u>206.5</u>	<u>26.0</u>	잡채 및 고추장볶음밥
6/25	76.8	43.0	31.8	전(스크램블)에서 최고치
6/26	15.4	13.3	12.0	탕수육(튀김)에서 최고치
6/27	8.9	6.9	5.9	돼지갈비찜
6/28	79.0	38.4	23.1	비빔밥, 전(계란후라이)
7/5	<u>82.3</u>	<u>69.7</u>	<u>37.8</u>	햄, 양파볶음(각두기 볶음밥)
7/8	15.4	13.9	12.0	전(삼겹살과 소스)
7/9	7.5	5.9	4.5	전(간장돈육불고기)
7/10	60.7	39.8	29.4	튀김(회오리감자 및 스크램블)
7/11	<u>931.4</u>	<u>298.6</u>	<u>71.1</u>	오리불고기(술)
7/12	10.9	8.1	6.3	전(스크램블에서 최고치)
7/15	<u>151.1</u>	<u>134.9</u>	<u>96.3</u>	계란말이에서 최고치
7/16	40.9	31.1	15.0	전(삼겹살)
7/17	8.4	6.6	5.4	짬뽕국 및 콩나물밥
7/18	14.3	14.0	12.9	튀김(감자)에서 최고치

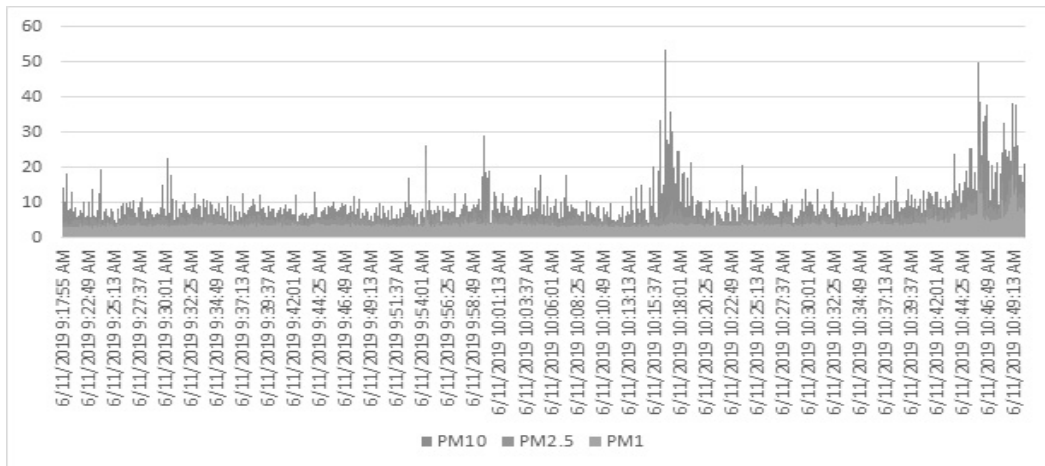
개별 조리환경 24개소의 발생경향을 살펴보면, 미세먼지 발생형태는 지속적인 증가 양상보다는 조리방법에 따른 변이가 큰 것으로 나타났으며, 특정 분진 크기에 따른 변화보다 PM₁₀ 이하의 분진 전체가 증가하는 추세를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

미세분진 발생량은 수증기가 동반된 볶음요리나 삶기에서 높게 나타났다.



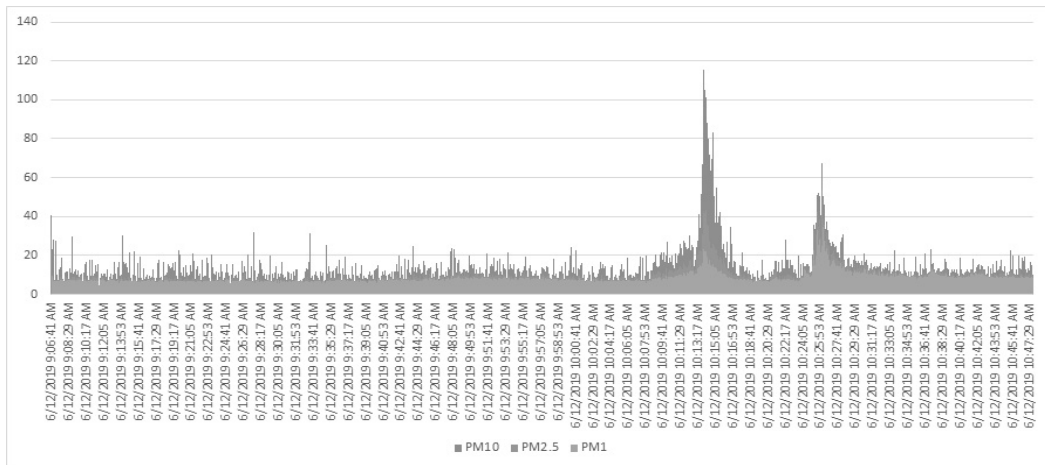
[그림 3-5] 6월 10일 ○○ 초등학교

6월 10일 볶음요리 시간대 미세분진이 최고치에 도달하였다. 평균 노출수준은 실내 환경기준을 초과하지는 않았으나 PM₁₀, PM_{2.5}의 순간 발생량이 실내 환경 기준 200 μm^3 을 초과하였다.



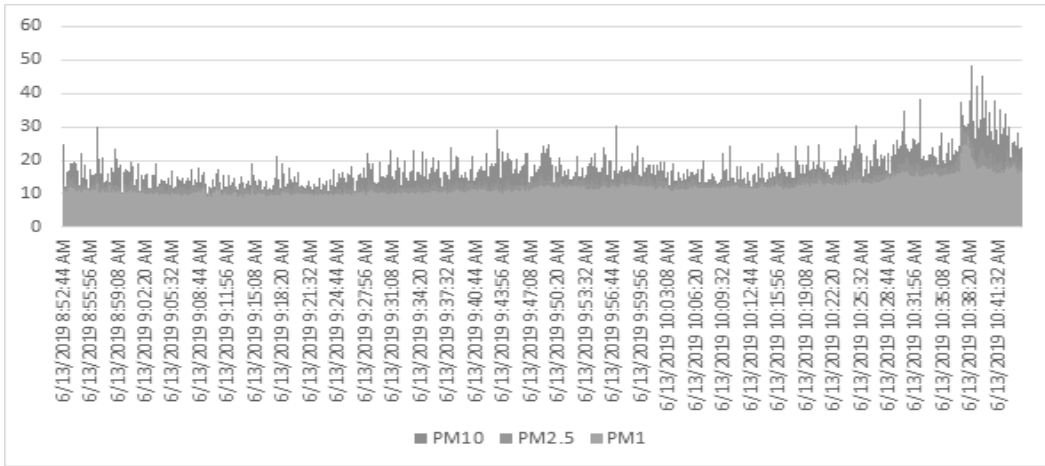
[그림 3-6] 6월 11일 ○○ 초등학교

6월 11일 주 요리는 베이컨 스파게티로 미세먼진발생량은 실내 공기질 유지기준 범위 내에서 발생하였다.



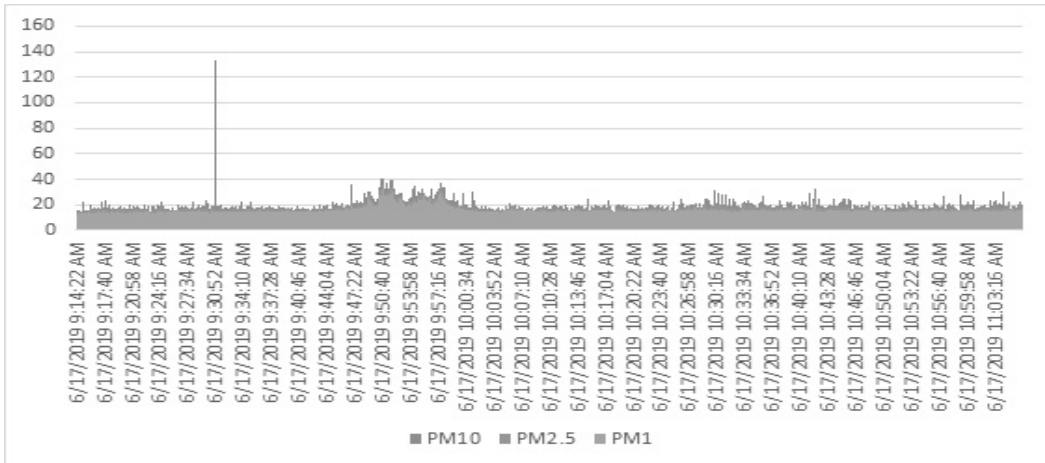
[그림 3-7] 6월 12일 ○○ 초등학교

6월 12일 야채 볶음시 분진이 최고치에 도달하였다. 전반적인 미세먼진 발생량은 실내공기질 유지기준 내에 존재하였다.



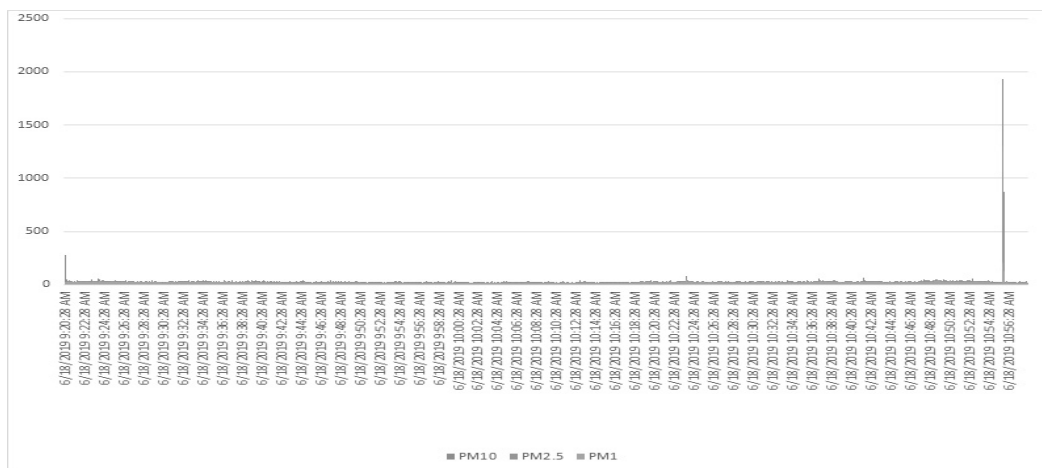
[그림 3-8] 6월 13일 ○○ 초등학교

6월 13일 감자전을 하는 위치에서 미세분진은 각 사이즈대 별 실내공기질 관리 기준 내에 분포하였다.



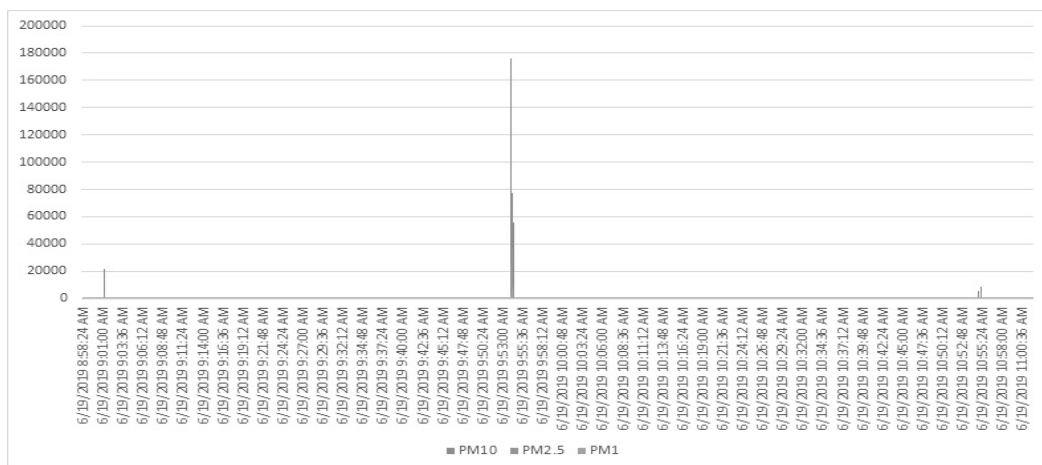
[그림 3-9] 6월 17일 ○○ 초등학교

6월 17일 전(계란말이) 하는 위치에서 측정되었는데 분진발생량은 많지 않았다.



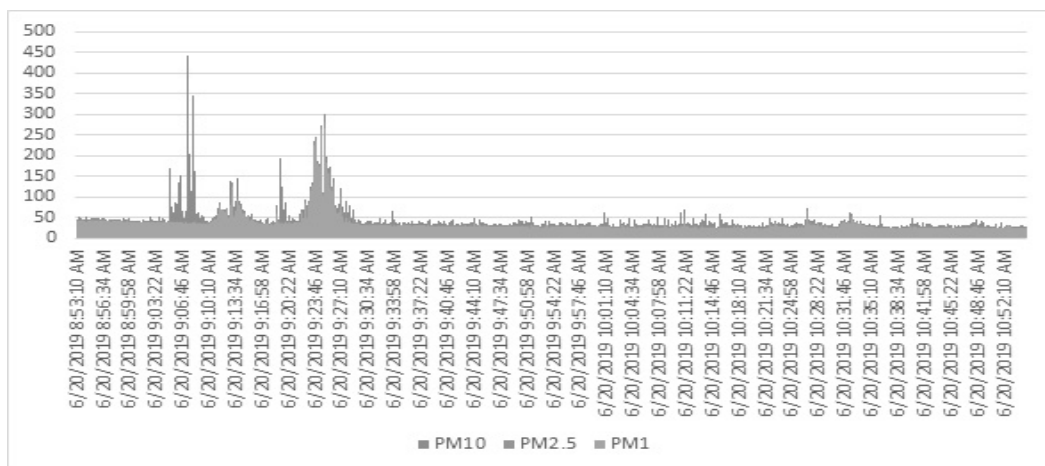
[그림 3-10] 6월 18일 ○○ 고등학교

6월 18일 평균 미세먼진 발생량은 많지 않았으나 각 사이즈대별 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과한 지점이 있었으며 이는 수증기 발생으로 인한 것이며, 이날 주요리는 삼계탕(삼기)였다.



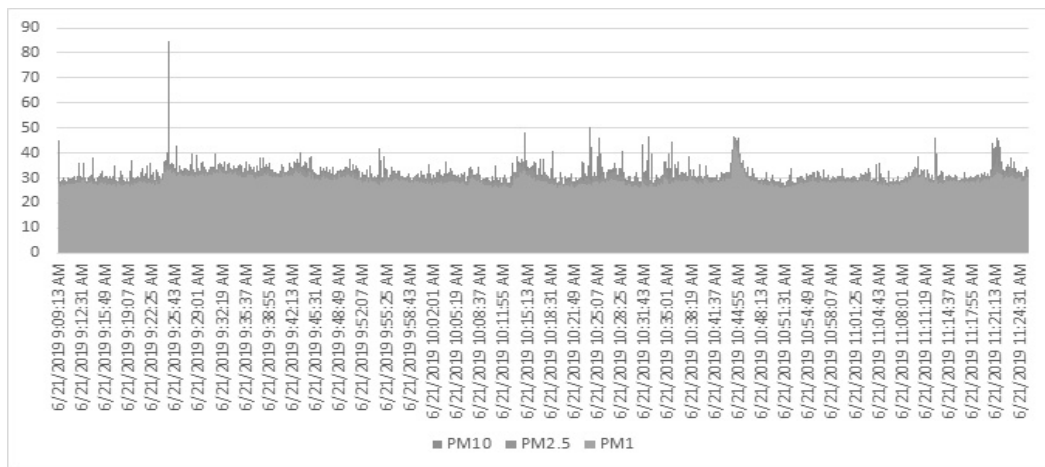
[그림 3-11] 6월 19일 ○○ 초등학교

6월 19일 치킨마요덮밥 위치에서 측정되었으며 술에 육수를 만드는 과정에서 미세먼지가 아주 높게 측정되었다. 모든 사이즈대별 분진발생이 실내유지기준을 초과하였다.



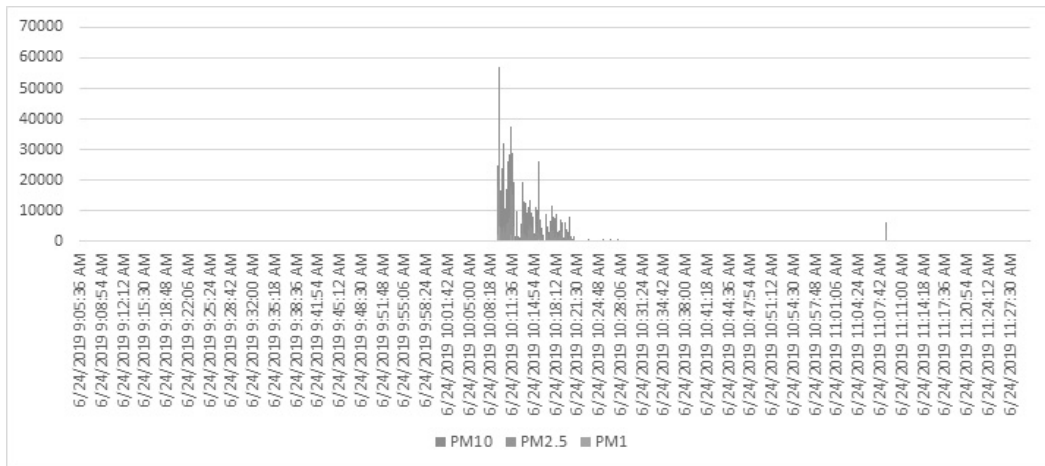
[그림 3-12] 6월 20일 ○○ 초등학교

돼지국밥과 야채튀김이 주요리로 각 사이즈대별 실내유지기준을 초과하지는 않았으나 모든 사이즈대별 농도에서 순간농도 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였다.



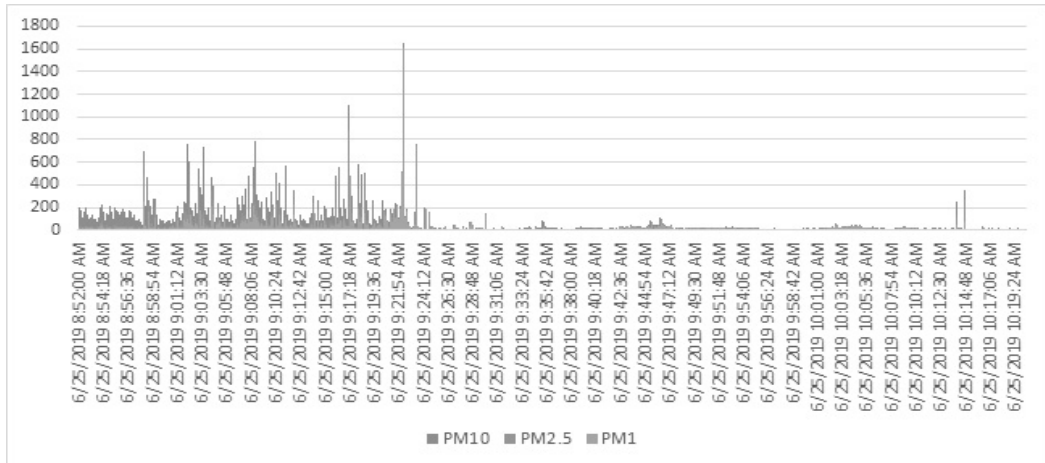
[그림 3-13] 6월 21일 ○○○○○○ 고등학교

삼계탕이 주요리로 전체 분진발생량은 많지 않았다.



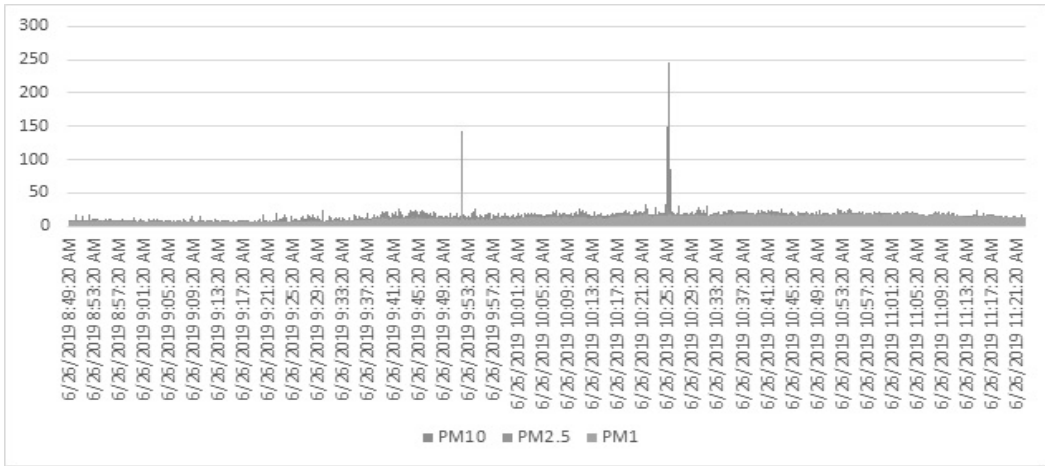
[그림 3-14] 6월 24일 ○○ 중학교

잡채 볶음시간대에 모든 사이즈 대별 분진 발생량이 실내유지기준을 훨씬 초과하는 양상을 보였다.



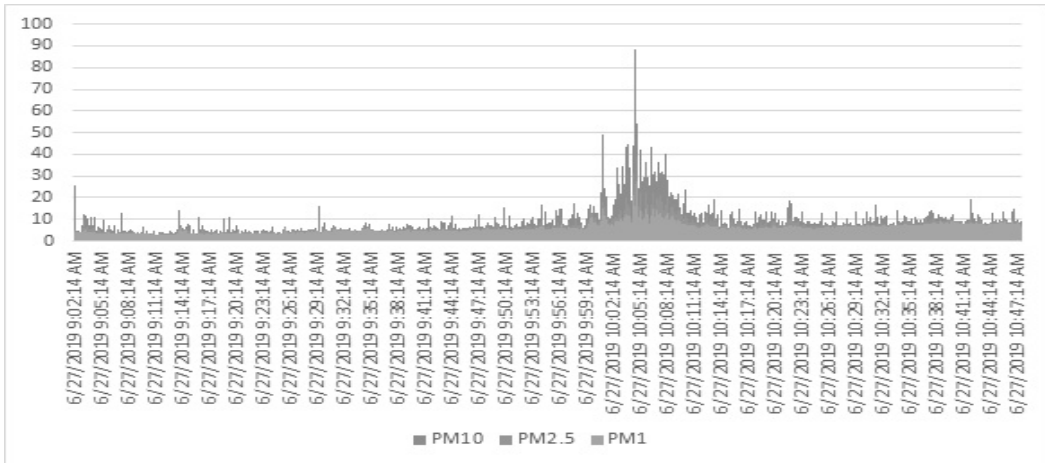
[그림 3-15] 6월 25일 ○○ 초등학교

전(스크램블) 하는 시간대에 분진발생량이 아주 높게 나타났으며 평균발생량은 PM_{10} 은 $76.8\mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $43.0\mu g/m^3$ 이었다.



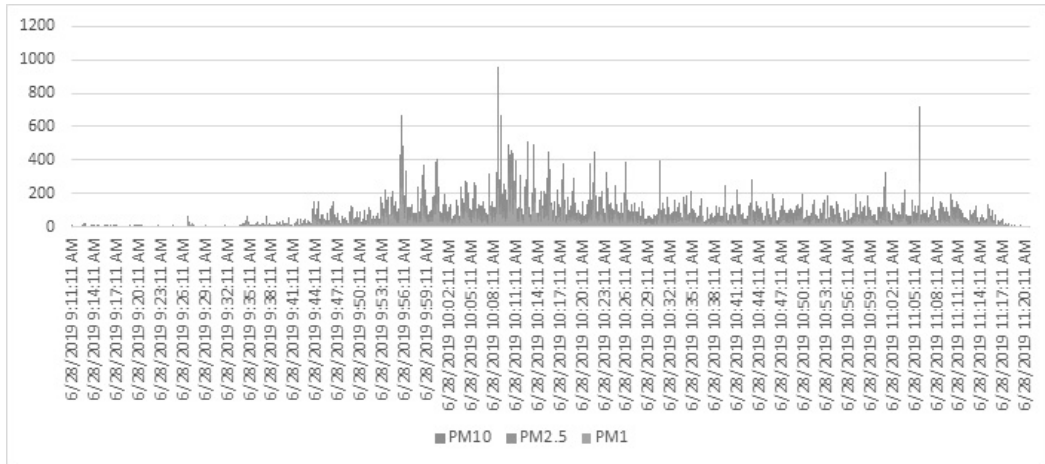
[그림 3-16] 6월 26일 ○○ 초등학교

탕수육 튀김시 순간 분진 발생량이 PM_{10} 에서 $200 \mu g/m^3$ 초과하였으나 평균 발생량은 실내 권고기준치에 있었다.



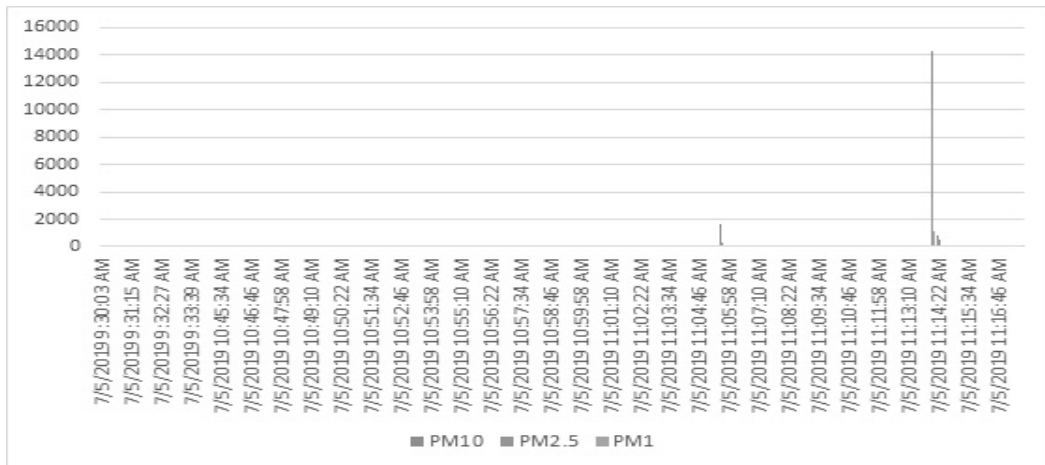
[그림 3-17] 6월 27일 ○○ 초등학교

돼지갈비찜이 주요리로 미세먼진 평균 발생량과 순간농도 발생량이 실내 공기 질 관리 기준 내에 있었다.



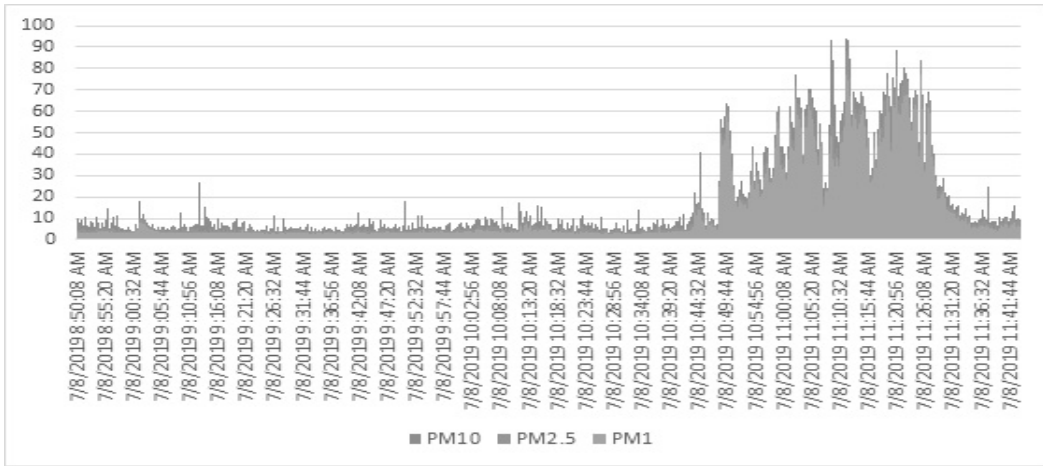
[그림 3-18] 6월 28일 ○○ 중학교

비빔밥을 주요리로 계란후라이를 하는 전요리가 많았는데 평균발생량은 PM_{10} 은 $79\mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $38.4\mu g/m^3$ 였다.



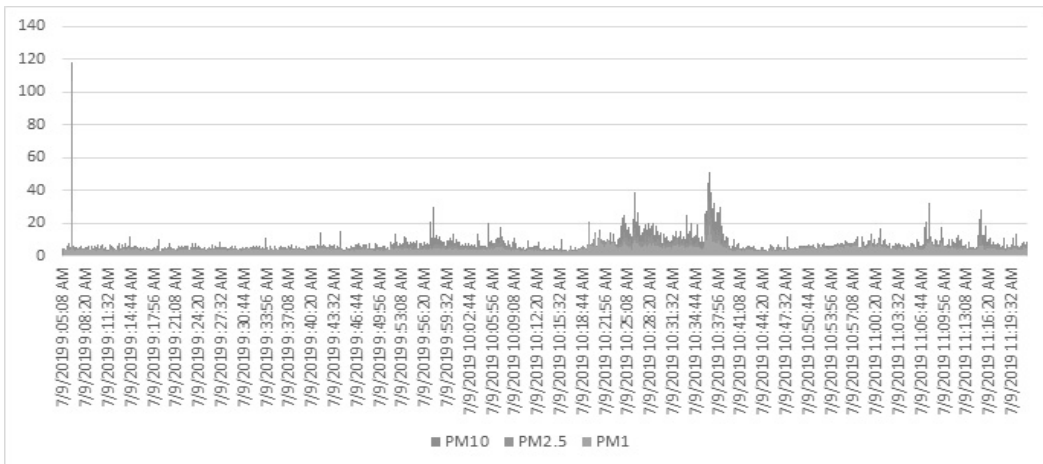
[그림 3-19] 7월 5일 ○○ 중학교

깍두기 볶음밥이 주요리로 $PM_{2.5}$ 사이즈 분진 평균발생량이 실내공기질 유지기준을 초과하였다.



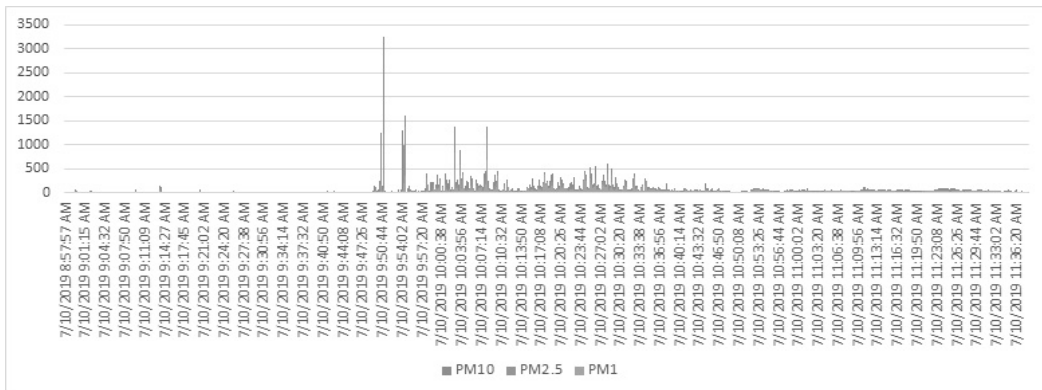
[그림 3-20] 7월 8일 ○○ 중학교

삼겹살 소스요리가 주로 분진 평균발생량은 높지 않았다.



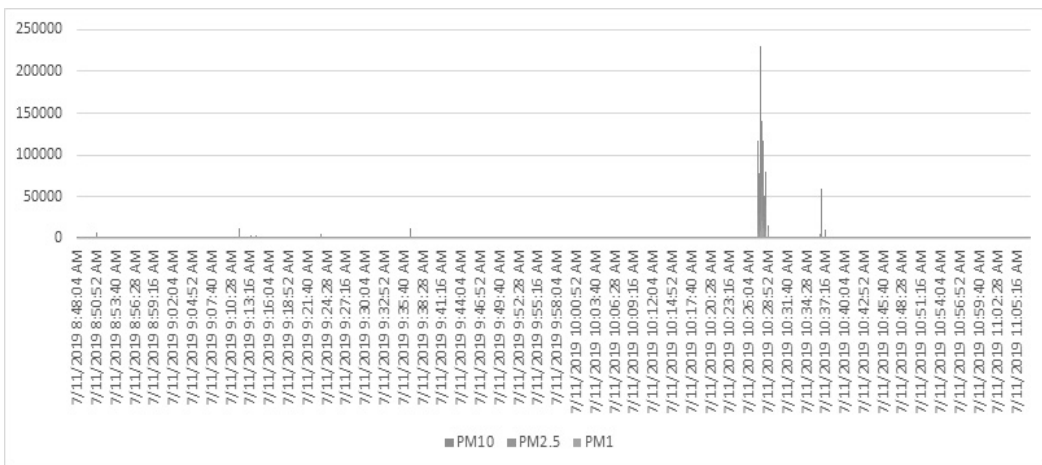
[그림 3-21] 7월 9일 ○○ 중학교

간장 돈육불고기 하는 위치에서 PM_{10} , $PM_{2.5}$ 에서 $100\mu g/m^3$ 을 초과하기도 하였으나 평균발생량은 높지 않았다.



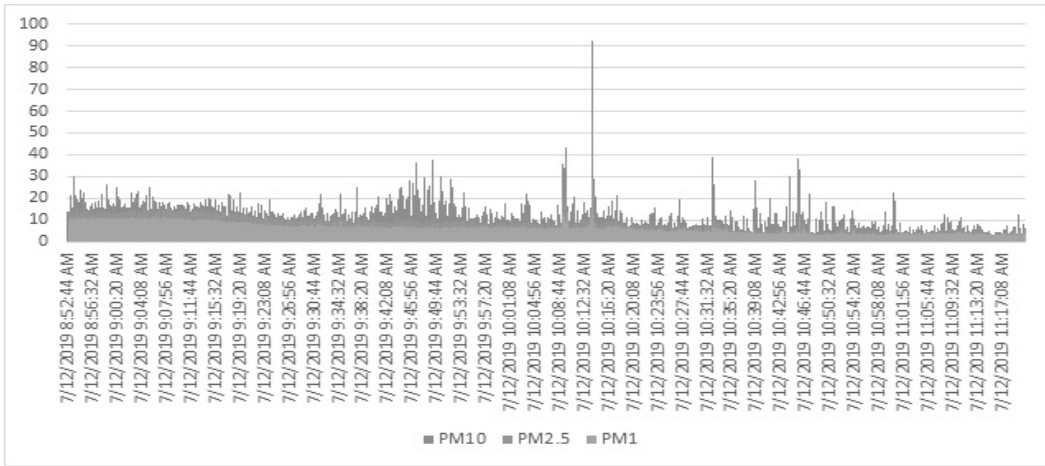
[그림 3-22] 7월 10일 ○○ 중학교

회오리감자 튀김과 스크램블 조리가 주였으며 특정 작업대 PM10, 2.5의 발생량이 $3000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상, $1300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 치솟기도 하였으나, 평균발생량은 환경기준치 이하였다.



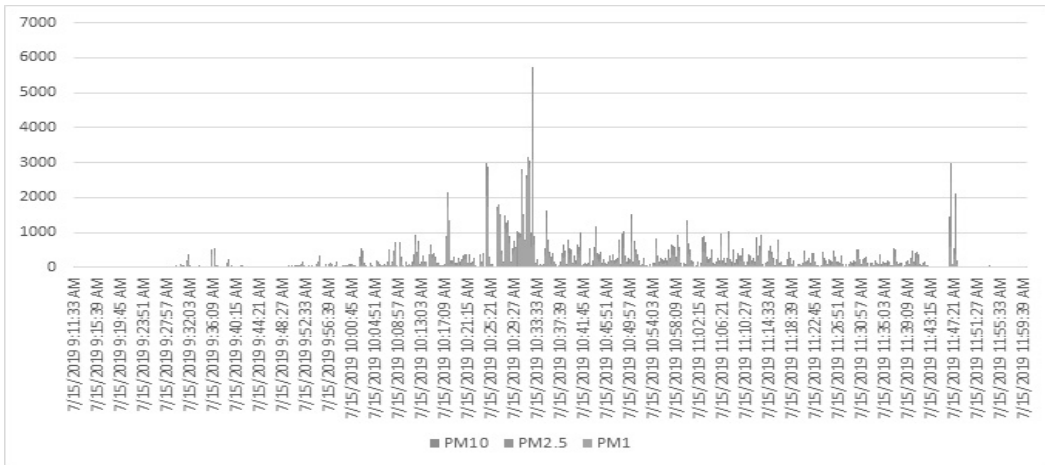
[그림 3-23] 7월 11일 ○○ 고등학교

오리불고기 위치에서 분진평균 발생량이 PM_{10} 에서는 $931.4\mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{PM}_{2.5}$ $298.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 아주 높았다.



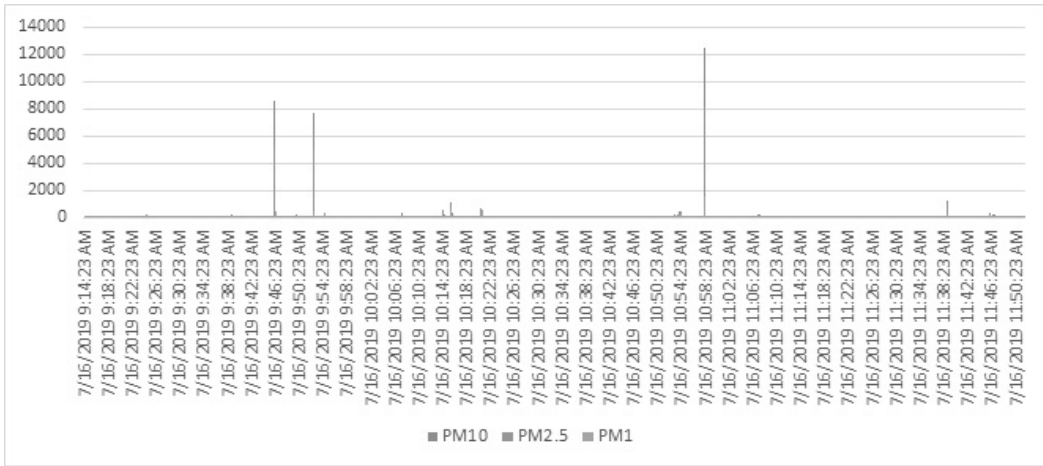
[그림 3-24] 7월 12일 ○○ 중학교

스크램블을 하는 위치에서 평균발생량은 PM_{10} 은 $10.9\mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $8.1\mu g/m^3$ 이었다.



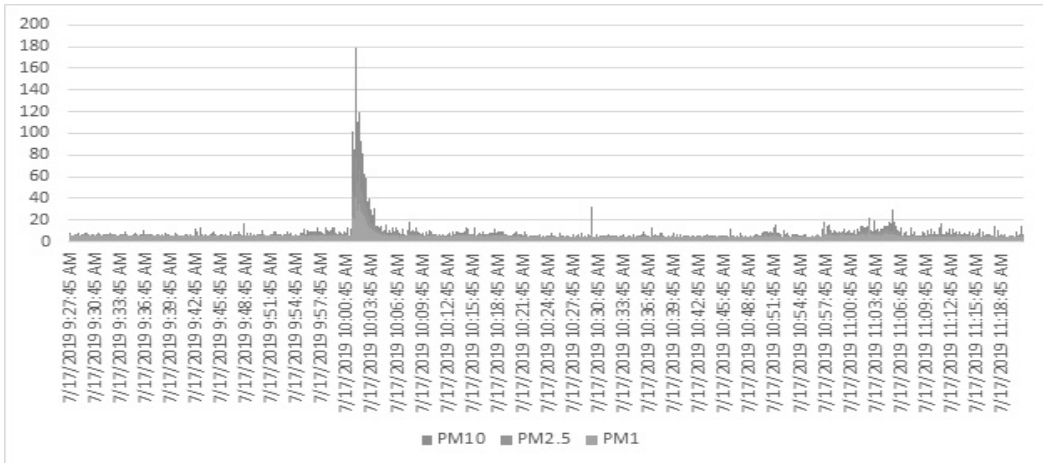
[그림 3-25] 7월 15일 ○○ 고등학교

계란말이 위치에서 평균발생량은 PM_{10} 은 $151.1\mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $139.4\mu g/m^3$ 로 실내환경 유지기준을 초과하였다.



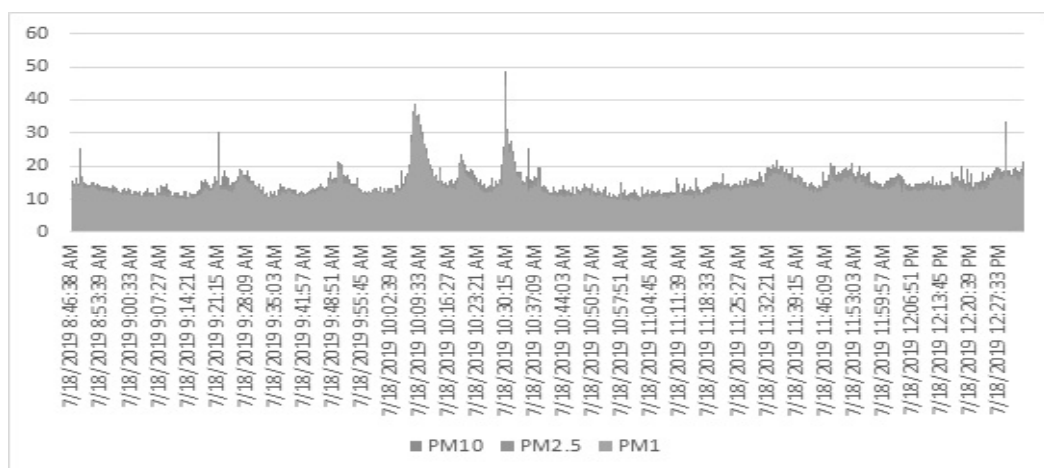
[그림 3-26] 7월 16일 ○○ 고등학교

삼겹살 굽는 과정에서 평균발생량은 PM_{10} 은 $40.9\mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 는 $31.4\mu g/m^3$ 로 실내 환경 유지기준 이하였으나 순간 발생치는 아주 높았다.



[그림 3-27] 7월 17일 ○○○○고등학교

짬뽕국 및 콩나물밥으로 미세먼진 평균 발생량은 전반적으로 낮게 나타났다.



[그림 3-28] 7월 18일 ○○○○○○고등학교

튀김감자위치에서 분진발생량은 많지 않았다.

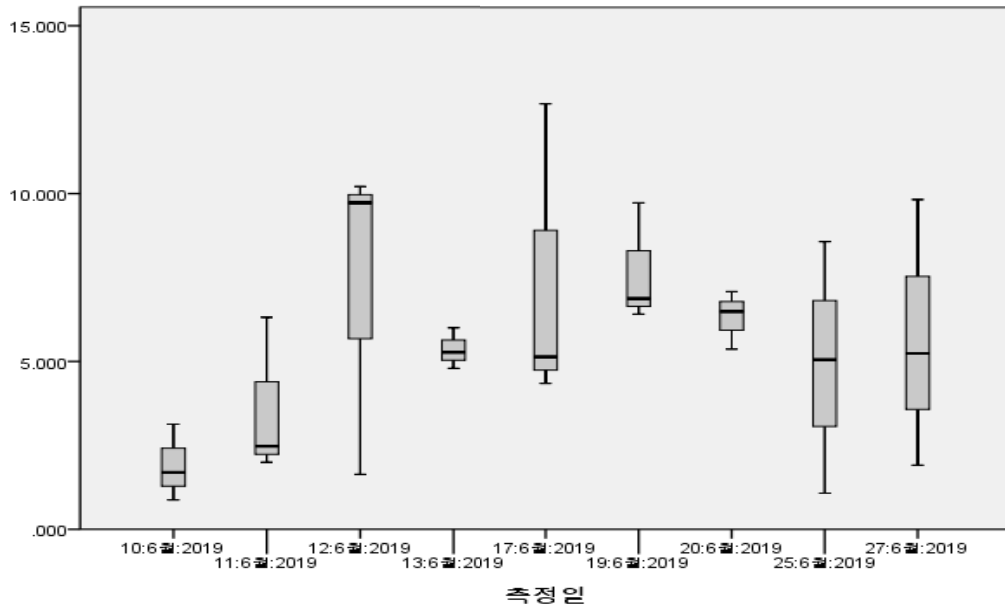
마) 포름알데히드 분석결과

학교별 측정일자별 포름알데히드 측정결과는 다음과 같다.

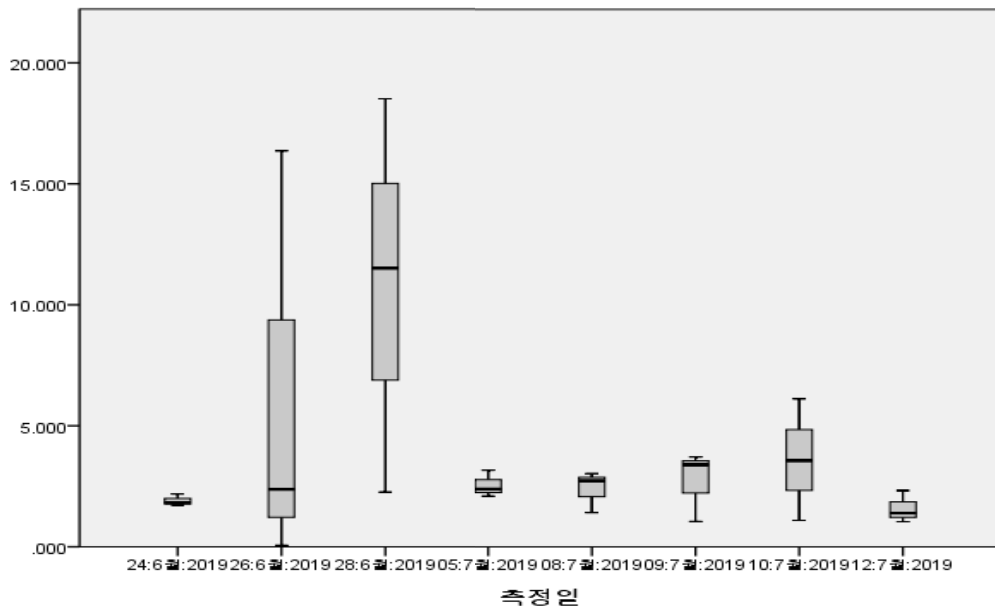
<표 3-7> 학교별 측정일자별 포름알데히드발생량 분포, 단위(ug/m³)

구분	측정일자	개수	산술 평균	표준 편차	기하 평균	기하표준편차	최소값	최대값
초등학교	6/10	3	1.900	1.143	1.668	1.893	0.874	3.131
	6/11	3	3.595	2.368	3.147	1.845	1.994	6.314
	6/12	3	7.190	4.815	5.457	2.837	1.637	10.208
	6/13	3	5.358	0.609	5.335	1.120	4.795	6.005
	6/17	3	7.390	4.598	6.569	1.778	4.351	12.680
	6/19	3	7.676	1.796	7.545	1.250	6.416	9.732
	6/20	3	6.316	0.869	6.275	1.152	5.372	7.083
	6/25	3	4.903	3.753	3.601	2.940	1.077	8.578
	6/27	3	5.661	3.975	4.618	2.285	1.910	9.828
중학교	6/24	3	1.908	0.241	1.898	1.131	1.722	2.180
	6/26	3	6.266	8.821	1.302	17.812	0.057	16.364
	6/28	3	10.765	8.154	7.841	3.013	2.260	18.517
	7/05	3	2.550	0.553	2.512	1.235	2.095	3.166
	7/08	3	2.391	0.855	2.271	1.508	1.419	3.027
	7/09	3	2.723	1.458	2.367	2.026	1.050	3.720
	7/10	3	3.594	2.512	2.881	2.411	1.095	6.118
	7/12	3	1.586	0.665	1.499	1.504	1.039	2.326
	7/18	3	3.103	0.951	2.996	1.397	2.061	3.922
고등학교	6/21	3	8.779	4.021	8.241	1.526	6.454	13.423
	7/11	3	6.849	7.058	0.487	175.138	0.001	14.100
	7/15	3	9.886	6.202	8.361	2.125	3.665	16.069
	7/16	3	5.597	1.915	5.382	1.409	3.853	7.646
	7/17	3	1.791	0.850	1.622	1.787	0.837	2.467
	7/18	3	4.444	3.053	3.349	2.866	0.999	6.815

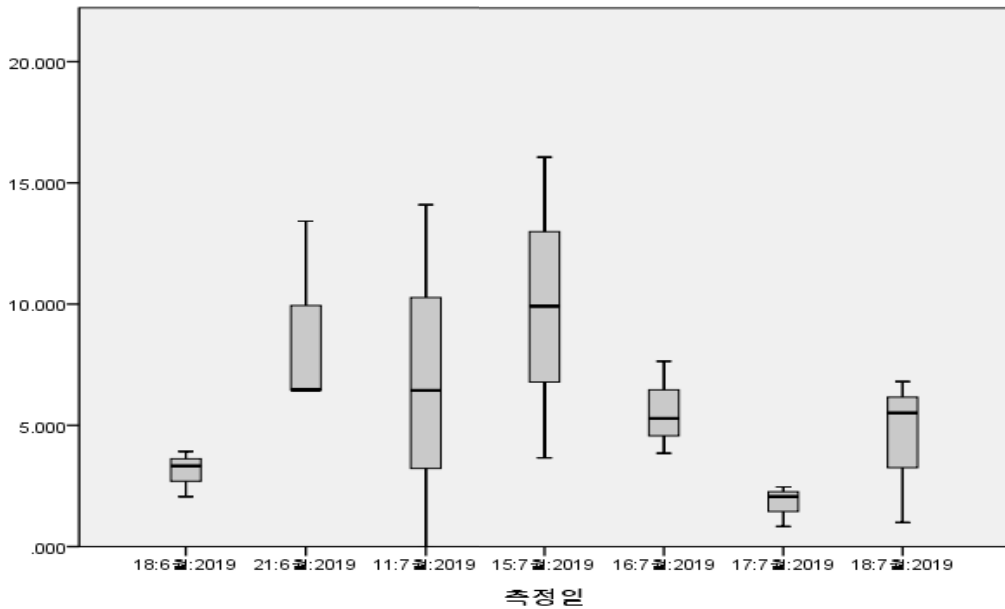
6월 12일은 야채계란 볶음밥, 6월 17일은 계란말이, 6월 26일은 탕수육(튀김), 6월 28일은 비빔밥을 위한 계란 후라이, 6월 21일은 삼계탕, 7월 11일은 오리불고기, 7월 15일은 계란말이를 하였는데 포름알데히드 발생량이 상대적으로 높았다.



[그림 3-29] 초등학교의 측정일별 포름알데히드 발생분포, 단위((ug/m³)



[그림 3-30] 중학교의 측정일자별 포름알데히드 발생분포, 단위((ug/m³)

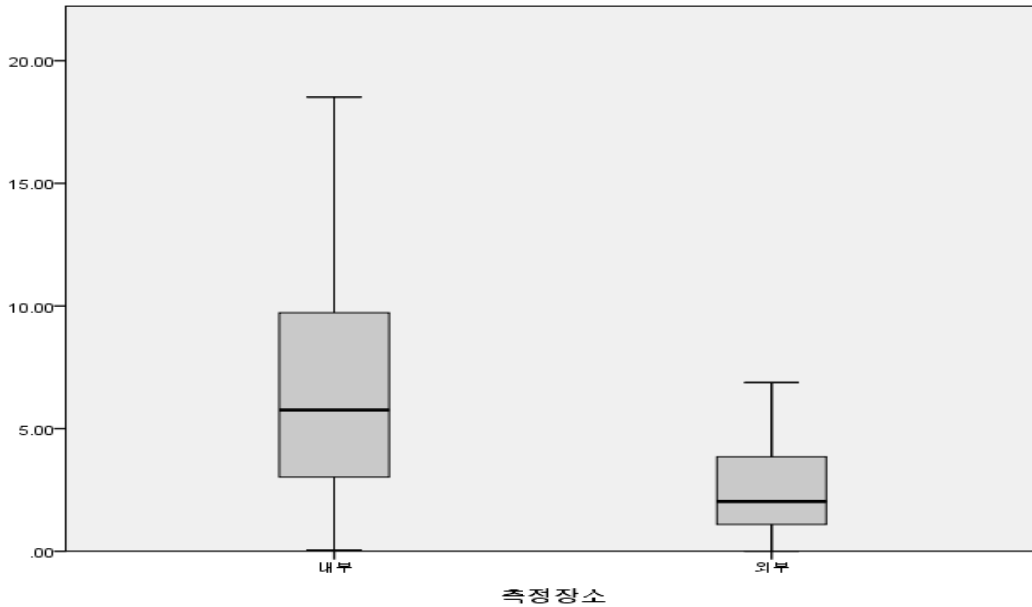


[그림 3-31] 고등학교의 측정일자별 포름알데히드 발생분포, 단위(ug/m³)

전체 조리작업 내·외부 포름알데히드의 평균발생량은 조리환경에서 유의하게 높은 것으로 나타나 조리환경이나 조리재료에 상관없이 조리환경에서 지속적으로 발생하는 경향을 보였다.

<표 3-8> 급식조리환경 내외부의 포름알데히드 발생량의 차이, 단위(ug/m³)

측정위치	시료수	산술평균	표준 편차	기하평균	기하표준편차	t값	유의확률
내부	46	6.4689	4.4176	4.8109	2.6040	5.090	.000
외부	26	2.6575	1.8835	1.6827	4.9658		

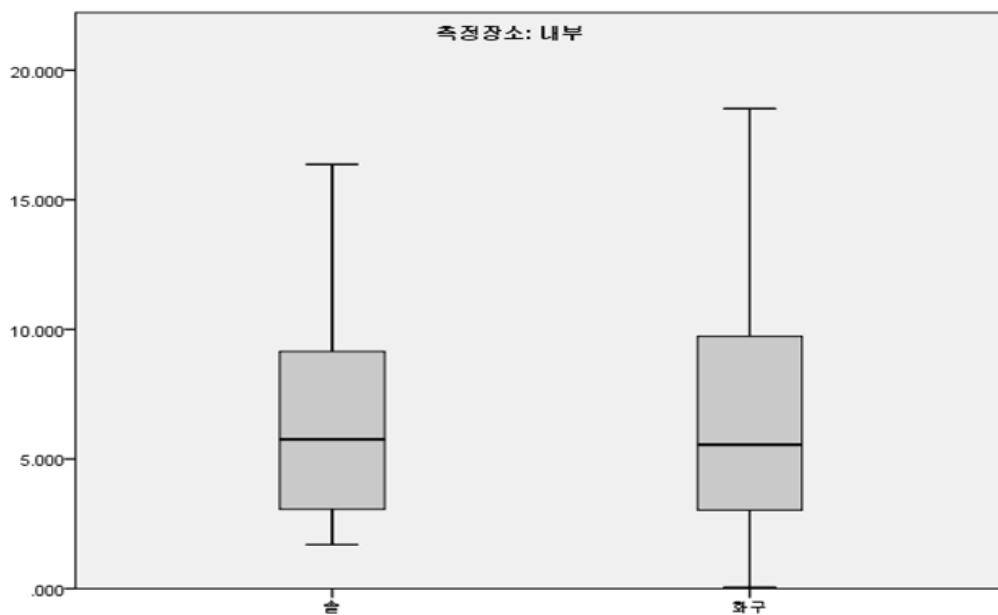


[그림 3-32] 급식조리환경과 외부와 포름알데히드 발생량의 차이, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

그러나 조리환경내부에서에서 솥의 위치와 화구(그릴)의 위치에서 조리방법별 발생량은 유의한 차이를 보이지 않았다. 화구(그릴)위치는 튀김이나 전 요리가 주로 이루어지는 구역이다.

<표 3-9> 급식조리환경 내부 조리위치별 포름알데히드 발생량의 차이, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

측정위치	시료수	산술평균	표준 편차	기하평균	기하표준편차	t값	유의확률
솥	24	6.802	4.493	5.495	1.980	0.530	0.599
화구	22	6.106	4.410	4.161	3.277		



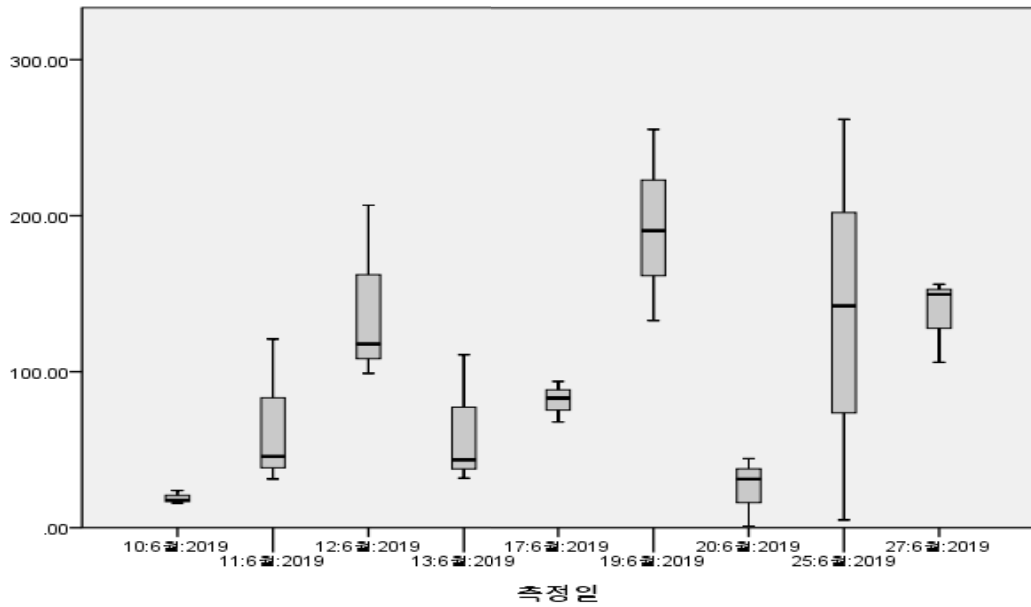
[그림 3-33] 조리위치별 포름알데히드 발생량의 차이, 단위(ug/m³)

바) 벤젠 및 총 휘발성 유기화합물 측정결과

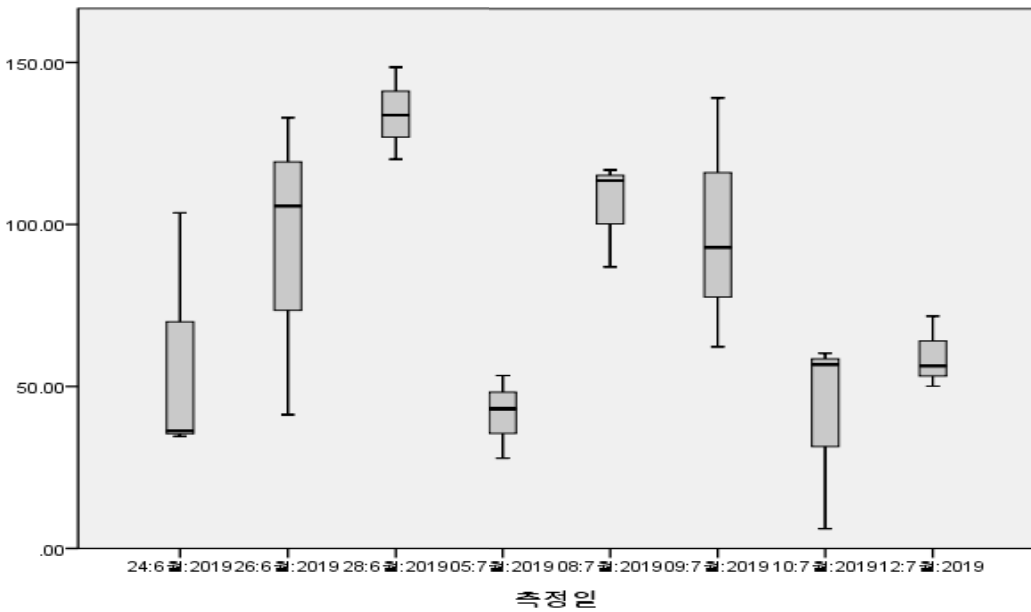
급식환경 및 외부환경에서 발생하는 총 휘발성 유기화합물과 벤젠의 발생분포는 다음과 같으며 학교종류별 분포는 조리방법 및 환경에 따라 다양한 분포형태를 띄며 발생하였다.

**<표 3-10> 학교별 측정일자별 휘발성유기화합물 및 벤젠 측정치 분포,
단위(ug/m³)**

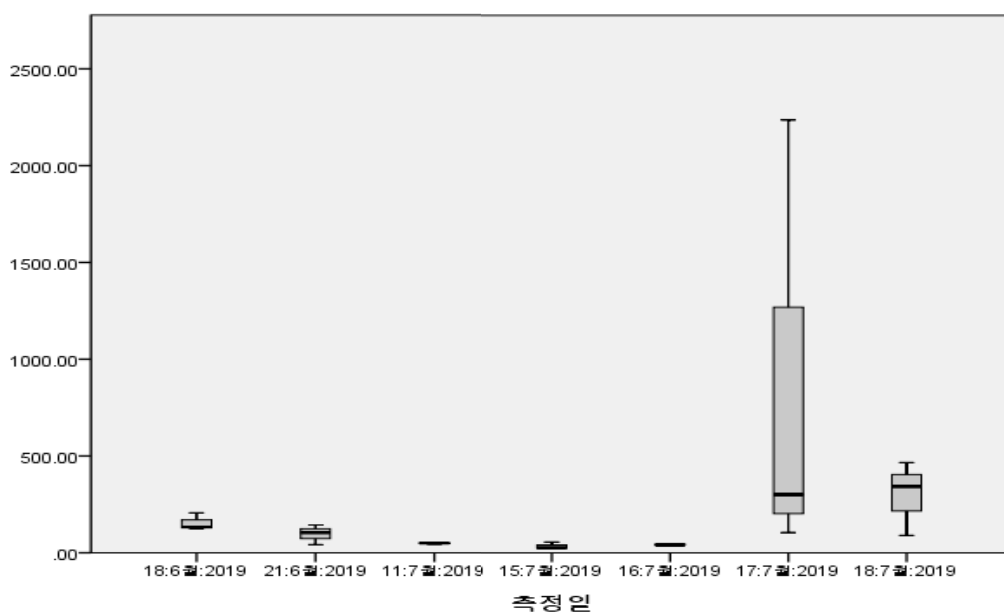
구분	측정 일자	휘발성유기화합물(ug/m ³)					벤젠(ug/m ³)			
		개수	평균	표준 편차	기하평 균	기하표 준편차	평균	표준 편차	기하평 균	기하표 준편차
초등학교	6/10	3	19.165	4.187	18.876	1.234	1.753	0.570	1.694	1.372
	6/11	3	65.957	48.138	55.690	2.009	18.670	0.918	18.655	1.051
	6/12	3	141.115	57.588	134.014	1.470	4.684	4.106	3.340	2.960
	6/13	3	62.085	42.676	53.557	1.915	17.530	3.649	17.253	1.251
	6/17	3	81.605	13.113	80.883	1.179	19.347	4.041	19.084	1.221
	6/19	3	192.940	61.308	186.303	1.387	3.961	3.178	2.226	5.194
	6/20	3	25.545	22.175	11.470	7.730	3.800	5.437	1.615	4.955
	6/25	3	136.408	128.582	57.040	8.447	6.682	1.370	6.587	1.234
	6/27	3	137.310	27.220	135.355	1.236	19.106	1.456	19.069	1.080
중학교	6/24	3	58.167	39.351	50.676	1.858	13.384	0.655	13.373	1.050
	6/26	3	93.311	47.086	83.399	1.859	11.979	2.395	11.819	1.223
	6/28	3	134.140	14.197	133.639	1.112	11.349	13.240	5.029	6.395
	7/05	3	41.473	12.835	40.048	1.392	6.944	3.454	6.438	1.590
	7/08	3	105.796	16.425	104.890	1.177	2.919	1.448	2.601	1.886
	7/09	3	98.130	38.695	93.047	1.495	5.756	4.192	4.705	2.237
	7/10	3	41.071	30.326	27.559	3.687	9.804	1.048	9.766	1.115
	7/12	3	59.420	11.127	58.751	1.201	12.098	1.039	12.069	1.088
고등학교	6/18	3	155.077	44.594	151.163	1.312	17.988	2.401	17.875	1.150
	6/21	3	96.638	51.691	85.427	1.910	15.753	4.234	15.333	1.340
	7/11	3	49.956	4.674	49.810	1.098	5.523	1.918	5.323	1.384
	7/15	3	34.741	18.181	31.961	1.626	7.951	6.224	5.858	2.889
	7/16	3	42.746	3.989	42.626	1.096	12.501	1.281	12.458	1.107
	7/17	3	880.998	1179.176	412.279	4.752	26.134	20.963	21.437	2.104
	7/18	3	299.635	191.783	243.145	2.398	18.196	1.652	18.146	1.094



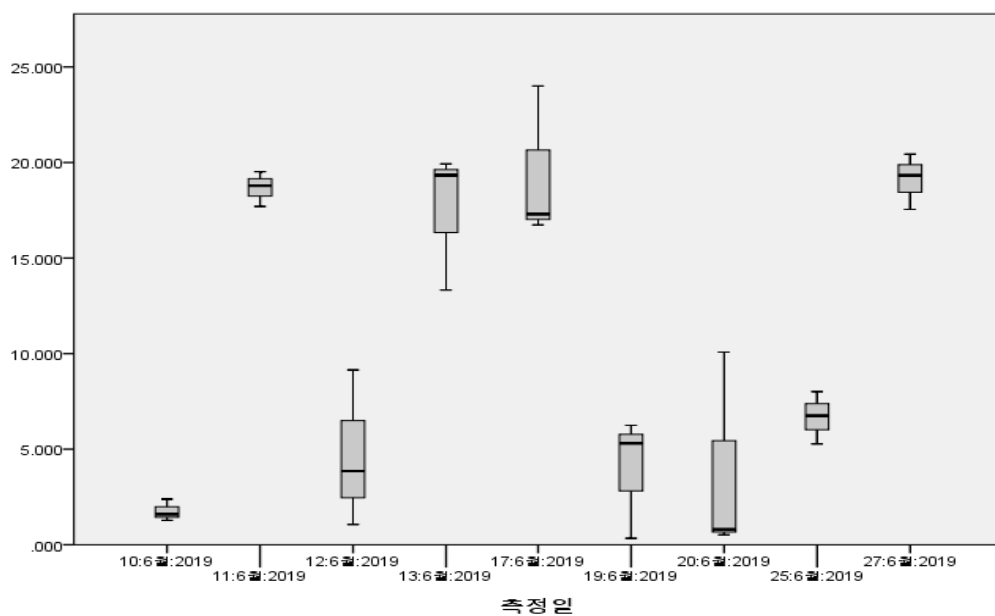
[그림 3-34] 초등학교의 측정일별 총휘발성유기화합물의 발생 분포, 단위(ug/m³)



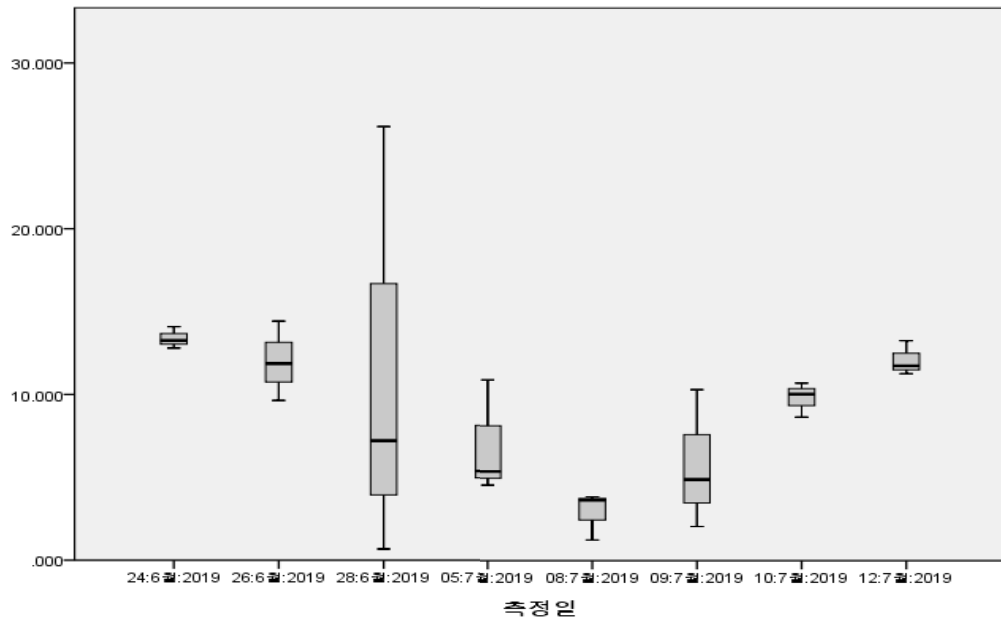
[그림 3-35] 중학교의 측정일별 총휘발성유기화합물의 발생 분포, 단위(ug/m³)



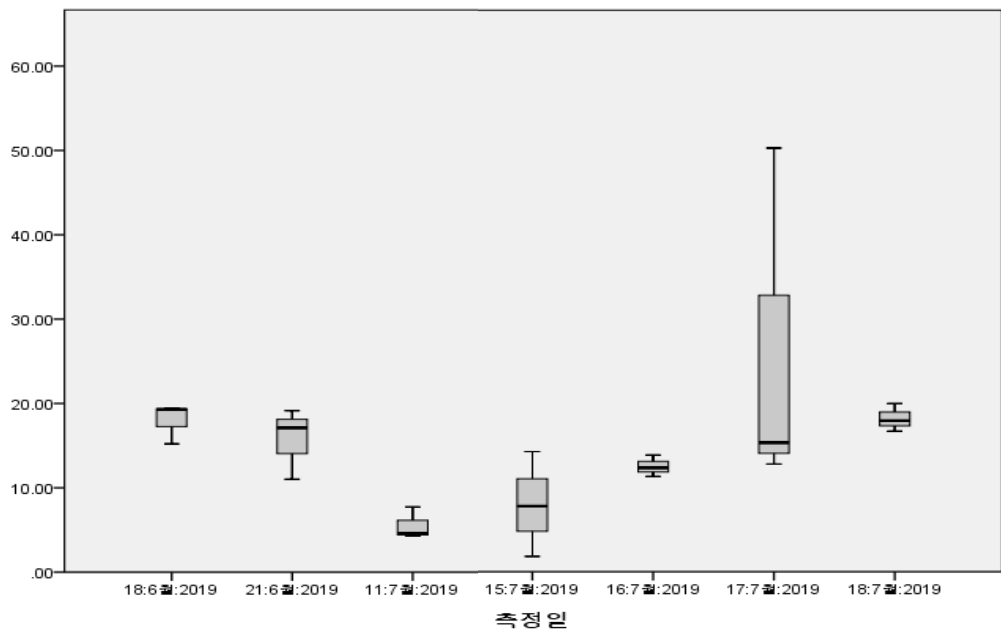
[그림 3-36] 고등학교의 측정일별 총휘발성물질의 발생 분포, 단위(ug/m3)



[그림 3-37] 초등학교의 측정일별 벤젠의 발생 분포, 단위(ug/m³)



[그림 3-38] 중학교의 측정일별 벤젠의 발생 분포, 단위(ug/m³)

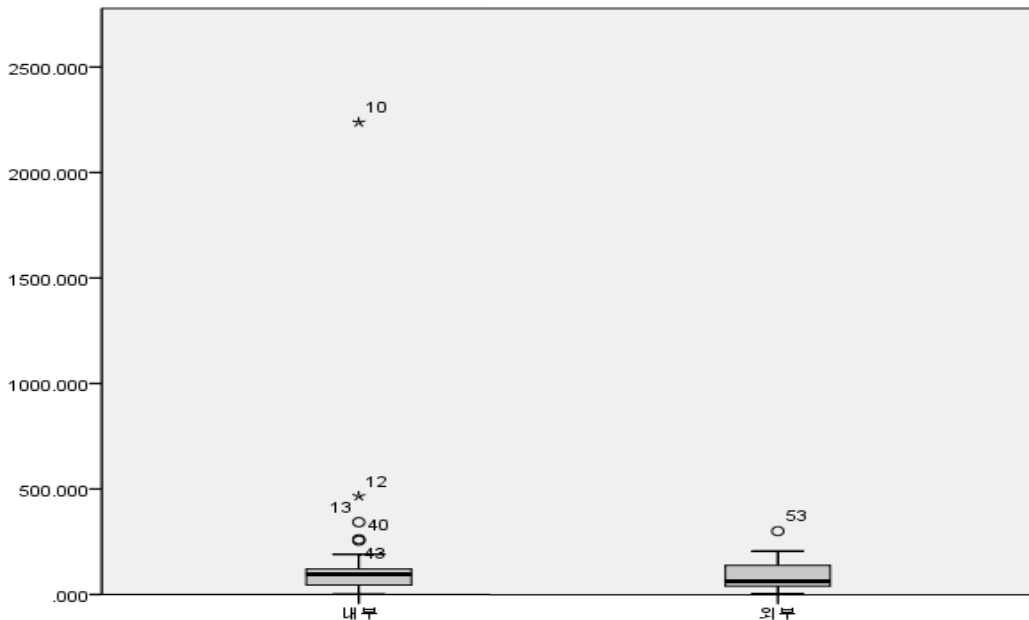


[그림 3-39] 고등학교의 측정일별 벤젠의 발생 분포, 단위(ug/m³)

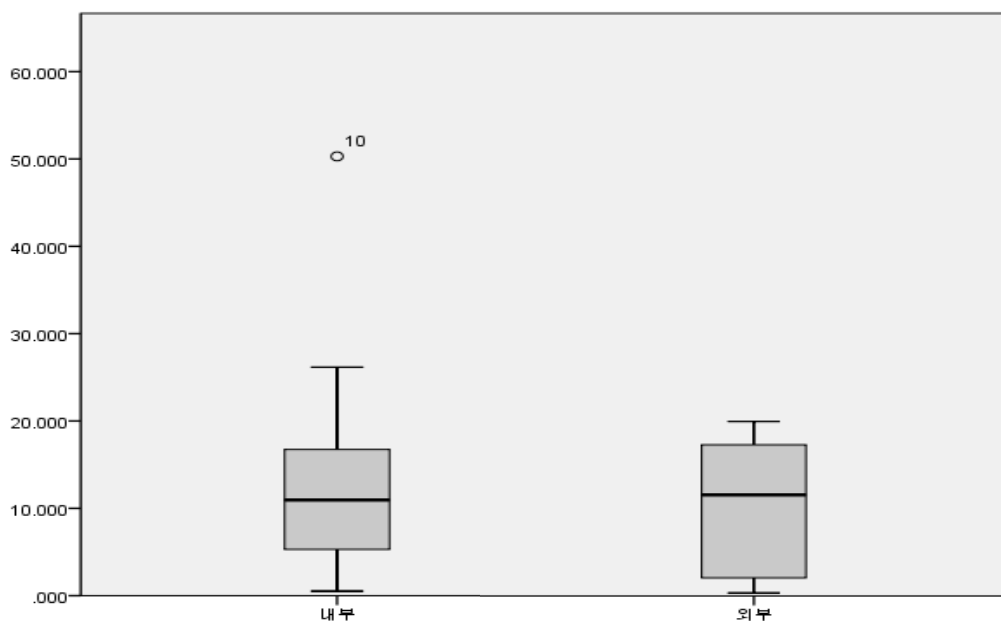
급식환경 및 외부환경에서 발생하는 총 휘발성 유기화합물을 비교한 결과 조리환경에서 유의하게 높지는 않았다. 그러나 1개소에서 사무실 공기질 관리기준인 총휘발성유기화합물 $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였다.

<표 3-11> 급식조리실 내외부의 휘발성유기화합물 및 벤젠량의 차이, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

물질	측정 위치	시료수	산술 평균	표준 편차	기하 평균	기하표준편차	t값	유의확률
총휘발성 유기화합물	내부	46	147.026	327.052	74.435	3.131	0.841	0.208
	외부	26	92.197	71.448	66.527	2.478		
벤젠	내부	46	11.943	8.569	8.978	2.407	0.747	0.458
	외부	26	10.463	7.111	6.536	3.422		



[그림 3-40] 조리실 내부와 외부와의 총휘발성유기화합물의 발생량의 차이, 단위($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

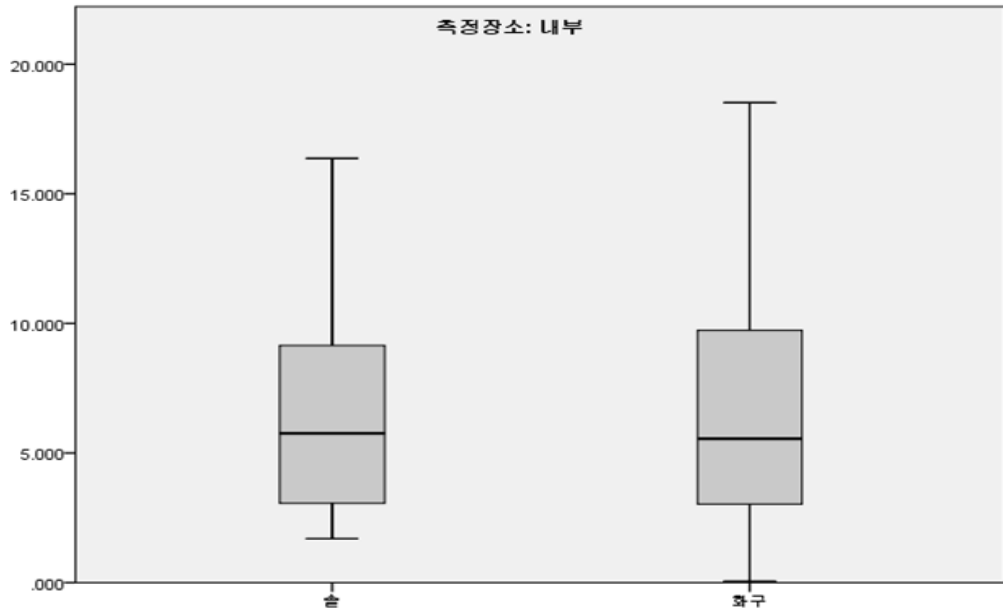


[그림 3-41] 조리실 내부와 외부와의 벤젠 발생량의 차이, 단위(ug/m³)

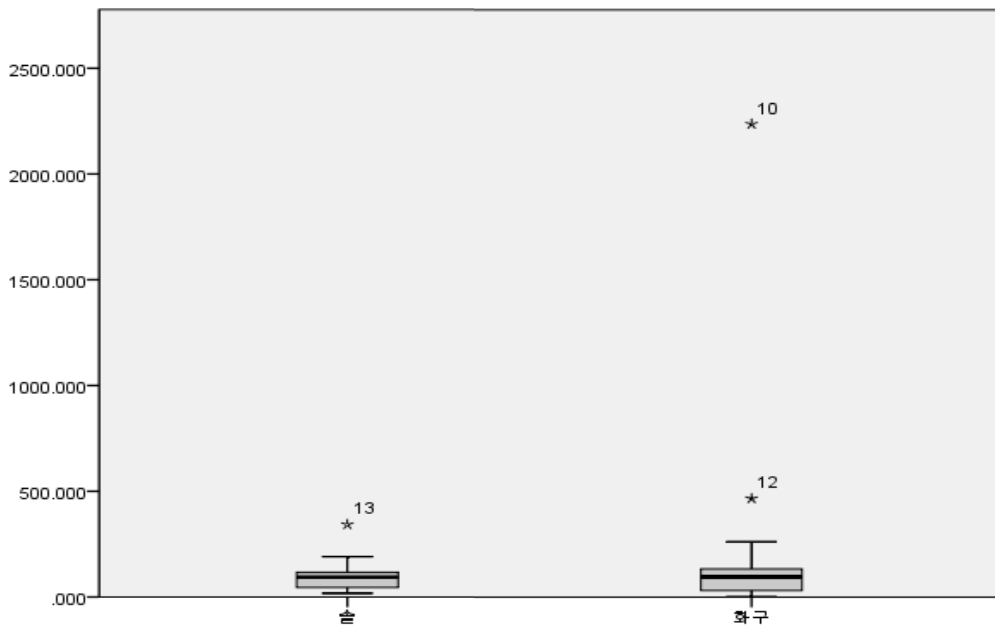
또한 조리환경내부에서 조리위치 별 발생량의 차이도 유의하지 않았다.

<표 3-12> 조리실 내부 조리 위치별 휘발성유기화합물 및 벤젠량의 차이, 단위(ug/m³)

물질	측정 위치	개수	산술 평균	표준 편차	기하 평균	기하표준편차	t값	유의확률
총휘발성유기화합물	솔	24	95.120	67.778	77.828	1.913	-0.066	0.948
	화구	22	203.650	466.622	70.902	4.596		
벤젠	솔	24	11.863	6.760	9.276	2.382	-1.081	0.292
	화구	22	12.031	10.358	8.663	2.481		



[그림 3-42] 조리실 내부 조리위치별 벤젠 발생량의 차이, 단위(ug/m³)



[그림 3-43] 조리실 내부 조리위치별 총휘발성유기화합물의 발생량 차이, 단위(ug/m³)

사) 다환방향족 탄화수소(PAHs) 분석결과

다환방향족 탄화수소 총 16종을 측정하였으며 결과는 다음과 같다. PAHs의 발암성 가능물질(IARC 분류 기준 2B)이상의 물질의 불검출율은 90% 이상으로 전반적인 노출수준은 낮았다.

<표 3-13> PAHs 측정 세부 항목별 결과

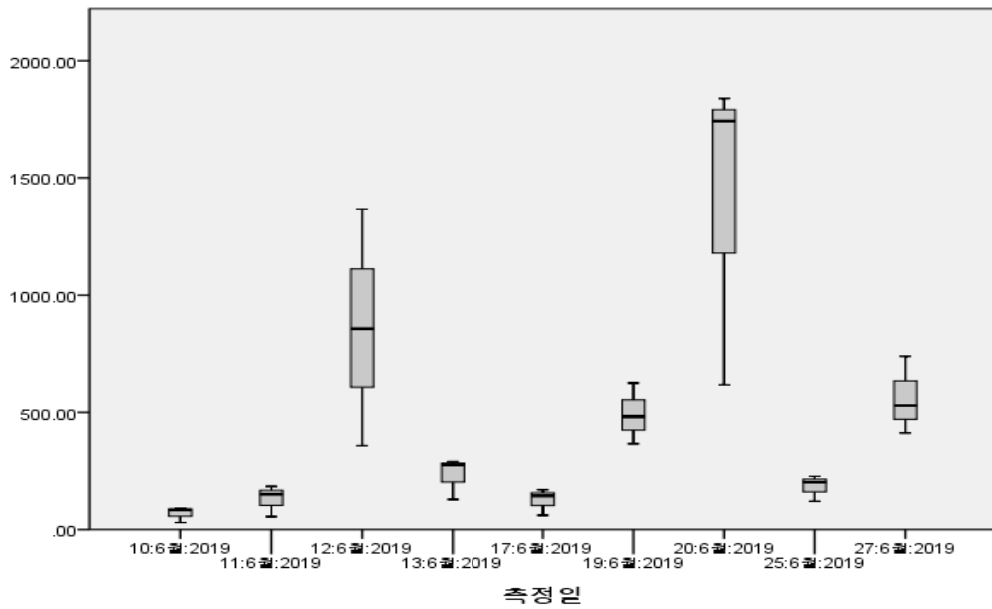
항목 (IARC발암성분류*)	불검출율 (%)	노출범위 (ng/m ³)	검출한계 (ng/ml)
Naphthalene (-)	0	ND-1300.648	0.184
Acenaphthylene (-)	79	ND-133.631	0.089
Acenaphthene (-)	76	ND-639.859	0.107
Fluorene (3)	81	ND-202.039	0.102
Phenanthrene (3)	29	ND-83.449	0.11
Anthracene (3)	94	ND-94	0.114
Fluoranthene (3)	96	ND-96	0.09
Pyrene (3)	92	ND-92	0.069
Benzo [a] anthracene (2A)	100	ND	0.19
Chrysene (3)	99	ND-0.970	0.094
Benzo [b] fluoranthene (2B)	99	ND-2.876	0.173
Benzo [k] fluoranthene (2B)	97	ND-0.912	0.115
Benzo [a] pyrene (2A)	96	ND-5.846	0.146
Indeno [1,2,3-cd]pyrene (2B)	96	ND-5.242	0.096
Dibenz [a,h]anthracene (2B)	92	ND-4.802	0.099
Benzo [g,h,i]perylene (3)	94	ND-26.171	0.078

* IARC(International agency for research on cancer) 발암성분류 기준
 GROUP 1 사람에 대한 발암성이 있는 물질, GROUP 2A 사람에 대한 발암성이 충분한 가능성이 있는 물질, GROUP 2B 사람에게의 발암성 가능성 있는 물질, GROUP 3 사람에 대해 발암성 있다고 분류할 수 없는 물질

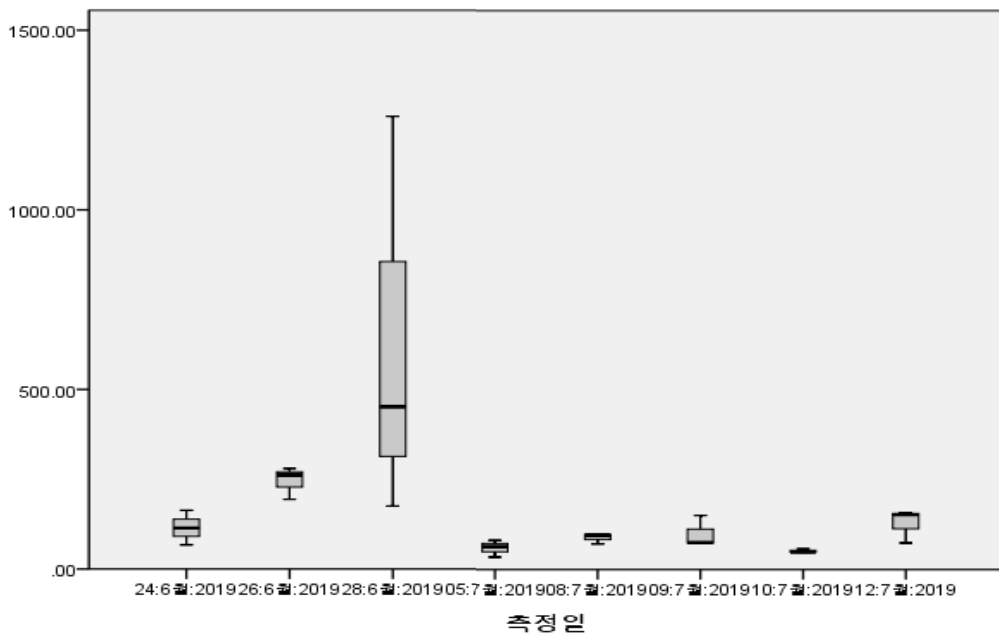
상대적으로 다환방향족 탄화수소 발생량이 높았던 날은 6월 12일 야채계란볶음밥, 6월 20일 야채튀김, 6월 28일 계란 후라이, 7월 11일 오리불고기, 7월 15일 계란말이를 하는 날이었다.

<표 3-14> 학교별 측정일자별 다환방향족 탄화수소 발생량 분포, 단위(ng/m³)

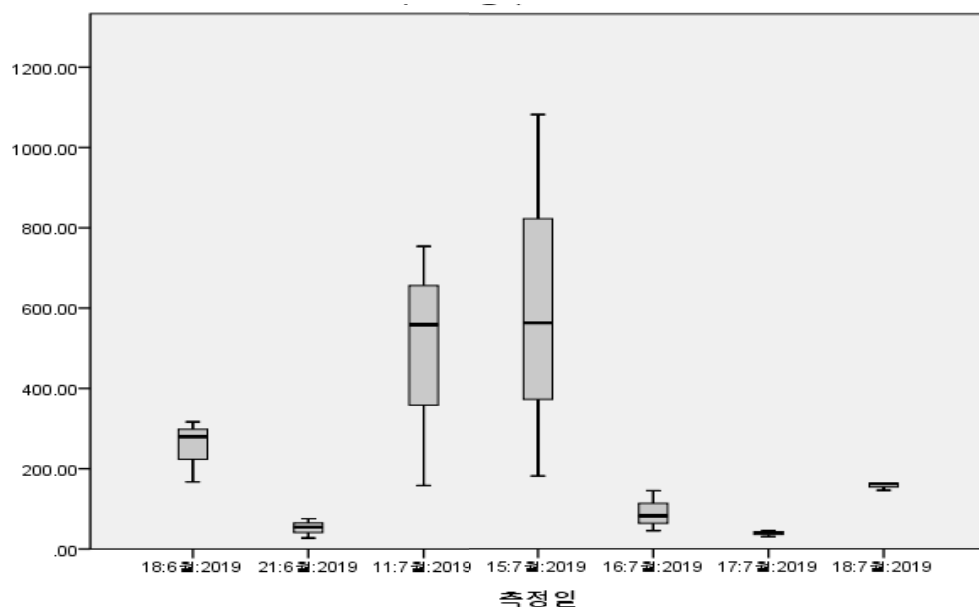
구분	측정일자	다환방향족 탄화수소(PAHs)					Naphthalene			
		시료수	산술 평균	기하 평균	기하 표준 편차	표준 편차	평균	표준 편차	기하 평균	기하표 준편차
초 등 학 교	6/10	3	68.457	61.122	1.875	33.831	68.457	33.831	61.122	1.875
	6/11	3	130.141	115.360	1.908	67.056	125.248	65.016	110.862	1.915
	6/12	3	<u>860.494</u>	<u>748.213</u>	<u>1.975</u>	<u>504.652</u>	<u>816.709</u>	<u>474.963</u>	<u>714.448</u>	<u>1.938</u>
	6/13	3	231.663	217.668	1.577	89.405	229.803	89.479	215.638	1.585
	6/17	3	124.851	114.128	1.736	56.869	120.467	52.824	110.955	1.693
	6/19	3	491.049	479.625	1.306	129.419	489.025	129.345	477.560	1.307
	6/20	3	<u>1399.912</u>	<u>1255.545</u>	<u>1.850</u>	<u>679.446</u>	<u>727.830</u>	<u>322.009</u>	<u>667.758</u>	<u>1.719</u>
	6/25	3	183.250	176.865	1.401	55.768	180.754	55.835	174.248	1.409
	6/27	3	560.054	544.098	1.341	165.895	551.822	161.758	536.382	1.338
중 학 교	6/24	3	115.091	108.022	1.561	48.104	113.121	46.299	106.492	1.544
	6/26	3	245.335	242.385	1.214	45.036	242.058	44.095	239.217	1.211
	6/28	3	<u>629.189</u>	<u>463.955</u>	<u>2.682</u>	<u>563.839</u>	<u>488.211</u>	<u>370.812</u>	<u>394.857</u>	<u>2.265</u>
	7/05	3	60.094	56.608	1.551	23.628	60.094	23.628	56.608	1.551
	7/08	3	88.705	87.793	1.196	15.033	87.806	14.183	86.987	1.186
	7/09	3	99.621	93.891	1.506	44.125	97.734	40.858	92.700	1.473
	7/10	3	51.911	51.727	1.108	5.451	50.640	6.551	50.370	1.134
	7/12	3	128.803	121.884	1.533	47.180	126.040	44.872	119.702	1.510
고 등 학 교	6/18	3	254.465	245.486	1.404	77.963	253.129	76.835	244.382	1.399
	6/21	3	52.451	48.322	1.675	24.038	49.616	22.922	45.608	1.689
	7/11	3	<u>490.189</u>	<u>405.388</u>	<u>2.290</u>	<u>303.605</u>	<u>459.613</u>	<u>280.137</u>	<u>384.045</u>	<u>2.229</u>
	7/15	3	<u>609.146</u>	<u>480.272</u>	<u>2.467</u>	<u>452.193</u>	<u>505.420</u>	<u>383.266</u>	<u>404.004</u>	<u>2.348</u>
	7/16	3	90.720	81.280	1.792	50.489	89.932	49.588	80.752	1.781
	7/17	3	38.481	37.964	1.227	7.473	38.481	7.473	37.964	1.227
	7/18	3	156.819	156.620	1.064	9.552	155.227	8.574	155.067	1.057



[그림 3-44] 초등학교의 측정일별 다환방향족탄화수소의 발생량 분포 단위(ng/m³)



[그림 3-45] 중학교의 측정일별 다환방향족탄화수소의 발생량 분포 단위(ng/m³)

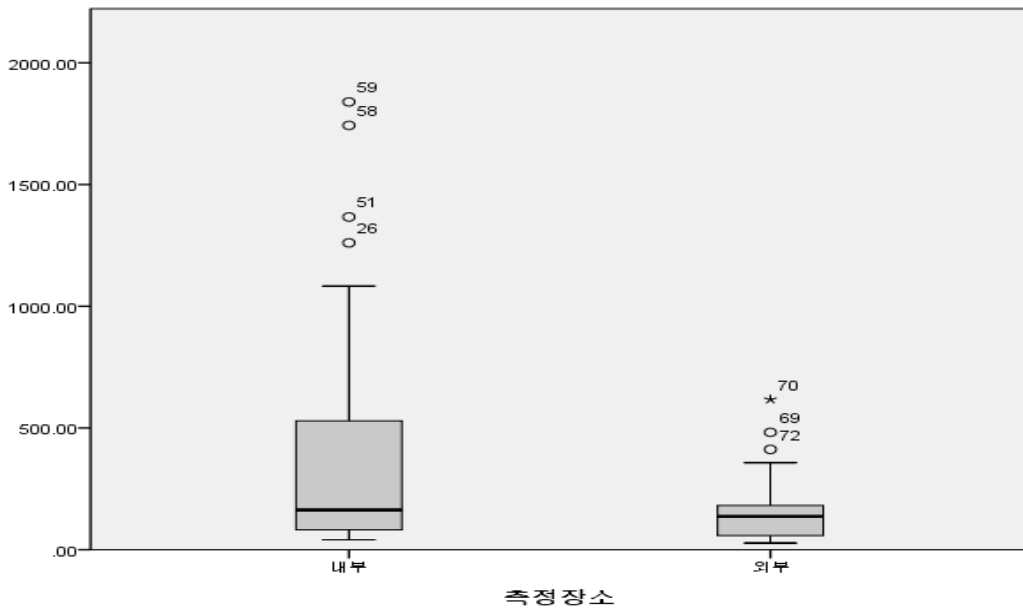


[그림 3-46] 고등학교의 측정일별 다환방향족탄화수소의 발생량 분포 단위(ng/m³)

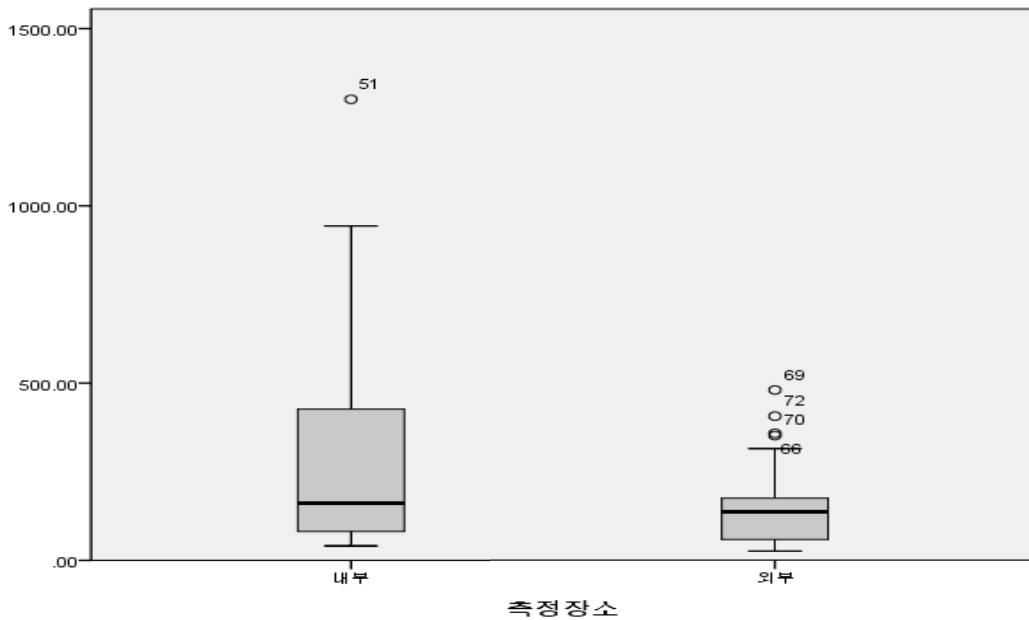
급식환경 및 외부환경에서 발생하는 PAHs는 조리환경에서 높은 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었으나 PAHs중 가장 높은 경향을 보인 Naphthalene은 조리환경에서 유의하게 높은 것으로 나타났다.

<표 3-15> 조리환경과 외부와의 PAHs 및 Naphthalene 발생량의 차이, 단위(ng/m³)

물질명	측정위치	개수	산술 평균	표준 편차	기하평균	기하표준 편차	t값	유의수준
PAHs	내부	46	371.954	446.322	208.403	2.916	2.823	0.006
	외부	26	168.184	151.231	117.017	2.429		
Naphthalene	내부	46	311.425	312.091	194.752	2.690	2.976	0.004
	외부	26	156.007	125.994	112.895	2.346		



[그림 3-47] 조리실 내부와 외부 다환방향족탄화수소의 발생량 분포 차이((ng/m³)



[그림 3-48] 조리실 내부 위치별 PAHs 및 Naphthalene 발생량 분포 차이 (ng/m³)

조리실내 조리 위치별 PAHs와 Naphthalene은 슈 위치에서 높은 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다.

<표 3-16> 조리실내 조리위치별 PAHs 및 Naphthalene 발생량의 차이, 단위(ng/m³)

물질명	측정 위치	개수	산술 평균	표준 편차	기하평균	기하 표준편차	t값	유의수준
PAHs	스	24	384.061	456.851	223.030	2.839	0.190	0.850
	화구	22	358.747	444.887	193.539	3.060		
Naphthalene	스	24	329.428	333.772	210.005	2.649	0.405	0.686
	화구	22	291.785	293.136	179.374	2.780		

2. 급식실 작업환경 및 환기실태

가) 급식조리환경급식실의 일반적인 환경

급식실은 식자재 입고부터 전처리, 조리, 배식, 세척 등의 과정이 완료될 때까지 연속적인 흐름에 따라 움직이도록 설계하여 불필요한 이동을 최소화하고 있다. 작업장은 크게 검수실과 전처리실, 조리실, 배식대, 후처리실 등으로 구획하고, 조리실을 중심으로 연관된 구역들을 주위에 배치하여 각 작업별 동선이 유기적으로 연결되도록 하며, 구획 특성에 따른 조리기계·기구를 배치하고 있었다.

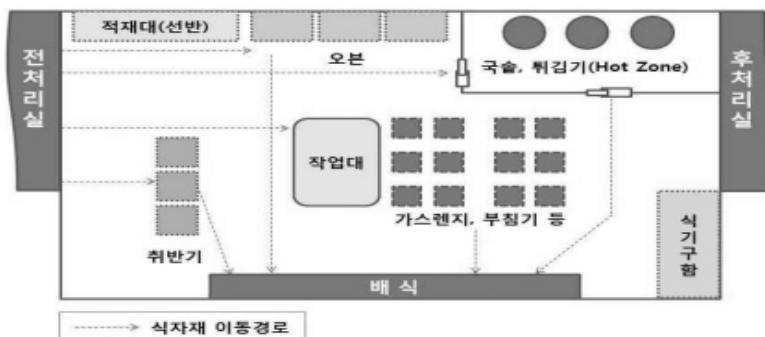
안전보건공단(2012)에서 안전한 급식실 조성을 위한 기준으로 제시한 일반적인 급식실 구조 및 조리기계기구 배치는 그림과 같으며, 주방공간, 시설수준 및 작업특성 등을 고려하여 물을 사용하지 않는 구역인 ‘Dry zone’과 물을 사용하는 구역인 ‘Wet zone’으로 구분된다. ‘Dry zone’은 주방 바닥을 상시 건조한 상태로 유지하는 구역(청소 제외)으로, 일반적으로 전처리실 및 조리실(일부 제외), 창고, 냉장·냉동실 및 식당 구역이 해당한다. ‘Wet zone’은 바닥 물기를 허용하는 구역

으로, 전처리실(일부), 세척실 및 회전 국솥 등이 있는 조리실 일부구역이 해당한다.

조리기계·기구의 배치는 전처리실에서 조리실로 통하는 출입문 가까운 곳에 밥솥을 위치시켜 세정한 쌀의 운반이 용이하도록 하고, 냉장고·냉동고는 전처리실과 조리실 사이에 위치시켜 전처리된 식재료를 조리실에서 바로 꺼내 쓸 수 있도록 한다. 열을 많이 발생시키는 설비 설치장소를 Hot-zone으로 별도 구획하여 국솥과 튀김기 등을 배치하며, 조리실 중앙에는 세정대와 작업대를 두어 공용으로 사용할 수 있도록 한다. 조리가 완료된 음식물을 보관하는 보온보냉고는 배식대와 가까운 곳에 위치하며, 세척실에서 세척한 식기구를 조리실에서 곧바로 꺼내 쓸 수 있도록 세척실과 조리실 사이에 소독고를 위치시킨다.



[그림 3-49] 급식실 구조 및 'Dry zone', 'Wet zone' 구분(예)



[그림 3-50] 조리기계기구 배치(예)

실제 현장평가를 실시한 대부분의 학교 급식실에서 유사한 환경을 갖추고 있었으나, 공간이 협소하여 동선이 충분히 확보되지 않거나 구조상의 문제 등으로 학교마다 급식실 구조나 조리기계기구 배치가 조금씩 상이한 특성을 가지고 있었다.

나) 급식조리환경급식실의 일반적인 환경 급식 조리실의 환기실태

현장평가를 실시한 학교 급식 조리실 중 10개소를 대상으로 환기실태를 파악하였고, 그 중 6개소에서 후드 제어유속 측정 등 환기평가를 실시하였다.

조리실은 식단에 따라 다양한 음식을 조리하기 위해 솥, 그릴, 밥솥, 오븐 등의 설비를 사용하고 있으며, 열원을 사용하는 조리의 특성상 모든 설비에 상방형 외부식 국소배기장치(캐노피 후드)가 설치되어 있었다. 점심식사를 기준으로 조리 시간은 오전 중 대부분 2시간 내외의 단시간 동안 집중적으로 작업이 이루어졌으며, 많은 양의 음식을 빠른 속도로 조리하게 됨으로써 순간적으로 다량의 연기가 발생하는 특성을 가지고 있었다.

조리 설비마다 상단 캐노피 후드를 통해 국소배기는 이루어지고 있었고, 전체 환기의 경우 창문, 출입문을 통한 자연환기 방식이 대부분이었으며 일부 벽면 환풍기를 이용하고 있었다. 공조설비를 이용하여 급배기를 실시하고 있는 곳은 없었다.

급식 조리실 조리 작업 형태별 작업특성에 따른 환기실태와 환기평가 결과는 다음과 같이 정리하여 제시하였다.

(가) 조리작업 형태별 환기실태

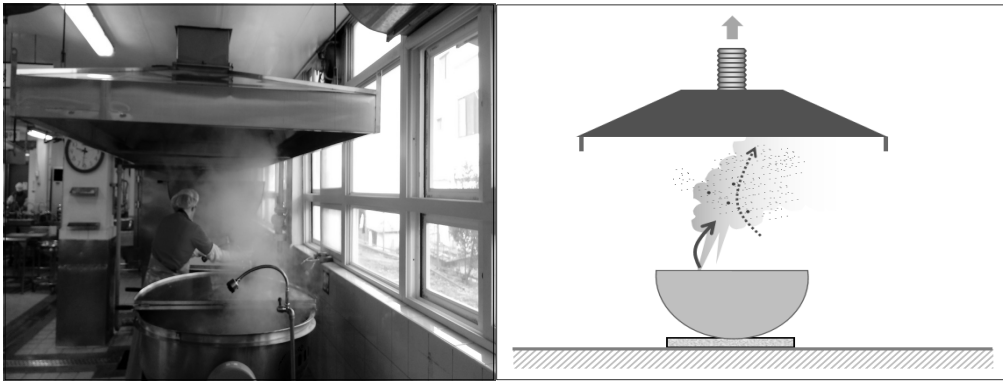
급식 조리실 10개소의 솥, 그릴, 밥솥 및 오븐 등 조리 작업방식은 대부분 유사하였고, 조리 작업 형태별 환기실태는 다음과 같다.

① 솥 작업

솥에서는 주로 국, 데치기, 볶음 등의 조리가 이루어지고 있으며,

가열 작업 후 솥 덮개를 여는 순간 다량의 수증기를 포함한 연기가 발생하고 있었다. 솥 상부에는 캐노피 후드가 설치·가동되고 있으며, 솥 상부와 후드 개구면과의 거리는 1 m 이상이었다.

후드 배기량이 적절한 곳에서는 열원을 가진 연기가 캐노피 후드로 원활하게 유입되고 있으나, 배기량이 부족하거나 캐노피 후드의 상승기류 흐름을 방해하는 방해기류가 있는 곳에서는 연기가 후드 내로 제대로 흡입되지 못하고 작업장 내로 확산되고 있었다.

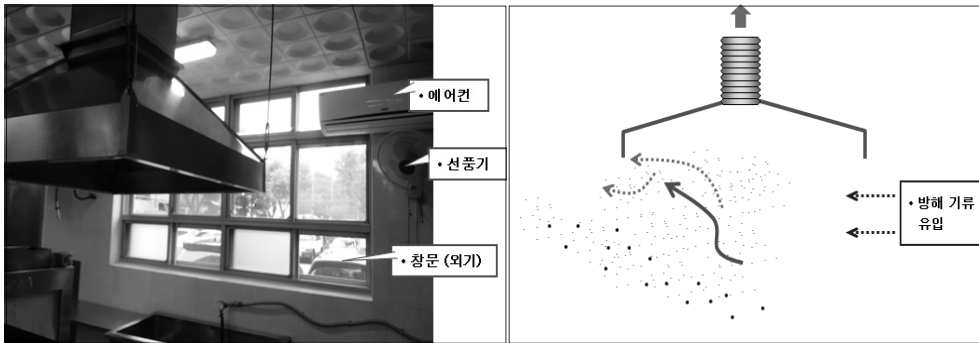


[그림 3-51] 솥 작업 시 발생 연기의 후드 유입 모습



[그림 3-52] 캐노피 후드 배기 불량으로 작업장 내 연기 확산 모습

특히 현장평가가 실시되었던 시기가 여름철(6~7월)이었기 때문에 대부분의 조리실에서 선풍기, 에어컨의 냉방기를 사용하거나 창문을 열고 작업을 하고 있었으며, 조리실 내 술의 위치는 창문과 인접한 곳이 많았다. 캐노피 후드의 상승기류는 이러한 냉방기 바람이나 창문으로 유입되는 외기로 방해받기 쉬우며, 술상부면과 후드 개구면과의 이격거리가 있기 때문에 이러한 방해기류에 더욱 취약할 수밖에 없다.



[그림 3-53] 캐노피 후드에 작용되는 방해기류

② 그릴 작업

그릴에서는 주로 부침이나 튀김 등 기름을 많이 사용하는 조리가 이루어지고 있으며, 그릴 작업대 상부에는 캐노피 후드가 설치·가동되고 있었다.



[그림 3-54] 그릴 작업 모습(1)



[그림 3-55] 그릴 작업 모습(2)

술 작업에 비해 그릴 작업은 작업자가 조리가 끝날 때까지 계속해서 상주하기 때문에 조리 열기나 기름 튀 노출이 많았으며, 더위를 식히기 위해 그릴 작업대 근방에 선풍기나 에어컨을 가동하고 있는 곳이 많았다. 실제 작업자 위치에서 에어컨 바람을 측정했을 때 최대 2 m/s의 강한 유속이었다. 술 작업과 유사하게 그릴 작업에서도 작업대 상부면과 후드 개구면 사이의 거리가 1 m 이상으로 떨어져 있었다.



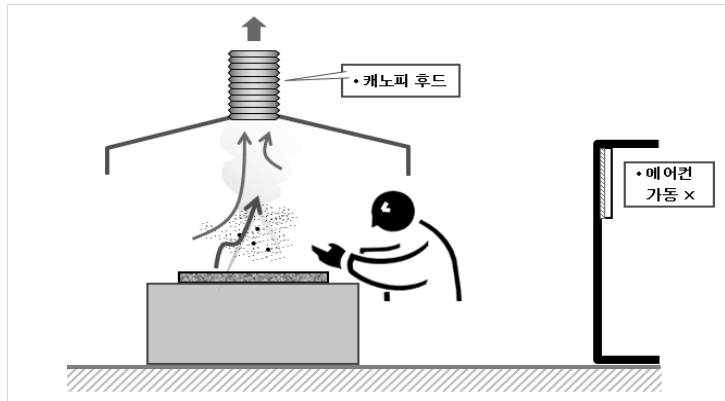
[그림 3-56] 그릴 작업부 에어컨 위치(1)



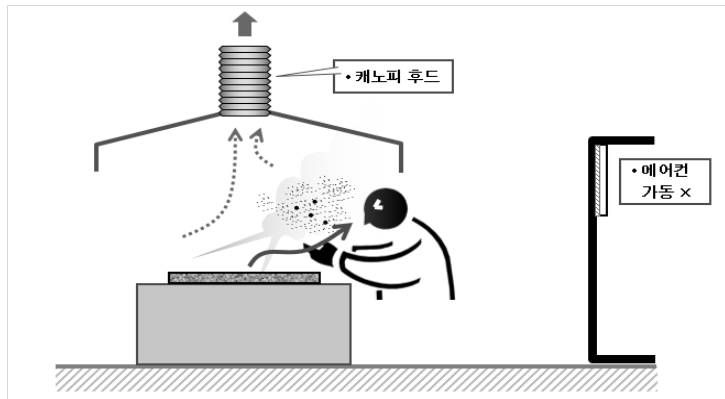
[그림 3-57] 그릴 작업부 에어컨 위치(2)

그릴 작업 시 후드 배기량이 적정한 곳에서는 오염물질이 캐노피 후드로 제대로 배기되고 있으나, 배기량이 부족하거나 캐노피 후드의 상승기류 흐름을 방해하는 방해기류가 있는 곳에서는 환기가 불량하였다. 특히 작업자가 더위를 식히기 위해 에어컨 바람을 강하게 작동시키기 때문에 캐노피 후드의 상승기류가 산란되어 조리 시 발생하는 오염물질을 배기시키지 못하고 작업장 내로 확산시킨다. 또한 그릴 상부면과 후드 개구면과의 거리가 멀어 배기 효율이 떨어지기 쉬우며, 후드의 상승기류는 이러한 방해기류에 매우 취약하다.

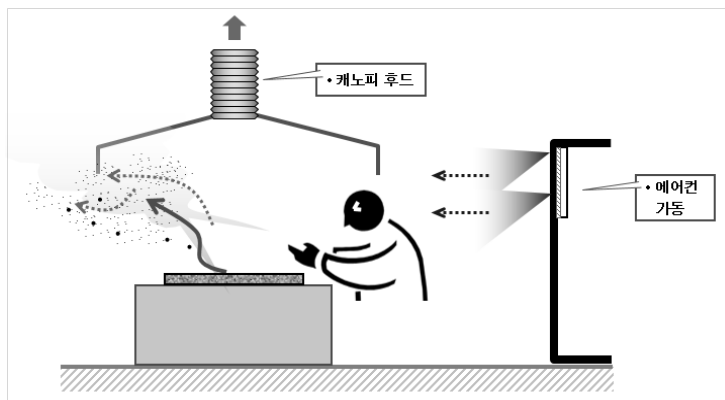
술과 그릴 작업 시 공통사항으로, 캐노피 후드에서 오염물질의 배기가 원활히 이루어지더라도 후드가 작업자의 머리 위에 위치하기 때문에 오염물질이 작업자의 호흡영역을 거친 후 배기되는 문제가 있다.



[그림 3-58] 그릴 작업 시 연기의 후드 유입 모습



[그림 3-59] 후드 송풍량 부족 시 기류 흐름



[그림 3-60] 에어컨에 의한 캐노피 후드의 방해기류 발생

③ 밥솥 및 오븐 작업

밥솥 및 오븐 작업의 경우 조리하는 동안은 설비가 밀폐형으로 유지되고, 조리 완료 후 문을 열 때 수증기나 연기가 발생하는 형태로 상부 캐노피 후드를 통해 배기시키고 있었고, 작업자의 노출은 솥 및 그릴 작업에 비해 적은 편이다. 솥 및 그릴 작업에서 오염물질의 발생원이 캐노피 후드 개구면과 거리가 떨어져 있어 배기 효율이 저하되기 쉬운 반면, 밥솥 및 오븐 작업은 설비 상단과 인접하여 후드가 위치하고 있어 환기 상태는 원활하였다.



[그림 3-61] 밥솥 및 오븐의 캐노피 후드(1)



[그림 3-62] 밥솥 및 오븐의 캐노피 후드(2)

(나) 환기평가결과

전체 환기는 희석환기라고도 하며, 유해물질을 오염원에서 완전히 제거하는 방식이 아니라 유해물질을 희석하여 농도를 낮추는 방법이고, 국소배기는 오염물질이 발생원에서 작업장 내로 확산되기 전에 포집·제거하는 방법이다. 국소배기에 이용되는 후드는 적정 배기유량으로 설계하여 유지·관리해야 하는데, 후드의 배기유량이 오염물질을 제어하기에 적합한지는 법정 제

어유속의 만족 여부로 판정한다. 후드의 제어유속은 발생원에서 오염물질을 후드로 흡인하기 위해 필요한 풍속이며, 후드에서 가장 먼 오염물질 발생지점에서 후드 방향으로의 풍속을 측정한다.

급식 조리실 6개소에서 국소배기로 사용하고 있는 캐노피 후드를 대상으로 제어유속을 측정하였고, 그 결과 작업별 제어유속 범위는 다음과 같다.

<표 3-17> 작업별 캐노피 후드의 제어유속 범위, 단위(m/s)

구분	솔	그릴	밥솥	오븐
제어유속	0.2 ~ 0.5	0.1 ~ 0.3	0.9 ~ 1.3	1.0 ~ 1.4

- 1) 솔 작업 시 후드의 제어유속 범위는 0.2~0.5 m/s, 그릴 0.1~0.3 m/s, 밥솥 0.9~1.3 m/s, 오븐 1.0~1.4 m/s로 확인되었다. 산업안전보건법에서 관리대상 유해물질 관련 국소배기장치 후드의 제어유속은 입자상 물질에 대해 외부식 상방 흡인형 후드의 경우 1.2 m/s를 제시하고 있다. 밥솥 및 오븐에서 사용되는 후드의 제어유속은 비교적 법정 제어유속을 만족하고 있는 반면, 솔과 그릴에서는 후드 제어유속이 매우 낮은 상태였다.
- 2) 솔과 그릴 작업은 밥솥 및 오븐 작업과 달리 작업 상부면과 후드 개구면 사이 1 m 이상의 이격거리가 있으며, 냉방기 등의 외부기류가 캐노피 후드의 상승기류를 방해하기 때문에 제어유속이 낮게 측정된 것으로 파악되었다.
- 3) 현장평가가 이루어진 시기가 6월~7월 여름철이라는 계절 특성상 대부분의 조리실에서 창문이나 출입문을 개방한 상태에서 작업하고, 선풍기나 에어컨을 가동하고 있었기 때문에 솔과 그릴 작업 시 이러한 방해기류로 인해 오

염물질이 제대로 배기되지 못하고 작업장 내로 확산되기 쉬운 상태였다.

반면 창문이나 출입문의 개방으로 외기의 유·출입이 활발하여 전체환기 상태는 원활한 편이었다. 일부 조리실 내 구조적인 문제로 자연환기가 쉽지 않은 곳에서는 동력팬을 이용한 강제환기 방식으로 전체환기를 실시해야 하지만 공조시설을 이용한 곳은 전혀 없었으며, 벽면 환풍기 팬을 사용하는 곳이 일부 있었다.

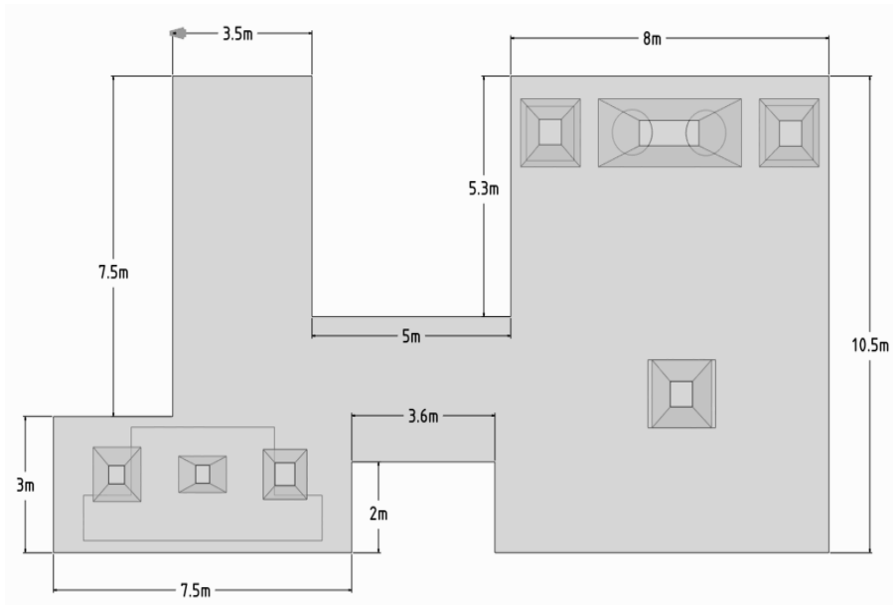
하지만 여름철과 달리 겨울철에는 추위로 인해 조리실 창문, 출입문 등 개방구를 닫은 상태로 작업하기 때문에 전체환기가 원활하지 않을 것으로 판단된다. 특히 튀김이나 볶음, 전을 부치는 등 기름을 많이 취급하는 조리를 시행할 시 환기가 원활하지 않을 경우 기름이 정체되어 조리실내 환경은 더욱 나빠질 수밖에 없다.

이를 확인하기 위하여 실제 현장평가 시 창문을 닫은 상태에서 벽면 환풍기 팬과 에어컨 가동 없이 캐노피 후드로 국소배기만 실시한 학교의 환기 상태를 정밀 평가하였다.

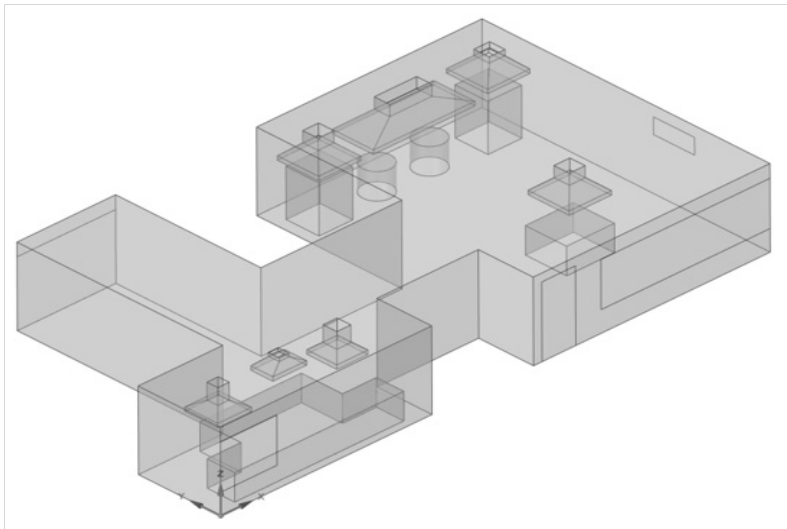
(가) 급식실 내부 환기 시뮬레이션 결과

본 연구에서는 국소배기 및 전체환기에 따른 급식실 전체 유동해석을 위하여 전산유체역학(CFD; Computational Fluid Dynamics) 상용 프로그램인 Fluent(ver.19.0)를 이용하여 현장평가를 실시한 1개 급식실을 대상으로 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션 대상 모델은 [그림 3-63, 3-64]과 같으며 현장평가 당일 실제 급식실 환경을 최대한 재현하였으며 솥, 그릴, 밥솥, 오븐 및 세척기 상단 캐노피 후드 배기를 실시하고, 창문은 모두 닫힌 상태에서 별도의 전체환기 장치 가동 없이 출입구, 배식구, 퇴식구 등의 개방구를 통해 외기 흐름을 가지는 형태로 평가하였다. 그 외 구조물 등의 형상은 최대한 단순화하였다.

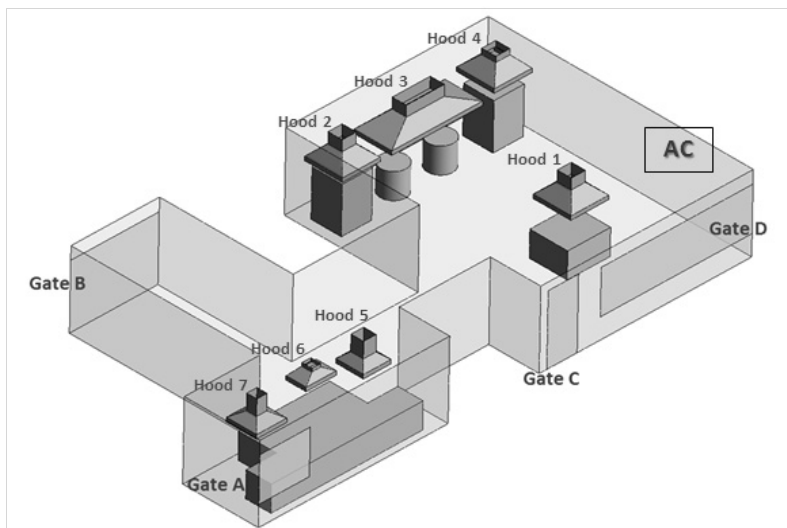
시뮬레이션 조건은 각 캐노피 후드마다 개구면 유속을 측정하여 적용하였고, 배식구, 퇴식구, 조리실 출입문은 식당과 연결된 상태로 외부 기류가 통하며, 식자재 출입문은 외부 환경과 연결된 상태로 하였다. 벽면 창문은 모두 닫혀 있고 별도의 환풍기 팬 가동은 없으며, 그릴 작업대 우측에는 에어컨을 위치시키는 조건으로 하였다. 시뮬레이션은 【Case 1】 급식실 내 에어컨 가동 없이 캐노피 후드로 국소배기를 실시하고 개방구를 통해 외부 기류가 유입되는 경우와 【Case 2】 그릴 작업대 측면에서 에어컨을 가동하여 작업자에게 바람을 불어주는 경우의 유동해석을 실시하였다.



[그림 3-63] 시뮬레이션 대상 급식실 모델(Top-view)



[그림 3-64] 시뮬레이션 대상 급식실 모델(3차원)



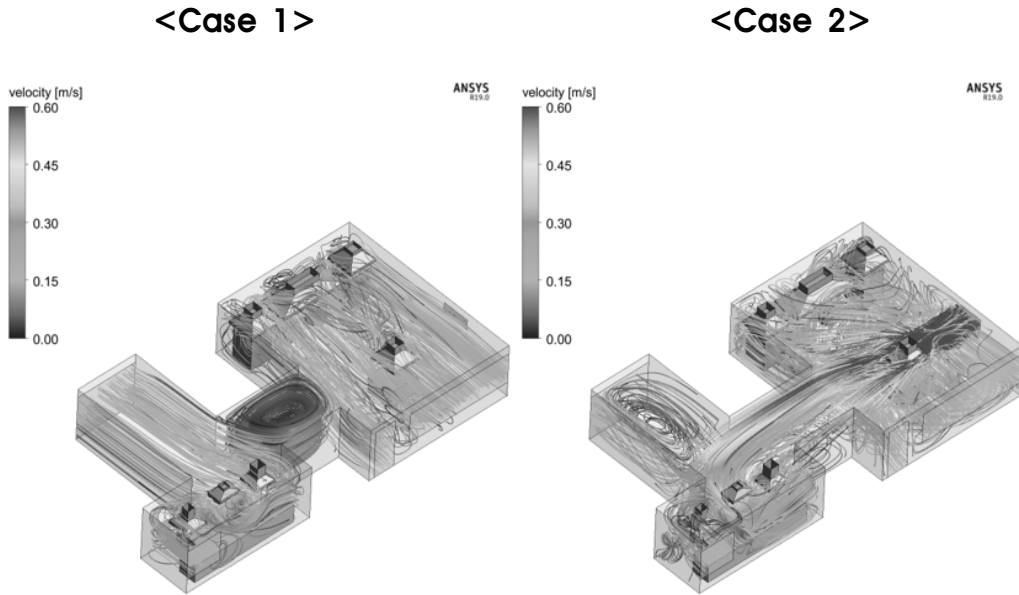
[그림 3-65] 급식실 내 후드 및 개방구 위치

<표 3-18> 시뮬레이션 조건

구분	환기조건	비고
Hood 1	그릴 작업대 상부 캐노피 후드	개구면 유속: 0.21 m/s
Hood 2	밥솥 상부 캐노피 후드	개구면 유속: 0.24 m/s
Hood 3	술 작업대 상부 캐노피 후드	개구면 유속: 0.38 m/s
Hood 4	오븐 상부 캐노피 후드	개구면 유속: 0.24 m/s
Hood 5~7	세척대 상부 캐노피 후드	개구면 유속: 0.4~0.9 m/s
AC	에어컨(그릴 작업대 우측 위치)	개구면 유속: 2 m/s
Gate A	퇴식구	식당 연결(외기 유입)
Gate B	식자재 출입문	외부 환경과 연결(외기 유입)
Gate C	조리실 출입문	식당 연결(외기 유입)
Gate D	배식구	식당 연결(외기 유입)

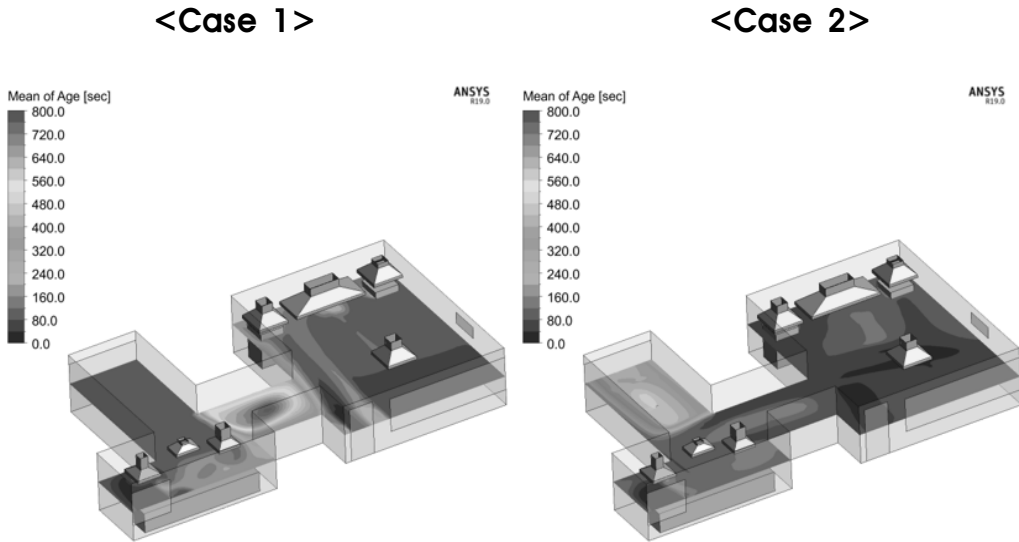
※ 식당 및 외부 환경과 연결되는 경우, 외부 기류 유입 조건으로 설정

시뮬레이션 결과 급식실 내 기류 유속 흐름을 작업자 호흡역 위치(1.5 m 높이)에서 확인하였다. [그림 3-66]의 유속 Streamline을 살펴보면, Case 1의 경우 각 캐노피 후드에서 배기가 이루어지고 개방구를 통해 외기가 흐르는 상태로 조리실과 세척실 연결 구간에서 와류가 심하게 형성되는 것을 확인할 수 있었다. 이 구간에서 실제 작업은 이루어지지 않았지만 와류로 인해 기류가 정체되고 있기 때문에 오염물질 발생 시 농도가 축적될 수 있다. Case 1 조건에서 그릴 작업대 측면에서 에어컨 바람을 작업자에게 불어주는 Case 2의 경우, 강한 에어컨 바람이 방해기류로 작용되어 그릴 작업대 캐노피 후드 기류 흐름은 완전히 깨졌으며, 기류가 에어컨 반대편 방향까지 밀려 나가는 것을 확인할 수 있었다. 이로 인해 그릴 작업대에서 발생하는 오염물질이 주변 작업장으로 확산된다는 것을 알 수 있다. 또한 식자재 출입문 앞 쪽에서 와류가 형성되어 기류가 정체될 수 있기 때문에 이 구간에서 사무실 등 작업자가 체류하는 작업공간이 있을 경우 정체된 기류로 인해 고농도의 오염물질에 폭로될 우려가 있다.



[그림 3-66] <시뮬레이션 결과> 유속 Streamline(z=1.5 m)

이러한 현상은 공기의 체류시간을 의미하는 공기연령(Mean of Age) 분포를 통해서도 확인할 수 있었다. [그림 3-67]의 공기연령 분포를 살펴보면, Case 1에서 조리실과 세척실 연결 구간에서 공기연령 Contour가 붉은 색으로 다른 구간에 비해 체류시간이 길었다. Case 2의 경우 Case 1보다 체류시간이 짧긴 하지만 식자재 출입문 앞 쪽에서 공기 체류시간이 다른 곳보다 길다는 것을 확인하였다. 즉 공기 체류시간이 길수록 오염물질이 빨리 빠져나가지 못하고 내부에 체류되어 작업자에게 노출되기 때문에 이러한 공기 정체구간이 해소될 수 있도록 개선할 필요가 있다.



**[그림 3-67] <시뮬레이션 결과> 공기연령(Mean of Age)
Contour(z=1.5 m)**

(나) 환기 개선방안

학교 급식 조리실은 열원을 취급하는 특성상 모두 외부식 상방형 후드인 캐노피 후드를 설치하여 국소배기를 실시하고 있었다. 열원의 부력에 의한 상승기류로 캐노피 후드의 사용이 바람직하며 효율적이나, 캐노피 후드와 같은 상방형 후드는 방해기류에 매우 취약한 특성을 보이기 때문에 창문이나 출입문에 의한 외기, 선풍기나 에어컨 바람 등의 냉방기구에 의해 기류 흐름이 깨져 발생하는 오염물질이 제대로 배기되지 못하고 작업장 내로 확산될 수 있다. 또한 캐노피 후드의 기류가 작업자의 호흡역을 거치는 경우 작업자가 오염물질에 폭로될 수 있는 문제점이 있다.

이러한 부분은 캐노피 후드의 배기용량과 개구면적이 열원을 포함한 오염물질을 충분히 배기시킬 수 있도록 설계되어야 하고, 현장 특성에 따라서는 작업에 방해되지 않는 범위에서 캐노피 후드의

개방부를 줄여 동일한 배기유량으로 배기 효율을 향상시킬 수도 있다. 작업대와 후드 개구면과의 거리는 최대한 가까이 위치시켜 방해기류의 영향을 최소화하고, 외기 및 냉난방기구의 기류가 후드의 상승기류를 방해하지 않도록 해야 한다.

전체 환기의 경우 창문이나 출입문에 의한 자연환기와 벽면 환풍기를 통해 이루어지고 있었고, 공조시설을 이용한 급배기가 이루어지는 곳은 현장평가 실시 대상 급식실에서는 없었다. 자연환기가 원활하지 않고, 급식실 내부 급기 없이 배기만 이루어지는 경우 내부 음압이 형성되어 배기 효율 저하와 함께 외부 기류가 개방구를 통해 급식실 내부로 유입된다. 식자재 출입문의 경우 주차공간과 같이 차량 통행과 연결된 곳이 많기 때문에 내부 음압 형성 시 주차장에서 발생하는 각종 오염물질이 급식실로 유입될 수 있다. 또한 급식실 위치가 운동장과 인접한 곳에서는 창문이나 출입문을 통해 미세먼진이 급식실로 유입될 우려가 있다. 따라서 배기 효율을 향상시키고, 전체환기가 원활할 수 있도록 계절 특성에 따라 변이가 큰 자연환기 외에도 환풍기나 공조시설을 이용한 급배기를 함께 실시해야 한다. 특히 겨울철 추위로 인해 문을 닫고 작업하는 경우 원활한 급배기가 이루어질 수 있도록 환풍기나 공조시설을 활용할 필요가 있으며, 급식실 내부 기류 정체구간이 최소화 되도록 급배기 시설의 용량을 고려하여 설치·가동해야 한다.

3. 조리환경의 건강영향평가

가) 사무직군 및 조리직군의 사전설문결과

390건의 설문지가 수집되었으나, 결측치를 제외하고 분석이 가능한 설문지는 총 372건이었다. 평균연령대가 50대 초반으로 표준 체질량지수의 평균이 정상범위에 있었으며 조리구역에 머무는 시간대가 평균 6.8시간, 조리직군의 총 근무 년수는 16.6년이었다.

<표 3-19> 조리사군의 일반적 특징

항목	평균±표준편차
연령(세)	52.4±5.1
키(cm)	159.6±4.4
몸무게(kg)	59.1±6.9
BMI*	23.2±2.4
조리구역에 머무는 시간(hour)	6.8±1.9
총근무년수	16.6±8.24

* Body Mass Index, 체질량지수=몸무게(kg)/[키(m)]², 정상 18.5~24.9

※ 분석대상 : 69개소, 총 372명, 사전설문조사결과

조리사 직군의 현재 질환호소자 중 안구 건조증의 호소건수가 가장 높았으며 알레르기성비염, 아토피성피부염이 그 다음을 이었다.

<표 3-20> 조리사 현재질환호소건수(%)

아토피성 피부염	알레르기성 비염	천식	만성폐쇄성 폐질환	알레르기성 각막염/결막염	안구건조증	기타질환
11(3)	28(7.5)	2(0.5)	0(0)	7(1.9)	29(7.8)	7(1.9)

*분석대상 총 372건 중의 비율, 사전설문조사결과

조리사 직군의 청결복장으로 마스크, 장갑, 신발, 앞치마 등을 착용하였으며 마스크의 착용비율이 상대적으로 낮았다.

<표 3-21> 조리사 복장상태, 건(%)

마스크	장갑	신발	앞치마	기타복장	없음
312(83.9)	368(98.9)	362(97.3)	360(96.8)	48(12)	1(0.3)

*분석대상 총 372건 중의 비율임, 마스크는 1회용 일반마스크, 사전설문조사결과

나) 사무직군 및 조리직군의 면역수준 평가

사무직군 48명, 조리종사자(이하 조리직군) 58명에 대한 면역수준을 평가하기 위하여 설문지 문항 미입력자, 현재 호흡기 질환 보유자, 흡연 및 간접흡연에 노출되는 자를 제외한 후 최종적으로 사무직군 25명, 조리직군 37명에 대하여 면역수준을 비교 분석하였다.

(가) 통계처리를 위한 제외처리 기준

- 설문지 문항 입력 오류- 사무직군 5명 제외
- 현재질환 보유자(알레르기성 비염, 안구건조증, 기타질환) - 사무직군 5명, 조리직군(발생시점 모름) 2명 제외
- 흡연 및 간접흡연 노출 - 사무직군 13명, 조리직군 15명 제외
- 면역검사상 결과 오류 - 조리직군 4명 제외

(1) 면역수준 평가대상 사무직군과 조리직군간의 일반적 특성

면역수준을 평가한 사무직군(N=25)과 조리직군(N=37)은 모두 울산에 거주하는 여성이며, 나이, 키, 몸무게, BMI에 대해 정규분포를 이루고 있다($p=0.270$, $p=0.581$). 사무직군의 나이는 52.6 ± 3.7 세, 키 160.8 ± 5.3 cm, 몸무게 56.1 ± 8.3 kg, BMI 21.6 ± 2.4 였으며, 조리직군의 나이는 54.2 ± 3.3 세, 키 158.6 ± 4.9 cm, 몸무게이었다. 두 그룹 모두 흡연 및 간접흡연에 노출되지 않았으며, 과거 및 현재 질환 역시 없었다. 최종학력은 사무직군의 과반 이상이 대학교 이상이었으나, 조리직군은 고등학교로 나타났다. 집에서의 평균 조리시간은 사무직군의 약 70%가 1시간 미만이었으나 조리직군의 약 70%는 1시간 이상 조리하는 것으로 조사되었다.

<표 3-22> 사무직군과 조리직군의 일반적 특성

	사무직군 (n=25)	조리직군 (n=37)
성별	여성	여성
거주도시	울산	울산
나이(세)	52.6±3.7	54.2±3.3
키(cm)	160.8±5.3	158.6±4.9
몸무게(kg)	56.1±8.3	55.4±5.1
BMI(kg/m ²)	21.6±2.4	22.0±1.6
흡연여부	무	무
간접흡연 노출여부	무	무
현재 질환 유무	무	무
과거 질환 유무	무	무
가족력, n(%)	6(24)	4(10.8)
최종학력*, n(%)		
초등학교	0(0.0)	0(0.0)
중학교	0(0.0)	1(2.70)
고등학교	1(4)	34(91.89)
전문대학교	4(16)	1(2.70)
대학교 이상	20(80)	1(2.70)
집에서 평균 조리시간*, n(%)		
1시간 미만	18(72)	12(32.43)
1시간 이상	7(28.0)	25(67.57)

· 나이, 키, 몸무게, BMI 결과를 평균±표준편차 로 표시함

* 최종학력, 집에서의 평균 조리시간은 두 집단간 통계적 유의미한 차이를 보임(p<0.05)

연령대 및 BMI는 사무직군과 조리직군간 차이가 없는 것으로 나타났으며 집에서 요리시간은 두 집단간 차이를 보였는데($p<0.05$), 조리직군이 집에서의 요리시간이 긴 것으로 나타났다.

<표 3-23> 사무직, 조리직 동일성 검정결과

	사무직군(n=25)	조리직군(n=37)	유의확률
연령대(n, %)			
46-50세	5(20%)	4(10.81%)	0.270
51-55세	15(60%)	19(51.35%)	
56-60세	5(20%)	14(37.84%)	
BMI			0.477
집에서 평균 조리시간(hour)			<0.05*

* chi-square test결과, 사무직군과 조리직군간의 유의한 차이를 보임

집에서의 주 조리형태(굽기, 삶기, 볶기, 튀기기, 즉석요리, 기타)는 사무직군은 굽기, 삶기, 볶기 위주의 요리를 주로 하였고, 즉석요리도 32%를 차지하였으며, 튀기기는 수행하지 않았다. 조리직군은 볶기가 89.2%를 차지하였고, 삶기, 굽기 및 튀기기 순으로 확인되었다. 집에서 조리시 환기형태에서는 사무직군은 창문도 열고 환기팬을 작동시키는 경우가 60%로 가장 높았으며, 창문만 열거나 환기팬만 작동시키는 경우가 각각 16%를 차지하였다. 조리직군은 97% 이상이 창문과 환기팬을 틀고 조리를 수행하였으며, 환기팬을 작동시킨 채 조리를 하는 경우는 2.7%를 차지하였다. 조리직군이 사무직군보다 조리시 환기에 대한 인식이 높은 것으로 확인되었다.

<표 3-24> 사무직, 조리직군 집에서의 조리형태 및 환기형태

구분	조리형태(n,%)*						환기형태(n,%)			
	굽기	삶기	볶기	튀기기	즉석 요리	기타**	창문만 연다	창문도 열고 환기팬을 툰다	환기팬만 툰다	그냥 조리한다
사무직군 (n=25)	12 (48%)	11 (44%)	12 (48%)	0 (0%)	8 (32%)	0 (0%)	4 (16%)	15 (60%)	4 (16%)	2 (8%)
조리직군 (n=37)	17 (45.9%)	24 (64.9%)	33 (89.2%)	17 (45.9%)	10 (27.0%)	1 (2.7%)	0 (0%)	36 (97.3%)	1 (2.7%)	0 (0%)

* 조리형태는 복수응답함

** 기타 : 생야채 다듬기 포함

(2) 일반 혈액학적 검사 결과

사무직과 조리직군의 평균 백혈구수, 적혈구수, 헤모글로빈수, 헤마토크리트 비율, 혈소판수, 호중구·호염기구·호산구 비율이 정상범위 안에 있었다. 백혈구수, 적혈구수, 헤모글로빈 농도, 헤마토크리트 비율, 혈소판수, 호중구·호염기구·호산구 비율 등에서 통계적 유의한 차이를 보이지 않았지만 림프구수, 호산구수, 호산구 비율은 조리직군에서 높은 경향은 보였고, 호중구수는 낮은 경향을 나타냈다. 림프구 비율은 조리직군에서 높았고, 반면 호중구 비율은 조리직군에서 낮았으며, 두 지표치에서 집단간 통계적 유의한 차이를 보였다($p<0.05$)[표3-25, 3-26].

즉, 조리직군은 사무직군에 비해 세균 감염시 대처하는 주요 지표인 호중구 수 및 호중구의 비율은 낮았던 반면 알레르기성 질환자에서 높게 나타나는 호산구 수 및 그 비율은 높은 경향을 보였다.

<표 3-25> 일반 혈액학적 구성비(1)

구분	n	백혈구 ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	적혈구 ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	헤모글로빈 (g/dl)	헤마토크리트(%)	혈소판 ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	림프구 ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	림프구 (%)	단핵구 ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	단핵구 (%)
사무직	25	5.691 $\pm$ 1.549	4.239 $\pm$ 0.281	12.51 $\pm$ 1.735	38.80 $\pm$ 4.180	236.5 $\pm$ 50.80	1.945 $\pm$ 0.591	34.78 $\pm$ 7.574	0.304 $\pm$ 0.089	5.400 $\pm$ 0.870
조리직	37	5.358 $\pm$ 1.254	4.224 $\pm$ 0.440	12.62 $\pm$ 1.212	39.48 $\pm$ 4.342	224.8 $\pm$ 56.67	2.061 $\pm$ 0.598	38.69 $\pm$ 7.330	0.296 $\pm$ 0.078	5.630 $\pm$ 1.224
정상 범위		5.2-12.4	4.2-6.1	12-18	37-52	130-400	0.9-5.2	19-48	0.16-1	3.4-9
p		0.355	0.833	0.328	0.994	0.410	0.454	<0.05*	0.716	0.416

데이터는 평균 $\pm$ 표준편차로 나타냄

· 림프구, 호중구의 비율은 두 집단간 통계적 유의한 차이를 보임(Student's t-test)

<표 3-26> 일반 혈액학적 구성비(2)

구분	n	호중구 ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	호중구 (%)	호산구 ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	호산구 (%)	호염기구 ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	호염기구 (%)	미성숙과립구 ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	미성숙과립구 (%)
사무직	25	3.157 $\pm$ 1.121	54.80 $\pm$ 8.838	0.169 $\pm$ 0.146	3.016 $\pm$ 2.617	0.025 $\pm$ 0.010	0.408 $\pm$ 0.166	0.091 $\pm$ 0.036	1.588 $\pm$ 0.486
조리직	37	2.687 $\pm$ 0.857	49.88 $\pm$ 8.372	0.187 $\pm$ 0.158	3.451 $\pm$ 2.223	0.025 $\pm$ 0.014	0.500 $\pm$ 0.261	0.099 $\pm$ 0.039	1.862 $\pm$ 0.616
정상 범위	1.9-8	40-74	0-0.8	0-7	0-0.2	0-1.5	0-0.4	0-4	
유의확률	0.078	<0.05*	0.321	0.155	0.982	0.332	0.367	0.072	

데이터는 평균 $\pm$ 표준편차로 나타냄

. 림프구, 호중구의 비율은 두 집단간 통계적 유의한 차이를 보임(Student's t-test)

(3) 말초혈액 내 면역세포 비율

말초혈액 내 면역세포의 비율을 두 그룹에서 확인하였고, B 림프구는 사무직군 1.779 ± 0.460 %, 조리직군 1.279 ± 0.234 % 였고, 자연살해세포(Natural Killer cell, NK cell)는 사무직군, 조리직군 각각 18.68 ± 1.770 %, 23.47 ± 2.205 % 이었다. T 림프구 유래 자연살해세포는 0.847 ± 0.290 %, 0.520 ± 0.129 % 차지했다. B 림프구, NKT 세포의 비율은 조리직군이 사무직에 비해 낮은 경향이 보였고 NK 세포는 높은 경향을 보였으나, 두 그룹간 통계적 유의한 차이는 없었다.

보조 T 림프구(helper T lymphocytes, Th)는 사무직군에서 42.79 ± 2.33 %, 조리직군에서 34.98 ± 2.325 %, 세포파괴 T 림프구(cytotoxic T lymphocytes, Tc)는 사무직군 19.01 ± 1.222 %, 조리직군 15.46 ± 1.189 % 였다. 보조 T 림프구 와 세포파괴 T 림프구 비율은 모두 조리직군이 사무직군보다 낮았지만(Student's t-test, $p < 0.05$)[표 34-1].

결과를 종합하면, 조리직군은 사무직군에 비해 말초혈액 내에 NK 세포 비율이 높은 반면, B 림프구, 보조 T 림프구, NKT 세포의 비율은 낮은 경향을 보임으로써 전반적으로 조리직군의 면역력이 낮은 경향을 확인했다.

<표 3-27> 말초혈액 내 면역세포 비율(%)

구분	B 림프구 (CD19 ⁺)	NK cell (CD3 ⁻ CD16 ⁺ CD56 ⁺)	NKT cell (CD3 ⁺ CD56 ⁺ CD16 ⁺)	T 림프구 (CD3 ⁺)	보조 T 림프구 (CD4 ⁺ T 림프구)	세포파괴 T 림프구 (CD8 ⁺ T 림프구)
사무직군 (N=25)	1.779 ± 0.460	18.68 ± 1.770	0.847 ± 0.290	54.87 ± 2.780	42.79 ± 2.336	19.01 ± 1.222
조리직군 (N=37)	1.279 ± 0.234	23.47 ± 2.205	0.520 ± 0.129	49.80 ± 2.610	34.98 ± 2.325	15.46 ± 1.189
t	-	-1.568	-	1.296	2.284	2.013
z	-1.162	-	-0.660		-	-
유의확률	0.245	0.122	0.509	0.200	<0.05*	<0.05*

· 데이터는 평균 $\pm$ SEM(평균의 표준오차)로 나타냄

· 보조 T 림프구, 세포파괴 T 림프구의 비율은 두 집단간 통계적 유의한 차이를 보임(Student's t-test)

(4) 혈장 내 각종 항체 수준

B 림프구에 의하여 만들어진 항체 수준을 확인하고자 혈장 내 항체 수준을 확인하였다. 사무직군에서 IgG subclasses의 수준은 IgG1 2.209 ± 0.147 mg/ml, IgG2 5.299 ± 0.458 mg/ml, IgG3 0.147 ± 0.019 mg/ml, IgG4 0.365 ± 0.043 mg/ml 였으며, 조리직군에서는 2.554 ± 0.262 mg/ml, 4.710 ± 0.335 mg/ml, 0.151 ± 0.021 mg/ml, 0.456 ± 0.056 mg/ml로 분석되었다. 항체의 농도는 연령, 인종 및 성별에 따라 다르고, 정상범위가 광범위하여 수치로 의미있는 해석은 어렵지만, 사무직군과 조리직군 모두에서 평균 IgG1과 평균 IgG3가 정상범위보다 낮은 수준이었고, IgG2, IgG4, IgA, IgE는 정상범위에 있었다. 또한 조리직군은 사무직군에 비해 알레르기 질환 관련 항체가 항진되는 것으로 알려진 IgG4, IgE 수준은 통계적으로 유의하지는 않았지만 높은 것으로 나타났고, IgG2, IgA는 낮은 경향을 보였다[표 3-28].

<표 3-28> 혈장 항체 수준

구분	IgG subclasses				Total IgG (mg/ml)	IgA (mg/ml)	Total IgE (ng/ml)
	IgG1 (mg/ml)	IgG2 (mg/ml)	IgG3 (mg/ml)	IgG4 (mg/ml)			
사무직군 (n=25)	2.209 ± 0.147	5.299 ± 0.458	0.147 ± 0.019	0.365 ± 0.043	8.019 ± 0.527	2.828 ± 0.370	119.5 ± 25.42
조리직군 (n=37)	2.554 ± 0.262	4.710 ± 0.335	0.151 ± 0.021	0.456 ± 0.056	7.871 ± 0.505	2.561 ± 0.214	219.24 ± 46.20
정상수준	3.82-9.28	2.41-7	0.218-1.761	0.039-0.864	7-16	0.7-4	<240
유의확률	0.576	0.272	0.960	0.351	0.626	0.892	0.121

데이터는 평균±평균의 표준오차(Standard error of the mean, SEM) 로 표시함

· Mann-Whitney U 검정을 통한 집단간 차이 확인함

(5) T 림프구 배양액 내 생성 사이토카인 수준 결과

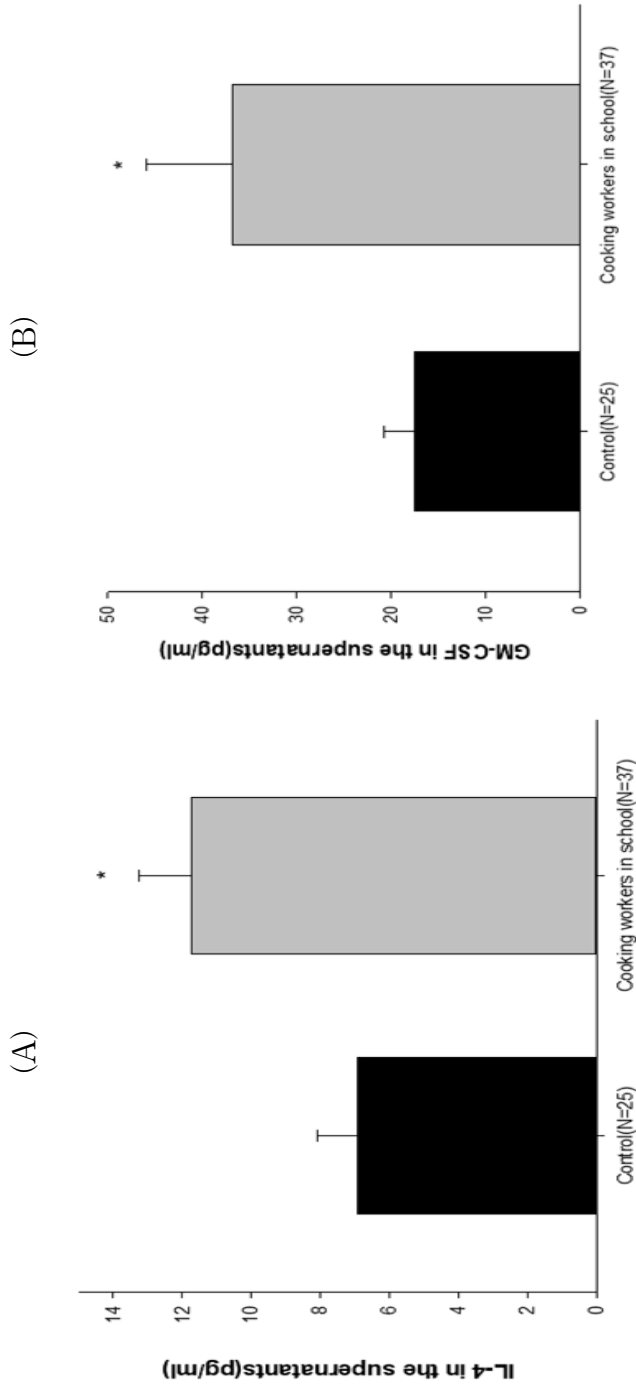
T 림프구에서 생성되는 cytokine 중 IL-4, GM-CSF, TGF- β 1의 수준은 조리직군이 사무직군보다 통계적으로 유의하게 높았다(Mann-Whitney U-test, $p < 0.05$). 조리직군에서 IL-4의 평균 생성수준(11.73 ± 1.506 pg/ml)은 사무직군(6.903 ± 1.167 pg/ml)에 비해 약 1.7배 높았으며, 평균 GM-CSF의 수준은 약 2.1배 조리직군에서 높았다(조리직군 36.84 ± 9.148 pg/ml, 사무직군 17.48 ± 3.336 pg/ml). 평균 TGF- β 1 생성 수준은 1.4배 조리직군이 높았는데 조리직군 0.253 ± 0.103 ng/ml, 사무직군 0.180 ± 0.023 ng/ml 로 나타났다[그림 3-68].

IFN- γ 의 경우 조리직군 154.2 ± 54.19 pg/ml, 사무직군 38.66 ± 9.740 pg/ml이었고, IL-17은 조리직군 51.72 ± 23.88 pg/ml, 사무직군 14.37 ± 3.696 pg/ml 이었다. IFN- γ IL-17 모두 조리직군에서 높은 경향을 보였으나, 통계적 유의미한 차이는 보이지 않았다. TGF- β 1 의 평상시 발현되는 수준은 오히려 사무직군(1.102 ± 0.227 ng/ml)이 조리직군(0.868 ± 0.080 ng/ml)에 비해 높은 경향을 보였으나, 집단간 통계적 유의미한 차이는 없었다[표 3-28].

1형 보조 T 림프구(Th1)에서 분비되는 IFN- γ 와 2형 보조 T 림프구(Th2)에서 분비 및 유도되는 IL-4 간의 비율을 통해 보조 T 림프구 활성화에 있어서 편향성(IL-4/IFN- γ)을 확인하였다. 사무직군(1.749 ± 1.005)에 비해 조리직군(3.637 ± 1.508)에서 약 2배 높게 나타났으며[그림 3-68], 이는 보조림프구 중에서 2형 보조 T 림프구의 활성이 1형 보조림프구 활성화보다 우세한 것으로 판단된다.

따라서, T 림프구를 배양하여 생성된 cytokine 수준을 분석한 결과, 조리직군은 2형 보조 T 림프구의 활성이 높아지면서 2형 보조 T 림프구가 분비하는 IL-4(알레르기 반응 등 유도)수준 역시 높았으며, 전염증성 반응, 만성염증을 유도하는 GM-CSF 수준도 높았다. 보조 T 림프구 중 조절 T 세포(regulatory T cells, Tregs)에서 분비되는 TGF- β 1의 활성화도 높았는데 이 지표치는 초기에 면역억제기능을 보이다가 후기에는 암 세포 성장인자로 작용하는 것으로 알려져 있다.

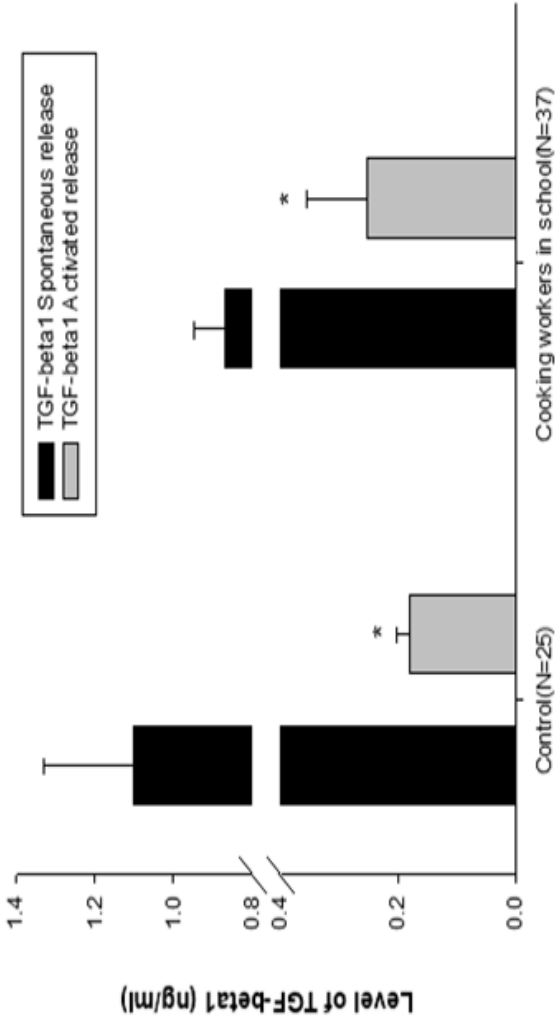
보조 T 림프구 중 1형 보조 T 림프구에서 분비되는 IFN- γ (바이러스, 박테리아 등의 침입에 대한 방어시 유도), 17형 보조 T 림프구에서 생성되는 IL-17(전염증성 반응, 만성염증에 관여)은 조리직군에서 보다 높은 경향을 보였다.



[그림 3-68] T 림프구 배양액에서 사이토카인 수준 (A) IL-4 수준 (B) GM-CSF 수준

데이터는 평균±평균의 표준오차(Standard error of the mean, SEM)로 표시함
 * Mann-Whitney U 검정을 통한 집단간 차이 확인함

(C)



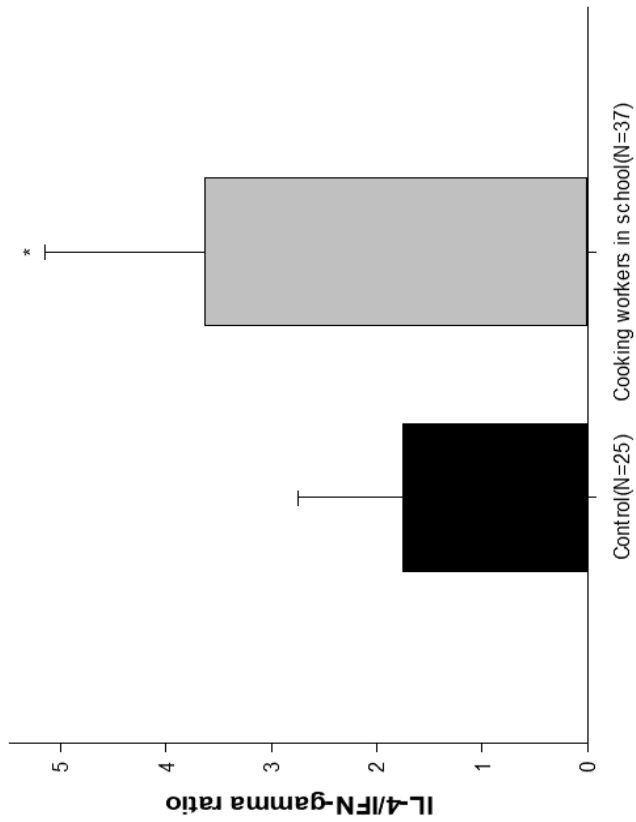
[그림 3-68] (계속) (C) TGF-β1 발현수준

데이터는 평균±평균의 표준오차(Standard error of the mean, SEM)로 표시함
· Mann-Whitney U 검정을 통한 집단간 차이 확인함

<표 3-29> T 림프구 배양액에서 생성 사이토카인수준

구분	IL-4 (pg/ml)	IFN- γ (pg/ml)	GM-CSF (pg/ml)	IL-17 (pg/ml)	TGF- β Spontaneous release (ng/ml)	TGF- β Activated release (ng/ml)	IL-4/IFN- γ ratio
사무직군 (n=25)	6.903 $\pm$ 1.167	38.66 $\pm$ 9.740	17.48 $\pm$ 3.336	14.37 $\pm$ 3.696	1.102 $\pm$ 0.227	0.180 $\pm$ 0.023	1.749 $\pm$ 1.005
조리직군 (n=37)	11.73 $\pm$ 1.506	154.2 $\pm$ 54.19	36.84 $\pm$ 9.148	51.72 $\pm$ 23.88	0.888 $\pm$ 0.080	0.253 $\pm$ 0.103	3.637 $\pm$ 1.508
유의확률	<0.05*	0.897	<0.05*	0.651	0.605	<0.05*	<0.05*

- 평균 $\pm$ 평균의 표준오차(Standard error of the mean, SEM) 로 표시함
- Mann-Whitney U 검정결과, 사무직군, 조리직군 간 통계적 유의미한 차이를 보임



[그림 3-69] IL-4 / IFN- γ ratio

데이터는 평균±평균의 표준오차(Standard error of the mean, SEM)로 표시함
· Mann-Whitney U 검정을 통한 집단간 차이 확인함

(6) 혈장 내 종양 표지자 발현 수준

사무직군의 혈장 내 Cyfra 21-1은 $2,714 \pm 372.5$ pg/ml, ProGRP는 391.65 ± 36.66 pg/ml 이었으며, 조리직군은 Cyfra 21-1 $2,907 \pm 330.0$ pg/ml, ProGRP 416.6 ± 27.00 pg/ml 수준으로 발현 된 것을 확인되었다. 두 종양 지표치의 평균 발현수준은 모두 정상 범위에서 발현되는 수준이다. Cyfra 21-1, ProGRP 모두 사무직군에 비해 조리직군에서 보다 높은 수준으로 발현되고 있는 경향은 있었으나, 통계적으로 유의미한 차이는 없었다[표 3-30].

<표 3-30> 혈장에서의 종양 표지자 수준

구분	Cyfra 21-1 (pg/ml)	ProGRP (pg/ml)
사무직군 (n=25)	$2,714 \pm 372.5$	391.65 ± 36.66
조리직군 (n=37)	$2,907 \pm 330.0$	416.6 ± 27.00
정상범위	0~3,300	0~6,300
유의확률	0.704	0.578

* 평균±평균의 표준오차(Standard error of the mean, SEM) 로 표시함

IV. 고찰

1) 급식조리과정에서 발생한 공기 내 오염물질과 건강영향

일산화탄소와 이산화탄소의 발생과 건강영향

일산화탄소는 무색, 무취로 노출 시 경고증상이 없어 중독에 의한 사망의 가장 흔한 원인이다. 일산화탄소의 독성은 조직의 저산소증과 세포수준에서 직접적인 일산화탄소 매개손상으로 뇌손상 및 최종적으로 사망에 이르게 할 수 있다. 이와는 달린 이산화탄소는 무색의 가스로 공기 중에 약 0.03% 존재하는 가스로 탄소를 함유하는 물질의 연소, 생물의 호흡 등에 의해 대기 중에 발생하나 비교적 높은 농도에서도 건강영향을 주진 않으나 3%일 때 호흡장애, 4%일 때 두통, 이명, 혈압상승, 구토 등의 장애가 발행하며 6%일 때 호흡수가 급격하게 증가하는데 이러한 독성은 자체 독성에 의해서라기보다는 대기내 산소분압에 영향을 미쳐 나타나는 질식증상의 일부로 해석해야 한다.

일산화탄소 중독에서 가장 유용한 진단도구로 COHb 수치로 정상범위는 0~5%로, 하루 담배 1갑을 피는 사람은 평균 6%로 10%까지 나타나기도 한다. 이 수치가 높으면 일산화탄소중독을 의미하지만 예후를 결정하는 요소는 아니다. 대기 공기 상태에서 COHb(카르복시헤모글로빈)의 반감기는 4~5시간이다(임상중독학, 2006).

최근 '17~18년도 실시한 직업성 급성중독감시체계 시범운영에서 인천경기지역에서만 일산화탄소 중독건으로 보고된 사례는 조리시설만 12건으로 10건이 단체급식종사자에게서, 2건은 치킨요리종사자에게서 발생하였다. 치킨종사자의 중독사례에서 COHb(카르복시헤모글로빈)은 40~50% 정도였는데 이는 일산화탄소 농도 500~700ppm 정도일 때 나타날 수 있는 수준으로 발견이 늦을 경우 사망을 하거나 심각한 뇌 후유장애를 유발할 수준의 수치이다(산업안전보건연구원,

2018).

일산화탄소는 조리환경에서 전통적인 석탄이나 Biomass, 가스 등의 연료의 불안전 연소로 주로 발생되었다고 보고되고 있으나(WHO, 2014), 가스렌지, 가스 인덕션 등 요리기구와는 관계없이 유기물로 구성된 요리 재료의 연소과정에서 발생하고 있으며 밀폐된 공간에서 환기불충분, 가스나 요리 덮개 여부, 잘 관리되지 않은 환기팬이나 가스버너 등에 따라 발생량이 높아진다(국립환경과학원, 2013, Theodor D 등, 2016).

본 연구에서 조리환경에서 일산화탄소 발생은 연료원과 상관없이 식재료의 조리과정 중에도 높은 농도로 상승하는 양상을 보였다. 튀김이나 전 등의 기름을 사용하는 식재료 조리과정에서 이산화탄소와 복합적으로 상승하는 양상을 보였으며, 일산화탄소는 최대 295ppm(단시간노출기준치 200ppm 초과), 이산화탄소의 순간 발생량은 8888ppm 이상의 급격한 상승양상을 보여 기계측정한계치를 초과하였으나 조리완료시 실내공기질 유지기준 이하로 떨어지는 양상을 보였으며 이는 선행연구(국립환경과학원, 2013, Theodor D 등, 2016)와도 일치하였다.

실내공기질 유지관리기준에 의하면 일산화탄소는 10ppm, 이산화탄소는 1000ppm 이하 유지를 권고하고 있다. 상업적 식당업의 공기질 평가에서 세가지 형태의 식당, 레스토랑, catering center와 패스트푸드 형태의 식당을 비교하였는데 모든 형태의 식당에서 CO₂가 1000ppm 초과가 관찰되었으며 패스트푸드 식당이 허용기준을 초과하였다(E. Shiren 등).

급식조리과정에서 발생한 미세분진 노출수준과 건강영향

미세분진은 수분이 포함된 식재료를 기름과 함께 사용했을 때 순간 발생량이 높은 것으로 나타났으며, 학교 급식에 자주 등장하는 계란후라이, 계란말이, 계란 스크램블 등의 조리과정에서 PM_{2.5}, PM₁₀ 환경부 실내내 공기질 기준을 초과하였다. 국내 실내 공기질 관리법상 다중시설에 적용되는 기준은 PM₁₀ 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{2.5} 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 순간발생량에 대해 PM₁₀ 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과가 발생할 경우 별도

의 배기장치를 하도록 권고하고 있는데 이는 분진이 배기되지 못하면 재비산을 통해 실내오염원으로 지속적으로 작용하기 때문이다(국립환경과학원, 2013).

입자상 분진은 분진입자의 직경의 크기에 따라서 PM_{10} 은 입자의 최장 직경이 $10\mu m$ 미만, $PM_{2.5}$ 은 입자의 최장 직경이 $2.5\mu m$ 미만으로 구분된다(Watson JG, 2002). 최장 직경에 따라 구분되는 미세분진은 충돌, 중력침강, 확산, 정전기적 흡착 등의 기전에 따라 기도 내의 부위별로 침착되며 일부는 혈액을 따라서 전신을 순환하기도 한다. 미세분진의 체내 침착 이후 사회스트레스와 염증 반응으로 인해 호흡기계, 순환기계 질환의 급성악화와 사망률 증가 등이 발생하며 장기적 노출 시 폐암발생의 위험도를 높일 수 있다(명준표, 2016).

매년 430만명이 실내공기오염원에 의해 사망하고 60%는 심혈관질환에 40%는 폐질환으로 사망한다(WHO, 2014). 단기적으로 실내 공기의 PM_{10} 분진이 $10\mu g/m^3$ 증가할 경우 심혈관질환과 호흡기 사망률이 각각 0.36%, 0.42% 증가하고 동시에 $PM_{2.5}$ 가 심혈관질환의 사망률은 0.63%, 0.75%까지 증가하며, 장기적으로 PM_{10} 분진이 $10\mu g/m^3$ 이상 증가하여 지속적으로 노출될 경우 심혈관질환 사망률은 23%, 호흡기질환 사망률은 67%까지 사망위험도가 증가할 수 있다(Lu F 등, 2015).

2001~2011년까지의 250만의 캐나다 인구집단에 대한 사망률을 공간적(1km, 5km, 8km) 시간적(1-year 이동, 3 year이동, 8 year 이동)으로 분류하여 비교하였는데 오랜 기간 상주 후 이동한 경우가 $PM_{2.5}$ 와 사망률과 강한 관련성을 보였으며, 호흡기질환과 폐암에 의한 사망률이 외부의 미세분진 노출($PM_{2.5}$) 노출에 공간적으로 근접할수록 민감성이 높게 나타났다. O_3 , NO_x 등의 산화가스를 보정한 결과에서 $PM_{2.5}$ 과 폐암과의 연관성은 더 증가하였으며, 모든 모델에서 $PM_{2.5}$ 의 분진은 사망률 증가에 기여하였다(Crouse Dan 등, 2019).

급식조리과정에서 발생한 휘발성 유기화합물 노출수준과 건강영향

홍콩의 2개 거주 지역에서 LPG연료를 사용하고, 수행한 90분간의 요리과정에

서 순수 LPG 연료에서는 포름알데히드와 벤젠과 같은 발암물질은 검출되지 않았으나, 요리시 벤젠, 톨루엔과 같은 방향족 휘발성 유기물, 포름알데히드를 포함한 알데히드 오염물이 증가했고 2개소 중 1개소는 포름알데히드의 실내기준을 초과하였다(Yu Huang 등, 2011). 본 연구에서도 조리환경과 외기와의 농도차를 보임으로 요리과정에서 포름알데히드는 발생하는 것으로 확인되었으나, 24개소 단체급식 조리대상지역 전부에서 실내 공기질 유지기준의 1/10의 수준으로 확인되었다. 조리과정에서 발생하는 휘발성유기화합물의 농도는 외기와 차이가 없었으나 1개소에서 총휘발성유기화합물 국내 사무실 기준을 초과하였다. 호텔 식당을 대상으로 한 연구에서 일반실내환경과 휘발성 유기화합물의 농도는 유의한 차이를 보였으나 $1.26\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 전반적으로 낮은 농도 수준을 보였다(Amarnath 등, 2016).

급식조리과정에서의 다환방향족탄화수소의 노출수준과 건강영향

조리환경에서의 다환방향족탄화수소는 기름을 사용하는 조리과정에서 검출되는 대표적인 발생물질로 급식조리환경에서는 Naphthalene의 검출이 가장 많았다. 우리 연구에서 조리환경에서의 PAHs에서의 평균노출량은 $400\text{ng}/\text{m}^3$ 미만, 최대 노출량이 $1742\text{ng}/\text{m}^3$ 으로 미국산업위생전문가위원회가 제안하고 있는 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 의 0.9%로 전반적으로 낮은 경향성을 보였으나 외기농도에 비해 높은 경향성을 보여 조리과정이 발생원임을 확인하였다. PAHs에서 가장 검출량이 많았던 종류는 Naphthalene으로 외기에 비해 유의하게 높았다. 호텔식당에서의 다환방향족 탄화수소 허용기준을 초과하였다는(Amarnath 등, 2016) 보고도 있으나 조리시간이 2~3시간으로 압축되는 방식의 학교급식은 근무시간 내내 조리가 있는 상업적 식당과는 노출수준이 다를 것으로 판단된다.

PAHs는 여러 개의 벤젠고리를 지닌 방향족 탄화수소군으로 유기물의 연소부산물로 미량으로도 암을 유발시킬 수 있는 발암물질(Benzo(e)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(b)fluoranthene, Benz(a)anthracene, Anthracene,

Phenanthrene 등)이거나 돌연변이원성 물질로 피부노출과 호흡기 노출이 인간의 암과 관련되어 있으나 가장 많이 검출된 Naphthalene은 PAHs의 일종이나 단독 성분으로 발암성은 현재 확인되고 있지 않으며 자극성물질로 기관지 자극, 피부염을 유발할 수 있으며 혈뇨 등의 신장에 영향을 주기도 한다. 작업장 시간가중 평균허용농도가 10ppm($50\text{mg}/\text{m}^3$), 단기노출 및 허용노동가 15ppm($75\text{mg}/\text{m}^3$)인데 6) 우리연구에서 확인된 최대치는 $1300\text{ng}/\text{m}^3$ 로 단시간 노출기준의 0.1% 수준이었다.

2) 두 집단 간 면역지표를 통해 알아본 조리환경의 건강영향

설문조사에 응했던 372명의 단체 급식 조리종사자 평균연령은 50대 초반, 모두 여성으로 표준 체질량지수 평균은 정상범위에 있었으며 평균 근무년수가 총 16.6년으로 장기 근속자가 많았다. 설문조사에 포함되어 있진 않으나 학교 내 단체 급식 조리종사자는 영양사를 포함하여 총 70,873명으로 신분별로는 정규직 1.4%, 공무원 기타의 형태가 88.6%를 차지하고 있었다. 영양교사의 52.9%가 정규직인데 반해 조리사는 18.7%, 조리원은 1.2%의 비율로(교육부, 2018) 조리종사자의 고용상태가 상대적으로 불안정한 위치에 있었다.

단체 급식 조리환경의 건강영향을 평가하기 위해 사무직군, 조리직군의 면역수준을 비교 평가하였다. 사무직군은 조리직군에 비해 B 림프구, T 림프구(보조 T 림프구, 세포파괴 T 림프구) 및 NKT 세포 등이 낮은 경향을 보임으로써 면역력이 떨어진 경향을 확인했다. 조리직군이 상대적으로 호산구 수 및 호산구 비율이 높은 경향을 보였고 항체 수준에서는 알레르기 반응을 유도하는 IgG1, IgG4, IgE의 수준이 조리직군에서 높은 경향을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 또한 T 림프구 배양액에서 생성된 사이토카인 중 염증반응, 알레르기성 인자 등과 관련된 IL-4, GM-CSF, TGF- β 1 수준이 항진되었다. IL-4/IFN- γ 비율을 통해 조리직군은 사무직군보다 2형 보조 T 림프구의 활성이 1형 보조 T 림프구

6) http://webbook.me.go.kr/DLi-File/F000/082/8278_5%EC%9E%A5.pdf

활성보다 높았고, 이번 연구결과에서 항체 수준 및 T 림프구가 생성하는 사이토카인 수준에서 전 염증인자, 염증인자, 알레르기 반응 관련 인자에서 조리직군이 높은 경향을 확인하였다.

하지만, 조리흡의 면역기전이 알려진 바가 없는 상황에서 면역수치 간 차이와 조리흡과의 단일 연관성으로 확인하기에는 무리가 있다.

연구과정에서 과거 및 현재 질환자, 간접 흡연에 노출되는 자 등은 통계처리에서 추가로 배제하면서 최종 사무직군 25명, 조리직군 37명의 자료로 학교 급식실 조리직군의 면역수준을 평가하였고, 조리직군이 사무직군에 비해 집에서의 조리시간이 길었던 점에서 조리직군의 조리실 근무환경 뿐만 아니라 가정에서의 조리환경을 고려하지 못한 점에서 한계점이 있었다. 또한 연구 대상이 평균 50대 여성으로 조리직군과 사무직군의 노출환경 차이가 조리환경 이외에도 조리직군은 근골격계 질환을 유발할 수 있는 작업이 많은 반면, 사무직군은 정신적 노동으로 인한 스트레스 등 다른 다양한 원인으로 질환이 발생할 수 있다. 천식, 알레르기 질환이 조리흡 이외에 실내외 환경(거주지 환경, 주거지역 및 사무직군의 작업환경 등)에도 영향을 받을 수 있으며, 식이, 유전적 변이, 가족력 등의 변수를 연구설계에서 제어하지 못한 점 등도 연구 수행의 한계점이다. 따라서 조리환경을 물리적 요인, 화학적 요인, 생물학적 요인, 사회심리적 요인, 인간공학적 요인의 복합적인 결과로 해석되어야 할 필요가 있다.

이번 건강영향평가 연구는 단면적 연구로 학교 급식 조리종사자와 대조군과의 면역력 수준 비교를 통하여 학교 급식조리환경 노출에 따른 면역력 수준 차이를 평가하였다. 이번 연구에서 고려하지 못한 인자를 반영하여 학교 급식실 종사자 외 조리업 전체 종사자를 대상으로 조리흡 노출에 따른 건강영향을 평가하기 위한 장기 추적관찰을 통한 건강영향 평가가 필요하다고 판단된다.

V. 결론 및 제언

조리과정의 공기질 평가에서 일부조리과정에서 일산화탄소는 단기간노출기준인 200ppm을 초과하는 사례가 확인되었으며 이산화탄소 순간발생량이 8,888ppm 이상의 기계치 이상의 고농도로 상승함으로 화학적 질식제와 단순질식제로 복합 작용을 통한 중독가능성이 있음을 확인하였다.

PM_{2.5}, PM₁₀의 미세분진발생형태 평가에서 일부 조리환경에서 실내공기질관리법상의 유지기준을 초과하였다. 그러나 본 연구에서 미세분진의 초과에 대한 판단을 주의해야 할 것은 측정방법이 광산란 방식의 직독식으로 조리환경과 같이 수분 발생이 많은 경우 과대 평가되었을 가능성이 높음으로 기준치와의 단순비교는 불가하며, 차후 연구에서는 PM10 Sampler 등의 직접채취 및 중량분석을 통해 수분을 제외한 미세분진을 측정하고 비교함이 바람직하다. 현 연구에서는 미세분진의 발생경향성을 참고하는 수준으로 이해되어야 하며, 공기 질을 구성하고 있는 여러 물질과 조리방법등과의 종합적인 평가를 참고하여야 한다.

PAHs는 피부암과 폐암을 유발하는 발암성물질로 알려져 있으나 미국산업위생전문가위원회 제안하고 있는 기준의 1%미만의 저농도 수준으로 검출되었으며, PAHs 세부항목별 분석에서 발생량의 대부분을 차지했던 Naphtalene은 발암성이 아니라 기관지 및 피부자극물질로 잘 알려져 있다.

벤젠을 포함한 총 휘발성유기합물의 농도는 외기농도와의 유의한 차이를 보이지 않았으나 포름알데히드는 외기농도와의 차이를 보여 음식조리 중 지속적으로 발생하는 것으로 확인되었으나, 실내 공기질 유지기준의 1/10 수준으로 확인되었다.

이와 같이 학교 급식 조리과정에서의 공기질 평가에서 일산화탄소, 이산화탄소, 미세분진, PAHs, 포름알데히드, 휘발성 유기화합물의 복합물질에 노출되는 것으로 확인되었으며, 단일물질로도 허용기준이나 관리기준을 초과하는 사례가

확인되었고, 일부 지표의 단일 물질노출평가에서도 장기 노출시 호흡기 및 심혈관 질환 등 다양한 건강에 부정적 영향을 미친다는 역학적 근거가 속속 보고되고 있다.

사무직군과 대조직군과의 혈액내 면역지표 분석을 통한 건강영향 평가에서 PAHs와 미세먼진발생과 연관성이 있다고 보고된 알레르기 유발 및 전 염증성 반응 유도 등과 관련된 지표치인 IL-4, GM-CSF가 통계적으로 유의하게 높음을 확인하였으며, 알레르기 질환의 주요기전인 2형 보조 T 림프구 반응이 조리직군에서 보다 우세하게 작용하였다. 또한 IgE, 호산구, IgG1, IgG4는 사무직-대조군 간의 통계적 유의한 차이는 없었지만 대조군에서 높은 경향을 보였다.

환기실태 및 보호구 착용실태를 현장에서 확인한 결과 부적절한 급식시설의 위치, 적절한 급기 없이 밀폐된 상태에서의 배기설비 가동, 냉방과정이 오히려 오염물질 배기에 장애가 된 사례 등 관리자 및 작업자의 환기에 대한 이해 부족이 다수 보였으며 분진제어에 효과적이지 않는 마스크 착용 등 조리과정 중 생성물질에 대한 이해가 부족함을 확인하였다.

환기평가에서 조리환경 내 환기는 열원 취급에 따라 캐노피 후드에 의한 국소 배기와 창문이나 출입문을 통한 자연환기 및 벽면 환풍기에 의해 전체환기가 이뤄지고 있었다. 그릴이나 솔 등의 조리과정에서 종사자들이 고온에 노출됨으로써 선풍기나 에어컨 등의 냉방기구를 사용하거나 창문 개방으로 외기가 유입되어 캐노피 후드의 방해기류로 작용함으로써 배기효율이 떨어지는 것으로 평가되었다. 또한 캐노피 후드의 개구면과 작업대 사이의 거리가 먼 점도 배기효율 저하에 영향을 미치고 있었으며, 캐노피 후드가 작업자의 머리 위에 위치함으로써 조리 시 발생하는 오염물질이 작업자의 호흡영역을 통과한 후 배기되는 문제가 있었다. 캐노피 후드에 작용하는 방해기류가 최소화될 수 있도록 환기 구조 개선과 작업 방법 등이 고려되어야 할 것이다.

배기 효율 향상을 위해서는 적절한 급기가 함께 이루어져야 하는데 현장평가를 실시한 조리실 중 공조시설을 이용해서 급기를 실시하는 곳은 없었으며 대부

분 창문이나 출입문을 통한 자연환기 방식이었다. 자연환기의 특성상 변이가 크고 계절적 영향을 받기 쉽기 때문에 자연환기 방식 외에도 공조시설을 이용한 급기를 실시하는 것이 필요하다. 특히 겨울철에는 추위로 조리실 내 창문을 대부분 닫게 되므로 자연환기에 의한 급기는 부족할 수밖에 없다. 또한 조리실 창문이나 출입문 근처 운동장이나 주차장 등이 위치해있는 경우 주변에서 발생하는 오염물질이 조리실 내부로 유입될 수 있기 때문에 창문, 출입문 등을 닫은 상태에서도 급배기가 원활히 이루어질 수 있는 구조의 환기 시설이 필요하다.

VI. 참고문헌

임상중독학, 김기운, 윤상규, 정윤석, 최상천. 군자출판사(2006).

주거환경 중 주방에서 발생하는 실내 오염물질 관리방안연구-조리과정에서 발생하는 오염물질을 중심으로-, 국립환경과학원(2013).

명준표, 미세먼지와 건강장해. 대한내과학회지 제 91권 제 2호 2016.

안전한 급식실 조성을 위한 기준(물기 없는 조리실 중심). 안전보건공단(2012).

직업성 급성중독 관리체계 시범운영 I. 산업안전보건연구원(2017).

직업성 급성중독 관리체계 시범운영 II. 산업안전보건연구원(2018).

학교급식실의 그림자(대한산업보건협회), 2019 September Vol. 377.

Theodor D. Sterling & E. Sterling (1979) Carbon Monoxide Levels in Kitchens. and Homes with Gas Cookers, Journal of the Air Pollution Control Association, 29:3, 238-241, DOI:10.1080/00022470.1979.10470785.

E. Shirin Hima Bindu1, Mahalakshmi V. Reddy. International Journal of Science and Research (IJSR) Indoor Air Quality in Commercial Kitchens. ISSN (Online): 2319-7064.

Amarnath Singh, Ritul Kamal, Mohana Krishna Reddy Mudiam, Manoj Kumar Gupta, Gubbala Naga Venkata Satyanarayana, Vipin Bihari, Nishi Shukla, Altaf Hussain Khan, Chandrasekharan Nair Kesavachandran. Heat and PAHs Emissions in Indoor Kitchen Air and Its Impact on Kidney Dysfunctions among Kitchen Workers in Lucknow, North India. Published: February 12, 2016 • <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148641>

Komalkirti Aptel and Sundeep Salvia. Household air pollution and its effects on health. F1000Res. 2016; 5: F1000 Faculty Rev-2593. Published online 2016 Oct 28. doi: 10.12688/f1000research.7552.1.

Lu F, Xu D, Cheng Y, Dong S, Guo C, Jiang X, Zheng X, Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM2.5 and PM10 pollution in the Chinese population. Environ Res. 2015 Jan; 136():196-204.

Yu Huang, Steven Sai Hang Hob, Kin Fai Hob, Shun Cheng Lee,*, Jian Zhen Yui, Peter K.K. Louie. Characteristics and health impacts of VOCs and carbonyls associated with residential cooking activities in Hong Kong. Journal of Hazardous Materials 186 (2011) 344 - 351.

World Health Organization: Burden of disease from Household Air Pollution for 2012. accessed 9th Aug 2016;2014.

Watson JG. Visibility: science and regulation. J Air Waste Manag Assoc 2002;52:628-713.

Crouse, Dan L1; Erickson, Anders C; Christidis, Tanya; Pinault, Lauren; van Donkelaar, Aaron4; Li, Chi4; Meng, Jun; Martin, Randall V.; Tjepkema, Michael; Hystad, Perry; Burnett, Rick6; Pappin, Amanda; Brauer, Michael; Weichenthal, Scott*. Evaluating the Sensitivity of PM2.5 Mortality association to the spatial and temporal Scale of Exposure Assessment. *Epidemiology*: November 4, 2019. Volume Publish Ahead of Print – Issue – p.

Svendsen K, Jensen HN, Sivertsen I, Sjaastad AK. Exposure to cooking fumes in restaurant kitchens in norway. *Ann Occup Hyg.* 2002; 46(4):395 – 400. Epub 2002/08/15. PMID: 12176708.

WHO Indoor Air Quality Guidelines : Household Fuel Combustion– review.

Chen-Wei Liu, Tzu-Lin Lee, Yu-Chen Chen1 et al. PM2.5-induced oxidative stress increases intercellular adhesion molecule-1 expression in lung epithelial cells through the IL-6/AKT/STAT3/NF- κ B-dependent pathway. *Particle and Fibre Toxicology.* 2018; 15:4.

Yang Wu, Huihui You, Ping Ma et al., Role of transient receptor potential ion channels and evoked levels of neuropeptides in a formaldehyde-induced model of asthma in Balb/c Mice. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062827>.

Dèdelè A et al. The impact of particulate matter on allergy risk among adults: integrated exposure assessment. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2019;10:10070–10082.

Xiji Huang et al. Urinary polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites and adult

asthma: A case-control study. SCIENTIFIC REPORTS. 2018; 8:7658. 10.1038/s41598-018-26021-3.

Tatiana N et al. Current and Prospective Protein Biomarkers of Lung Cancer. Cancers. 2017;9(11),155, <https://doi.org/10.3390/cancers9110155>.

Kinjal M et al. Urinary Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Metabolites and Th2 Immunity In Children. The journal of allergy and clinical immunology. 2014;133, suppl 2:AB232.

Rishi Vishal L et al. CD4+T Cells: Differentiation and Functions. Clin Dev Immunol. 2012;2012: 925135.

모지훈. T세포의 분화와 17형 보조 T 림프구. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2008;51:688-93.

Korkmaz ET et al. Clin Biochem. Triple test with tumor markers CYFRA 21.1, HE4, and ProGRP might contribute to diagnosis and subtyping of lung cancer. 2018;58:15-19.

Yuejing Zhao, Bin Zhao. Emissions of air pollutants from Chinese cooking: A literature review.BUILD SIMUL (2018) 11: 977 - 995.

Yingbo Xue, Ying Jiang, Shan Jin, and Yong Li(2016). Association between cooking oil fume exposure and lung cancer among Chinese nonsmoking women: a meta-analysis. Onco Targets Ther. 2016; 9: 2987 - 2992.

Chudchawal Juntarawijitcorresponding author and Yuwayong Juntarawijit. Cooking smoke and respiratory symptoms of restaurant workers in Thailand.BMC Pulm Med. 2017; 17: 41.

Gleeson D. Health and safety in the catering industry. Occup Med 2001;51:385-91.

Louis HR, Roger LS, Otto G, Laurence TG, Ste phen UH et al. Burn Injury in Kitchen Workers: A Cause for Prevention. J Burn Care Rehabil 2000;21:563-4.

Ono Y, Shimaoka M, Hiruta S, Takeuchi Y. Lowback pain among cooks in nursery schools. Ind Health 1997;35:194-201.

Wood BP, Greig DE. Catering industry. Clin Dermatol 1997;15:567-71.

Gawkrodger DJ, Lloyd MH, Hunter JA. Occupational skin disease in hospital cleaning and kitchen workers. Contact Derm 1986;15: 132-5.

Hjorth N. Occupational dermatitis in the catering industry. Br J Dermatol 1981;105, suppl 21:37-40.

VII. Abstract

Title

Hazardous substances in the air during cooking and respiratory health effects-
school cafeteria workers and work environment-

Objective

The purpose of this study was to identify exposure levels of air pollutants(cooking fume etc.) in the cooking process of the school lunch environment and to draw management measures through evaluation of ventilation cases. In addition, the immunologic effect of cooking fume were evaluated by comparing the immunological indicators of the clerical group and the cooker group among female workers in their 50s.

Methods

We measured air pollutants (PM10, Formaldehyde, polycyclic aromatic hydrocarbons, carbon monoxide, carbon dioxide) from cooking at 24 school cafeterias. The ventilation case evaluation was performed using the Fluent (ver.19.0), a commercial program of Computational Fluid Dynamics (CFD). We performed blood immunoassay tests for cook-groups and clerical group. All measurements and test results were compared using the SPSS statistical program.

Results

In general, the production of carbon monoxide and carbon dioxide was higher in cooking using oils such as pancake (egg scrambled and pork belly, and fried and exceeded 200 ppm of carbon monoxide in one place). The average amount of PM₁₀ exceeded the current indoor air quality standard (100 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ per day on average) at four of 24 measurement sites, and the average amount of PM_{2.5} exceeded at five places (20%)(Daily average 50 $\mu\text{g} / \text{m}^3$). At the average amount of formaldehyde inside and outside it was significantly higher in the cooking environment, and it tended to occur continuously in the cooking environment regardless of the cooking environment or ingredients, but it did not reach the level of office pollutant management (120 $\mu\text{g} / \text{m}^3$) in Korea. In the amount of benzene and volatile organic compounds was not different between the inside and outside of the cooking chamber, but exceeded the office air quality control level in one cooking environment (1 place). Although PAHs tended to be higher in the cooking environment, there was no statistical significance with the outside, but Naphthalene was significantly higher in the cooking environment.

As a result of the analysis of ventilation conditions in the cooking room, the canopy hood, which is useful for rising air, was used for local exhaust to control pollutants including heat sources, and the general ventilation was achieved through natural ventilation through windows or doors and wall fans. In the cooking process, workers use fans or air conditioners and outside air flow in due to the opening of windows because of cooking heat. This acts as an obstructive airflow to the canopy hood, resulting in low exhaust efficiency. In addition, the long distance between the opening surface of the canopy hood

and the working surface also affected the reduction of the exhaust efficiency. And since the canopy hood was located on the operator's head, there was a problem that the contaminants were exhausted after passing through the worker's breathing area.

The cooking hour at home was high in cooking workers. In addition, cooking workers have awareness of ventilation. When they generally cook, they open windows or turn on ventilation fan.

Cooking workers had higher eosinophils than the control group. B lymphocytes and NKT cells showed a low tendency, and NK cells showed a high tendency but no statistically significant difference. The percentage of helper T lymphocytes and cytotoxic T lymphocytes was low in the cooking workers, but there was no difference between the two groups. However, as a result of checking the ratio of Th and Tc, it was confirmed that the Th function was higher in the cooking group.

Allergy-induced factor IL-4 and GM-CSF involved in pro-inflammatory reactions, were more active in the cooking workers, where the Th function was predominant, than the Th1 response(the cooking workers was statistically significantly higher in the ratio of IL-4 and INF- γ).

IL-17, which is involved in chronic inflammation, showed a high tendency, and TGF- β 1, which is involved in immunosuppression or cell growth, was also high in the cooking group.

Immunoglobulins produced by B lymphocytes tended to have high levels of IgG1, IgG4, and IgE in the cooking workers. That means, I think that the Th2 response activates IL-4 and others (the cytokines produced by Th2). After that the cytokines promote B Lymphocytes and eventually increase Immunoglobulin Levels. There was no significant difference level of cyfra21-1 and proGRP in plasma between groups.

Conclusion

The air quality assessment during cooking process at school cafeterias revealed mixed exposure of carbon monoxide, carbon dioxide, fine dust, PAHs, formaldehyde, and volatile organic compounds. In addition we identified changes in immune levels between female cooking workers in school and female office workers and showed a high tendency to allergic and inflammatory response factors in cooking group.

Keywords

Cooking oil fume. Cooking workers, school, Allergy, immune marker

[부록] I. 조리사용 설문지



학 교 명 _____

설문지코드 _____

조리업 종사자의 작업환경에 의한 호흡기 건강영향 조사

반갑습니다.

본 조사를 수행하는 우리 연구원은 산업재해예방기관으로서 직업병 예방대책 수립을 위한 연구를 수행하고 있습니다.

본 설문지는 조리업 종사자의 유해환경을 수준과 이로 인한 근로자의 호흡기 영향을 평가하기 위하여 만들어진 것입니다.

이 번 조사과정에서 얻은 개인 정보에 대한 자료의 유출은 절대 없음을 알려드리며, 조리사 업무상 유해환경개선을 위해 성실하게 답변해 주시면 감사하겠습니다.

2019년 월 일

* 조사기관 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실

* 연구책임자 : 이유진 연구위원

* 연락처 : 052-703-0872

※ 일반적인 통계정보와 건강영향을 알아보기 위한 질문입니다.

성명		연락처		이메일	
----	--	-----	--	-----	--

- 귀하의 성별은 무엇입니까? ☐남 ☐여
- 귀하의 출생 년월은 어떻게 되십니까? ()년 ()월
- 귀하의 최종 학력은 어떻게 되십니까?
☐ 초등학교 ☐중학교 ☐ 고등학교 ☐ 전문대 ☐대학교 이상
- 귀하의 키와 몸무게는 어떻게 되십니까?
키 ()cm, 몸무게()kg
- 귀하께서 **태어나서부터 현재까지** 앓았던 **질환의 진단 및 치료 여부를 체크** 해 주시기 바랍니다. 의사에게 진단받은 병명에 한해서 진단시점과 현재 앓고 있거나 치료 여부를 말씀해 주세요.

병명 또는 진단명	의사에게 진단을 받았음		처음으로 진단을 받은 시점	현재 질환을 앓고 있음		현재 질환을 치료하고 있음	
	예	아니오		예	아니오	예	아니오
1) 결핵	①	②	() 년도	①	②	①	②
2) 간염	①	②	() 년도	①	②	①	②
3) 아토피(알레르기) 피부염	①	②	() 년도	①	②	①	②
4) 알레르기성 비염	①	②	() 년도	①	②	①	②
5) 천식	①	②	() 년도	①	②	①	②
6) 만성폐쇄성 폐질환	①	②	() 년도	①	②	①	②
7) 알레르기성각막염/결막염	①	②	() 년도	①	②	①	②
8)안구건조증	①	②	() 년도	①	②	①	②
9) 기타 질환 (질환명을 적어주세요)			() 년도	①	②	①	②

7. 부모, 형제, 자매가 다음 질환으로 앓았거나, 해당질환으로 사망한 경우가 있습니까?

☐ 없다 ☐ 폐질환 ☐ 폐암 ☐ 천식 ☐ 기타질환()

8. 흡연력

8-1. 귀하는 담배(전자담배 포함)를 피우십니까?

☐ 안 피운다 ☐ 과거에 피운 적이 있다[1일 평균(개피)(년간)]

☐ 피운다[1일 평균(개피) (년간)]

8-2. (8-1. 비흡연자분만 응답)귀하는 간접흡연에 빈번하게 노출되십니까?

☐ 예 ☐ 아니오

※ 본인의 집에서 수행하는 조리직무에 관한 질문입니다.

9. 평균적으로 하루 직접 요리하는 시간은 어느 정도입니까?

☐ 30분 미만 ☐ 30분~1시간 ☐ 1시간~2시간 ☐ 2시간~3시간 ☐ 3시간 이상

10. 주로 하는 음식의 조리방법은 무엇입니까(최고 2개)?

☐ 굽기 ☐ 삶기 ☐ 볶기 ☐ 튀기기 ☐ 즉석요리(오븐, 에어프라이기, 전자레인지)

☐ 기타 ()

10-1. 볶음, 튀김 및 굽기에 사용하는 주요 식재료는 무엇입니까?

() 예, 돼지고기, 고등어, 갈치 등

11. 조리시 사용하는 열원의 형태는 무엇입니까?

☐ 도시가스 ☐ LPG ☐ 기름 ☐ 연탄 ☐ 기타

12. 조리시 환기상태는 어떻습니까?

☐ 창문만 연다. ☐ 창문도 열고 환기팬을 튼다. ☐ 환기팬만 튼다. ☐ 그냥 조리한다.

13. 조리 시 어떤 종류의 복장으로 조리를 수행합니까?

☐ 마스크() ☐ 장갑() ☐ 신발() ☐ 앞치마

☐ 머리수건 () ☐ 기타() ☐ 별다른 복장을 하지 않는다.

※ 본인의 직장에서 수행하는 조리직무에 관한 질문입니다.

14. 현재 근로자의 **주요 직무**는 무엇입니까?

☐ 조리직 ☐ 조리보조직(조리준비) ☐ 사무직 ☐ 그 외()

14-1. 조리직(조리보조직 포함)이라면 **조리구역**에서 근무하는 직원은 몇 명입니까? () 명

14-2. 하루 평균 제공되는 주요음식 수 혹은 손님 수(배식건수)는 몇 건 정도 됩니까?

음식건수() 혹은 배식(손님) 건수()

14-3. 귀하의 하루 중 근무기간은 ()시 부터 ()시까지입니까?

14-4. 하루 중 조리구역에서 머무는 시간은 몇시간입니까?() 시간

14-5. 현재의 근무형태는?

☐ 주간근무 ☐ 12시간 낮 근무 ☐ 3교대 근무 ☐ 그 외()

15. 현 직장에서 **직위**? ()

16. 현 직장에서 해당직무(15번의 직무)로 몇 년을 근무하였습니까?() 년 () 개월

17. 과거 해당직무(15번의 직무)로 몇 년을 근무하였습니까?() 년 () 개월

18. 업무 중 **가장 많이 사용하는** 조리방법은 무엇입니까(2가지까지 선택가능)?

☐ 굽기 ☐ 삶기 ☐ 볶기 ☐ 튀기기 ☐ 그 외()

18-1. 볶기, 튀기기, 구이 등에 주로 사용하는 기름의 종류는 무엇입니까?

☐ 콩기름 ☐ 올리브유 ☐ 카놀라유 ☐ 해바라기씨유 ☐ 그 외()

18-2. 열을 가해서(볶기, 튀기기, 구이 등) 사용하는 기름의 사용량은 얼마 됩니까? ()리터

19. 조리 시 사용하는 **주재료**는 무엇입니까?

* 가장 많이 다룬다고 생각하는 재료

☐ 채소 ☐ 닭 ☐ 생선 ☐ 돼지고기, 소고기 ☐ ⑤ 그 외()

20. 조리시 **열원의** 형태는 무엇입니까?

☐ 도시가스 ☐ LPG ☐ 기름 ☐ 연탄 ☐ 기타

21. 조리시 환기상태는 어떻습니까?

- ☐ 창문만 연다 ☐ 창문도 열고 환기팬을 튼다. ☐ 환기팬만 튼다.
☐ 그냥 조리한다.

22. 조리 시 어떤 종류의 복장으로 조리를 수행합니까?

- ☐ 마스크() ☐ 장갑() ☐ 신발() ☐ 앞치마
☐ 머리수건 ☐ 기타 ☐ 별다른 복장을 하지 않는다.

[부록] II. 사무직용 설문지



학 교 명 _____

설문지코드 _____

조리업 종사자의 작업환경에 의한 호흡기 건강영향 조사

반갑습니다.

본 조사를 수행하는 우리 연구원은 산업재해예방기관으로서 직업병 예방대책 수립을 위한 연구를 수행하고 있습니다.

본 설문지는 조리업 종사자의 유해환경을 수준과 이로 인한 근로자의 호흡기 영향을 평가하기 위하여 만들어진 것입니다.

이 번 조사과정에서 얻은 개인 정보에 대한 자료의 유출은 절대 없음을 알려드리며, 조리사 업무상 유해환경개선을 위해 성실하게 답변해 주시면 감사하겠습니다.

2019년 월 일

- * 조사기관 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실
- * 연구책임자 : 이유진 연구위원
- * 연락처 : 052-703-0872

※ 일반적인 통계정보와 건강영향을 알아보기 위한 질문입니다.

성명		연락처		이메일	
----	--	-----	--	-----	--

1. 귀하의 성별은 무엇입니까? ☐남 ☐여
2. 귀하의 출생 년월은 어떻게 되십니까? ()년 ()월
3. 귀하의 최종 학력은 어떻게 되십니까?
☐ 초등학교 ☐중학교 ☐ 고등학교 ☐ 전문대 ☐대학교 이상
4. 귀하의 키와 몸무게는 어떻게 되십니까?
키 ()cm, 몸무게()kg
5. 귀하께서 **태어나서부터 현재까지** 앓았던 **질환의 진단 및 치료 여부를 체크** 해 주시기 바랍니다. 의사에게 진단받은 병명에 한해서 진단시점과 현재 앓고 있거나 치료 여부를 말씀해 주세요.

병명 또는 진단명	의사에게 진단을 받았음		처음으로 진단을 받은 시점	현재 질환을 앓고 있음		현재 질환을 치료하고 있음	
	예	아니오		예	아니오	예	아니오
1) 결핵	①	②	() 년도	①	②	①	②
2) 간염	①	②	() 년도	①	②	①	②
3) 아토피(알레르기) 피부염	①	②	() 년도	①	②	①	②
4) 알레르기성 비염	①	②	() 년도	①	②	①	②
5) 천식	①	②	() 년도	①	②	①	②
6) 만성폐쇄성 폐질환	①	②	() 년도	①	②	①	②
7) 알레르기성각막염/결막염	①	②	() 년도	①	②	①	②
8)안구건조증	①	②	() 년도	①	②	①	②
9) 기타 질환 (질환명을 적어주세요)			() 년도	①	②	①	②

7. 부모, 형제, 자매가 다음 질환으로 앓았거나, 해당질환으로 사망한 경우가 있습니까?

☐ 없다 ☐ 폐질환 ☐ 폐암 ☐ 천식 ☐ 기타질환()

8. 흡연력

8-1. 귀하는 담배(전자담배 포함)를 피우십니까?

☐ 안 피운다 ☐ 과거에 피운 적이 있다[1일 평균(개피)(년간)]

☐ 피운다[1일 평균(개피)(년간)]

8-2. (8-1. 비흡연자분만 응답)귀하는 간접흡연에 빈번하게 노출되십니까?

☐ 예 ☐ 아니오

※ 본인의 집에서 수행하는 조리직무에 관한 질문입니다.

9. 평균적으로 하루 직접 요리하는 시간은 어느 정도입니까?

☐ 30분 미만 ☐ 30분~1시간 ☐ 1시간~2시간 ☐ 2시간~3시간 ☐ 3시간 이상

10. 주로 하는 음식의 조리방법은 무엇입니까(최고 2개)?

☐ 굽기 ☐ 삶기 ☐ 볶기 ☐ 튀기기

☐ 즉석요리(오븐, 에어프라이기, 전자레인지) ☐ 기타 ()

10-1. 볶음, 튀김 및 굽기에 사용하는 주요 식재료는 무엇입니까?

() 예, 돼지고기, 고등어, 갈치 등

11. 조리시 사용하는 열원의 형태는 무엇입니까?

☐ 도시가스 ☐ LPG ☐ 기름 ☐ 연탄 ☐ 기타

12. 조리시 환기상태는 어떻습니까?

☐ 창문만 연다. ☐ 창문도 열고 환기팬을 튼다. ☐ 환기팬만 튼다. ☐ 그냥 조리한다.

13. 조리 시 어떤 종류의 복장으로 조리를 수행합니까?

☐ 마스크() ☐ 장갑() ☐ 신발() ☐ 앞치마

☐ 머리수건 () ☐ 기타() ☐ 별다른 복장을 하지 않는다.

[부록] Ⅲ. 동의서

동 의 서

본 조사의 목적은 조리사의 유해환경에 의한 호흡기 건강영향을 평가하고 예방전략 수립에 활용하고자 함에 있습니다. 이번 조사에서 채취한 혈액은 건강평가에 사용됩니다.

1. 이번 조사에 대한 목적, 방법, 결과처리 및 개인정보에 대한 비밀보장 등에 관하여 조사 책임자로부터 설명을 들었습니다.
2. 생체시료(혈액) 채취시 불편 사항에 대하여 설명을 들었습니다.
3. 본인이 제공한 혈액은 조사가 완료되는 시점에 파기됩니다.
4. 이 조사가 진행되는 과정에 참여를 철회할 수 있습니다.
5. 개인과 사업장의 정보비밀이 보장되는 범위에서 조사결과의 일부가 동종업종의 근로자 건강보호를 위하여 교육과 학술활동에 사용될 수 있습니다.

이상의 사항에 대하여 그 내용을 충분히 이해하고, 본인에 대한 일반적인 정보(성별, 연령, 생활습관)와 업무특성, 건강영향 평가 및 임상검사 결과를 제공할 것을 동의합니다.

2019년 1월 일

성명 (인)

[부록] IV. 급식조리실 관리자용 체크리스트

학교명		관리자명 (직무)		연락처		이메일	
-----	--	--------------	--	-----	--	-----	--

※ 급식조리실 종사자의 직무에 관한 질문입니다.

1. 근무인원 총 ()명

1) 조리직 ()명 2) 조리보조직(조리준비)()

3) 영양사 ()명 4) 기타 ()명

기타에 해당되는 경우 직무를 대략적인 직무를 적어주세요.

()

※ 조리직은 실제 마지막 조리과정을 담당하는 직군으로 양념, 볶기, 튀기기, 굽기 등의 음식조리 마지막 업무를 수행 할 경우 조리보조직이 아니라 조리직으로 구분한다.

2. 1의 직무별 업무는 어떻게 운영되니까?

☐ 직무별 업무가 명확하게 구분되어 있다.

☐ 직무별 업무 구분이 없다.

☐ 직무별 수행업무가 명확한 구분과 상황에 따라 유동적으로 운영되는 부분이 있다.

— 명확한 직무 ()

— 상황에 따라 직무가 이동 ()

	☐ 조리준비실	☐ 조리실	☐ 급배식공간	☐ 기타 ()
면적 (평)				
근무 인원수 (명)				
격벽분리 여부	☐ 문으로 완전히 분리 ☐ 분리되어 있으나 문을 업무 중 개방 ☐ 기타	☐ 문으로 완전히 분리 ☐ 분리되어 있으나 문을 업무 중 개방 ☐ 기타	☐ 문으로 완전히 분리 ☐ 분리되어 있으나 문을 업무 중 개방 ☐ 기타	☐ 문으로 완전히 분리 ☐ 분리되어 있으나 문을 업무 중 개방 ☐ 기타
환기방법 (해당항목 전부체크)	☐ 문개방 ☐ 창문개방 ☐ 전체환기시스템(천장에 급배기 구가 있는 경우에 해당) ☐ 환기팬 ____개 (예, 벽면 환풍기) ☐ 국소배기장치 (후드 ____개) (예, 슈 상단에 설치된 것으로 공 기가 빨려 들어가는 설비) ☐ 에어컨 가동	☐ 문개방 ☐ 창문개방 ☐ 전체환기시스템(천장에 급배기 구가 있는 경우에 해당) ☐ 환기팬 ____개 (예, 벽면 환풍기) ☐ 국소배기장치 (후드 ____개) (예, 슈 상단에 설치된 것으로 공 기가 빨려 들어가는 설비) ☐ 에어컨 가동	☐ 문개방 ☐ 창문개방 ☐ 전체환기시스템(천장에 급배기 구가 있는 경우에 해당) ☐ 환기팬 ____개 (예, 벽면 환풍기) ☐ 국소배기장치 (후드 ____개) (예, 슈 상단에 설치된 것으로 공 기가 빨려 들어가는 설비) ☐ 에어컨 가동	☐ 문개방 ☐ 창문개방 ☐ 전체환기시스템(천장에 급배기 구가 있는 경우에 해당) ☐ 환기팬 ____개 (예, 벽면 환풍기) ☐ 국소배기장치 (후드 ____개) (예, 슈 상단에 설치된 것으로 공 기가 빨려 들어가는 설비) ☐ 에어컨 가동
환기의 적정성	☐ 환기가 원활하다. ☐ 환기는 보통이다. ☐ 환기가 불량하다. 불량하다면 원인은 무엇이라고 생 각합니까? ()	☐ 환기가 원활하다. ☐ 환기는 보통이다. ☐ 환기가 불량하다. 불량하다면 원인은 무엇이라고 생 각합니까? ()	☐ 환기가 원활하다. ☐ 환기는 보통이다. ☐ 환기가 불량하다. 불량하다면 원인은 무엇이라고 생 각합니까? ()	☐ 환기가 원활하다. ☐ 환기는 보통이다. ☐ 환기가 불량하다. 불량하다면 원인은 무엇이라고 생 각합니까? ()

5. 조리실에서 사용하고 있는 열원과 열원사용 갯수는 얼마나 됩니까(복수체크
가능)?

☐ 도시가스____ 개 ☐ LPG____ 개 ☐ 기름____ 개

☐ 전기____ 개 ☐ 스팀____개 ☐ 기타____개

()

6. 하루 평균(지난 3개월간) 배식 횟수와 배식 건수(손님)는 얼마나 됩니까?

☐ 1식_____건

☐ 2식 아침_____건 점심_____건 저녁_____건

☐ 3식 아침_____건 점심_____건 저녁_____건

7. 현재의 근무형태는?

☐ 주간근무 ☐ 12시간 낮 근무 ☐ 3교대 근무 ☐ 그 외

(_____)

〈〈연 구 진〉〉

연 구 기 관 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

연구책임자 : 이유진 (연구위원, 직업건강연구실)

공동연구원 : 이상길 (연구위원, 직업건강연구실)

공동연구원 : 서희경 (연구위원, 직업건강연구실)

공동연구원 : 최보화 (연구위원, 직업건강연구실)

공동연구원 : 최지형 (연구원, 직업건강연구실)

〈〈연 구 기 간〉〉

2019. 01.01 ~ 2019. 11. 30

본 조사 내용은 조사책임자의 개인적 견해이며,
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드
립니다.

산업안전보건연구원장

조리 시 발생하는 공기 중 유해물질과 호흡기 건강영향 (2019-연구원-1532)

발 행 일 : 2019년 11월 30일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 고재철

조사책임자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 이유진

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : 052) 7030-872

F A X : 052) 7030-336

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>
