

연구보고서

# 조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및 관리 방안 연구

창원대학교 산학협력단

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원





# 제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및  
관리방안 연구”의 최종 보고서로 제출합니다.

2024년 11월

## 연구진

연구기관 : 창원대학교 산학협력단

연구책임자 : 하권철 (교수, 창원대학교)

연구원 : 김부욱 (팀장, 대한산업보건협회)

연구원 : 박동욱 (교수, 한국방송통신대학교)

연구원 : 윤충식 (교수, 서울대학교)

연구원 : 이나은 (교수, 순천제일대학교)

연구원 : 이재환 (팀장, 양산부산대병원)



# 요약문

- 연구기간 2023년 4월 24일 ~ 2023년 11월 30일
- 핵심 단어 조리흡, 입자상물질, 가스상물질
- 연구과제명 조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및 관리방안 연구

## 1. 연구 배경

○ 급식실 조리사의 직업성 암에 대한 산재보상 신청은 2018년부터 시작되었으나 2021년부터 폐암이 업무상 질병으로 처음 인정된 이후 산재 신청 및 업무상 질병으로 인정되는 사례가 증가하고 있어 사회적 관심이 증대되고 있음.

○ 특히, 교육부에서 발표한 전국 14개 시도 교육청 급식 종사자 건강검진(폐 CT 검사) 중간결과에 의하면, 55세 이상 또는 10년 이상 경력의 학교급식 종사 검진자 24,065명 중 31명이 폐암 확진을 받아 확진율은 0.13%였고, 139명인 0.58%는 의심자로 판정<sup>1)</sup>을 받아, 2019년 국가 암 등록 통계에서 35-64세 여성 인구 10만 명당 폐암 발생률인 0.028%에 비해 상당히 높은 것으로 나타남.

○ 이에 따라 조리흡의 성분을 조사하고 건강 영향에 관한 연구 필요성과 함께 이를 산업안전보건법에서 제도상으로 어떻게 관리할 것인지를 연구할 필요가 있음.

1) 학교급식 종사자 건강검진 중간결과에서 폐암 확진을 받은 자의 평균 연령은 54.9세이고 평균 종사 기간은 14.3년임.

## 2. 주요 연구내용

### 1) 문헌 고찰

○ 시험 연구, 현장 연구, 역학 연구 세 가지 파트를 나눠 문헌 고찰을 진행함.

○ 시험 연구 결과 통해 각종 조리 특성(오일 종류, 조리온도 등)에 따른 유해인자 발생 특성을 고찰하며, 현장 연구 결과로 여러 가지 조리 및 조리 환경 특성에 따른 유해인자 발생 특성을 고찰하고자 함. 또한 건강 위험, 질병 등 역학 연구를 통해 조리 종사와 유해인자 노출 등과 건강 영향과의 인과, 연관 등의 역학 연구 고찰함.

#### (1) 조리 작업 시험 연구 결과 고찰

○ 3가지 문헌을 고찰한 결과 오일별 입자상물질의 배출 양상은 비슷한 형태를 보였으나, 배출 농도는 차이가 있었음. 또한, 오일 온도에 따른 PM<sub>2</sub> 입자 수는 150-200℃ 이상에서 급격하게 늘어남.

○ 요리별 입자상물질의 배출 농도를 비교한 결과 구이가 가장 높았으며, 볶음이 튀김보다 유의하게 높은 수준을 보임. 또한 고지방 식품보다 저지방 식품이 더 높은 농도의 입자상물질을 방출하며, 수분이 많은 음식을 조리 시 수증기에 의해 형성된 많은 수의 에어로졸 입자의 영향으로 높은 수준의 입자상물질이 측정됨.

○ 반면에 식재료, 음식의 종류, 모양은 입자 배출에 큰 영향을 미치지 않았으며 물을 끓이는 과정과 기름 가열 시 입자상물질이 배출됨.

## (2) 역학 연구 결과 고찰

○ 조리흡(Cooking Oil Fumes, COFs)과 유전독성 연구, 호흡기 질환 그리고 폐암 등 건강 영향과의 관계를 문헌 고찰하였음.

○ 문헌 고찰을 통해서 얻은 주요 결과는

첫째, 호흡기 건강 영향으로 COFs에 노출된 근로자는 만성 기관지염 및 천식과 같은 호흡기 질환의 유병률이 더 높았음.

둘째, 조리흡에 노출되는 경우 통계적으로 유의미한 수준으로 폐암 발생이 증가하고 있으며, 위험요인 노출과 폐암 발생 간에 용량-반응 관계도 확인되고 있음.

셋째, 유전적 독성으로 COFs에 노출된 근로자에게서 미세핵 변화(Micronucleus changes, MN), 염색체 이상(Chromosome Aberrations, CA) 및 DNA 변형을 계산하는 유전적 독성의 생물학적 마커들이 관찰되었음.

## 2) 조리 작업 중 유해인자의 종류와 특성

○ 실험실 환경에서 조리 환경 모사를 통하여 첫째, 조리흡을 모니터링할 때 수분이 실시간 기기의 측정 결과에 미치는 영향을 확인하고 둘째, 다양한 오일의 사용과 조리 방법에 따른 조리흡과 다른 유해인자(TVOCs, 포름알데히드를 포함한 알데히드류, 다핵방향족탄화수소(PAHs))를 평가하였음.

### (1) 조리 시 발생하는 유해인자 특성

○ 정상 온도(100℃ 또는 180℃)와 240℃, 270℃에서 각각 실험을 진행함. 정상 온도에서 입자 수는 볶음 > 부침 > 튀김 순으로 많이 발생하였고, 온도가 상승할수록 입자 수도 같이 증가함을 확인하였음. TVOC와 알데히드는 정상 온도에서 조리하였을 때가 기름 온도를 상승시켰을 때보다 더 많이 검출되었으며 PAH는 정상 온도에서는 검출이 되지 않았으나, 온도가 상승하게 되면 Phenanthrene, Benzo[a]pyrene이 발생함을 확인함. 조리흡(중량농도)은 콩기름에서는 볶음 조리할 때가, 카놀라유와 옥수수유에서는 튀김 조리할 때 약 2.40-4.93 mg/m<sup>3</sup> 농도를 확인하였음.

### (2) 수분 영향 파악

○ 습도가 높은 조리실을 모사하기 위하여 가습기를 작동하여 습도를 상승시켰으며, 음식은 넣지 않고, 오일만 가열하였음. 실시간 측정 장비 앞에 수분 제거 장치를 부착한 결과와 제거한 결과를 비교하여 습도가 입자의 실시간 측정 장비(SMPS(Scanning Mobility Particle Sizer), OPS(Optical Particle Sizer))로 측정되는 수 농도 변화를 확인함. 측정 결과, 수분 제거 장치(히터 및 실리카겔 연결)를 부착하게 되면, SMPS와 OPS에서의 입자 수 농도가 각각 약 25%, 약 82% 감소하는 것으로 확인되어 수분이 많은 환경에서 실시간 장비를 사용할 때는 수분 제거 장치의 부착이 적절한 것으로 평가됨. 단, OPS는 감소 폭이 컸으나 입자 수 농도가 SMPS로 측정된 작은 크기(10~420 nm)보다 훨씬 낮았음.

### (3) 유해인자의 상관성 분석 결과

○ 미세먼지 질량 농도(실시간 측정기기의 평균값)와 TVOC 농도(실시간 측정기기의 평균값) 간에 상관성이 있는 것으로 나타났고, 미세먼지 질량 농도(실시간 측정기기의 평균값)와 아세트알데히드 농도 간에도 약한 상관성이 있는 것으로 나타났음. 따라서 조리흡 평가 시 실시간 측정기기의 도입 필요성을 확인할 수 있었음.

#### (4) 조리흡에 대한 지표물질

○ 조리 중에 발생하는 유해인자 확인 실험을 통해서 나타난 입자상물질(미세먼지 질량 농도)와 가스상물질의 경우 문헌 고찰을 통해서 확인된 포름알데히드와 TVOC를 지표물질로 제안함. 포름알데히드와 미세먼지의 경우 인체 호흡기 질환과 관련이 있으며, 미세먼지 질량 농도와 TVOC는 직독식기기를 활용한 측정이 가능하여 조리실 관리의 편리함이 있으며, 포름알데히드는 저농도이지만 공정시험법을 통해 측정분석 및 평가가 가능한 장점이 있음.

### 3) 조리흡 평가 및 관리 방안

○ 최근 조리 작업 종사자의 직업성 암(폐암)이 업무상 질병으로 인정됨에 따라 조리 작업 종사자의 안전 및 보건 조치 등 관리 필요성이 대두됨. 조리 작업 종사자의 건강장해 예방 및 안전한 작업환경 조성을 위한 산안법상 제도화 가능성을 검토하였음.

○ 조리 작업 시 발생할 수 있는 건강 유해인자는 입자상물질(UFP, PM 등) 및 가스상물질(PAHs, VOCs, formaldehyde, acetaldehyde, acrylamide, acrolein, benzene, 1, 3-butadiene, carbon monoxide, carbon dioxide 등)으로 나타났으며, 다수의 유해인자가 산안법상 작업환경 측정 및 특수건강진단 대상 유해인자, 관리 대상 유해물질(특별관리물질)으로

분류됨.

○ 역학조사 등 많은 연구에서 측정된 유해인자의 노출 수준은 매우 낮았음. 조리흡 등 건강 유해인자가 다양하며, 간접적으로 건강 유해인자의 노출을 관리하기 위해 지표 물질(조리흡 관련 건강 유해인자)의 선정이 필요함.

○ 조리 작업 시 조리흡 등 건강 유해인자 관리의 방법으로 위험성 평가를 통한 자기 규율 예방체계 구축 방안의 도입이 필요함. 조리 환경의 위험성 평가 방법은 현장의 공정 등 작업요인의 정보를 활용하여 정성적 위험성 평가를 실시하고, 그 평가 결과에서 위험도가 높은 작업 현장은 정량적 위험성 평가(지표 물질(조리흡 관련 건강 유해인자: 미세먼지 질량 농도, 포름알데히드, TVOC)을 활용한 노출평가)를 실시하여 개선하는 등 정성적·정량적 위험성 평가의 관리 방안을 제안하였음.

○ 그 외 조리 작업 종사자의 건강 유해인자 노출에 대한 관리 방안 지침도 필요함. KOSHA Guide의 자율적인 안전보건가이드 제공 또는 고용노동부고시를 통하여 지도·권고할 수 있는 기술 또는 작업환경에 관한 표준 지침의 개발이 필요함.

### 3. 연구 활용방안

○ “관리의 리스크” 최소화를 위한 제도적 기반 조성을 위한 기초자료 : 근로자의 건강에 악영향을 미치는 산업보건 유해인자가 존재하는 조리실 환경 안전보건관리를 위해 최선의 노력을 한다고 하여 사고 가능성을 제로로 만들지는 못하며, 이때 발생하는 사고는 사업장의 노력 여부와는 무관하게 책임

소재를 가려야 하는 상황으로 이어지게 됨. 조리실 건강유해인자 관리에 최선의 노력을 다하고 있다는 점을 드러냄으로써 “관리의 리스크”를 최소화할 필요가 있음.

○ 조리 현장에서 발생하는 유해인자가 어느 작업에서 주로 발생하는지, 어떤 기름, 재료 등에서 발생하는지에 대한 기초자료를 마련하는 것이며, 더 나아가 특정 유해인자를 발생시키는 원인이 있다면 이를 대체하거나 환기장치를 설치하는 등의 개선 활동을 통하여 조리 현장 근로자의 건강증진에 이바지할 것으로 예상됨.

○ 급식 조리 환경에 대한 실태조사를 통해 산업체 급식실의 안전보건 문제를 확인할 수 있으며, 급식 조리 환경과 조리실 종사자의 건강과의 관련성을 파악함으로써 조리 종사자의 직업병 및 직업 관련성 질환 예방과 조리 환경개선을 위한 법과 제도 개선에 활용할 수 있음.

○ 추후 연구를 통해서 선정된 지표 물질의 노출 수준 현황을 파악하여 관리기준을 제시하고, 현장 적용이 가능하도록 위험성 평가의 세부 내용을 좀 더 구체화하여야 할 것임.

## 1. 법, 규정, 지침 및 제도 반영

- 조리 작업 종사자의 건강 보호를 위한 위험성 평가 방안 개발
- KOSHA Guide 급식실 조리 종사자의 안전보건에 관한 기술 지침 개발
- 학교 급식실 산업안전보건 매뉴얼 개선

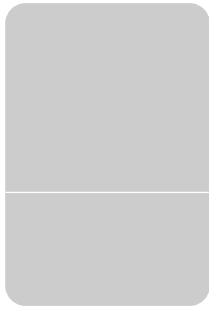
## 2. 교육, 연구

- 조리 종사자에 대한 안전보건교육 시 자료 활용

3. 논문게재 및 발표 : 조리 종사자의 건강과 조리 환경과의 관련성에 관한 연구 결과를 학술대회 및 학술지에 게재하고 학회나 세미나 등을 통해 일반 산업위생전문가들에게 전파하도록 함.

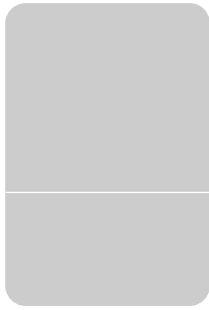
#### 4. 연락처

- 연구책임자 : 창원대학교 생명보건학부 하권철 교수
- 연구상대역 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 박해동 연구위원
  - Tel: 052-703-0883
  - E-mail: workenv@kosha.or.kr



# 목 차

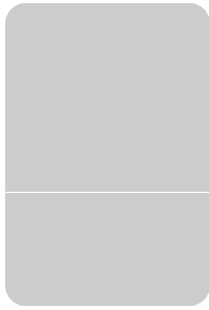
<b>I. 서론</b> .....	<b>1</b>
1. 연구의 배경 .....	3
2. 연구의 목표 .....	6
3. 연구의 방법 .....	7
<b>II. 문헌 고찰</b> .....	<b>15</b>
1. 주요 조리 작업과 종사자 규모 .....	17
2. 조리흡의 건강 영향 역학 연구 결과 .....	30
3. 조리흡 발생 실험 연구 결과 .....	54
4. 조리 작업 현장의 조리흡 연구 결과 .....	76
5. 소결 .....	105



## 목 차

<b>Ⅲ. 조리 작업 중 발생하는 유해인자의 종류와 특성</b>	<b>107</b>
1. 실험 목적 및 설계	109
2. 실험 방법	114
3. 실험 결과	119
1) 조리 작업에서 발생하는 유해인자 측정 결과	119
2) 고습 환경이 입자상물질 측정 실시간 결과에 미치는 영향	140
3) 조리 시 발생하는 유해인자 간 상관분석	147
4. 소결	156

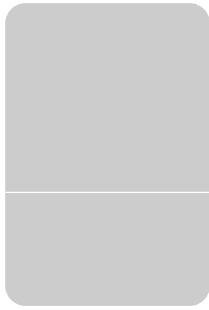
<b>IV. 조리흡 평가 및 관리 방안</b> .....	<b>159</b>
1. 조리 시 발생하는 유해인자와 산안법상 관리 내용 .....	161
2. 현행 산안법상 유해인자 및 작업환경 관리기준 .....	168
3. 조리 작업자의 안전한 작업환경조성을 위한 관리 모델(안) .....	202
4. 소결 .....	215
<b>V. 결론</b> .....	<b>217</b>
1. 조리흡의 건강 영향과 논문 고찰 .....	219
2. 조리 중에 발생하는 유해인자의 종류와 특성 .....	221
3. 조리흡 평가 및 관리 방안 .....	224
<b>Abstract</b> .....	<b>227</b>
<b>참고문헌</b> .....	<b>234</b>



## 표 목차

〈표 Ⅰ-1〉 조리 작업의 분류와 정의 .....	9
〈표 Ⅱ-1〉 우리나라의 조리 종사자 규모 .....	18
〈표 Ⅱ-2〉 급식조리사의 직무분석 .....	24
〈표 Ⅱ-3〉 학교 급식 작업공정 .....	27
〈표 Ⅱ-4〉 조리 작업의 분류와 정의 .....	29
〈표 Ⅱ-5〉 요리 특성 노출과 호흡기 질환과의 연관 연구 결과 .....	31
〈표 Ⅱ-6〉 요리 특성 노출과 폐암 위험과의 연관 연구 결과 .....	35
〈표 Ⅱ-7〉 Key results from various studies on the genetic effects of Cooking Oil Fumes(COFs) .....	50
〈표 Ⅱ-8〉 조리 작업 실험 연구 결과 .....	55
〈표 Ⅱ-9〉 현장 연구 결과 .....	77
〈표 Ⅱ-10〉 주방 타입별 음식 종류 및 조리 방법 1 .....	89
〈표 Ⅱ-11〉 주방 타입별 음식 종류 및 조리 방법 2 .....	96
〈표 Ⅱ-12〉 고온의 튀김 과정에서 발생하는 물질에 대한 노출 연구 결과 .....	101
〈표 Ⅲ-1〉 실험에 사용할 기름의 종류 .....	112
〈표 Ⅲ-2〉 실제 조리 환경 측정실험의 세부 조건 .....	113

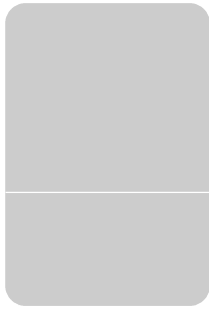
〈표 Ⅲ-3〉 수분 영향 실험의 세부 조건 .....	113
〈표 Ⅲ-4〉 GC-MS analytical condition .....	116
〈표 Ⅲ-5〉 HPLC analytical condition .....	117
〈표 Ⅲ-6〉 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 수 농도 평균 및 표준편차 .....	121
〈표 Ⅲ-7〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 수 농도 평균 및 표준편차 .....	123
〈표 Ⅲ-8〉 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 TVOC 평균 및 표준편차 .....	125
〈표 Ⅲ-9〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 TVOC 평균 및 표준편차 .....	127
〈표 Ⅲ-10〉 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 입자 중량(Dusttrak) 평균 및 표준편차 .....	129
〈표 Ⅲ-11〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 입자 중량(Dusttrak) 평균 및 표준편차 .....	131
〈표 Ⅲ-12〉 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 중량농도(조리흡) 평균 및 표준편차 .....	132
〈표 Ⅲ-13〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 중량농도(조리흡) 평균 및 표준편차 .....	134
〈표 Ⅲ-14〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 PAH 평균 및 표준편차 .....	135



## 표 목차

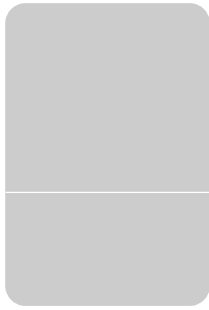
〈표 Ⅲ-15〉 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 알데히드 결과 136	
〈표 Ⅲ-16〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 알데히드 평균 및 표준편차 .....	137
〈표 Ⅲ-17〉 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 블랙카본 결과 .....	139
〈표 Ⅲ-18〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 블랙카본 평균 및 표준편차 .....	140
〈표 Ⅲ-19〉 수분 영향 측정실험 수 농도 .....	142
〈표 Ⅲ-20〉 기름 가열 시 수분 영향 측정실험 SMPS 수 농도 .....	144
〈표 Ⅲ-21〉 기름 가열 시 수분 영향 측정실험 OPS 수 농도 .....	145
〈표 Ⅲ-22〉 수분 영향 측정실험 수 농도 조리 실험 시 측정 변수 간 상관분석 결과 .....	149
〈표 Ⅲ-23〉 옥수수기름 180℃ 튀김 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수 .....	150
〈표 Ⅲ-24〉 옥수수기름 240℃ 튀김 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수 .....	150
〈표 Ⅲ-25〉 옥수수기름 270℃ 튀김 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수 .....	151
〈표 Ⅲ-26〉 콩기름 180℃ 튀김 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수 .....	151

〈표 Ⅲ-27〉 콩기름 180℃ 부침 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수 .....	152
〈표 Ⅲ-28〉 카놀라유 180℃ 부침 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수 .....	152
〈표 Ⅲ-29〉 옥수수유 180℃ 부침 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수 .....	153
〈표 Ⅲ-30〉 옥수수유 100℃ 볶음 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수 .....	153
〈표 Ⅲ-31〉 카놀라유 100℃ 볶음 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수 .....	154
〈표 Ⅲ-32〉 콩기름 100℃ 볶음 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수 .....	154
〈표 Ⅲ-33〉 카놀라유 180℃ 튀김 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수 .....	155
〈표 Ⅲ-34〉 카놀라유 240℃ 튀김 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수 .....	155
〈표 Ⅲ-35〉 측정 인자에 따른 실험 결과 요약 .....	157
〈표 Ⅳ-1〉 조리 시 유해인자의 산안법에 따른 유해성·위험성 수준별 구분 .....	163



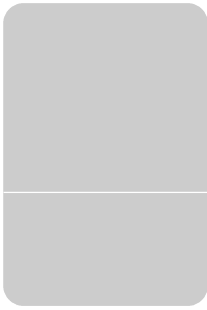
## 표 목차

〈표 IV-2〉 조리 시 유해인자의 산안법상 노출 기준 및 CMR 구분(고용노동부고시)	164
〈표 IV-3〉 조리 시 유해인자의 사무실 공기관리 지침 내 관리기준	165
〈표 IV-4〉 산안법 일부 적용하지 않은 사업 및 적용 제외 규정 정리	167
〈표 IV-5〉 CMR 물질의 정보 표기	173
〈표 IV-6〉 허용기준 설정 대상 유해인자 및 허용기준	174
〈표 IV-7〉 제조 등 금지물질	177
〈표 IV-8〉 제조 등 허가물질	178
〈표 IV-9〉 작업환경측정 대상 유해인자	179
〈표 IV-10〉 특수건강진단 대상 유해인자	186
〈표 IV-11〉 관리대상 유해물질 및 특별관리물질의 종류	192
〈표 IV-12〉 기술 또는 작업환경에 관한 표준 지침 관리	199
〈표 IV-13〉 산업안전보건기준에 관한 규칙의 보건기준 예방 관리	200
〈표 IV-14〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 내 그 밖의 유해인자 관리	200
〈표 IV-15〉 산안법 내 그 밖의 고용 형태에서의 산업재해 예방	201
〈표 IV-16〉 정성적 평가 요인	206
〈표 IV-17〉 조리 작업환경 위험성 평가 결과에 따른 조치	213



## 그림목차

[그림 I-1] 공기 중 나노입자를 측정할 때 용매의 영향 고려한 연구 .....	12
[그림 II-1] 사업체 규모별 주방장 및 조리사의 종사자 수 .....	19
[그림 II-2] Ziyi Han 외 연구(2023) 실험실 설정 .....	62
[그림 II-3] Yujiao Zhao 외 연구(2023) 실험실 설정 .....	64
[그림 II-4] Wei Zhang 외 연구(2024) 실험실 설정 .....	66
[그림 II-5] Kuang-Mao Chiang 외 연구(2022) 실험실 설정 .....	68
[그림 II-6] Xingyun Liu 외 연구(2022) 실험실 설정 .....	70
[그림 II-7] Hanyu Zhang 외 연구(2022) 실험실 설정 .....	72
[그림 II-8] Zhai 외 연구(2020) 실험실 설정 .....	74
[그림 II-9] Ruijie Tang 외 연구(2023) 현장 주방 설계 도면 .....	86
[그림 II-10] Wei Zhang 외 연구(2022) 현장 주방 설계 도면 .....	88
[그림 II-11] Fengju Lu 외 연구(2021) 현장 주방 설계 도면 .....	92
[그림 II-12] Zafar Fatmi 외 연구(2020) 현장 주방 사진 .....	99
[그림 III-1] 조리 모사 실험 측정 모습 .....	111
[그림 III-2] 실제 조리 모사실험 모습 .....	114
[그림 III-3] 정상적인 조리온도에서 방법 및 기름 종류별 수 농도 비교 .....	120
[그림 III-4] 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 수 농도 결과 비교 .....	122



## 그림목차

[그림 Ⅲ-5] 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 TVOC 농도 비교 .....	124
[그림 Ⅲ-6] 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 TVOC 결과 비교 .....	126
[그림 Ⅲ-7] 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 입자 중량(Dusttrak) 농도 비교 .....	128
[그림 Ⅲ-8] 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 입자 중량(Dusttrak) 농도 비교 .....	130
[그림 Ⅲ-9] 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 중량농도(조리흡) 비교 .....	132
[그림 Ⅲ-10] 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 중량농도(조리흡) 비교 .....	133
[그림 Ⅲ-11] 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 블랙카본 비교 .....	138
[그림 Ⅲ-12] 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 블랙카본 비교 .....	139
[그림 Ⅲ-13] 가습기를 이용한 수분의 수 농도 영향 실시간 결과 .....	141
[그림 Ⅳ-1] 화학물질 위험성 평가(CHARM) 등급 결정 흐름도 .....	169
[그림 Ⅳ-2] 위험성 평가 절차 및 주요 내용 .....	170
[그림 Ⅳ-3] 조리 환경 정성적·정량적 위험성 평가(안) .....	204

# I. 서론





# I. 서론

## 1. 연구의 배경

○ 급식실 조리 종사자의 업무상 질병 인정사례 증가로 인한 사회적 관심 증대

급식실 조리사의 직업성 암에 대한 산재보상 신청은 2018년부터 시작되었으나 2021년부터 폐암이 업무상 질병으로 처음 인정된 이후 산재 신청 및 업무상 질병으로 인정되는 사례가 증가하고 있음.

- 2022년 10월까지 산재 신청 건수는 총 79건이었으며, 이 중 54건은 학교 급식 종사자, 25건은 병원, 사회복지관, 일반 사업장 식당 종사자임. 학교 급식 종사자의 직업성 암 산재보상 신청 54건 중 46건이 인정되어 인정률은 85.2%였으며, 직업성 암의 종류는 44건이 폐암이었고 1건은 방광암이었음. 2023년 5월 말 기준 66명이 업무상 질병으로 인정됨.
- 2023년 3월 교육부에서 발표한 전국 14개 시도 교육청 급식 종사자 건강검진(폐 CT 검사) 중간결과에 의하면, 55세 이상 또는 10년 이상 경력의 학교 급식 종사 검진자 24,065명 중 31명이 폐암 확진을 받아 확진율은 0.13%였고, 139명인 0.58%는 의심자로 판정<sup>2)</sup>을 받아, 2019년 국가 암 등록 통계에서 35-64세 여성 인구 10만 명당 폐암 발생률인 0.028%에 비해 상당히 높음을 할 수 있음.

○ 2019년 산업안전보건법 적용 대상으로 지정

2019년 산업안전보건법 전면 개정에 따라 사업주(교육청 등)는 각급 학교

---

2) 학교 급식 종사자 건강검진 중간결과에서 폐암 확진을 받은 자의 평균 연령은 54.9세이고 평균 종사 기간은 14.3년임.

의 급식 종사자들의 건강관리와 작업환경에 대한 위험성 평가를 실시 후 대책을 마련하고 이에 대한 보건상의 조치를 수행해야 함.

우선적으로 2021년 12월 고용노동부는 55살 이상이거나 급식 업무를 10년 이상 한 현직 급식 종사자들이 저선량 폐 CT 촬영을 할 수 있도록 건강진단 기준을 마련하였으며, 환기 시설의 구조와 성능 등을 정한 ‘학교 급식 조리실 환기 설비 설치 가이드’를 보급함.

### ○ 조리 종사자 수의 추정

조리 종사자는 2022년 전국사업체조사 자료를 기반으로 조사하였으며 숙박 및 음식점업의 총종사자 수는 2,215,219명이고 숙박업 174,449명과 음식점 및 주점업 2,040,770명으로 나누어짐. 이 중 음식점 및 주점업은 다시 음식점업 1,555,574명과 주점 및 비알코올 음료점업 485,196명으로 나누어짐. 또한, 직종별 사업체노동력 조사자료(2021년~)에 의하면 한국고용직업분류 중 음식 서비스직의 총원은 1,191,892명이며 이는 주방장 및 조리사(489,406명)와 식당 서비스원(702,486명)으로 분류됨.

### ○ 조리흡과 발암성 추정

기름으로 튀기는 동안 식용 유지(식용유와 지방)를 구성하는 지방산에스테르가 분해될 수 있고 휘발성유기화합물(VOCs)이나 semi-VOCs가 생성될 수 있으며, 조리흡(cooking emissions)에서 알칸, 알켄, 알칸산, 카르보닐, 다핵방향족탄화수소(PAHs), 방향족아민 등을 포함하여 다양한 유기화합물이 확인됨.

국제암연구소(IARC)에서는 2010년 고온의 조리과정에서 발생하는 조리흡

(Frying, emissions from high temperature)을 발암성 추정 물질(Group 2A)로 분류한 바 있음(IARC monograph vol. 95, 2010).

조리와 호흡기계 질환과의 관련성뿐 아니라 폐암과의 관련성에 관한 연구는 국외에서 1980년대부터 지속해서 발표되고 있으며, 호텔과 식당 종사자들의 호흡기계 질환으로 인한 사망의 증가, 조리흙(Cooking oil Fumes, COFs)<sup>3)</sup>으로 인한 폐암 사망 등에 관한 연구 결과가 발표되고 있음. WHO 국제암연구소(IARC)에서는 폐암 발생에 대한 환자-대조군 연구에서 조리흙이 폐암 발생의 위험성을 증가시킨다고 보고하였으며, 중국 여성을 대상으로 한 환자-대조군 연구에서도 조리 작업과 환기장치의 미사용이 폐암 발생의 위험을 증가시킨다고 보고하였음.

#### ○ 조리흙의 측정 평가를 통하여 관리할 수 있는 방안 마련 필요

국외에서는 조리 종사자의 조리 환경, 조리흙 등과 폐암 발생과의 연관성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있지만, 우리나라의 조리 종사자에 관한 연구는 대부분 위생에 대한 지식, 태도, 실천에 관한 연구와 조리실에서 발생하는 사고에 관한 연구가 대부분이었으며 2021년 이후에 조리흙의 건강 영향, 구성 성분, 조리실 환기 방안 등에 관한 연구가 일부 이루어지기는 하였으나 조리흙에 대한 발생 특성과 직업적 노출과 관리 방안 등 산업보건학적 측면에서 연구는 매우 부족한 상황임.

조리 방법, 환기 설비 개선 등을 통해 조리흙 농도를 저감할 수는 있으나 조리흙이 적정하게 관리되고 있는지를 확인할 수 있는 평가 방법이 확립되어 있지 않아서 조리 작업 시 발생하는 건강유해인자의 노출 실태를 확인하여 그

---

3) 조리흙(Cooking Oil Fumes)은 기름 등을 사용하는 조리과정에서 발생하는 물질들을 통칭함

문제점을 파악하고, 급식실 건강 유해인자가 급식 종사자에게 노출되는 수준을 확인해 잠재적인 건강장해 예방 및 안전한 작업환경 조성하기 위한 제도적인 노력이 필요함.

급식 종사자의 폐암 발생과 가장 관련이 있는 건강 유해인자로 조리과정 중에 배출되는 조리흡입. 조리흡과 인체 영양의 원인적 연관성을 평가하고 효과적으로 관리하기 위해서는 이에 대한 노출평가가 필요하지만, 조리흡은 구성성분이 매우 복잡하며, 물리화학적으로 다양한 특성이 있어 그 농도 분포를 명확하게 측정하기 어려움. 이에 조리흡의 농도를 반영할 수 있는 지표 물질을 개발하고 이를 정량 분석 및 평가함으로써 관리에 활용하여야 함.

따라서 본 연구에서는 조리 작업 시 조리 종사자가 노출될 수 있는 조리흡(cooking fume) 등 건강 유해인자의 종류와 특성을 파악하고, 조리흡을 합리적으로 측정 평가할 수 있는 방안을 마련하여 조리 작업환경을 안전하게 관리할 수 있는 기초자료를 제공하고자 함.

## 2. 연구의 목표

○ 본 연구에서는 조리 작업 시 조리 종사자가 노출될 수 있는 건강 유해인자의 종류와 그 특성을 파악하고, 조리흡을 합리적으로 측정 평가하고 관리할 수 있는 방안을 마련하기 위한 것으로 세부적인 목표는 다음과 같음.

- 주요 조리 작업 및 관리가 필요한 조리 작업 파악
- 조리흡을 구성하는 주요 성분 및 건강 영향 파악

- 조리함을 대표할 수 있는 유해인자 또는 간접적으로 평가할 수 있는 인자 파악
  - 조리함 전체 또는 조리함을 대표할 수 있는 유해인자 평가 방법 문헌 검토
  - 실험실 테스트 또는 고농도 발생작업 평가 등을 통한 주요 유해인자 분석 및 인자별 상관관계 분석
  
- 작업환경측정을 통한 조리함 평가의 필요성 검토

### 3. 연구의 방법

(1) 조리 작업 시 발생하는 유해인자의 종류 및 특성에 대한 국내외 논문 및 보고서의 Systemic Review

○ Systemic Review는 PRISMA(Preferred Reporting Items for Systemic Review and Meta-Analysis)<sup>4)</sup>를 통하여 고찰함으로써 연구 결과의 일반화 여부, 연구의 신뢰도와 정밀도를 높이며, 연구 결과의 검정력을 증가시켜 연구의 질을 향상하고자 함.

○ 국내 논문은 KISS(한국학술정보), 과학기술학회 마을, DBPIA에서 ‘조리 작업’, ‘조리함’, ‘급식’ 등의 중심어를 입력하여 검색하며, 국외 논문은 Science Direct, EBSCO Host, PubMed, Google 학술검색을 이용함. Key

4) PRISMA(Preferred Reporting Items for Systemic Review and Meta-Analysis) Statement는 리뷰의 의의와 분석적 방법을 제시하기 위한 가이드라인으로 27개의 체크리스트와 4단계의 흐름도(identification, Screening, Eligibility, Includid)로 구성되어 연구 주제의 체계적 고찰 수행 여부 평가가 가능함.

Words로 ‘cooking fume’, ‘cooking oil fume’, ‘Vapour from oil’, ‘cooking hazard’, ‘health effect of cooking’ 등을 입력함.

- 조리 작업 시 발생할 수 있는 유해인자의 종류 및 특성을 파악하여 산업보건학적으로 관리가 필요한 조리 작업 파악
- 조리흡을 구성하는 주요 성분 및 건강 영향
- 조리 종사자의 호흡기 건강 문제와 환경실태 조사
- 조리 종사자의 법적 보호를 위한 법령, 규정, 제도 등 검토

○ 국내·외 법령, IARC(International Agency for Research on Cancer, 국제암연구기관) 보고서, 학술 논문 등을 통한 조리과정에서 발생하는 유해 물질의 특성, 조리실 작업환경 유해인자 실태, ACGIH 노출 기준의 과학적 근거 등에 대한 문헌 고찰

## (2) 조리흡 발생 특성 파악을 위한 실험적 연구

### 가) 조리 작업의 분류와 실험 조건

○ COFs의 구성 물질과 농도는 사용하는 오일의 종류, 조리 방법, 조리온도 및 시간, 식재료의 종류 등에 따라 달라짐.<sup>5)</sup>

5) Chiung YP, Cheng HL, Pei CL, Yi CK. Effects of cooking method, cooking oil, and food type on aldehyde emissions in cooking oil fumes. J. Hazard. Mater. 2017;324:160-7

○ 사용하는 재료에 따라서는 고기류, 해산물류, 채소류 순으로 농도가 높으며, 오일은 식물성 오일, 해바라기 오일, 올리브 오일, 튀김용 오일 순으로 농도가 높은 것으로 알려져 있어 동일한 조건에서 네 가지 오일을 사용하여 실험함.

○ 조리 방법으로는 <표 I-1>과 같이 구이, 끓임, 볶음, 부침, 조림, 찜, 튀김 등의 7가지로 구분할 수 있으며 각 조리 방법에 따라 발생하는 유해인자의 분포가 달라짐. 특히 조리흡이 발생한다고 알려진 오일과 함께 식재료를 고온으로 튀기는(high-temperature frying) 요리 방법인 볶음(stir frying), 부침(shallow frying, pan frying), 튀김(deep frying) 조리 방법에 집중하여 연구를 수행함.

<표 I-1> 조리 작업의 분류와 정의

조리 작업	정의
구이(Roasting, barbecue)	식재료를 불판이나 오븐을 이용하여 굽는 조리법을 뜻함. * 「학교 급식실 조리 환경 개선방안」(2023)에서 대부분의 구이 조리를 오븐을 사용하도록 유도하고 있음.
끓임(Boiling)	식재료에 물과 양념을 첨가하여 끓이며 조리하는 방식으로 주로 국이나 찌개 조리에 사용됨.
볶음(Stir-fry)	식재료에 기름을 첨가하여 빠르게 휘저으며 조리하는 방법. 사용되는 기름의 양이 많지 않음.
부침(Pan-frying, Shallow frying)	식재료에 기름을 첨가하여 부치는 조리법으로 주로 전이나 여러 부침 요리에 사용됨. 식재료가 기름에 완전히 잠기는 튀김(Deep frying)과는 다르게 적당량의 기름이 사용됨.
조림(Stewed dishes)	식재료에 양념, 육수 등을 첨가하여 바짝 끓여 양념이 배어들게 조리하는 방법임.

찜(Steaming)	식재료에 양념과 약간의 물을 첨가하여 오랫동안 끓이거나 수증기로 찌는 조리 방법임.
튀김(Deep-frying)	식재료가 완전히 기름에 잠기도록 하여 조리하는 방법. 주로 튀김류를 조리할 때 사용됨.

(나) 조리흡 발생 시스템 구축 또는 고농도 발생작업 대상 실험적 연구

○ 서울대학교 보건대학원에 실험 조리 환경을 구축하여 조리흡 발생 특성을 조사함.

○ 1차적으로 2023년 수행한 연구 결과와 상기의 구축된 시스템에서 수행한 결과물을 비교 검토해서 고농도 발생이 예상되는 조리 환경에서 연구를 수행함.

○ 연구의 독립변수 : 사용하는 오일 및 조리온도, 식재료, 조리 방법 등에 대해 조사함.

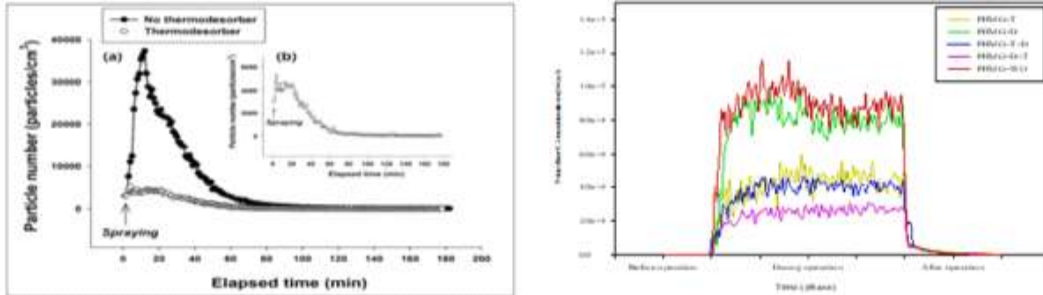
- 오일의 종류: 식물성 오일, 해바라기 오일, 올리브 오일, 튀김용 오일
- 조리온도 및 시간 : 180℃, 240℃, 270℃<sup>6)</sup>, 조리 시간 30분 기준
- 식재료 : 2023년 연구에서 급식 식단에 높은 빈도(총 20회 중)로 제공된 고기류(치킨 7회), 해산물류(생선구이 3회), 채소류(콩나물 7회)
- 조리 방법 : 볶음(stir-frying), 부침(pan frying, shallow frying), 튀김

6) 조리과정 중 1, 3-butadiene이 275℃에서 조리하는 것보다 240℃에서는 4배, 185℃에서는 14배 낮다는 연구 결과도 있음(Shields et al., 1995).

(deep-frying) 중심

## ○ 조리흡 등 유해인자의 측정 및 분석 방법

- 공기 중 입자상물질(particulate matter, PM)
  - 오일 미스트 측정 방법 : 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH) NMAM 5524 방법에 따라 총 분진으로 2- $\mu\text{m}$  polytetrafluoroethylene(PTFE) 여과지를 이용해 공기 중 입자상물질을 포집한 후 시료 채취 전과 후의 여과지 중량분석에 의한 총 분진 농도와 용매(dichloromethane, methanol 및 toluene을 1:1:1로 혼합한 용매) 추출에 의한 중량분석법으로 측정
  - Photoelectric Aerosol Sensor(PAS2000, Ecochem Inc., USA)를 이용해 실시간으로 particle bounced PAHs 농도를 측정함. 고농도 발생 등 필요시 공기 중 PAHs만을 대상으로 PTFE(37-mm, 2- $\mu\text{m}$ ) + washed XAD-2(100 mg/50 mg)로 시료 채취하여 GC/MS로 분석
  - 수분에 의한 입자의 크기 영향 평가 : SMPS(scanning mobility particle sizer, Nanoscan Model 3910, TSI, USA), DustTrak(DRX Aerosol Monitor Model 8533, TSI, USA)를 이용하여 조리흡 크기에 따른 입자 수 농도와 질량 농도를 측정함. 단, 조리과정에서 발생하는 수분의 영향을 파악하기 위하여 한번은 수분을 제거할 수 있는 장치(Heating block+ Water absorber)를 부착하고, 동일 조건에서 이 장치를 제거하고 측정하여 그 차이를 보면 수분의 영향을 볼 수 있음.



[그림 1-1] 공기 중 나노입자를 측정할 때 용매의 영향 고려한 연구. 좌: 열 탈착기(Thermodenuder) 사용 전·후의 농도 비교(박지훈, 윤충식 등, 2017). 우: 열 탈착기, 확산드라이어의 부착 유무에 따른 살균제 성분 PHMG의 공기 중 농도. 이 연구에서 확산드라이어+ 열 탈착기 조합이 가장 우수한 것으로 증명됨.

- 유기 탄소(Organic carbon, OC), 원소 탄소(Elemental carbon, EC)의 측정 : 탄소 농도는 일반 대기의 입자상물질(미세먼지)에서는 약 32% 이상 차지하는데 조리흙은 이와 함량이 매우 다를 것으로 추정됨. 따라서 조리흙의 탄소 농도를 NIOSH 방법 5040을 준용하여 Quartz filter로 포집한 입자를 TOT (Thermal Optical Transmittance) 원리에 기반한 OC-EC Aerosol Analyzer를 이용하여 OC와 EC 분석. 탄소 성분의 실시간 변화를 보기 위하여 배경농도(조리 전), 조리 중, 조리 후로 구분하여 aethalometer를 이용하여 실시간 측정을 병행함.
- 이온성 물질 : 태플린 여과지에 포집한 시료를 증류수 15 mL을 용출병에 넣고 2시간 동안 25~30℃에서 초음파 추출함. 실린지 필터로 추출액을 여과하고, 여과액 중의 양이온 5종( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )과 음이온 3종( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )을 Ion Chromatograph를 이용하여 성분을 분석.

7) Park JH, Ham SH, Jang MY, Lee JH, Kim SJ, Kim SK, Lee KY, Park DY, Kwon JT, Kim HM, Kim PJ, Choi KH, Yoon CS. Spatial-Temporal Dispersion of Aerosolized Nanoparticles During the Use of Consumer Spray Products and Estimates of Inhalation Exposure. Environ. Sci. Technol. 2017;51:7624-7638.

- 입자의 전자 현미경 분석 : 조리과정에서 발생하는 입자의 실제 크기와 모양을 평가하기 위하여 PC 필터를 이용하여 채취한 후 주사 전자 현미경(SEM) 또는 투과 전자 현미경(TEM)으로 분석함.
- 공기 중 가스상물질
  - IARC에서는 가스상물질로 PAHs와 nitro-PAHs, formaldehyde(2006), acetaldehyde(1999), Acrylamide(1994), Acrolein(1995) 등이 조리과정에서 발생한다고 보고 하였음.
  - 본 연구에서는 유기화합물 7종(Formaldehyde, Acetaldehyde, Butadiene, Acrolein, Acrylamide, Benzene, Butanedione)에 대해 측정 예정임 : PTR(Proton transfer reaction)-TOF(time of flight)-MS(mass spectrometer)를 이용해 실시간으로 농도를 측정함.
  - 대표 물질을 특정화하여 공기 중 Formaldehyde만을 대상으로 NIOSH NMAM 2016을 참고하여 0.2 l/min 유량의 GilAir Plus(Gilian, USA) 펌프에 포름알데히드 포집 매체인 2, 4-dinitrophenylhydrazine Cartridge(2, 4-DNPH Cartridge)를 이용하여 시료 채취한 후 Ultra Performance Liquid Chromatography(UPLC, Waters H-Class, 이동상 ACN(50%), DW(50%) 사용, 컬럼 HSS C18 1.8 $\mu$ m 2.1\*75mm 사용, 검출기 UV 360nm 사용)를 사용하여 분석함.
- 측정의 신뢰도 확보 방안
  - 측정은 NIOSH NMAM 등의 공정시험법을 사용하며, 근로자의 작업 위치를 중심으로 지면으로부터 약 1.5m 높이에서 측정토록 함. 조리 및 비조리 공정으로 나누어서 측정하여 비교 평가토록 함.
  - 실험 시 영향을 줄 수 있는 식품의 온도와 스토브의 종류(가스 혹은 전기), 버너의 온도 등도 기록하여 비교 검토토록 함.
  - 세 차례 이상 반복 실험을 실시하며, 자료는 통계처리하고 관련 전문가의 자

문을 받음.

### ○ 통계처리

- 유해인자 측정치들의 누적 분포도에 대해 통계 검증을 시행하여 적절한 대표치 (기하 평균과 기하 표준편차, 산술 평균, 산술표준편차 등)를 제시하고 시료 수, 최댓값, 최솟값도 제시함.
- 유해인자별 상관관계 파악 : 입자상물질과 가스상물질로 크게 나누어 유해인자 별 및 측정 기구별 상관분석(correlation analysis)을 통해 상관계수(r)를 도출하여 지표 물질(indicator)을 제시함.
- 조리과정과 비조리 환경에서의 유해인자의 발생 수준 차이를 검정하기 위하여 t-검정이나 분산 분석을 시행토록 하며(유의수준 0.05), 직독식 기기의 신뢰도를 평가하기 위해 증량분석법과 직독식 분석법 결과에 대해 상관분석을 실시함.

## II. 문헌 고찰

.....



## II. 문헌 고찰

### 1. 주요 조리 작업과 종사자 규모

#### 1) 조리 종사자의 규모와 단체 급식

##### ○ 우리나라 조리 종사자의 규모

- 통계청의 전국사업체조사는 전국의 모든 사업체를 대상으로 지역별 사업체 규모와 분포를 확인하여 정부의 정책 수립 및 평가, 기업의 경영계획 수립 및 학술 연구 등의 기초자료로 활용하기 위한 목적으로 작성되었음. 해당 자료에서 발표한 2022년 숙박 및 음식점업의 총사업체 수는 858,593개이며 숙박업 63,105개와 음식점 및 주점업 795,488개로 나누어져 있으며 이 중 음식점 및 주점업은 다시 음식점업 569,760개와 주점 및 비알코올 음료점업 225,728개로 나누어짐. 숙박 및 음식점업의 총종사자 수는 2,215,219명이며 숙박업 174,449명과 음식점 및 주점업 2,040,770명으로 나누어지며 이 중 음식점 및 주점업은 다시 음식점업 1,555,574명과 주점 및 비알코올 음료점업 485,196명으로 나누어짐.
- 해당 자료 중 조리 종사자 수를 파악할 수 있는 음식점업의 총사업체 수와 총종사자 수를 중심으로 자료를 정리하여 <표 II-1>에 나타냄.

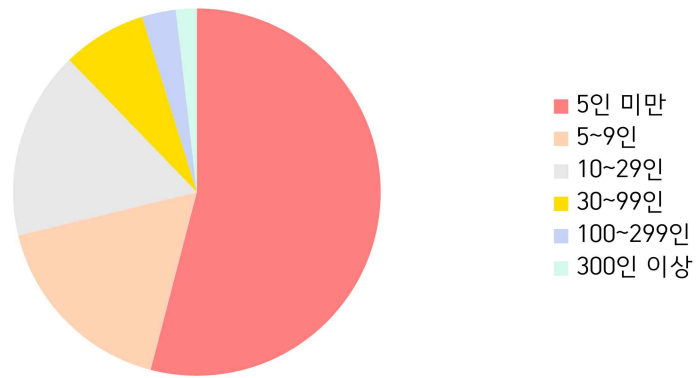
〈표 II-1〉 우리나라의 조리 종사자 규모

(단위 : 명)

구분		사업체 수	종사자 수	
숙박 및 음식점업	전체	858,593	2,215,219	
	숙박업	전체	63,105	
	음식점 및 주점업	계	795,488	2,040,770
		음식점업	569,760	1,555,574
		주점 및 비알코올 음료점업	225,728	485,196

- 또한, 직종별 사업체노동력 조사자료(2021년~)에 의하면 한국고용직업분류 중 음식 서비스직의 총원은 1,191,892명이며 이는 주방장 및 조리사(489,406명)와 식당 서비스원(702,486명)으로 분류됨. 사업체 규모별 종사자의 경우 주방장 및 조리사는 5인 미만이 264,503명으로 전체의 약 54%를 차지하고 있어 주방장 및 조리사로 분류된 종사자 중 상당수가 5인 미만의 소규모 사업장에서 근로하고 있다는 것을 확인할 수 있었음.
- 음식 서비스직 중 주방장 및 조리사의 사업체 규모별 종사자 수의 비율을 정리하여 [그림 II-1]에 나타냄.

사업체 규모별 종사자 수



[그림 II-1] 사업체 규모별 주방장 및 조리사의 종사자 수

○ 단체급식은 1990년대 교육기관을 중심으로 위탁 급식이 등장하며 본격적으로 성장하기 시작하였고, 2000년 이후에는 기업체, 병원 등으로 확대되기 시작하였음. 단체급식에 참여 중인 사업체는 2017년 기준 4.7만 개이며, 위탁 급식업소가 1만여 개로 단체급식 사업체 중 가장 큰 비중을 차지하고 있음.

- 국내 단체급식 시설 수<sup>8)</sup>는 4만 4천여 개이며 기업체가 33.7%로 가장 많고 다음은 어린이집(25.5%), 학교(24.4%), 유치원(9.1%), 사회복지시설(5.2%) 등의 순이며, 시장 규모로 보면 학교, 기업체, 병원, 영유아 시설, 교정 시설의 순임.
- 단체급식 중 위탁 급식의 비율은 23% 수준이고 기업체 40%, 오피스 18%, 병원 15%, 대학교 12%, 관공서 5%, 기타 10%의 수준임.

8) 단체급식 시설에서 군대는 제외함.

- 단체위탁 급식 업체는 삼성 웰스토리, 아워홈, 현대 그린푸드, CJ 프레시웨이, 신세계푸드 등이 있으며 이들 업체의 단체급식 시장 매출 점유율은 약 80% 수준임.

## 2) 조리 직군과 급식조리사의 직무

### 가) 조리 직군 분류

#### ○ 「한국표준직업분류」에 의한 조리 직군

- 제7차 개정 한국표준직업분류에서 조리 직군은 대분류 서비스 종사자(4)와 단순 노무 종사자(9)에 포함됨. 조리사는 서비스 종사자 중 조리 및 음식 서비스 직(중 분류 44)에 포함되며 2개의 소분류로 조리사(441)와 식음료 서비스 종사자(442)가 있음. 주방 보조원은 가사·음식 및 판매 관련 단순 노무직(중분류 95)에 포함되며 소분류로는 음식 관련 단순 종사자(952)이고 세분류로는 주방 보조원(9522)이며 세세 분류도 주방 보조원임.
- 조리사(Cooks)는 호텔, 한식당, 중식당, 일식집, 레스토랑 등에서 국, 찌개, 국물 요리, 찜, 조림, 무침, 육류, 생선류, 면류 등이 다양한 음식을 조리하는 사람으로 정의하고 있음. 또한, 한식, 중식, 양식, 일식, 음료 조리사 및 기타 조리사인 6개의 세분류로 구성되어 있으며, 이들 조리사의 주요 업무는 ‘고객이 주문한 조리 메뉴를 확인하고 조리해 필요한 재료를 준비함.’과 ‘튀기고, 굽고, 볶고, 끓이는 등의 방식으로 해당 요리를 조리함.’으로 설명하고 있음.<sup>9)</sup>
- 식음료 서비스 종사자(Food and Beverage Service Workers)는 ‘상업적으로 운영하는 요식업소, 클럽, 선상 및 열차 내에서 음식과 음료를 제공하는 사람’으로 바텐더, 웨이터 및 기타 음식 서비스 종사원으로 세분류되어 있음. 기타 음식 서비스 종사원(Other Catering Services Worker)은 병원 배식원과

9) 한국표준직업분류. 통계청 고시 제2017-191호. 분류내용보기(해설서).

같이 음식과 음료를 제공하는 사람으로 정의함.

- 주방 보조원(Kitchen Helpers)은 ‘음식점, 학교, 호텔, 레스토랑 등에서 조리장이나 조리사의 지시에 따라 각종 조리 보조업무를 수행하는 자’를 말하며, 주요 업무는 (1) 야채나 과일을 씻고 다듬으며, 조리 관련 각종 기구를 세척함, (2) 주방에서 배출된 각종 쓰레기를 버리고 주방을 청소함, (3) 조리사의 지시에 따라 음식을 운반하거나 그릇을 치우기도 함, (4) 조리사를 보조하기 위한 기타 여러 업무를 수행함. 이며, 직업예시로는 주방 보조원, 식재료 세척원, 조리사 보조원, 학교 급식 보조원 등이 있음.
- 제8차 한국표준직업분류에 개정 초안<sup>10)</sup>에 의하면 중분류 조리 및 음식 서비스 직(45)의 소분류는 조리사(451)와 음료 조리 종사자(452), 식음료 서비스 종사자(453)로 변경될 예정임.
- 이 중 조리사(Cooks)는 기존 6개 세분류에서 3개인 한식 조리사, 외국식 조리사, 기타 조리사로 분류될 예정임. 제7차 분류인 중식, 양식, 일식 조리사가 외국식 조리사에 포함되며, 분식과 패스트푸드 조리사가 기타 조리사에 포함될 예정임.
- 음료 조리 종사자(Beverage Service Workers)는 음료 조리원, 바텐더로 구분될 예정이며, ‘식음료 서비스 종사자’는 ‘식음료 서비스 종사원’과 병원 배식원이 포함된 ‘기타 식음료 서비스 종사원’으로 구분될 예정임.
- 단순 노무 종사자에 속하는 조리원은 가사 및 음식 및 판매 관련 단순 노무직(중분류)의 음식 관련 단순 종사자에서 주방 보조원(소분류)으로 명칭이 변경될 예정이며 세분류도 주방 보조원이며 세세 분류는 음식 관련 주방 보조원과 그 외 주방 보조원으로 구분될 예정임.

10) 통계청. 제8차 한국표준직업분류 개정 초안 항목별 상세 비교표. 2022.06.20. 통계청.

- 이처럼 제7차 한국표준직업분류와 개정 예정인 제8차 분류에서는 모두 서비스 종사자로서 '조리사'를 '조리 종사자'와는 다르게 분류하며 '음식을 조리하는 사람'으로 정의하고 있음. 그리고 세분류의 '한식, 중식, 일식 조리사'는 '조리에 필요한 재료를 준비하고 요리를 조리하는 사람'으로 정의하고 있음. 즉, '조리사'는 '조리원'으로 불리지 않으며, '조리 종사자'와는 구분하고 있음. 다만, 제8차 개정에서는 '기타 식음료 서비스 종사원'으로 병원 배식원을 포함할 예정으로 배식을 하는 사람을 음식 서비스 종사원(Catering Service Workers)으로 구분할 예정임. 따라서 조리를 하는 사람과 배식을 하는 사람은 한국표준직업분류에서는 완전히 구분하고 있음. 또한, 주방 보조원은 단순 노무 종사자에 포함하고 있음.

### ○ 학교의 조리 종사자

- 학교 급식 조리사는 1992년 3월 기능직(위생원) 10등급으로 지정되어 한 학교에 공동조리사 2명, 단독조리사 1명을 배치하기 시작하여 조리기능사 자격증을 취득한 조리사들이 처음으로 채용되었고 이후 「학교급식법」 제정에 따라 조리 종사자를 교육청에서 고용하고 있음.
- 「학교급식법」 제7조 제1항에는 '학교 급식을 위한 시설과 설비를 갖춘 학교는 「초·중등교육법」 제21조 제2항의 규정에 따른 영양 교사와 「식품위생법」 제53조 제1항에 따른 조리사를 둠.'과 제2항에서 '교육감은 학교 급식에 관한 업무를 전담하게 하기 위하여 그 소속하에 학교 급식에 관한 전문지식이 있는 직원을 둘 수 있음.'이라고 명시되어 있어, 학교에는 영양 교사와 조리사를 두고 급식직원을 둘 수 있음.
  - 「학교급식법시행령」 제8조 영양 교사의 직무 5호에는 '조리실 종사자의 지도·감독'이 있어 학교에는 조리실 종사자가 있음.
  - 조리사는 학교 급식실 직원인 조리직 공무원(9급)으로 음식의 요리, 급식, 주

방 기구 정돈과 취사장 위생관리업무를 함.

- 학교의 조리원은 공무원 근로자 중 지원직인 행정실무원으로 구분함.<sup>11)</sup>

### ○ [식품위생법]의 조리사

- [식품위생법] 제51조 제1항에서는 ‘집단급식소 운영자와 대통령령으로 정하는 식품접객업자는 조리사(調理士)를 두어야 함.’이라고 명시하고 있음.
- ‘조리사’는 「국가기술자격법」에 따라 해당 기능 분야의 자격을 얻은 후 특별 자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장의 면허를 받아야 함. 조리사는 국가기술자격(기술 기능 분야)의 ‘음식 서비스 분야’의 조리 기능장과 산업기사와 기능사가 있음. 산업기사와 기능사는 한식 조리, 중식 조리, 양식 조리, 일식 조리와 복어조리 기능사와 조주(造酒) 기능사<sup>12)</sup>가 있음.<sup>13)</sup>

#### 나) 조리직의 직무

○ [식품위생법] 제51조 제2항에서 집단급식소 조리사의 조리업무는 ‘식재료의 전처리에서부터 조리, 배식 등의 전 과정’으로 정의하고 조리사의 직무를 다음과 같이 명시하고 있음.

- 집단급식소 조리사의 직무
  - 집단급식소에서의 식단에 따른 조리업무[식자재의 전(前)처리에서부터 조리, 배식 등의 전 과정을 말함.
  - 구매 식품의 검수 지원
  - 급식 설비 및 기구의 위생

11) 「인사혁신처 공무원 등 운영 규정」 제4조에서는 공무원 근로자를 구분하고 있고 조리원은 지원직인 행정실무원임.

12) 사전적 의미는 술을 빚어 만드는 일을 전문으로 하는 사람임.

13) 국가기술자격법 시행규칙 [별표 2]. 국가기술자격의 직무 분야 및 국가기술자격의 종류.

- 안전 실무
- 그 밖에 조리 실무에 관한 사항

### ○ 급식조리사의 직무

- 급식 영역에서는 과거 급식조리사의 직무 불안정, 업무 분담의 모호성으로 영양사와 조리사의 갈등이 유발됨에 따라 조리 실무자인 조리사의 직무분석 연구가 수행되었으며, 이 연구에서는 <표 II-2>와 같이 조리사의 임무 17개, 업무 요소를 122개로 구성하고 있음.<sup>14)</sup>

**<표 II-2> 급식조리사의 직무분석**

임무(Duty)	업무 요소(task element)
메뉴 관리(menu management)	menu evaluation, confirmation of weekly menu, confirmation of monthly menu, development of standard recipe, Etc.
구매관리(procurement)	selection of purchased item, selection of purchased quality market research, cost adjustment, confirmation of purchased item, participation in selecting supplier, Etc.
검수 및 식재료 관리(receiving and food material record keeping of receiving management)	confirmation of issued food and returned food, receiving of milk, determination of receiving and claim management record keeping of receiving, food material issuing management, inventory control, Etc.
조리 작업(preparation)	food material sorting and storage management, preparation, main dish preparation, side dish preparation,

14) 학교 급식 조리사의 직무분석은 과업 지향적 직무분석(task-oriented job analysis)을 통해 현재와 미래의 직무에서 수행되는 주요 임무(duty)와 이를 수행하기 위한 업무(task) 및 업무 요소를 규명하고자 하였으며, 연구 대상자는 (사)한국조리사협회중앙회 학교급식분과 전국지회를 통해 각 학교당 1명의 조리사에게 설문을 실시함.

	cross-checking of cooked food, preserved food management, Etc.
배식 작업(distribution)	portioning of cooked food, distribution of food, supervision of food distribution, returns of trays, Etc.
운반 작업(transportation)	transportation of food in cooking area, transportation of food outside of cooking area, transportation of equipment, transportation of supplier, transportation empty, Etc.
세척 작업(dish washing)	washing & sterilization of cooking utensil, dish washing & sterilization, washing & sterilization of cooking equipment, cleaning of working area , sterilized dish management, Etc.
잔반 및 폐기물 관리(management of leftover and waste)	checking leftover, leftover management, waste management, use of food bank, Etc.
조리시설관리 (facility management)	checking of cooking utensils, checking facilities, repair of cooking utensil and facilities, If obstacle of cooking utensil and facilities, making a counterplan, Etc.
업장 안전관리(safety management)	checking of fire extinguishers, checking of gas, water, lectrical equipments, making counterplan as for problem of gas, water, electricity, Etc.
위생관리(sanitation management)	management of personal sanitation, documentation of daily sanitation report and check list, documentation of HACCP manual, pest management, Etc.
원가관리(cost control)	calculation of daily expected unit cost, calculation of weekly expected unit cost, making a montly budget, making a yearly budget, making a income statements, gap analysis of budget and income statement, Etc.

인력관리 및 교육 훈련 (human resource management)	job schedule management, lower employee job staffing and directing, performance evaluation of lower employee, education to lower employees, safety education of lower employees, meeting, on the job training of new employees, education to part timer, transfer of duty, Etc.
자기개발 연수(participating in education and training program)	participating in seminar, participating in exhibition food related, participating in education and training program, mastering of existing duty, education for improvement, participating in training program for promotion, Etc.
사무(clerical)	copy and mailing, telephone calling, food service related documentaion, food service related official document, food service related clerical management, making of yearly plan, preparation and participating in administration committee meeting, computer operation, Etc.
메뉴 개발(menu development)	market research for menu development, new menu development, development of new cooking practice, existing menu evaluation, Etc.
기타 업무(the others)	supporting other duty, instructing student cooking practice, Etc.

- 학교 급식실 산업안전보건 매뉴얼<sup>15)</sup>에서는 <표 II-3>과 같이 학교 급식 공정 과정을 식자재 입고 및 검수 작업, 전처리작업, 조리 작업, 배식작업 및 후처리 작업의 5가지 단계로 구분하였음. 공정 과정은 임무(duty)라고 볼 수 있으며 임무별 작업과 작업의 요소를 제시하였음.

15) 서울특별시 교육청, 학교보건진흥원. 꼭 알아야 할 학교 급식실 산업안전보건 매뉴얼. 2021.

〈표 II-3〉 학교 급식 작업공정

임무(공정)	작업	작업 요소
식자재 입고 및 검수 작업	검수 및 운반	식재료 차량에서 검수실로, 저장고와 전처리실로 인력 또는 대차를 이용하여 운반
		육안 및 중량 검수
	저장 및 보관	운반 대차 등을 이용하여 식자재 창고, 냉장고에 저장 및 보관
전처리작업	세척	식재료를 흐르는 물에 세척
		세척한 식재료를 소독 물에 담가 소독
	다듬기	재료는 조리할 수 있게 껍질이나 뿌리를 다듬음
	썰기	야채, 과일 등 각종 식재료를 적당한 크기로 썰음
조리 작업	밥 짓기	쌀을 씻어 취반기를 이용하여 밥 짓기
	끓이기	물을 끓여 야채를 데침
		각종 식재료를 넣고 끓임
	튀기기	각종 식재료를 넣고 기름에 튀김
볶기	조리도구를 이용하여 볶는 작업	
배식작업	운반	배식재료를 담고 운반 대차를 이용하여 배식대 또는 교실까지 운반
	배식	식당 또는 교실에서 음식을 떠서 식판에 배식
후처리 작업	세척	조리 장비 및 식기류(식판) 세척
	음식물(잔반) 처리	잔반 등은 운반 대차를 이용하여 지정된 장소에 배출
	청소	조리실 내에 모든 조리시설, 바닥, 천장 등 물청소 및 소독

### 3) 주요 조리 작업

조리 종사자는 식자재를 준비하는 작업부터 조리에서 이르는 다양한 작업을 수행하며 그 중 조리 작업의 경우 사용되는 재료, 사용하는 장비, 요리의 목적 등에 따라 다양한 방법이 존재함. 조리의 방법 중 대중적으로 잘 알려져 있으며 자주 사용되는 방법을 밑의 <표 II-4>에 정리하여 나타냄. 7가지 조리 방법을 나타내었으며 각 조리 방법에 따라 발생하는 유해인자의 분포가 달라짐. 특히, 조리흡이 발생 된다고 알려진 기름과 지방을 식재료와 함께 고온으로 튀기는(high-temperature frying) 요리 방법인 볶음(stir frying), 부침(shallow frying, pan frying), 튀김(deep frying) 조리 방법에 집중하여 연구를 수행할 계획임.

2023년에 교육부에서 발표한 「학교급식실 조리환경 개선 방안」에 따르면 조리흡을 유발하는 요리는 오븐 사용으로 전환을 유도하고, 튀김류는 주 2회 이하로 최소화하며, 대체 식단 및 조리법 개발·보급, 오븐 활용법 등 연수 등을 통해 조리 방법·식단 개선을 지원한다고 하였음. 2022년도에 조사한 자료에 따르면 초중고 오븐 설치율은 97%이며 요리별 오븐 사용률을 조사하였을 때(251교) 구이 92.5%, 부침 34.5%, 튀김 33.8%를 오븐을 사용하여 조리한다고 응답함.<sup>16)</sup>

16) 교육부. 학교 급식 조리환경 개선방안. 2023

〈표 II-4〉 조리 작업의 분류와 정의

(단위 : 명)

조리 작업	정의
구이(Roasting, barbecue)	식재료를 불판이나 오븐을 이용하여 굽는 조리법을 뜻함. *「학교 급식실 조리환경 개선 방안」(2023)에서 대부분의 구이 조리를 오븐을 사용하도록 유도하고 있음.
끓임(Boiling)	식재료에 물과 양념을 첨가하여 끓이며 조리하는 방식으로 주로 국이나 찌개 조리에 사용됨.
볶음(Stir-fry)	식재료에 기름을 첨가하여 빠르게 휘저으며 조리하는 방법. 사용되는 기름의 양이 많지 않음.
부침(Pan-frying, Shallow frying)	식재료에 기름을 첨가하여 부치는 조리법으로 주로 전이나 여러 부침 요리에 사용됨. 식재료가 기름에 완전히 잠기는 튀김(Deep frying)과는 다르게 적당량의 기름이 사용됨.
조림(Stewed dishes)	식재료에 양념, 육수 등을 첨가하여 바짝 끓여 양념이 배어들게 조리하는 방법임.
찜(Steaming)	식재료에 양념과 약간의 물을 첨가하여 오랫동안 끓이거나 수증기로 찌는 조리 방법임.
튀김(Deep-frying)	식재료가 완전히 기름에 잠기도록 하여 조리하는 방법. 주로 튀김류를 조리할 때 사용됨.

\*「학교 급식실 조리환경 개선 방안」(2023)에서 대부분의 구이 조리를 오븐을 사용하도록 유도하고 있음.

## 2. 조리흡의 건강 영향 역학 연구 결과

본 실험 연구에서는 조리흡 등 요리와 관련된 여러 요인과 호흡기 질환, 폐암 및 기타 암 등의 발생에 미치는 위험을 파악하고자 이와 관련된 역학 연구를 조사하여 취합하고 고찰하였음.

### 1) 조리흡 등 요리 특성과 호흡기 질환과의 연관 연구 결과

주로 중국, 태국 등에서 수행된 요리 특성 노출과 호흡기 질환과의 연관성에 대한 단면 연구 10개의 결과를 정리하여 <표 II-5>에 나타내었음.

〈표 II-5〉 요리 특성 노출과 호흡기 질환과의 연관 연구 결과

국가	호흡기 질환	연구 대상	연구 형식 및 자료	조리법 노출 추정 변수	주요 결과
대만	만성기관지염/폐쇄성 질환(COPD)	사례군: 만성 기관지염을 적어도 2회 정도 경험/진단받은 40세 이상 여성 1,846명 대조군: 만성 기관지염 경험하지 않은 여성 4,624명	의료보험자료, 인터뷰	요리 시작 나이/주당 가정에서 식사 수/조리 연료/창문 여부/환기 등	20세와 40세 사이 주 21회 이상 요리한 여성은 만성 기관지염 위험이 주 14회 이하로 요리한 여성 그룹에 비해 유의하게 높음(95% CI = 1.65-13.53). 부엌 연기 정도는 FEV1 and FEV1/FVC 비 감소와 유의한 연관이 있음.
중국	사망/심혈관계 사망(cardiovascular mortality)/호흡기 질환 사망(respiratory mortality)	일반 인구 참가자	자기기입, China's Disease Surveillance Point system 자료	요리 연료 형태	청정 연료를 쓰는 그룹에 비해 지속적으로 고체 연료를 사용한 그룹은 모든 원인 사망 위험비(hazard ratio [HR] 1.19, 95% CI 1.10-1.28), 심혈관 관계 사망비(1.24, 1.10-1.39), 호흡기 질환 사망비(1.43, 1.10-1.85)가 유의하게 높음.

조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및 관리방안 연구

중국	폐 기능; FEV(1) and FVC/쌩쌩거림(wheeze)/가래/기침/목구멍염증	53개의 중국 식당에서 일했던 근로자 393명	호흡기 증상/조리흙 노출과 직무별 등 개별 인터뷰	요리 연료 형태	전기 연료 사용 근로자는 가스 사용 근로자에 비해 유의한 폐 기능을 갖는 것으로 나타남. 평균 FEV(1), FVC 값이 5.4%, 3.8% 높음. 가스 사용자에게서 재채기, 가래, 기침 및 인후통이 많았으나 유의한 증상 가래였음.
인도		사례군 : 인도 식당 근로자 233명, 대조군 : 근로자 145명	폐 기능 등을 측정/설문지 기입		식당 근로자는 일반 인구에 비해 유의하게 낮은 폐 기능, 비정상 폐쇄성 증상(obstructive and restrictive abnormalities)이 있었음. 식당 조리흙 등 유해인자 복합 노출(ultrafine particles, PM2.5, PM1, TVOC, CO, CO2)과 FTIR-derived compounds)이 폐 기능 감소와 연관이 있는 것으로 추정함.
한국	폐 영상 보고 및 데이터 시스템: lung-imaging reporting and data system (Lung-RADS)	여성 식당 근로자 203명 (LDCT 촬영자)	대학병원에서의 LDCT 스크리닝/노출 특성 자기 기입	요리 시간, 요리 연료 형태, 환기 정도	폐 영상 보고 및 데이터 시스템이 8.4 %였고 모두 요리 종사 근로자였음. Lung-RADS-양성 그룹 근로자들은 환기가 불량한 식당에서 일한 직력이 유의한 것으로 나타남(95 %CI: 3.296-67.231). 집에서 전기 연료를 사용한 그룹은 액화 연료를 사용한 그룹에 비해 유의하게 오즈비가 높음(4.59, 95% CI: 1.061-19.890).
노르웨이	호흡 곤란/기침/호흡기 증상	67개 식당의 근로자(여성 139명, 남성 100명)	호흡기 증상/조리흙 노출정보 등 설문	식당에서 근무 여부	여성 식당 근로자는 가슴 답답(RR = 4.1 (2.7-6.3), 심한 가슴 답답 증상(RR = 2.9 (1.5-5.7))과 호흡기 증상(RR = 4.3 (2.7-6.7))이) 등이 대조군에 비해 유의하게 높았음. 남성 식당 근로자도 가슴 답답(RR = 1.8 (1.4-2.3), 호흡기 증상(RR = 2.1 (1.6-2.7))이 유의하게 높은 유병 증상을 나타냄.
태국	만성 호흡기 증상(기침, 가래,	사례군 : 142개 식당의 근로자	호흡기 증상/조리흙	직무/조리시간/튀김 조리 빈도/요리 중	식당 근로자는 만성 호흡기 증상에서 2배 이상의 증상 위험을 보임. 식당에서 호흡기 증상 가능한 위험 인자는 직무, 직무 기간, 식당 크기,

	호흡 곤란, 심한 호흡 곤란, 코막힘)	224명, 대조군 : 395명	노출정보 등 개별 인터뷰	눈물 흘림 빈도/사용 연료/식당의 위치와 크기/배기시스템 등	식당 위치, 사용한 오일의 종류, 식당에서 일한 시간, 준비한 볶음 요리 수, 집에서 추가 요리 특성 등임.
태국	폐 기능(peak expiratory flow rate)	4개 식당의 근로자 321명	호흡기 증상/조리흡 노출정보 등 개별 인터뷰	요리 방법/직무 환경/요리 연료 형태	식당에서 직무가 폐 기능(OR = 2.59, 95% CI 1.33-5.06), 중증도의 가슴 답답(OR = 3.79, 95% CI 1.63-8.79)이 샐러드 식당에 비해 유의하게 높은 유병 위험을 보임. 폐 기능 불량, 만성 호흡기 증상과 유의한 연관 인자는 팜유(palm oil) 사용, 요리 동안 눈 자극/눈물/후드 배기 장치 없음/식당에서 과거 직무/좁은 공간 식당 크기(1-6 m <sup>2</sup> )에서 직무 등임.
태국	각종 호흡기 증상: 감기/가래/기침 등	시골 일반 인구 1,134명	호흡기 증상/조리흡 노출정보 등 설문	환기 없이 LPG 가스 사용한 식용유 요리 등	과거 30년 동안 가장 일반적인 호흡기 증상은 감기 증상 유병률(28.3% 여성, 18.7% 남성), 기침(25.5% 여성, 21.1%, 남성), 객담(13.0% 여성, 8.2% 남성)을 나타냈고 관련 원인 인자는 요리 시간 동안 눈물 흘림, 그릴 요리에 걸린 시간, 볶음과 튀김 요리 횟수 등임.
태국	심혈관계 질환	일반 인구 1,078명	호흡기 증상/조리흡 노출정보 등 개별 인터뷰	요리 방법/요리 연료 종류 등	바이오매스 연료 사용은 심장 질환 위험(OR=4.35; 95% CI 0.10-18.97), 고혈압(OR=1.61; 95% CI 1.10-2.35), 높은 콜레스테롤(OR=2.74; 95% CI 1.66-4.53), 당뇨(OR=1.88; 95%CI 1.03-3.46)가 유의하게 높음. LPG 가스 사용에 비해 목재 고체 연료 사용은 스트로크(stroke, OR=7.64; 95%CI 1.18-49.61), 석탄 차콜 사용은 높은 콜레스테롤(OR=1.52; 95%CI 1.04-2.24) 위험이 유의하게 높음.

역학 연구 고찰 결과 요리와 관련된 여러 요인(조리 연료 형태, 조리 횟수, 환기 등)과 호흡기 질환, 심혈관계 질환 및 폐 기능 저하와의 연관성은 연구마다 차이가 존재하지만, 요리와 관련된 여러 요인은 위험요인으로 작용하는 것으로 평가할 수 있음. 다만, 다른 호흡기 질환 영향 요인인 수많은 개인 특성, 기타 실내 오염 등과의 관계를 명확히 규명하지 못하는 한계가 존재함.

## 2) 요리 특성 노출과 폐암 위험과의 연관 연구 결과

주로 중국의 일반 인구를 대상으로 수행한 10건의 메타분석 논문과 3건의 고찰 논문의 주요 내용을 정리하여 <표 II-6>에 나타냄.

〈표 II-6〉 요리 특성 노출과 호흡기 질환과의 연관 연구 결과

국가	연구 대상자	연구 대상자 규모	연구 기간	역학 연구 연구 논문 수 (사례-대조 등)	조리흡 노출 추정 변수	요리 직업/직무 노출 정보	주요 결과
대만/중국/인도	비흡연 폐암 환자 (lung cancer in never-smokers, LCINS)	정보 없음	2012-2022	16(13 case-control, 3 prospective cohort)	조리흡, 환기 수준, 석탄 사용	정보 없음	1) 조리흡 노출, 요리용 석탄 사용과 비흡연자 폐암 발생 위험과 유의한 연관 발견 2) 주방에서 석탄 사용하고 환기장치 사용하지 않고, 환기 불량한 경우 참가자는 비흡연자 폐암 발생 위험비가 각각[Adjusted Hazard Ratio (AHR) 1.49(95% CI: 1.15, 1.95) 그리고 2.03(95% CI: 1.35, 3.05)로 높았음.
중국	정보 없음	정보 없음	1980-2020	29	시기(〈2000, 2000-2010 and 2010-2020〉/요리 타입(Liao cuisine, Fujian cuisine, Shanghai cuisine, Jingdong cuisine and Shaanxi cuisine)/요리	정보 없음	폐암 사례자별로 조리흡 노출 시기(before 2000, 2000-2010 and 2010-2020)별 노출이 유의하게 다름. 부엌에서 환기장치 사용의 노출 요리 종류별로 노출 오즈비가 다름(Liao cuisine, Fujian cuisine, Shanghai cuisine, Jingdong cuisine and Shaanxi cuisine: 0.54, 1.91 (1.62, 2.25), 2.38 (1.80, 3.16), 1.56 (1.29,

조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및 관리방안 연구

					방법<deep-frying, quick-frying, stir-frying and pan-frying>		1.89), 2.58 (1.63, 4.09), 1.57 (1.16, 2.11)).
중국	남성/여성	폐암 사례(n=9,411) /대조군 수 정보 없음	정보 없음	23 observational studies	조리흡/환기 수준/요리 방법 <stir frying and deep frying>	정보 없음	1) 여성에게, 조리흡 노출 오즈비는 비흡연 폐암 사례자 중에서는 1.98 (95% CI 1.54, 2.54, I 2 = 79%, n = 15) 그리고 부분적으로 흡연 사례자 중에서 2.00 (95% CI 1.46, 2.74, I 2 = 75%, n = 10)으로 유의하게 높았음. 2) 환기 조건에 따라 범주화했을 때, 환기 불량인 노출 OR은 환기가 양호한 사례자에 비해 1.20 (95% CI 1.10, 1.31, I 2 = 2%)으로 유의하게 높음. 요리 방법으로 분석할 경우 폐암 사례자의 볶음 요리(stir frying) 노출 OR비는 1.89, 95% CI 1.23, 2.90; I 2 = 66%)로 유의하게 높았으나 조림 요리(deep frying) OR은 1.41, 95% CI 0.87, 2.29; I 2 = 5%)로 유의하지 않음.
중국	남성/여성	폐암 사례(n=11,362), 대조군 (n=13,953)	1990-2014	28	실내 난방과 요리용 석탄 사용/실내 석탄 먼지 노출	정보 없음	여성 폐암 환자와 실내 석탄 사용의 노출이 1.49배 유의하게 높음.

중국	비흡연 여성	폐암 사례(n=35,960) ) 대조군 (n=6,082)	1992-2009	3 case-control and 10 hospital-based studies	조리흡/환기 수준/	정보 없음	비흡연 여성 폐암 사례자는 조리흡 노출과 조리 때 배기 장치를 사용하지 않은 경우 폐암 위험이 유의하게 높음(Z=10.07, P<0.00001; Z=4.65, P<0.00001).
중국	남성/여성	폐암 사례(n=11,946) ) / 대조군 (n=12,596)	1995-2014	24 case-control studies	요리 중 스모그/식당 위치/주당 튀김 요리 빈도	정보 없음	여성 폐암 사례자의 요리 중 스모그 정도(OR; 2.21), 부엌의 위치(OR; 1.76) 그리고 주당 깊은 튀김 빈도(OR; 2.24)로 유의하게 높음.
중국/대만/홍콩/싱가포르/캐나다/영국/핀란드/노르웨이	남성/여성	정보 없음	정보 없음	22 case-control and 7 ecological studies	요리직무 노출 기록, 빈번한 요리, 요리동안 눈 자극, 배기 덕트 없음, 부엌 분리되지 않음	5개 연구에서 표준직업 정보 포함	요리 관련 변수에 대한 노출과 18개의 사례-대조 연구에서 폐암 위험, 2개 연구에서 자궁경부암 위험과 연관을 보임. 5건의 역학 연구에서 직업적 요리(직무, 직업)와 산화성 DNA 스트레스 및/또는 폐암의 위험 증가와의 연관을 보고함.

조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및 관리방안 연구

유럽/캐나다/뉴질랜드/중국	남성/여성	폐암 사례; 13,176명, 대조군: 16,129명	정보 없음	16 case-control studies	요리 직무 직업 근무 경험	표준직업 정보 포함	요리 직무 경험이 흡연 등 보정 하지 않을 때는 폐암 위험이 유의했지만 보정을 한 후에는 유의하지 않음(흡연 보정 전; OR 1.20, 95% CI 1.03-1.40, 보정 후OR 1.01, 95% CI 0.86-1.20). 결론적으로 요리 노동자 등의 폐암 위험은 유의하지 않은 것으로 보고함.
아시아	남성/여성	폐암 사례(n=912)/대조군(n=1063)	정보 없음	6	실내 난방과 요리용 석탄 사용	정보 없음	4개 연구에서 난방과 연료에서 석탄 사용이 폐암 발생 위험이 유의하게 높았음(OR, 1.64; 95% CI, 1.25-2.14; p=0.0003).
중국	남성/여성	폐암 사례(n=5563)/대조군(n=8484)	정보 없음	27 case-control studies(19 in English and 8 in Chinese)	실내 난방과 요리용 석탄 사용/실내 석탄 먼지 노출	정보 없음	가정 내 난방과 요리용으로 석탄 사용이 여성 폐암 사례자가 1.83배(95% CI: 0.62-5.41) 그리고 성을 구분하지 않을 때는 2.66배로 유의함(1.39-5.07).
중국	남성/여성	폐암 사례(n=5,600)/대조군(n=6,892)	1990-2001	41	환기 수준/석탄 사용	정보 없음	여성 폐암 사례의 부엌에서 환기 불량(OR; 2.13), 석탄 사용 여부(OR; 1.50)가 유의하게 높음.

중국	비흡연 중국인 여성	폐암 사례(n=1,115) / 대조군(n=1,520)	1990-1999	7 case-control studies	조리흡 오염 정도/석탄 연소 오염 정도	정보 없음	여성 폐암 사례자의 조리흡(OR 2.52)과 석탄 사용(1.64)이 유의하게 높음.
중국	남성/여성	정보 없음	1982-1994	9 case-control studies	볶음, 튀김, 튀김의 빈도/조리 시작 연령/주방 별도 분리 여부/조리흡 배기 환기장치 사용 여부	정보 없음	중국식 요리에서 발생하는 조리흡 등 오염물질 노출과 폐암 위험이 유의한 연관성을 보고함. 볶음, 튀김 또는 튀김의 빈도 사이의 연관성(4건 연구)이 있음. 11세에서 15세 사이에 요리를 시작한 여성 위험 높음(OR 2.4, 95% CI 1.1-5.2). 30년 이상 침실에서 요리를 한 여성은 위험이 80% 초과함. 별도 주방에 없는 곳에서 조리하는 여성의 경우 8.3의 OR이 발견됨. 배기 장치가 설치되지 않은 주방에서 식사 폐암 위험 높음(95% CI 3.1-22.7).

(1) Bhurosy 외(2023), 대만/중국/인도

2012년 1월 1일부터 2022년 12월 6일 사이에 조리흡과 폐암 위험 사이의 연관성을 연구한 13건의 사례 대조 연구와 3건의 전향적 코호트 연구를 종합하였으며 대부분 비흡연 여성 폐암 사례(Lung Cancer In Never-Smokers, LCINS)에 초점을 맞춤.

요리 연료로 석탄의 사용은 LCINS의 높은 위험과 연관이 있었으며 조리흡 환기장치의 사용이 LCINS의 위험을 감소시켰으며 반대로 주방에서 환기장치를 사용하지 않는 경우 LCINS 위험이 더 높은 것으로 보고되었음.

(2) Zhang 외(2022), 중국

1980년부터 2020년까지 발표된 29개의 사례-대조 연구를 종합 분석한 결과, 조리흡에 노출된 인구의 폐암 유병률이 유의미하게 높게 나타남( $P < 0.05$ ). 시기별로 분석했을 때 과거일수록 폐암 발생 위험이 높았으며, 략오, 푸젠, 상하이, 징둥, 산시 요리에서 각각 1.91, 2.38, 1.56, 2.58, 1.57의 오즈비(OR)를 보임. 주로 튀김, 볶음 등에서 생성되는 조리흡이 다른 요리 방법에 비해 폐암 위험이 높은 것으로 보고됨. 다만, 비교 기준이 되는 요리 종류와 방법 등의 노출 변수가 구체적으로 제시되지는 않았음.

(3) Jia 외(2018), 중국

이 메타분석은 조리흡 노출이 폐암 위험과 관련이 있는지 조사한 결과임. 23개의 관찰 연구를 통해 조리흡이 흡연 여부와 관계없이 특히 여성에게 폐암 위험요인일 가능성이 높다고 밝혀냈으며, 환기가 불량한 환경과 볶음 같은 특정 조리 방법이 더 높은 위험과 관련 있다고 보고함. 조리 방법별로는 볶음( $OR = 1.89, 95\% CI 1.23, 2.90; I^2 = 66\%$ )이 폐암 위험 증가와 관련되었으나, 튀김( $OR = 1.41, 95\% CI 0.87, 2.29; I^2 = 5\%$ )은 그렇지 않은 것으로 나

타남.

(4) Li 외(2018), 중국

중국에서 수행된 28개의 폐암 사례-대조군 연구를 종합한 결과, 석탄 사용이 폐암과 유의한 관련이 있는 것으로 나타남. 폐암 환자에서 석탄 사용에 따른 위험비는 1.490(95% CI 1.330-1.669)으로 유의하게 높았으며, 실내 조리용으로 석탄을 사용하는 것이 폐암 위험 증가와 유의미한 관련이 있다는 증거를 제공함.

(5) Xue 외(2016), 중국

조리 시 배기 장치를 사용하지 않은 상태에서 조리흡 노출은 비흡연 여성의 폐암 발생 위험을 4.65배 증가시키는 것으로 나타남( $Z=10.07$ ,  $P<0.00001$ ;  $Z=4.65$ ,  $P<0.00001$ ). 배기 장치가 없을 때 조리흡 노출은 중국 비흡연 여성의 폐암 위험을 유의미하게 높일 수 있다는 결과를 보임.

(6) Yu 외(2016), 중국, 중국 학술지로 초록만 검색함.

1995년부터 2014년까지 24개의 사례-대조군 연구 메타분석 결과, 폐암 사례자( $n=11,946$ )와 대조군( $n=12,596$ )을 조사한 결과 여성 폐암 발생 위험이 요리 중 스모그 정도( $OR = 2.21$ ), 부엌 위치( $OR = 1.76$ ), 주당 깊은 튀김 빈도( $OR = 2.24$ )에서 유의하게 높게 나타남.

(7) Lee & Gany(2013), 중국/대만/홍콩/싱가포르 등

29개의 연구를 고찰한 결과, 요리 관련 변수들(요리직무 노출 기록, 빈번한 요리, 요리 시 눈 자극, 배기 덕트 미설치, 부엌 분리 미설정)이 폐암 위험과

연관됨을 확인함. 또한, 18개의 사례-대조 연구에서 폐암 위험, 2개 연구에서 자궁경부암 위험과 관련이 나타남. 모든 연구에서 조리흡 내 변이원성 및 발암성 화합물, 조리흡으로 인한 DNA 손상과 발암 분자 메커니즘에 대한 증거가 발견됨. 직업적 요리와 암 위험 간 연관성을 다룬 5건의 역학 연구에서는, 중국에서 3건, 캐나다 브리티시컬럼비아주에서 1건, 영국에서 1건이 수행되었고, 모두 직업적 노출과 산화성 DNA 스트레스 및 폐암 위험 증가와의 연관을 보고함.

(8) Bigert 외(2011), 유럽/캐나다/뉴질랜드/중국

요리사 또는 주방 종사자는 흡연 습관을 통제하기 전에는 폐암 위험 증가와 연관이 있었으나(OR 1.20, 95% CI 1.031.40), 통제 후에는 유의미하지 않음(OR 1.01, 95% CI 0.861.20). 근무 기간에 따른 노출-반응 관계도 유의하지 않았고, 요리사와 다른 주방 근로자를 구분하지 않음. 결론적으로, 해당 직업은 폐암 위험 증가와 관련이 없다고 결론지음.

(9) Hosgooh III 등(2007), 아시아

아시아 지역에서 발표된 6건의 연구(912명 사례, 1,063명 대조군)를 메타 분석하여 GSTM1, GSTT1 결손 및 GSTP1 105 Val 다형성과 폐암 위험 간의 연관성을 평가함. 특히 GSTM1 결손 유전자형은 난방 및 취사에 석탄을 사용하는 집단에서 폐암 위험이 유의하게 증가했으며(OR 1.64; 95% CI 1.25-2.14;  $p=0.0003$ ), 석탄에 노출된 집단에서 폐암 발생 위험이 더 높게 나타남.

(10) Zhao 외(2006), 중국

실내에서 요리와 가정 난방을 위해 석탄을 사용하는 비흡연 여성과 남녀 모두의 폐암 사례군에서 각각 OR 2.52(95% CI: 1.94-3.28)와 OR

2.42(95% CI: 1.62-3.63)로 유의하게 높은 위험을 보임. 비흡연 여성, 여성, 남녀 모두의 폐암 환자에게서 조리흡 노출은 각각 OR 2.12 (95% CI: 1.81-2.47), OR 1.78 (95% CI: 1.50-2.12), OR 6.20 (95% CI: 2.88-13.32)로 유의하게 높은 연관성을 나타냄.

(11) Yao & Shi(2003), 중국, 중국 학술지로 초록만 검색함.

1990년부터 2001년까지 폐암 위험요인에 관한 41개의 역학 연구 메타분석 결과, 누적 사례 5,600명과 대조군 6,892명을 대상으로 실내 석탄 오염 (OR 3.20), 실내 조리흡 오염(OR 2.72), 주방 환기 부족(OR 2.13), 평생 석탄 사용(OR 1.50) 등이 폐암 발병 위험을 유의하게 높이는 요인으로 나타남.

(12) Zhang 외(2001), 중국, 중국 학술지로 초록만 검색함.

1990년부터 1999년까지 7개의 사례-대조군 연구 메타분석 결과, 누적 사례 1,115명과 대조군 1,520명을 대상으로 조사한 결과 흡연하지 않은 여성의 폐암과 조리흡 오염 또는 석탄 연소 오염 정도가 유의미한 연관이 있는 것으로 나타남.

(13) Zhong 외(1999), 중국

9건의 사례 연구를 통해 중국식 요리로 인한 실내 공기 오염과 폐암 위험 간에 일관되게 긍정적인 연관성이 있음을 보고함. 3건의 실험 연구에서는 가열된 기름에서 배출되는 휘발성 물질이 여러 시험관 내 단기 테스트에서 돌연변이를 유발하는 것으로 나타남. 중국식 요리로 인한 실내 공기 오염이 폐암의 원인일 수 있다고 주장함. 주요 결과는 아래와 같음.

### 3) 고온 튀김(High temperature frying) 요리와 폐암 위험과의 연관관

고온 튀김 요리와 폐암 위험과의 연관관을 파악하기 위하여 IARC Monographs Vol. 95 보고서를 참고하였음.

#### (1) 고온 튀김 요리에서 발생하는 유해인자

기름을 사용한 튀김 과정에서 식용유와 지방의 분해로 휘발성 유기 화합물(VOCs) 및 반 휘발성 화합물(SVOCs)이 생성됨. 조리 시 배출되는 주요 유기 화합물로는 알칸, 알켄, 알칸산, 카르보닐, 다환 방향족 탄화수소(PAHs), 방향족아민 등이 있으며, 주요 휘발성 화합물은 알데히드, 알코올, 케톤, 페놀 등임. 특히 발암성 우려가 있는 PAHs, 헤테로사이클릭 아민, 알데히드 등이 포함되며, 조리 시 미세 입자와 초미세 입자의 농도가 증가함. 유해 물질 배출은 식용유 종류, 온도, 음식 종류 및 조리 방법에 따라 달라짐.

#### (2) 주요 역학 연구

고온 조리흡과 폐암 간 잠재적 연관성을 조사한 역학 연구에서, 조리흡 노출 관련 변수들이 폐암과 유의한 연관성을 보임(Metayer et al., 2002; Yu et al., 2006; Zhong et al., 1999a; Zhong et al., 1999b). 이 자료는 IARC 모노그래프(2010)의 요약 부분을 바탕으로 하며, 주로 일반 인구를 대상으로 수행한 연구임. 연구에서 사용된 노출 변수는 튀김 방식(볶음, 튀김, 팬 튀김), 튀김 빈도, 조리 습관(조리 시작 연령, 조리 기간), 주방 환기, 주방과 침실 구분, 조리 시작 연령, 눈 자극 빈도, 주방 내 연기 등이었음. 식당 근로자를 대상으로 한 폐암 위험 연구는 없었음.

또한, IARC는 2010년 모노그래프에서 고온 튀김 요리에서 발생하는 조리 흡이 사람에게 폐암 발암성 위험이 있을 가능성이 있다고 결론지었으며 (probably carcinogenic to humans, Group 2A), 역학 연구에서는 제한적 증거, 동물실험에서는 충분한 근거가 있음을 확인함.

식용유는 100°C 이하에서는 돌연변이 유발 가능성이 거의 없으나, 230°C 이상에서 유발 가능성이 높아짐. 볶음, 튀김, 팬에 튀기는 방식 간의 유의한 위험 차이는 없었음.

역학 연구는 식용유 종류별로 구분할 만큼 상세하지 않았고, 동물실험에서는 정제되지 않은 유채유가 돌연변이 유발 위험이 더 높다는 결과를 보였음. 고온으로 가열된 일부 오일의 배출 산물이 돌연변이 유발 위험을 지닐 수 있음을 확인하였으며, 이러한 위험은 고온 식용유 조리흡에 기인할 가능성이 있다고 결론을 내림.

#### 4) 역학 연구 결과 고찰

##### ○ 조리흡과 건강 영향과의 관계

본 연구에서는 조리흡(Cooking Oil Fumes, COFs)과 건강 영향과의 관계를 문헌 고찰을 통해 정리함. 고찰할 건강 영향은 COFs와 유전독성 연구, 호흡기 질환 그리고 폐암임.

##### ○ 폐암의 직업적 노출 및 COFs

모든 폐암 환자의 약 25% 정도는 비흡연자에서 발생하는 것으로 알려져 있고, 최근 금연 프로그램으로 인해 그 수가 증가하고 있는데, 그중에 직업적 노출 이외에도 COFs도 주요 요인으로 거론되고 있음.<sup>17)</sup>

##### ○ 중국 여성들의 폐암 발병률

중국 여성의 폐암 발병률이 비정상적으로 높은 이유 중의 하나로 볶음 요리에 널리 사용되는 유채 기름(식물성)과 관련이 있으며, 콩기름과 유채기름 자체는 암을 유발할 수 없으나 기화된 성분이 암을 유발할 수 있는 것으로 조사됨<sup>18)</sup>.

##### ○ 국제암연구소(IARC)의 COFs-폐암 관련성 보고

국제암연구소(IARC)에서는 2010년에 COFs와 폐암과의 관련성에 대하여 보고하였는데, 1970년대부터 중국, 대만, 홍콩, 싱가포르 17개의 환자-대조군 연구에서는 비흡연자의 여성에서 발생한 폐암의 원인으로 실내공간에서

17) Pallis AG, Syrigos KN. Lung cancer in never smokers: disease characteristics and risk factors. Crit Rev Oncol Hematol. 2013;88(3):494-503

18) Lung cancer tied to vapor from oil in stir frying, Newyork Times(1987. 11. 1)

노출되는 COFs를 거론하고 있음.

이들 연구 중에서는 COFs 노출과 폐암과의 관련성과 관련하여 통계적으로 유의미한 결과가 나타나지 않은 연구도 있지만, 통계적으로 의미가 있는 연구들도 많은데, 그중에는 조리 빈도가 많거나, 조리 기간이 길거나, COFs의 농도가 높거나, 흡 제거 장치(fume extractor)가 없을 경우에 폐암 발생 위험이 높다고 보고하고 있음. 그러나 이와 같은 보고의 연구 방법, 대조군의 형태, 자료 수집의 방법이 상이할 뿐만 아니라 폐암 진단의 조직학적 확진의 정도도 다르면서 연구 결과의 범위가 넓고 일정하지 않은 데다가 대부분 여성 비흡연자를 대상으로 하는 연구(12개 연구)이어서 IARC에서는 조리과정에서 발생하는 고온의 배출물질(Frying, emissions from high temperature)을 폐암과 관련하여 아직까지 제한적 증거(limited evidence)가 있다고만 보고하였음.

따라서, 이러한 문헌 검토 결과를 고려하면 조리 중에 발생하는 COFs와 폐암과의 관련성은 확실하지 않지만, 양-반응 관계가 확인된 여러 연구들이 있다는 점을 고려하면 지방이 함유된 기름이나 음식을 이용한 튀김, 볶음, 구이 요리에서 발생하는 COFs에 장기간 노출될 경우에는 폐암 발생 위험이 크다고 할 수 있음.

### ○ 2020년 우리나라 국가암등록통계 중 폐암 발생률

- 2020년 우리나라 국가암등록통계 주요 결과 폐암 발생률은 갑상선암 다음으로 두 번째로 많음.<sup>19)</sup> 특히 비흡연자의 폐암 발생을 보면, 전체 폐암 환자 중 여성이 35%이며 여성 폐암 환자 중 87.5%가 비흡연 폐암임. 여성 폐암 환자와 비폐암 환자의 비교하였을 때 취사 연료 유형에 따른 차이는 없었으나 조리 방법에서 기름사용 및 주방 내 연기 정도에 따른 차이가 있어, 폐암 환자 경우 기름사용이 많았음.<sup>20)</sup> 이처럼 호흡기 질환과 미세먼지(Particulate Matter: PM)

19) 국립암센터 암등록통계(2022년 12월 30일)에 의함.

20) 대한폐암학회에서 한국인 비흡연 여성의 폐암에 대한 조사 연구(2018년)를 수행한 결

노출이 연관성이 높은 것이 밝혀지면서 환경개선의 요구가 높아지고 있음.

○ 조리흡(COFs)에 노출되는 경우에는 통계적으로 유의미한 수준으로 폐암 발생이 증가하고 있으며, 위험요인 노출과 폐암 발생 간에 용량-반응 관계도 확인되고 있음.

- 조리흡 내에는 다핵방향족탄화수소(Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs), 알데하이드류, 휘발성유기화합물, 미세분진, PM<sub>2.5</sub> 등이 존재하며, 다핵방향족탄화수소 등에 장기간 노출 시 유전자 손상, 돌연변이 유발, 종양 형성, 폐암 발병률 증가 등을 일으킬 수 있음. PM<sub>10</sub>에 노출된 성인은 알레르기 위험이 높으며 동물실험에서 포름알데히드 노출군은 IgE, 기도과민성 발생을 유도함.
- 아크롤레인, 포름알데히드는 흡입 시 기도에 국부 자극을 일으킬 수 있음 (Ghilarducci and Tjeerdema, 1995; Costa and Amdur, 1996).
- 태국에서 142개 음식점에서 근무하는 224명의 근로자를 대상으로 British Medical Research Council의 설문지를 이용하여 호흡기 증상에 대한 조사를 한 결과 조리를 담당하는 근로자들에게 “기침”과 “호흡 곤란”의 위험이 더 높게 나타났고, 조리대 사용 공간이 분리된 식당의 종사자들은 주로 ‘씩씩거림’과 ‘코막힘’이 발생한 반면, 3개 이상의 스토브가 있는 대형 식당 종사자는 ‘씩씩거림’ 위험이 그렇지 않은 가게보다 3.82배 높았고 ‘코막힘’이 발생함. 한 것을 확인함(C. Juntarawijit & Y. Juntarawijit, 2017)<sup>21)</sup>
- 또한, 조리흡에는 알레르기 원인물질인 균, 곰팡이, 화학물질 등이 포함되어 있으며, 이러한 물질들은 호흡기계의 염증반응을 일으킴.

과임.

21) C. Juntarawijit & Y. Juntarawijit, Cooking smoke and respiratory symptoms of restaurant workers in Thailand, BMC Pulm Med. 2017 Feb 17;17(1):41. doi: 10.1186/s12890-017-0385-7.

- 2002~2010까지 대만에서 1,302건의 폐암 사례와 1,302의 대조군에 대해 “조리 시간-년(Year)”과 “환기 후드 사용 비율”을 지표로 하여, 식용유 연기 노출과 폐암 사이의 관계를 조사하고, 환기 후드의 영향을 평가한 연구에서 회귀 모델을 사용한 COFs 노출과 폐암 사이의 용량-반응(Dose-Response) 관련성을 확인하였으며, 환기용 후드도 실험군(94.9%)이 대조군(97.8%)보다 덜 사용하였으며. 라드(동물성지방)를 자주 사용하는 경우에서도 실험군(4.9%)이 대조군(2.6%)보다 더 높은 것으로 나타남.<sup>22)</sup>
- 일부 조리흡은 호흡기 질환의 주요 원인인 대기 오염물질로 간주하며 이러한 오염물질에는 PAH뿐 아니라 미세먼지, 휘발성 유기화학물질, 광학 및 황산염 등이 포함되어 폐의 기도를 자극하여 호흡기 질환을 유발함. 미세먼지는 폐 기능을 감소시키고 만성폐쇄성폐질환(COPD)과 같은 호흡기 질환을 악화시키는데 기여하며, 천식, 폐부종, 호흡기 알레르기 반응 및 폐 경화증 등의 호흡기 질환과도 관련이 있음.
- 급식 조리 직군이 주로 호소하는 건강 질환 호소 문제는 안구건조증이 가장 높았으며 알레르기성 비염, 아토피성 피부염 순이었으며, 혈액 면역 검사상 조리 직군에서 염증반응 및 알레르기 반응 수준이 유의하게 높았음.

### ○ 조리흡(COFs)과 유전독성

COFs와 주요 유전독성 연구 결과를 고찰하고 비교하였으며 핵심 연구 결과는 총 4편으로 <표 II-7>에 정리함.

22) TY Chen, YH Fang, HL Chen CH Chang, et al., Impact of cooking oil fume exposure and fume extractor use on lung cancer risk in non-smoking Han Chinese women, Scientific Reports volume 10, Article number: 6774 (2020)

**〈표 II-7〉 Key results from various studies on the genetic effects of Cooking Oil Fumes (COF)**

Part of genetic effect study	Key Results	References
Toxicity of Cooking Oil Fumes	COFs exposure is linked to lung cancer and other respiratory diseases, especially in workers.	Rim KT(2023)
Cytogenetic Consequences	High frequency of chromosomal aberrations and DNA damage in COFs-exposed workers, especially those who smoke.	Manikantan Pappuswamy et al.(2021)
Toxic Effect on Lungs	COFs induces oxidative and endoplasmic reticulum stress, aggravating lung injury	Manikantan Pappuswamy et al.(2021)
	Combination of risk genotypes and COFs exposure significantly increases lung cancer risk.	Wang et al.(2024)
Genotoxicity of Rapeseed Oil Fumes	Cooking fumes showed mutagenic activity, increasing the frequency of sister chromatid exchanges.	

## ○ 조리흙(Cooking Oil Fumes, COFs)과 유전독성

조리흙과 유전독성 연구 결과는 2편<sup>23)24)</sup>에서 자세히 고찰함. 두 연구는 모두 식용유 연기(COFs)에 대한 직업적 노출이 식품 산업 종사자의 건강과 유전자에 미치는 영향을 연구함. COFs에는 휘발성 유기 화합물(VOC)과 발암 물질을 포함한 각종 가스상, 입자상물질이 포함된 것으로 잘 알려져 있음.

## ○ 연구 대상자 및 건강 영향 평가 지표

연구 대상자는 흡연자 및 비흡연자를 포함하여 COFs에 주기적, 만성적으로 노출되는 식품 산업 종사자와 비교 대조군임. 주요 건강 영향과 유전학적 세포 영향을 분석하고 비교함. 건강 영향 평가 지표로는 호흡기 기능 검사 및 산화 스트레스 등이었으며 세포 유전학적 분석은 및 DNA 변형을 나타내는 유전적 독성의 생물학적 마커였음.

## ○ 연구 주요 결과

- 첫째, 호흡기 건강 영향으로 COFs에 노출된 근로자는 만성 기관지염 및 천식과 같은 호흡기 질환의 유병률이 더 높았음. 산화 스트레스는 COFs에 노출된 근로자의 혈액 샘플에서 높은 수준으로 발견되었으며, 이는 세포 손상이 증가

---

23) Manikantan Pappuswamy et al., Cytogenetic Consequences of Food Industry Workers Occupationally Exposed to Cooking Oil Fumes (COFs), Asian Pac J Cancer Prev . 2021 Nov 1;22(11):3591-3599.

24) Lai Zi-hong et al. Investigation of Health of Workers Occupationally Exposed to Cooking Oil Fume, · 2005, Journal of Environmental Health

했음을 나타냈음.

- 둘째, 유전적 독성으로 COFs에 노출된 근로자에게서 미세핵 변화 (Micronucleus changes, MN), 염색체 이상(Chromosome Aberrations, CA) 및 DNA 변형을 계산하는 유전적 독성의 생물학적 마커들이 관찰되었음. COFs에 장기간 노출되면 특히 호흡기에 영향을 미치고 유전자 변형을 유발하는 등 심각한 건강 문제가 발생할 수 있다는 것을 나타냄. COFs에 노출된 흡연자는 더 높은 수준의 유전자 변형을 보인 것으로 관찰됨. 흡연 습관을 가진 식용유 연기(COFs)는 유전자 변형을 악화시키는 상당한 위험 요소로 알려져 있음.
- Manikantan Pappuswamy et al.<sup>25)</sup>의 연구에서 흡연 습관에 따라 상당한 수준의 유전적 손상이 COFs 요인에 의해 유발된다는 것을 발견함. 노출 기간이 늘어날 경우 COFs 노출에서도 유전적 독성 영향이 나타나고 흡연자인 경우는 더 높은 수준의 유전적 독성 영향을 유도함. COFs 노출된 근로자들 사이에서 자연 유산과 같은 유전 질환의 발생률이 높아지는 것과 함께 염색체 수준에서 유의미한 변화가 발견됨.
- Lai Zi-hong et al. 등<sup>26)</sup>은 광저우시 동산구에서 요식업에 종사하는 108명을 대상으로 설문조사와 혈청 MDA, SOD, 리소자임 활성, 말초 림프구의 미세핵 형성, 혈중 지질, 혈액 루틴 지수 및 활력 용량을 측정함. 대조군에 비해 노출군에서 혈청 MDA, 말초 림프구의 미세 핵 형성, CHOL, apoB LDL, WBC 및 단핵 세포가 유의하게 높았으며 혈청 MDA, CHOL, apob, LDL, 말초 림프구의 미세 핵 형성 수준과 근무 기간 사이에 양의 상관 관계가 있는 것을 발견함. COFs는 산화-항산화 시스템을 손상시키고 인체에 유전적 독성을 일으키는 것을 발견함.

25) Manikantan Pappuswamy et al., Cytogenetic Consequences of Food Industry Workers Occupationally Exposed to Cooking Oil Fumes (COFs), Asian Pac J Cancer Prev . 2021 Nov 1;22(11):3591-3599.

26) Lai Zi-hong et al. Investigation of Health of Workers Occupationally Exposed to Cooking Oil Fume, · 2005, Journal of Environmental Health

## ○ COFs 노출의 유전적 영향에 관한 연구 결과

COFs 노출의 유전적 영향에 대한 다양한 연구를 종합한 결론은 다음과 같음.

- 첫째, COFs 노출은 유전적 변화를 일으킴. 특히 흡연과 함께 COFs에 노출되면 염색체 이상(CA), 미세핵(MN) 변화, DNA 손상 빈도가 증가하는 등 심각한 유전자 변이가 발생할 수 있음.<sup>27)28).</sup>
- 둘째, COFs 노출은 암 위험을 증가시킴. TERT 및 CLPTM1L 유전자와 같은 특정 유전적 다형성은 COFs에 노출된 비흡연 여성의 폐암 위험 증가와 관련이 있었음. 또한 miRNA SNP와 COFs 노출 간의 상호작용은 폐암 위험을 크게 증가시킴.<sup>29)</sup>
- 셋째, 돌연변이 유발 위험도 있음. 유채유와 같은 기름에서 발생하는 COFs는 상당한 돌연변이 유발 활성을 보여 유전자 손상 가능성을 나타냄.<sup>30)</sup>
- 위험 유전자형과 COFs 노출의 조합은 폐암 위험을 크게 증가시킬 수 있음.

27) Xiaoyang Zhang et al. Adverse effects of subchronic exposure to cooking oil fumes on the gonads and the GPR30-mediated signaling pathway in female rats. December 2019 *Molecular & Cellular Toxicology* 16(4):1-12

28) Manikantan Pappuswamy et al., Cytogenetic Consequences of Food Industry Workers Occupationally Exposed to Cooking Oil Fumes (COFs), *Asian Pac J Cancer Prev* . 2021 Nov 1;22(11):3591-3599.

29) Manikantan Pappuswamy et al., Cytogenetic Consequences of Food Industry Workers Occupationally Exposed to Cooking Oil Fumes (COFs), *Asian Pac J Cancer Prev* . 2021 Nov 1;22(11):3591-3599.

30) Wang et al., Diverse Metabolic Effects of Cooking Oil Fume from Four Edible Oils on Human BEAS-2B Cells: Implications for Health Guidelines, *Environ Sci Technol*. 2024 Jan 23;58(3):1462-1472

### 3. 조리흡 발생 실험 연구 결과

본 실험 연구에서는 각종 조리 특성(오일 종류, 연료, 요리 종류 등)에 따른 공기 중 먼지 등 유해인자 발생 특성을 파악하고자 2020년 이후의 최신 문헌을 위주로 조사하였고 대부분 중화권의 문헌이었음. 그중 8편의 문헌을 요약하고 주요 결과를 <표 II-8>과 같이 정리함.

〈표 II-8〉 조리 작업 실험 연구 결과

참고문헌, 발간 연도	실험실 환경	측정 방법	사용오일	연료	요리	연구 결과
Ziyi Han 외(2023), China.	공기역학 시험 플랫폼 구축	DustTrak™DR X에어로졸 모니터 (TSI8530)를 사용하여 입자 측정 (3L/min)	-	-	사천요리 절강 요리 구이	<ul style="list-style-type: none"> <li>-COFs 입자크기 분포는 대략적인 로그 정규 분포를 따르는 것으로 나타남.</li> <li>-세 가지 대표적인 중국 요리를 비교한 결과 구이, 사천요리, 절강 요리 순으로 COFs가 많이 발생함.</li> <li>-볶음 단계의 COFs 입자 수가 튀김 단계보다 유의하게 높음.</li> <li>-고지방 식품이 저지방 식품보다 더 높은 농도의 COFs가 발생함.</li> <li>-COFs는 수증기에 의해 형성된 많은 수의 에어로졸 입자의 영향을 받음</li> </ul>

조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및 관리방안 연구

<p>Yujiao Zhao 외 (2023), China.</p>	<p>5.4 × 3.6 × 2.9 m<sup>3</sup> 챔버 구축</p>	<p>Lighthouse 3013 레이저 입자 계측기를 사용하여 입자 측정</p>	<p>옥수수 오일</p>	<p>전기</p>	<p>-</p>	<p>-식재료, 음식의 종류, 모양은 입자 배출에 큰 영향을 미치지 않음. -물 끓이는 과정에서는 짧은 시간(60초) 내에 많은 양의 입자가 방출되며 큰 입자(0.5~1.0 μm)가 많이 발생하고, 기름이 가열 시 작은 입자(0.3 μm 이하)가 더 많이 발생함.</p>
<p>Wei Zhang 외 (2022), China.</p>	<p>복단 대학 존링 빌딩에 주방 연구실 구축 (2.5m × 2.0m × 3.0m)</p>	<p>응축 입자 계측기(CPC, TSI 모델 3776)를 사용하여 모니터링</p>	<p>대두유, 올리브유, 옥수수유, 땅콩유</p>	<p>전기</p>	<p>-</p>	<p>- 4가지 식용유를 가열하여 생성된 입자에 대한 입자 수 농도와 크기 분포의 시간 의존적 변화를 보여줌 - 대부분의 직경은 UFPs에 속하는 20~50 nm의 크기 범위 내에서 검출됨. - 입자 수 농도가 처음에 증가한 다음 점차 감소하며, 올리브오일 &gt; 옥수수오일 &gt; 땅콩오일 &gt; 대두유 순으로 입자가 생성됨</p>

Kuang-Mao Chiang (2022), Taiwan.	대만의 국립건강 연구소의 시뮬레이션 주방 (3.25m × 3.10m × 2.75m)에서 수행	DustTrak™DRX 에어로졸 모니터 (TSI8530)를 사용하여 입자 측정 (3L/min)	팜유, 식용유, 올리브유	전기	감자튀김	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 총입자 수 농도는 팜유 &gt; 대두유 &gt; 올리브 순으로 나타남.</li> <li>- 세 가지 오일에서 유사한 입자 질량 농도를 보였으며 방출된 입자크기가 작을수록 입자 수 농도가 높고 방출된 입자크기 클수록 입자 수 농도가 낮아지는 것으로 관찰됨.</li> <li>- 3가지 기름으로 튀긴 감자튀김 중 나프탈렌, 아세나프틸렌, 플루오렌, 등 21가지 PAH 화합물의 기체 및 입자상물질이 관찰됨.</li> </ul>
Xingyun Liu 외 (2022), China.	시뮬레이션 주방 설치	PM:TSI 모델 8533 DustTrak-DRX 에어로졸 모니터를 사용하여 모니터링	-	대나무 숯	<ul style="list-style-type: none"> <li>-흰 후추,</li> <li>-소금</li> <li>-마늘 가루</li> <li>-1:2:2 비율로 섞은 혼합 향신료(MS)</li> <li>4가지 첨가제로 재운 고기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-흰 후추, 소금, 마늘 및 MS로 모든 절임 처리가 된 고기가 대조군에 비해 PM 농도가 낮았음. 흰 후추로 절인 고기는 PM 질량 농도에서 가장 큰 감소를 보임.</li> <li>-대부분의 입자상물질은 PM<sub>2.5</sub>에 해당함</li> </ul>

조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및 관리방안 연구

<p>Hanyu Zhang 외 (2022), China.</p>	<p>시뮬레이션 및 수집 플랫폼이 구축</p>	<p>2,4-DNPH로 함침된 실리카 카트리지에 의해 1L/min의 유량으로 수집됨</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-바비큐 -화이양 요리 -쓰촨 및 후난 요리 -광둥 요리 -산둥 요리 -가족 요리</p>	<p>- VOC(TVOC) 농도는 바비큐 &gt; 화이양 요리 &gt; 쓰촨 및 후난 요리 &gt; 광둥 요리 &gt; 산둥 요리 &gt; 가족 요리 순으로 나타남 - 바비큐에서 방출되는 TVOC의 농도가 다른 요리에서 발생하는 TVOC의 농도보다 4.7~7.9배 더 높음 - 화이양 요리에서 알코올(에탄올)은 매우 높은 수준 (79.5%)으로 검출됨.</p>
<p>Musa Bandowe 외 (2021), Hongkong.</p>	<p>19.1m<sup>3</sup> (3.05m × 3.05m × 2.05m) 스테인리스 스틸 시험 챔버에서 수행</p>	<p>입자 샘플러 (DRI MEDVOL) 사용하여 샘플링 함</p>	<p>-</p>	<p>전기</p>	<p>볶음 쌀국수 닭튀김 요리</p>	<p>- 볶음 쌀국수, 및 닭튀김 요리에서 높은 탄소 분율(&gt;60%)이 나타남 - 볶음 쌀국수에서 벤조[a]피렌이 제일 많이 검출됨. - 닭튀김 요리에서 볶음 쌀국수에 비해 Σ30PAHs, Σ170PAHs 및 Σ4AZAs의 농도가 더 높은 수준으로 관찰됨.</p>

Zhai 외 (2020), China.	일반적인 주방 환경 조건 구축	FLUKE 983 Particle Counter를 사용하여 입자 측정	6가지 (야채유, 카놀라유, 옥수수유, 올리브유, 땅콩유, 코코넛유)	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>-입자의 크기가 작을수록 더 많은 입자가 생성되고 더 빨리 나타남</li> <li>-생성된 입자의 크기는 대부분 10 um 이하임.</li> <li>-오일 온도에 따른 PM<sub>2</sub> 입자 수는 150~ 200°C 이상에서 급격하게 늘어남.</li> <li>-코코넛 오일과 올리브 오일의 PM<sub>10</sub> 배출량은 다른 오일에 비해 높은 수준을 보임.</li> </ul>
-----------------------------	---------------------	--	--	---	---	--

문헌 고찰 결과 조리 오일과 요리 종류에 따라 PM의 크기와 농도에 미치는 영향이 다르게 나타났으며 또한 VOC 등 기타 화합물의 종류도 달라짐을 알 수 있었음.

#### ○ 조리 오일에 PM 크기 및 농도, 입자 생성에 미치는 영향

- 오일 종류에 상관없이 입자크기 및 생성과 관련하여 유사한 관찰되었으며, 입자의 크기가 작을수록 더 많은 입자가 생성되고 더 빨리 나타났음.
- 직경 0.3 um 이하의 입자가 가장 많이 생성되었고, 가장 빨리 생성되었으며, 생성된 입자의 크기는 대부분 10 um 이하였음. 특히, 코코넛 오일과 올리브 오일은 약 150℃에서, 카놀라유는 약 205℃, 땅콩유는 약 215℃에서 입자 생성을 시작함.
- 식용유만 가열해서 비교한 결과 올리브오일 > 옥수수오일 > 땅콩오일 > 대두유 순으로 입자가 생성되었고, 식용유 가열 시 생성된 UPF 수 비율은 땅콩오일 > 올리브오일 > 옥수수오일 > 대두유 순이었음.
- 조리 방법이나 음식 종류에 따라 오일 종류에 상관없이 입자상물질의 생성 순서와 농도가 달라짐.(예, 감자튀김 조리 시 팜유 > 대두유 > 올리브유 순으로 입자상물질의 농도가 높음)

#### ○ 조리 방법에 따른 PM 크기 및 농도

- 대표적인 중국 요리를 비교한 결과 구이 > 사천 요리(SC) > 절강 요리(ZC) 순으로 입자상물질을 방출했으며, 구이에서 제일 높은 수준의 입자상물질을 방출함.

- 볶음에서의 입자상물질이 튀김보다 높게 나타남.
- 고지방 식품이 저지방 식품보다 더 높은 농도의 입자상물질을 방출함.
- 수분이 많은 식품이 많은 수의 입자상물질을 방출함을 알 수 있음.

#### ○ 요리 종류에 따른 TVOC 농도

- 대표적인 중국의 6가지 요리의 총 VOC(TVOC)의 농도를 비교한 결과 바비큐 > 화이양 요리 > 쓰촨 및 후난 요리 > 광둥 요리 > 산둥 요리 > 가족 요리 순으로 나타났으며 바비큐에서 가장 높게 나타남을 알 수 있었음.
- 바베큐에서 방출되는 TVOC의 농도가 다른 요리에서 발생하는 TVOC의 농도보다 4.7~7.9배 더 높음을 알 수 있음.

이 외 조리 중 PAH 화합물의, 알데히드, 케톤화합물, 카르보닐 화합물 등이 검출됨을 여러 문헌을 통해 확인할 수 있었음. 또한, 실험실 연구에서는 연료의 종류가 다양하지 못하고 대부분 연료를 전기로 사용했기 때문에 연료에 따른 유해인자 발생 특성을 파악을 확인하지 못함.

각 문헌에 대한 자세한 내용은 아래에 있음.

## 1) Ziyi Han 외(2023), China.<sup>31)</sup>

### (1) 연구 방법 및 목적



[그림 II-2] Ziyi Han 외 연구(2023) 실험실 설정

- 이 실험은 [그림 II-2]와 같이 공기역학 실험 플랫폼 실험실을 구축하여 중국의 대표적인 3종 요리(사천 요리(SC), 절강 요리(ZC), 구이)의 조리과정에서 배출되는 COFs(Cooking Oil Fumes) 입자의 특성을 입자크기 분포, 총입자 수 농도 및 PM<sub>x</sub>에 초점을 맞춰 연구함.
- COFs 입자의 크기 분포는 SMPS(Palas@U\_SMPS시스템2200, 독일)를 사용하여 측정하였으며, 조리과정 중 입자 수 농도의 변화 특성을 파악하기 위해 CPC(TSI 3756, 미국)를 사용하여 측정하였음.
- 조리과정에서 COFs의 PM<sub>x</sub>를 측정하기 위하여 3 L/min으로 작동하는 DustTrak™ DRX 에어로졸 모니터(TSI 8530)를 사용함.

31) Ziyi Han, Xiaowei Chen, Yueyan Liu, Mingzhou Yu, Experimental Studies on Characteristics of Chinese Cooking Oil Fume Particles During Cooking and Ventilation. SSRN, 2023, <https://doi.org/10.2139/ssrn.4327488> .

## (2) 연구 결과

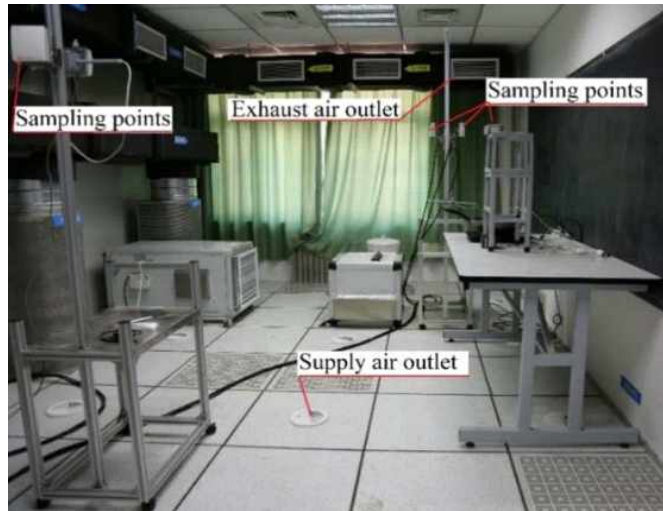
### ▪ COFs 입자크기 결과

COFs의 입자크기 분포는 조리 방법에 따라 크게 영향을 받으며, 대략적인 로그 정규 분포를 따르는 것으로 나타남.

- 세 가지 대표적인 중국 요리를 비교한 결과 구이가 가장 많은 양의 COFs를 생성하며 그다음 사천 요리(SC), 절강 요리(ZC) 순으로 나타남.
- 절강 요리(ZC)와 구이에서 생성되는 입자크기(약 80~150 nm)는 거의 동일하며, 사천요리(SC)에서 생성되는 입자(70~80 nm)보다 큼.
- COFs 입자 수 농도 결과
  - 볶음 단계의 COFs 입자 수가 튀김 단계보다 유의하게 높음.
  - 야채 볶음 단계의 COFs 입자 농도가 채 썬 돼지고기볶음 단계보다 훨씬 낮음. 이는 고지방 식품이 저지방 식품보다 더 높은 농도의 입자상물질을 방출한다는 것을 나타냄.
  - 토마토 볶음 단계의 COFs 입자 농도는 계란프라이 단계보다 훨씬 더 높음. 이는 수증기에 의해 형성된 많은 수의 에어로졸 입자의 영향으로 볼 수 있음.

## 2) Yujiao Zhao 외 (2023), China.<sup>32)</sup>

### (1) 연구 방법 및 목적



[그림 II-3] Yujiao Zhao 외 연구(2023) 실험실 설정

- 이 실험은 [그림 II-3]과 같이  $5.4 \times 3.6 \times 2.9 \text{ m}^3$ 의 챔버를 구축하였고, 인덕션 레인지를 열원으로 사용하여 진행함.
- 이 연구에서는 옥수수 기름과 물을 사용하여 다양한 식재료를(면, 감자, 생선, 두부, 미트볼, 돼지고기)를 끓일 때 발생하는 입자상물질의 배출 특성을 비교하였으며, Lighthouse 3013 레이저 입자 계측기를 사용하여 챔버 내의 입자 수 농도를 샘플링 함.

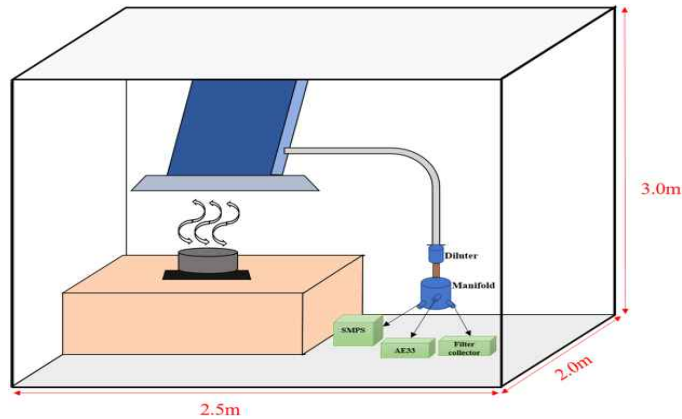
32) Yujiao Zhao et al., "Emission Characteristics of Particulate Matter from Boiling Food," *Atmosphere* 14, no. 167 (2023): 1-15, <https://doi.org/10.3390/atmos14010167>.

## (2) 연구 결과

- 식재료는 입자 배출에 큰 영향을 미치지 않음. 입자 수 농도를 결정하는 것은 끓는 물 자체임.
- 물 끓이는 과정에서는 짧은 시간(60초) 내에 많은 양의 입자가 방출되며 큰 입자(0.5~1.0  $\mu\text{m}$ )가 많이 발생하고, 기름 가열 시 작은 입자(0.3  $\mu\text{m}$  이하)가 더 많이 발생함.
- 물 가열 과정에서는 입자 수 농도, 크기 분포, 산술 평균 직경이 변하지 않았으나, 끓는 60초 이내에 모두 급격히 변함.
- 음식의 종류와 모양은 입자 배출 특성에 큰 영향을 미치지 않음.
- 끓이기 과정은 기름 가열보다 큰 입자를 더 많이 배출하며, 이는 환기시스템 설계에 중요한 영향을 미칠 수 있음
- 기존의 환기 시스템은 이러한 입자 배출 특성을 충분히 고려하지 못하고 있으며, 효율적인 환기 시스템 설계를 위해 추가 연구가 필요함.

### 3) Wei Zhang 외 (2022), China.<sup>33)</sup>

#### (1) 연구 방법 및 목적



[그림 II-4] Wei Zhang 외 연구(2024) 실험실 설정

- 복단 대학 존링 빌딩에 COFs의 관련 연구를 연구하기 위해 [그림 II-4]와 같이 주방 연구실을 구축하였고, 크기는 길이 2.5m, 너비 2.0m, 높이 3.0m임.
- 이 연구에서는 대두유, 올리브유, 옥수수유, 땅콩유를 가열하여 생성된 COFs의 입자 수 크기 분포와 흡광 계수(babs)에 대한 심층 연구를 수행함(본 연구에서는 COFs 입자 수 크기 분포 결과만 다룸).
- 응축 입자 계수기(CPC, TSI 모델 3776)를 사용하여 모니터링함.

33) Wei Zhanget al., "Size-fractionated ultrafine particles and their optical properties produced from heating edible oils in a kitchen laboratory," Science of The Total Environment, Volume 853, <https://doi-org.libproxy.changwon.ac.kr/10.1016/j.scitotenv.2022.158385>

## (2) 연구 결과

- 4가지 식용유를 가열하여 생성된 입자에 대한 입자 수 농도와 크기 분포는 시간 의존적 변화를 보여줌.
- 대부분의 직경은 UFPs(ultrafine particles)에 속하는 20~50 nm의 크기 범위 내에서 검출됨. 이러한 결과는 다른 연구(Siegmann and Sattler, 1996<sup>34</sup>); Yeung and To, 2008<sup>35</sup>)에서도, 조리과정에서 생성된 입자가 주로 UFP에 집중되어 있음을 알 수 있음. 연구 간의 작은 차이는 가열 온도와 관련이 있지만 식용유의 종류와는 관련이 없음(Gao et al., 2013<sup>36</sup>).
- 연구 결과 입자 수 농도는 처음에 증가한 다음 점차 감소하며, 최대 농도는 가열 과정을 시작한 후 약 9분에 나타남.
- 올리브오일 > 옥수수오일 > 땅콩오일 > 대두유 순으로 입자가 생성됨.
- 4가지 식용유 입자 수 크기 분포 모두 두 가지 피크를 가진 로그 정규 분포 형태를 보임. 이때 두 번째 작은 피크는 조리과정에서 방출된 UFP의 충돌과 응고로 인한 것일 수 있다고 함.
- 식용유 가열 시 생성된 UFP 수 비율은 땅콩유 > 올리브유 > 옥수수유 > 대두유 순이며, 땅콩유를 가열할 때 가장 많은 UFP를 방출함(Abdullahi et al., 2013<sup>37</sup>).

34) Siegmann, K., Sattler, K., 1996. Aerosol from hot cooking oil, a possible health hazard. *J. Aerosol Sci.* 27, 493-494.

35) Yeung, L.L., To, W.M., 2008. Size distributions of the aerosols emitted from commercial cooking processes. *Indoor Built Environ.* 17, 220-229.

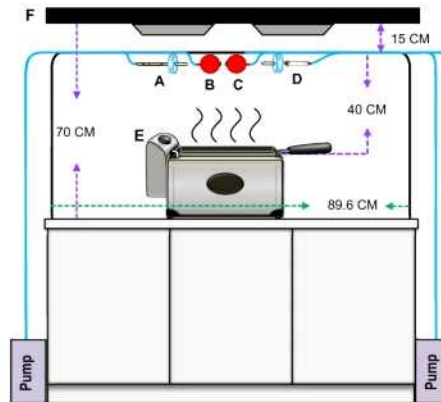
36) Gao, J., Cao, C., Zhang, X., Luo, Z., 2013. Volume-based size distribution of accumulation and coarse particles (PM<sub>0.1-10</sub>) from cooking fume during oil heating. *Build. Environ.* 59, 575-580.

37) Abdullahi, K.L., Delgado-Saborit, J.M., Harrison, R.M., 2013. Emissions and indoor concentrations of particulate matter and its specific chemical components from cooking: a review. *Atmos. Environ.* 71, 260-294.

#### 4) Kuang-Mao Chiang 외 (2022), Taiwan.<sup>38)</sup>

##### (1) 연구 방법 및 목적

- 이 연구는 지방산 조성이 다른 세 가지 인기 있는 조리용 오일을 사용하여 튀김에서 나오는 여러 가지 유해 배출물(입자상 또는 기체상 오염물질)을 비교하고자 함.



[그림 II-5] Kuang-Mao Chiang 외 연구(2022) 실험실 설정

- 모든 실험은 대만의 국립건강연구소의 시뮬레이션 주방(L × W × H = 3.25m × 3.10m × 2.75m)에서 수행되었음. 전기스토브로 3가지 튀김용 식용유(팜유, 대두유, 올리브유)를 사용하여 감자튀김 요리를 12회 진행함.

38) Chiang, K.-M., Xiu, L., Peng, C.-Y., Lung, S.-C. C., Chen, Y.-C., & Pan, W.-H. (2022). Particulate matters, aldehydes, and polycyclic aromatic hydrocarbons produced from deep-frying emissions: Comparisons of three cooking oils with distinct fatty acid profiles. *npj Science of Food*, 6(28). <https://doi.org/10.1038/s41538-022-00143-5>

## (2) 연구 결과

- 연구 결과 팜유에서 배출된 총입자 수 농도( $(3896 \pm 1797) \times 103 \#/\text{cm}^3$ )가 대두유 ( $(469 \pm 476) \times 103 \#/\text{cm}^3$ )와 올리브유 ( $(400 \pm 156) \times 103 \#/\text{cm}^3$ )에서 배출된 총입자 수 농도보다 상당히 높은 것으로 나타남.
- 세 가지 오일 모두 입자 수 농도의 경우 단봉 분포를, 입자 질량 농도의 경우 이봉 분포가 관찰됨. 또한 세 가지 오일에서 유사한 입자 질량 농도를 보였으며 방출된 입자크기가 작을수록 입자 수 농도가 높았으며, 방출된 입자크기가 클수록 입자 수 농도가 낮아지는 것으로 나타남.
- 3가지 기름으로 튀긴 감자튀김 중 나프탈렌, 아세나프틸렌, 플루오렌, 등 21가지 PAH 화합물의 기체 및 입자상물질이 관찰됨.

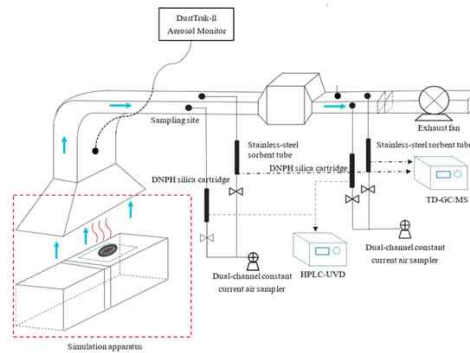
## 5) Xingyun Liu 외 (2022), China.<sup>39)</sup>

### (1) 연구 방법 및 목적

- 이 연구에서는 흰 후추, 소금, 마늘 가루, 복합(소금, 흰 후추, 마늘, 1:2:2 비율)첨가제를 포함한 네 가지 첨가제가 구운 고기에서 나오는 요리 연기의 배출 특성에 미치는 영향을 조사함.
- 실험을 위해 시뮬레이션 주방을 설치하였으며, 소금, 흰 후추, 마늘, 복합 4종류의 첨가제로 고기를 재웠고 대나무 숯을 연료로 고기를 구워 실험을 진행함.
- 입자 질량 농도와 크기 분포는 TSI 모델 8533 DustTrak-DRX 에어로졸 모니터

39) Liu, X., Xing, W., Xu, Z., Zhang, X., Zhou, H., Cai, K., Xu, B., & Chen, C. (2022). Assessing Impacts of Additives on Particulate Matter and Volatile Organic Compounds Produced from the Grilling of Meat. *Foods*, 11(833). <https://doi.org/10.3390/foods11060833>

터(미국 미네소타주 세인트폴)를 사용하여 모니터링함. 카르보닐 화합물은 2, 4-DNPH(Sep-Pak DNPH-Silica Cartridges Plus-Short Body, Waters, Milford, MA, USA)로 함침된 실리카 카트리지로 샘플링하였으며, VOC는 Carbopack C 흡착제, Carbopack B 흡착제, Carboxen 1000 흡착제(60/80 mesh, Supelco, St. Louis, MO, USA)가 들어 있는 스테인리스 스틸 튜브(6 mm × 90 mm, PerkinElmer, Fremont, CA, USA)를 사용하여 수집함.



[그림 II-6] Xingyun Liu 외 연구(2022) 실험실 설정

## (2) 연구 결과

- 흰 후추, 소금, 마늘 및 복합첨가제로 모든 절임 처리가 된 고기가 대조군(절임 처리가 되지 않은 생고기)에 비해 PM 농도가 낮았음. 흰 후추로 절임 고기는 PM 질량 농도에서 가장 큰 감소를 보임.
- 이 연구에서 모든 그룹의 PM<sub>2.5</sub>/TPM은 86.49~91.59% 범위였으며, 대부분의 입자상물질은 PM<sub>2.5</sub>에 해당함.
- 소금, 흰 후추, 대조군 간의 총 카르보닐 화합물에서 통계적으로 유의미한 차이가 관찰됨(p<0.05). 또한 흰 후추, 소금, 마늘, 복합첨가제로 절임 처리군의 경우 평균 총 카르보닐 화합물 농도는 각각 7524.57±218.16 μg/m<sup>3</sup>,

6694.37±456.25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 7900.02±74.43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 8206.65±269.55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, 대조군에서 평균 농도가 가장 높았음(8331.33±274.45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

- 개별 카르보닐 화합물에 관해서는 포름알데히드, 아세트알데히드, 아세톤 및 프로피온알데히드가 가장 풍부한 카르보닐 화합물 순으로 높게 검출되었지만 고기 구이에서 발생하는 모든 조리 연기에서 아크롤레인이 검출되지는 않았음.
- 소금으로 미리 양념한 구운 고기의 총 VOC는 대조군(476.67±110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )과 비교하여 방출을 줄이는 능력을 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았으며( $p < 0.05$ ) 다른 세 가지 사전 처리 양념군에서만 총 휘발성 유기 화합물의 방출 농도가 유의하게 증가함( $p < 0.05$ ).

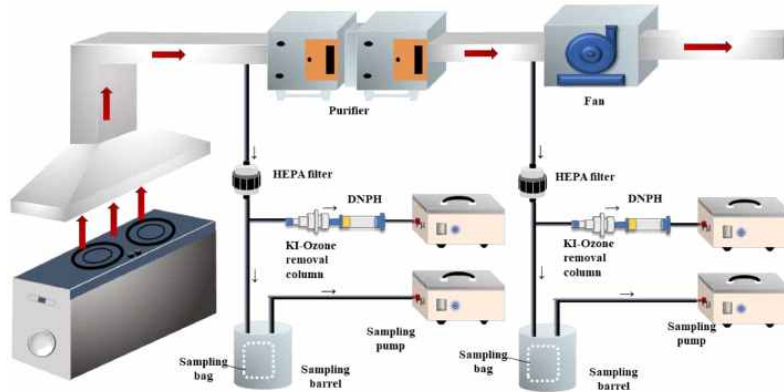
## 6) Hanyu Zhang 외 (2022), China.<sup>40)</sup>

### (1) 연구 방법 및 목적

- 이 연구를 통해 6가지 요리에서 방출되는 알칸, 알켄, 방향족, 알데히드 및 케톤, 알코올, 할로알칸 등을 포함한 VOC와 그 종의 농도 특성을 파악하고자 함.
- [그림 II-7]과 같이 조리 시뮬레이션 및 수집 플랫폼이 구축하였으며 샘플링을 위해 산둥 요리, 가정 요리, 쓰촨 및 후난 요리, 광둥 요리, 화이양 요리 및 바베큐를 포함하여 6가지 요리 유형을 선택함.
- 20개의 알데히드와 케톤은 2, 4-DNPH(Sigma-Aldrich, Germany)으로 함침된 실리카 카트리지에 의해 1 L/min의 유량으로 수집됨.

---

40) Wei Zhanget al., "Size-fractionated ultrafine particles and their optical properties produced from heating edible oils in a kitchen laboratory," Science of The Total Environment, Volume 853, <https://doi-org.libproxy.changwon.ac.kr/10.1016/j.scitotenv.2022.158385>



[그림 II-7] Hanyu Zhang 외 연구(2022) 실험실 설정

## (2) 연구 결과

- 6가지 요리의 총 VOC(TVOC) 농도는 바비큐( $14,355.1 \pm 6894.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 화양요리( $3079.8 \pm 337.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 쓰촨 및 후난 요리( $2680.0 \pm 495.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 광둥요리( $2283.7 \pm 706.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 산둥요리( $2223.0 \pm 571.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 가족 요리( $1828.5 \pm 271.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 순으로 나타났으며 바비큐에서 가장 높게 나타남.
- 바비큐에서 방출되는 TVOC의 농도가 다른 요리에서 발생하는 TVOC의 농도보다 4.7~7.9배 더 높았는데, 이는 야외 바비큐가 대기질에 심각한 영향을 미칠 수 있음을 보여줌. 이는 숯의 부적절한 연소, 고기의 지방의 고온 가스화 및 소스의 휘발로 인해 더 많은 VOC가 방출되었기 때문일 수 있음.
- 알칸과 알코올은 쓰촨 및 후난 요리, 가족 요리, 산둥요리 및 광둥요리와 관련하여 주요 VOC 범주였으며 각각 31.1%-48.1%와 18.2%-33.0%를 차지하였으며, 에탄올, 이소부탄 및 n-부탄도 비교적 높은 기여도를 보였고 비율은 각각 18.2%-33.0%, 12.7%-20.0% 및 12.3%-23.4%임.
- 화양요리에서 알코올(에탄올)은 매우 높은 수준(79.5%)으로 검출됨.

## 7) Benjamin A. Musa Bandowe 외 (2021), Hongkong.<sup>41)</sup>

### (1) 연구 방법 및 목적

- 이 연구를 통해 다양한 조리 작업에서 수집한 PM<sub>2.5</sub> 샘플의 화학적 구성을 특성화하고자 함. 따라서 홍콩에서 운영 중인 3개의 상업용 레스토랑과 모의 주방 실험환경 챔버 2개에서 총 5개의 실험을 진행함(2개:실험실 연구, 3개:현장 연구로 나눠서 결과 제시).
- 19.1 m<sup>3</sup>(3.05m×3.05m×2.05m) 스테인리스 스틸 시험 챔버에서 실험이 진행되었으며 전기 연료를 사용하여 샘플 D(볶음 쌀국수:볶음)와 샘플 E(닭튀김 요리:팬 프라이)를 요리하였고, 샘플링은 입자 샘플러(DRI MEDVOL)를 사용함.

### (2) 연구 결과

- 샘플 D(볶음 쌀국수) 및 샘플 E(닭튀김 요리)에서 가장 높은 탄소 분율(>60%) 이 나타남. 이는 조리 재료의 높은 지방 함량과 조리과정에서 사용된 많은 양의 오일 때문일 수 있음.
- 또한, PAH 중 종종 발암성의 주요 지표 또는 마커로 사용되는 벤조[a]피렌이 샘플 D(볶음 쌀국수)(135±32 pg/m<sup>3</sup>)에서 제일 많이 검출됨. 이는 주방에서 가공 및 조리한 음식의 양이 비교적 많기 때문에 배출되는 PM<sub>2.5</sub>의 PAH 농도가 가장 높은 이유일 수 있음.

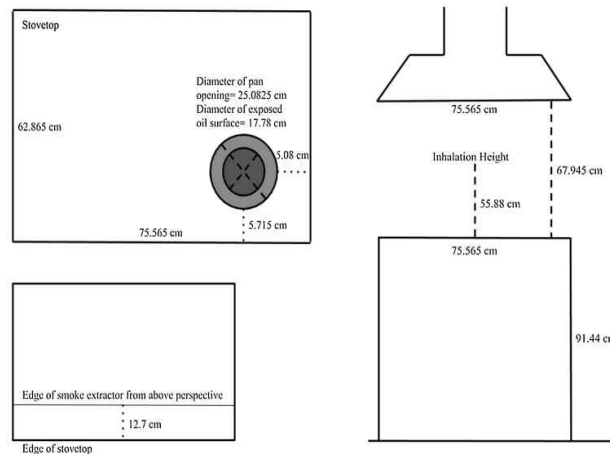
---

41) Musa Bandowe, B. A., Lui, K. H., Jones, T., BéruBé, K., Adams, R., Niu, X., Wei, C., Cao, J. J., Lee, S. C., Chuang, H. C., & Ho, K. F. (2021). The chemical composition and toxicological effects of fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) emitted from different cooking styles. *Environmental Pollution*, 288, 117754. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117754>

- 샘플 E(닭튀김 요리)에서 샘플 D(볶음 쌀국수)에 비해  $\Sigma 30\text{PAHs}$ ,  $\Sigma 17\text{OPAHs}$  및  $\Sigma 4\text{AZAs}$ 의 농도가 더 높은 수준으로 관찰됨. 이는 팬 프라이로 고기를 조리하면 볶음으로 식물성 식품을 조리하는 것보다 PAHs 농도가 더 높을 뿐만 아니라 OPAHs와 AZAs도 더 높다는 것을 보여줌.

## 8) Zhai 외(2020), China.<sup>42)</sup>

### (1) 연구 방법 및 목적



[그림 11-8] Zhai 외 연구(2020) 실험실 설정

42) Airborne particles from cooking oils: Emission test and analysis on chemical and health implications Sophia R. Zhai\*, Dan Albritton Sustainable Cities and Society 52 (2020) 101845

- [그림 II-8]과 같이 일반적인 주방 환경 조건을 구축하여 스토브 상단 1.5m, 가장자리에서 2m 떨어진 곳에서 FLUKE 983 Particle Counter를 사용하여 입자 측정이 이루어짐.
- 실험 시 사용한 오일의 종류는 야채유, 카놀라유, 옥수수유, 올리브유, 땅콩기름, 코코넛오일 총 6가지임.
- 이 연구를 통해 다양한 조리 오일의 배출 특성을 평가하고 가열 시 입자상물질을 가장 적게 배출하는 조리 오일을 파악하고자 함.

## (2) 연구 결과

- 실험한 6가지 오일에서 입자 생성과 관련하여 유사한 경향이 관찰됨. 입자의 크기가 작을수록 더 많은 입자가 생성되고 더 빨리 나타남. 직경 0.3 $\mu\text{m}$  이하의 입자가 가장 많이 생성되었고, 가장 빨리 생성되었으며, 생성된 입자의 크기는 대부분 10 $\mu\text{m}$  이하임.
- 오일 온도에 따른 PM<sub>2</sub> 입자 수는 150~200 $^{\circ}\text{C}$  이상에서 급격하게 늘어남.
  - 코코넛 오일과 올리브 오일은 약 150 $^{\circ}\text{C}$ 에서, 카놀라유는 약 205 $^{\circ}\text{C}$ , 땅콩유는 약 215 $^{\circ}\text{C}$ 에서 입자 생성을 시작함.
  - 따라서 입자상물질의 배출을 최소화하려면 조리온도를 150 $^{\circ}\text{C}$  이하로 유지하는 것이 바람직함.
- PM<sub>2</sub> 배출 결과
  - 카놀라유와 땅콩유는 높은 온도에서 더 많은 양의 PM<sub>2</sub> 입자를 생성했으며, 다른 오일에 비해 농도가 높음.
  - 코코넛 오일과 올리브 오일은 다른 오일만큼 PM<sub>2</sub> 배출 농도가 높지 않음.

- PM10 배출 결과
  - 코코넛 오일과 올리브 오일의 PM<sub>10</sub> 배출량은 다른 오일에 비해 높은 수준을 보임. 특히 코코넛 오일의 PM<sub>10</sub> 배출량이 높음.
  - 올리브 오일은 배출이 되는 가장 낮은 온도에서부터 PM<sub>10</sub>이 나타남.
  - 코코넛 오일과 올리브 오일은 다른 오일만큼 PM<sub>2</sub> 배출 농도가 높지 않음.
- 낮은 온도에서 입자상물질을 가장 적게 배출하는 두 가지 유형의 오일은 땅콩유와 카놀라유임. 고온 요리는, 낮은 온도에서 입자 배출량이 많으므로 올리브 오일과 코코넛 오일이 더 나은 선택이 될 수 있음.

#### 4. 조리 작업 현장의 조리흠 연구 결과

본 현장 연구에서는 주방 별 조리 특성(오일 종류, 연료, 요리 종류 등)에 따른 공기 중 먼지 등 유해인자 발생 특성을 파악하고자 2020년 이후의 최신 문헌을 위주로 조사하였음. 그중 8편의 문헌을 요약하고 주요 결과를 <표 II-9>와 같이 정리함.

〈표 II-9〉 현장 연구 결과

참고문헌, 발간 연도	실험실 환경	측정 방법	사용 오일	조리 에너지	요리	연구 결과
Ruijie Tang 외 (2023), UK	영국 버밍엄 대학교 근처 학생 스튜디오 아파트 내의 5개 주방	Plume Labs에서 설계 및 생산한 저가형 공기질 센서인 Flow2를 데이터 수집에 사용함.	포도 씨 오일	전기	튀긴 닭고기, 볶음 닭고기, 닭고기 수프, 찐 닭고기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 질량 농도가 튀김과 볶음에서 나오는 것이 끓이거나 찜에서 나오는 것보다 더 높음.</li> <li>- 볶음에서 방출되는 PM<sub>2.5</sub> 속도가 가장 높았고, 다음으로 튀김, 끓이기, 찜 순으로 나타남.</li> <li>- 환풍기 이용 시 PM<sub>10</sub>의 입자 제거율이 PM<sub>2.5</sub>보다 높음.</li> </ul>
Junmeng Lyu 외 (2022), China.	6가지 유형의 상업용 주방, 서양식 주방, 철판구이 주방,	SidePak Model AM520을 이용하여 실시간으로	대두유 올리브유	전기 천연 가스	볶음 요리, 국물 요리 고기와 야채를 테판 위에서 조리,	-요리사의 호흡 구역 PM <sub>2.5</sub> 농도를 측정 한 결과 철판구이 주방 > 중국식 주방 > 서양식 주방 > 닭튀김 주방 > 바베큐 주방 > 핫팟 조리 영역 순으로 나타남.

조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및 관리방안 연구

	치킨 주방, 중국식 주방, 바베큐 주방, 햇빳 조리 구역	PM2.5 농도를 측정			스테이크 치킨, 바비큐 등	-요리별 PM <sub>2.5</sub> 농도를 확인한 결과 스테이크를 팬에 볶을 때 가장 높았고 스투 조리 시 가장 낮음. -중국 주방에서 PM <sub>2.5</sub> 배출률은 볶음을 할 때 끓이는 것보다 높음.
Prashant Kumar 외 (2022), UK	다카(방글라데시) 첸나이(인도), 난징(중국), 상파울루(브라질) 메데인(콜롬비아) 카이로(이집트), 슬라이마니야(이라크), 아디스아바바(에티오피아), 아쿠레	Aeroqual Series 500 휴대용 공기질 모니터(AEQAL, 2018)를 사용함.		천연가스, LPG, 전기, 등유, 숯	-	- 조리 시 등유와 숯을 사용하는 곳은 약 1.3배 높은 PM <sub>2.5</sub> 농도 수준을 보임. - 환기팬을 사용하면 문만 통한 자연 환기 조건에 비해 주방 내 평균 PM <sub>2.5</sub> 및 PM <sub>10</sub> 노출이 각각 약 2.3배 및 1.8배 감소함. - 숯 사용 시 평균 PM <sub>2.5</sub> 노출이 천연가스와 LPG를 사용하는 주방에서 관찰된 것보다 각각 1.3배와 3.1배 증가함.

	(나이지리아), 블랜타이어 (말라위), 다르에스살람 (탄자니아), 나이로비(케냐) 저소득층 주택 5곳의 주방					
Fengju Lu 외 (2021), China	중국 텐진 난카이이의 중간 규모의 가정집 주방	휴대용 총 탄화수소 분석기 (모델 3010)로 VOC 모니터링 및 활성탄 흡착법을 사용하여 VOC 샘플링	공기름	천연 가스	빠른 새우튀김 빠른 양고기 튀김, 조림 요리, 생선찜, 가지찜, 치킨 튀김, 춘권 튀김, 볶음 갈비, 볶음 고기, 끓인 생선, 끓인 감자수프	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 볶음 갈비의 TVOC 노출은 30.161 mg/□L로 중국 실내 TVOC 기준(0.600 mg/m<sup>3</sup>)보다 50배 더 높은 수준을 보임.</li> <li>- TVOC 노출수준에 따르면 찜으로 조리하는 것이 가장 해롭지 않은 조리 방법임.</li> <li>- 조리 방법에 따른 분석 결과, 튀김, 볶음에서 발생하는 VOC의 종류와 농도가 끓임, 찜보다 높게 나타남.</li> <li>- 강한 환기(22m<sup>3</sup>/min)는 TVOC 노출을 45-63% 감소시킴.</li> </ul>

조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및 관리방안 연구

<p>Célia A.Alves (2021), Portugal</p>	<p>포르투갈 아베이루 외곽의 단독 주택 1층의 일반 가정 주방</p>	<p>레이저 광도계(DustTrak, DRX 8533)를 사용</p>	<p>올리브유 해바라기유</p>	<p>전기</p>	<p>튀긴 고등어, 닭고기를 채운 요리, 튀긴 뼈 없는 돼지고기 스트립, 구운 뼈 없는 돼지고기 스트립</p>	<p>- TVOC 값은 규정된 기준(포르투갈 기준 600 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)보다 항상 초과됨. - 조리 중 샘플링한 필터의 PM<sub>10</sub> 농도는 배경 공기에서 얻은 농도보다 3~6배 높았으며, 고등어를 튀길 때 가장 높은 농도의 PAH가 관찰되었음.</p>
<p>Benjamin A. Musa Bandowe 외 (2021), Hongkong.</p>	<p>홍콩에서 운영 중인 3개의 상업용 레스토랑 -극장 라운지</p>	<p>입자 샘플러 (DRI MEDVOL) 사용하여 샘플링함</p>	<p>-</p>	<p>천연 가스, 전기</p>	<p>-극장라운지: 서양식(파스타, 샐러드, 쌀) -학생 식당: 혼합요리</p>	<p>- PM<sub>2.5</sub>의 경우 학생, 교직원 공동 식당 &gt; 극장 라운지 &gt; 학생 식당 순으로 검출됨. - 다양한 문화적 요리 스타일은 요리 연기에서 PAH 유도체(AZA와 OPAH)의 농도도 다르게 나타냄.</p>

	-학생식당 -학생, 교직원 공동식당				(시우메이, 햄버거, 채식 요리) -학생, 교직원 공동식당: 광둥 지역 요리 (국, 죽, 쌀밥, 중국식 딤섬)	
Ana M.P. Vicente 외 (2021), Portugal	포르투갈 아베이루 지역에 있는 대학 식당, 숯불 구운 닭 요리점, 나무 오븐 구운 돼지고기 요리점 식당	Echo TCR Tecora 샘플러를 사용하여 47mm 직경 석영 섬유 필터로 샘플링함	-	전기, 가스, 오븐,	구운 돼지고기, 구운 닭고기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대학 식당에서 채취한 PM<sub>2.5</sub> 농도는 27~127 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>로 구운 닭 요리점과 나무 오븐에 구운 돼지고기 요리점보다 훨씬 낮음.</li> <li>- 대학 식당에서 고기 스투를 준비하는 동안의 총 PAH 배출량은 다양한 삶은 고기 요리를 조리할 때의 배출량보다 두 배 높았음.</li> <li>- 다환 방향족 케톤과 알데히드는 돼지고기 레스토랑의 연기에서만 확인됨.</li> </ul>

조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및 관리방안 연구

<p>Zafar Fatmi 외 (2020), Pakistan</p>	<p>신드주 나와브샤 지구의 주요 도시 지역 주변 마을에서 바이오 매스를 사용하는 20가구와 천연가스를 사용하는 19가구</p>	<p>PM<sub>2.5</sub> : MicroPEM 버전 3.2 기기 사용 CO : Q-RAE (버전 II)을 사용하여 측정함.</p>	<p>-</p>	<p>바이오 매스, 천연 가스</p>	<p>-</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 평균 PM<sub>2.5</sub> 농도의 경우 바이오매스를 사용한 주방에 비해 천연가스를 사용한 주방의 경우 훨씬 낮은 수준을 보임.</li> <li>- CO의 경우 바이오매스를 사용하는 주방의 평균 농도가 천연가스를 사용하는 주방의 2배 수준을 보임.</li> </ul>
---	---	---	----------	----------------------------------	----------	--

문헌 고찰 결과 조리 연료 및 요리 종류에 따라 PM의 크기와 농도에 미치는 영향이 다르게 나타났으며 또한 VOC 등 기타 화합물의 종류도 달라짐을 알 수 있었음.

### ○ 연료가 PM 크기 및 농도에 미치는 영향을 살펴본 결과

- 바이오매스를 사용한 주방에서는 천연가스를 사용한 주방의 경우 평균 PM<sub>2.5</sub> 농도가 훨씬 낮은 수준을 보였으며 조리 시 등유와 숯을 사용하는 경우 천연가스를 사용하는 경우보다 약 1.3배 높은 PM<sub>2.5</sub> 농도 수준을 보임.
- 숯 연료를 사용하면 천연가스와 LPG를 사용하는 주방에서 관찰된 것보다 평균 PM<sub>2.5</sub> 노출이 각각 1.3배와 3.1배 증가함. 가장 높은 흡입량은 숯을 사용하는 거주자에게 나타났으며, 이는 LPG를 사용하는 주방에서 추산된 것보다 약 7배 높음을 알 수 있었음.

### ○ 주방 환경 및 조리 방법에 따른 PM 크기 및 농도를 확인해본 결과

- 6개의 상업용 식당의 PM<sub>2.5</sub> 농도를 측정 한 결과 철판구이 주방은 평균이 가장 높게 나타났으며, 중국식 주방 > 서양식 주방 > 닭튀김 주방 > 바베큐 주방 > 핫팟 조리 영역 순으로 나타남.
- 다양한 요리를 조리할 때 시간별 실내 PM<sub>2.5</sub> 농도에 차이가 있었음. 볶음 요리 시 실내 PM<sub>2.5</sub> 농도가 가장 높았고, 스투 조리 시 PM<sub>2.5</sub> 농도가 가장 낮음.
- 중국 주방에서 PM<sub>2.5</sub> 배출률은 볶음을 할 때 끓임보다 높음. 양배추 볶음이 PM<sub>2.5</sub> 배출의 가장 큰 원인이었으며 그다음 두부 > 쇠고기 > 닭고기 > 생선 순으로 나타남.
- PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 질량 농도가 튀김과 볶음에서 나오는 것이 끓이거나 찜에서 나오는 것보다 더 높음.

- 볶음에서 방출되는 PM<sub>2.5</sub> 속도가 가장 높았고, 다음 튀김, 끓이기, 찜 순으로 나타남.
- 오일 기반 조리 방법은 물 기반 조리 방법보다 훨씬 높은 PM 수준을 생성함을 알 수 있었음.

### ○ 조리 방법에 따른 VOC의 농도를 살펴본 결과

- 6가지 요리의 총 VOC(TVOC)는 바비큐 > 화이양 요리 > 쓰촨 및 후난 요리 > 광둥 요리 > 산둥 요리 > 가족 요리 순으로 농도가 감소함을 알 수 있었음.
- 바비큐 시 방출되는 TVOC의 농도가 다른 요리에서 발생하는 TVOC의 농도보다 4.7~7.9배 더 높음.
- 볶음 요리(갈비)의 TVOC 노출은 30.161 mg/m<sup>3</sup>에 도달하여 중국 실내 TVOC 표준 기준(0.600 mg/m<sup>3</sup>)보다 50배 더 높은 수준을 보임.
- 요리 방법에 따라 총 휘발성 유기 화합물(TVOC) 노출수준이 다르게 나타났으며, 볶음 > 빠른 튀김 > 깊은 튀김 > 끓이기 > 조림 > 찜 순으로 찜으로 조리하는 것이 가장 해롭지 않은 조리 방법이며, 기름의 양, 기름 온도, 재우는 방법, 양념 추가, 조리 정도가 모두 TVOC에 영향을 미침.
- 튀김, 볶음, 등 조리 방법에서 발생하는 VOC의 종류와 농도가 끓이는 방법, 찜하는 방법에서 발생하는 VOC의 종류와 농도보다 높게 나타남.

이 외 조리 중 PAHs, OPAH, AZAs, 카르보닐 등이 검출됨을 여러 문헌을 통해 확인할 수 있었음, 또한 현장 연구에서는 오일의 종류에 따른 유해인자 발생 특성을 비교한 문헌이 부족하여 그 내용은 확인하지 못하였음. 또한 조

리 중 환풍기 사용 시 PM<sub>10</sub>의 입자 제거율이 PM<sub>2.5</sub>보다 높으며 환기팬을 사용하면 문만 통한 자연 환기 조건에 비해 주방 내 평균 PM<sub>2.5</sub> 및 PM<sub>10</sub> 노출이 각각 약 2.3배 및 1.8배 감소함. 또한 TVOC도 농도 감소에도 큰 영향을 미친다는 것을 확인함. 각 문헌에 대한 자세한 내용은 아래에 있음.

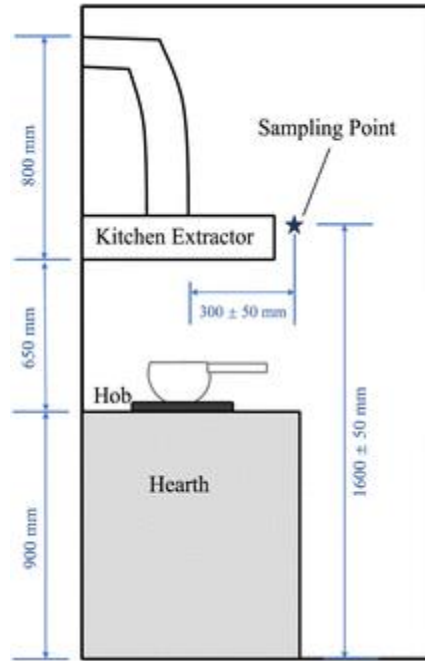
## 1) Ruijie Tang 외 (2023), UK<sup>43)</sup>

### (1) 연구 방법 및 목적

- 5개의 학생 스튜디오 플랫에서 조리 배출물을 측정하여 다양한 조리 방법에서 발생하는 PM<sub>10</sub> 및 PM<sub>2.5</sub>를 포함한 PM의 농도와 배출률을 평가했으며 측정 결과를 바탕으로 조리 배출물에서 나오는 실내 입자에 대한 개인 노출을 확인하여 잠재적인 건강 영향을 추정하고자 함.
- 영국 버밍엄에 있는 버밍엄 대학교 근처 학생 스튜디오 아파트 내의 5개 주방을 실험을 위해 선택하였으며, 전기쿡탑과 환풍기가 설치되어 있는 주방으로 선정하였음.
- Plume Labs에서 설계 및 생산한 저가형 공기 질 센서인 Flow2를 데이터 수집에 사용함.
- 주요 재료는 닭고기로 했으며 튀김과 볶음에는 포도 씨 오일을 사용함. 선택한 요리는 튀긴 닭고기, 볶음 닭고기, 닭고기 수프, 찐 닭고기로 각각 튀김, 볶음, 끓임, 찌 조리 방법을 대표함.

---

43) Tang, R., & Pfrang, C. (2023). Indoor particulate matter (PM) from cooking in UK students' studio flats and associated intervention strategies: Evaluation of cooking methods, PM concentrations and personal exposures using low-cost sensors. *Environmental Science: Atmospheres*, 3, 537-551. <https://doi.org/10.1039/d2ea00171c>



[그림 11-9] Ruijie Tang 외 연구(2023) 현장 주방 설계 도면

## (2) 연구 결과

- $PM_{10}$ 과  $PM_{2.5}$ 의 질량 농도는 튀김과 볶음에서 나오는 것이 끓이거나 찜에서 나오는 것보다 더 높았음.
- 볶음에서 방출되는  $PM_{2.5}$  속도가 가장 높았고, 다음으로 튀김, 끓이기, 찜 순으로 나타났음. 평균  $PM_{2.5}$ 의 배출 속도는 볶음의 배출 속도가 끓임, 찜의 배출 속도보다 약 3배 더 높음.
- 오일 기반 조리 방법은 물 기반 조리 방법보다 훨씬 높은 PM 수준을 생성함.
- 환풍기를 이용 시  $PM_{10}$ 의 입자 제거율이  $PM_{2.5}$ 보다 높음. 공기 교환율 외에도 입자 침전율이 PM 제거율에 상당히 많이 기여함. 환풍기를 사용하면 효과적인

환기를 제공하여 오염물질을 제거하고 배출률을 낮추고 오염물질 분해를 가속화 할 수 있음. 실내에서 입자의 체류 시간을 단축하게 함.

- 물 기반 요리를 선택하고 환풍기를 켜서 실내 공기질을 개선하며, 조리과정이 끝나면 환풍기를 5~10분 더 켜 둠으로써 PM 조리 배출에 대한 노출을 최소화하는 것이 좋음.

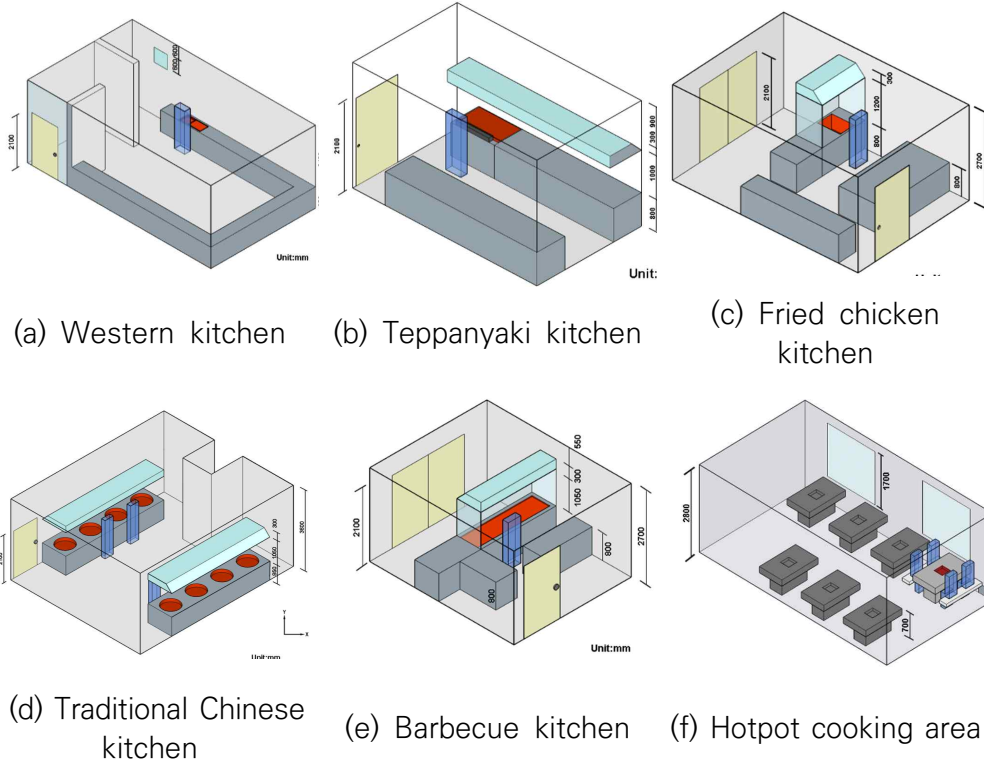
## 2) Junmeng Lyu 외 (2022), China.<sup>44)</sup>

### (1) 연구 방법 및 목적

- 이 연구에서는 6가지 유형의 상업용 주방(서양식 주방, 철판구이 주방, 튀긴 닭 주방, 전통적인 중국식 주방, 바베큐 주방, 핫팟 조리 구역)에서의 조리 별 실시간 PM<sub>2.5</sub> 농도 및 배출률을 측정하고 비교함.
- SidePak Model AM520을 이용하여 실시간으로 PM<sub>2.5</sub> 농도를 측정하였으며 주방 타입은 [그림 II-10]과 같으며 주방별 상세 조리 방법은 <표 II-10>에 나 타냄.

---

44) Lyu, J., Shi, Y., Chen, C., Zhang, X., Chu, W., & Lian, Z. (2022). Characteristics of PM<sub>2.5</sub> emissions from six types of commercial cooking in Chinese cities and their health effects. *Environmental Pollution*, 313, 120180. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120180>



[그림 II-10] Wei Zhang 외 연구(2022) 현장 주방 설계 도면

〈표 II-10〉 주방 타입별 음식 종류 및 조리 방법

주방 타입	주방 규모	음식 종류	조리 방법	조리 시 사용 연료	환기 방식
a	중간	소고기, 치킨, 빵, 감자, 다양한 채소	Pan-frying, deep-frying, roast in oven	전기	exhaust fan
b	작음	소고기, 치킨,	Teppanyaki (Similar to pan-frying)	전기	exhaust hood
c	작음	치킨,	deep-frying	천연가스	exhaust hood
d	큼	생선, 두부, 소고기, 치킨, 다양한 채소	Stir-frying, Stewing, Deep-frying	천연가스	exhaust hood
e	작음	떡, 다양한 채소, 치킨	Grilling	천연가스	exhaust hood
f	큼	소고기, 양고기, 두부, 다양한 채소	Boiling	전기	없음

• 주방 규모 : National Emission Standards for Cooking Fumes (GB 18483-2001) 기준으로 주방의 스토브 수가 2개보다 적으면 작음, 3-5개 : 중간, 6개 이상: 크으로 나눔

## (2) 연구 결과

- 요리사의 호흡 구역(냄비 가장자리에서 0.3 m, 바닥에서 1.5 m(서 있을 때)/1.2 m(앉을 때))에서의 PM<sub>2.5</sub> 농도를 측정 한 결과 철판구이 주방은 평균이 850.4±533.4 μg/m<sup>3</sup>로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 중국식 주방(679.1±1922.5 μg/m<sup>3</sup>), 서양식 주방(272.2±250.1 μg/m<sup>3</sup>), 닭튀김 주방(257.2±44.5 μg/m<sup>3</sup>), 바베큐 주방(146.6±59.8 μg/m<sup>3</sup>), 핫팟 조리 영역

( $110.8 \pm 59.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 순으로 나타남.

- 다양한 요리를 조리할 때 시간별 실내  $\text{PM}_{2.5}$  농도에 차이가 있었으며 스테이크를 팬에 볶을 때 실내  $\text{PM}_{2.5}$  농도가 가장 높았고, 스투 조리  $\text{PM}_{2.5}$  농도가 가장 낮음.
- 중국 주방에서  $\text{PM}_{2.5}$  배출률은 볶음을 할 때 끓이는 것보다 높음. 양배추 볶음이  $\text{PM}_{2.5}$  배출의 가장 큰 원인(평균값 9.98 mg/분)이었고, 다음으로 볶음 두부임. 쇠고기, 닭고기, 생선을 끓일 때  $\text{PM}_{2.5}$  배출률에 유의미한 차이는 없었으며, 평균 배출률은 5.1 mg/분이었음( $p > 0.05$ ).

### 3) Prashant Kumar 외 (2022), UK<sup>45)</sup>

#### (1) 연구 방법 및 목적

- 연구의 전반적인 목적은 주방에서 입자 노출의 주요 요인을 이해하고 다양한 저소득 가정에 걸쳐 가구 노출 프로필을 확립하는 것임.
- 다카(방글라데시), 첸나이(인도), 난징(중국), 상파울루(브라질), 메데인(콜롬비아), 카이로(이집트), 술라이마니야(이라크), 아디스아바바(에티오피아), 아쿠레(나이지리아), 블랜타이어(말라위), 다르에스살람(탄자니아), 나이로비(케냐) 4개 대륙의 12개 도시의 저소득층 주택 5곳의 주방을 일주일 동안 연속하여 공기질을 모니터링하기 위해 PM 센서가 장착된 동일한 Aeroqual Series 500 휴대용 공기질 모니터(AEQAL, 2018)를 사용함.

45) Kumar, P., Hama, S., Abbass, R. A., Nogueira, T., Brand, V. S., Wu, H. W., Abulude, F. O., Adelodun, A. A., Anand, P., Andrade, M. F., Apondo, W., Asfaw, A., Aziz, K. H., Cao, S. J., El-Gendy, A., Indu, G., Kehbila, A. G., Ketznel, M., Khare, M., ... Nagendra, S. S. (2022). In-kitchen aerosol exposure in twelve cities across the globe. *Environment International*, 162, 107155.

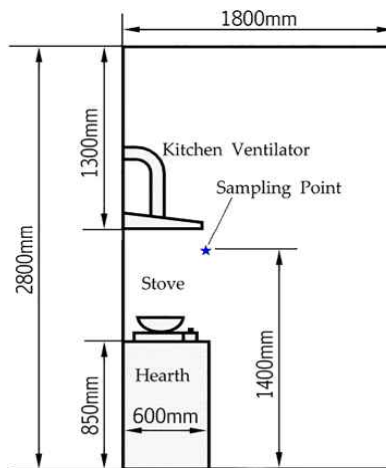
## (2) 연구 결과

- 주택 소유자의 23%만이 요리하는 동안 환풍기를 사용했고, 나머지는 열린 문과 창문(47%)을 통한 자연 환기 또는 열린 문만(28%) 사용함. 연구에 따르면 주방의 33%가 천연가스를 사용하고, 27%가 LPG를 사용하고, 17%가 전기를 요리 연료로 사용했으며, 나머지(대부분 아프리카 주택)는 등유와 숯과 같은 오염을 더 많이 배출하는 연료를 사용함.
- 연료 유형, 주방 크기, 조리 유형, 기간 및 환기 조건은 주방 내 에어로졸 입자 노출에 큰 영향을 미치는 가장 중요한 요인임. 기계적 환기는 자연 환기에 비해 주방 내 노출을 2배까지 줄일 수 있음. 조리 시 등유와 숯을 사용하는 경우 약 1.3배 높은 PM<sub>2.5</sub> 농도 수준을 보임.
- 아시아 도시의 주택은 PM<sub>10</sub> 및 PM<sub>2.5</sub>에 대한 평균 잠재 흡입량 이 가장 높은 값을 보였으며, 그다음은 아프리카 도시로 나타남. 가장 낮은 잠재 흡입량 값은 남미 도시에서 보임. 5세 미만 어린이의 흡입량은 성인 여성 복용량의 최대 7배(NKG)였으며, 이는 체중이 낮기 때문에 이 그룹이 더 취약함.
- 환기팬을 사용하면 문만 통한 자연 환기 조건에 비해 주방 내 평균 PM<sub>2.5</sub> 및 PM<sub>10</sub> 노출이 각각 약 2.3배 및 1.8배 감소함. 주방의 물리적 및 조리 특성과 관계없이 조리 중 이중 환기(기계식 및 자연식)를 사용하는 주방은 문과 창문을 통한 자연 환기에 의존하는 주방에 비해 PM<sub>2.5</sub> 및 PM<sub>10</sub> 농도가 각각 최대 2배 및 1.4배 낮음.
- 숯 연료를 사용하면 천연가스와 LPG를 사용하는 주방에서 관찰된 것보다 평균 PM<sub>2.5</sub> 노출이 각각 1.3배와 3.1배 증가함. 가장 높은 흡입량은 숯을 사용하는 거주자에서 나타났으며, 이는 LPG를 사용하는 주방에서 추산된 것보다 약 7배 높음.

#### 4) Fengju Lu 외 (2021), China.<sup>46)</sup>

##### (1) 연구 방법 및 목적

- 여섯 가지 중국 가정 요리 방법(깊은 튀김, 볶음, 빠른 튀김, 끓임, 조림, 찜)과 11가지(빠른 튀김 새우, 빠른 튀김 양고기, 조림 요리, 생선찜, 가지찜, 치킨 튀김, 춘권 튀김, 볶음 갈비, 볶음 고기, 끓인 생선, 끓인 감자수프)의 요리로 인한 호흡 구역 노출과 VOC의 건강 위험을 연구함.
- 연구를 수행하기 위하여 중국 텐진 난카이외의 중간 규모의 가정집 주방을 대상으로 조리 스토브 위에 주방 환풍기가 있는 곳을 선정하였으며, 천연가스와 콩기름을 조리용 연료와 기름으로 사용하였음.
- VOC 모니터링을 위해 휴대용 총 탄화수소 분석기(모델 3010, 정밀도 0.2ppm, Signal Company, 영국)를 사용하였고, VOC 샘플링에 활성탄 흡착법을 사용함.



[그림 II-11] Fengju Lu 외 연구 (2021) 현장 주방 설계 도면

46) Lu, F., Shen, B., Li, S., Liu, L., Zhao, P., & Si, M. (2021). Exposure characteristics and risk assessment of VOCs from Chinese residential cooking. *Journal of Environmental Management*, 289, 112535. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112535>

## (2) 연구 결과

- 볶음 갈비의 TVOC 노출은  $30.161 \text{ mg/m}^3$ 에 도달하여 중국 실내 TVOC 표준 기준( $0.600 \text{ mg/m}^3$ )보다 50배 더 높은 수준을 보임.
- 요리 방법에 따라 총 휘발성 유기 화합물(TVOC) 노출수준이 다르게 나타났으며, 볶음( $3.809 \text{ mg/m}^3$ ), 빠른 튀김( $2.724 \text{ mg/m}^3$ ), 깊은 튀김( $2.465 \text{ mg/m}^3$ ) 끓이기( $1.161 \text{ mg/m}^3$ ) 조림( $1.149 \text{ mg/m}^3$ ) 찜( $1.149 \text{ mg/m}^3$ )으로 찜으로 조리하는 것이 가장 해롭지 않은 조리 방법이며, 기름의 양, 기름 온도, 채우는 방법, 양념 추가, 조리 정도가 모두 TVOC에 영향을 미침.
- 조리 방법에 따른 분석 결과, 튀김, 볶음, 등 조리 방법에서 발생하는 VOC의 종류와 농도가 끓임, 찜에서 발생하는 VOC의 종류와 농도보다 높게 나타남. 특히, 튀김에 의해 생성된 호흡 부위의 총 VOC(TVOCs) 농도가 가장 높았으며, 특히 튀긴 닭고기의 경우( $44.703 \text{ mg/m}^3$ ) 가장 높은 수준으로 발생함.
- 생성된 VOC 유형에 대한 분석 결과, 알칸, 알코올, 알데히드, 불포화 알데히드 및 알켄이 중국 주거 조리의 호흡 구역에서 주요 성분으로 나타났으며, 각각 총 VOC 농도의 약 20%, 10%, 28%, 18% 및 7%를 차지함.
- 중간 환기(약  $15 \text{ m}^3/\text{min}$ )와 강렬한 환기(약  $22 \text{ m}^3/\text{min}$ ) 모드를 사용하여 환기가 호흡 부위의 TVOC 노출 농도에 미치는 영향을 비교한 결과 방출되는 TVOC의 최대 노출 농도는 환기 모드를 중간에서 강렬로 변경했을 때 튀김 새우는  $19.661 \text{ mg/m}^3$ 에서  $4.018 \text{ mg/m}^3$ 로 감소했고, 볶음 갈비의 경우  $22.554 \text{ mg/m}^3$ 에서  $6.643 \text{ mg/m}^3$ 로 감소함. 강렬한 환기 모드는 중간 환기 모드에 비해 TVOC 노출을 45-63% 줄임.

## 5) Célia A. Alves 외 (2021), Portugal.<sup>47)</sup>

### (1) 연구 방법 및 목적

- 포르투갈 아베이루 외곽의 단독 주택 1층의 일반 가정 주방에서 연구를 수행하였고, 주방에는 전기 조리기 4개와 후드가 설치되어 있으며 크기는 15.5 m<sup>2</sup>임.
- 측정은 2017년 9월과 10월에 하였고, 공기 중 PM 질량 농도 측정을 위해 레이저 광도계(DustTrak, DRX 8533)를 사용함.
- 4가지 종류의 음식(튀긴 고등어, 닭고기를 채운 요리, 튀긴 뼈없는 돼지고기 스트립, 구운 뼈없는 돼지고기 스트립)을 조리 시 발생하는 유해 물질 농도를 비교함.

### (2) 연구 결과

- 특히 튀김 요리에서는 포름알데히드, 아세트알데히드, 아크롤레인과 같은 특정 기체 오염 물질이 상당량 생성된다는 사실이 기록되어 있으나,(Abdullahi et al., 2013<sup>48)</sup>; Katragadda et al., 2010<sup>49)</sup>;Peng et al., 2017<sup>50)</sup>). 이 실험에

47) Célia A. Alves, Estela D. Vicente, Margarita Evtugina, Ana M.P. Vicente, Tsend-Ayush Sainnokhoi, Nora Kováts, "Cooking activities in a domestic kitchen: Chemical and toxicological profiling of emissions", *Science of the Total Environment*, Vol. 772, Article 145412, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145412>.

48) Abdullahi, K.L., Delgado-Saborit, J.M., Harrison, R.M., 2013. Emissions and indoor concentrations of particulate matter and its specific chemical components from cooking: a review. *Atmos. Environ.* 71, 260-294.

49) Katragadda, H.R., Fullana, A., Sidhu, S., Carbonell-Barrachina, A.A., 2010. Emissions of volatile aldehydes from heated cooking oils. *Food Chem.* 120, 59-65.

50) Peng, C.Y., Lan, C.H., Lin, P.C., Kuo, Y.C., 2017. Effects of cooking method, cooking oil, and food type on aldehyde emissions in cooking oil

서는 검출한계 이하 또는 배경 공기와 같은 수준을 보임.

- 아세트알데히드의 경우 뼈 없는 돼지고기 스트립을 튀겼을 때만 농도가 조리 활동 없을 때 기록된 농도보다 약간 높음(1.2~1.6배). 프로파날 농도는 배경 공기보다 최대 15배 높았으며, 가장 높은 값은 닭고기 스투에서 기록됨.
- TVOC 값은 규정된 기준(포르투갈 기준  $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )보다 항상 초과함. 이는 평균적으로 배경농도보다 조리 중 농도가 1.5~2.0배 더 높은 수준임.
- 조리 중 샘플링한 필터의  $\text{PM}_{10}$  농도는 배경 공기에서 얻은 농도보다 3~6배 높았으며, 고등어를 튀길 때 가장 높은 농도의 PAH가 관찰되었음.

## 6) Benjamin A. Musa Bandowe 외 (2021), Hongkong.<sup>51)</sup>

### (1) 연구 방법 및 목적

- 이 연구를 통해 다양한 조리 작업에서 수집한  $\text{PM}_{2.5}$  샘플의 화학적 구성을 특성화하고자 함. 따라서 홍콩에서 운영 중인 3개의 상업용 레스토랑과 모의 주방 실험환경 챔버 2개에서 총 5개의 실험을 진행함(2개:실험실 연구, 3개:현장 연구로 나눠서 결과 제시).
- 주방 타입 및 음식 종류 조리 방법 등은 <표 II-11>과 같음.

---

fumes. J. Hazard. Mater. 324, 160-167.

51) Musa Bandowe, B. A., Lui, K. H., Jones, T., BéruBé, K., Adams, R., Niu, X., Wei, C., Cao, J. J., Lee, S. C., Chuang, H. C., & Ho, K. F. (2021). The chemical composition and toxicological effects of fine particulate matter ( $\text{PM}_{2.5}$ ) emitted from different cooking styles. *Environmental Pollution*, 288, 117754. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117754>

〈표 II-11〉 주방 타입별 음식 종류 및 조리 방법

주방 타입	샘플링 위치	음식 종류	조리 방법	조리 시 사용 연료
a	A core (극장라운지)	서양식(파스타, 샐러드, 쌀 등)	Baking, Frying (pan frying, stir frying), Grilling, Steaming	천연가스, 전기
b	학생 식당 (공동 학생 식당)	혼합요리 (시우메이, 햄버거, 채식 요리)	Frying (pan frying, stir frying, deep frying), Roasting, Steaming	천연가스, 전기
c	중국 식당 (학생 및 교직원 공동식당)	광둥 지역 요리 (국, 죽, 쌀밥, 중국식 딤섬)	Frying (pan frying, stir frying, deep frying), Steaming	천연가스, 전기

## (2) 연구 결과

- PM<sub>2.5</sub>의 경우 샘플 C(학생 및 교직원 공동식당)가 711.5±257.2 μg/m<sup>3</sup>로 가장 높았고, 샘플 B(학생 식당)가 177.4±58.4 μg/m<sup>3</sup>로 가장 낮음.
- 샘플 C(학생 및 교직원 공동식당)는 Σ30PAHs, Σ17OPAHs 및 Σ4AZAs의 가장 높은 농도를 보여주며 또한 샘플에서 측정된 30개 PAHs 중 27개와 PAHs 하위 그룹의 합계(Σ16 US-EPA PAHs, ΣCarci PAHs, ΣLMW-PAHs 및 ΣHMW-PAHs)의 가장 높은 농도를 보였음. 측정된 17개 개별 OPAH 중 13개는 샘플 C(학생 및 교직원 공동식당)에서 가장 높은 평균 농도를 보였고, 각 개별 AZA의 가장 높은 농도도 샘플 C(학생 및 교직원 공동식당) 있음.
- 다양한 문화적 요리 스타일이 PAHs 방출량에 미치는 이러한 영향과 아시아 요

리 스타일이 서양 요리보다 더 높은 농도의 PAHs를 방출한다는 사실은 이전 연구에서 보고됨. 다양한 문화적 요리 스타일은 요리 연기에서 PAH 유도체 (AZA와 OPAH)의 농도도 다르게 나타난다는 것을 보여줌.

## 7) Ana M.P. Vicente 외 (2021), Portugal<sup>52)</sup>

### (1) 연구 방법 및 목적

- 이 연구의 목적은 다양한 조리 스타일에서 발생하는 요리 배출물을 특성화하고 배출률을 대략적으로 계산하며 PAH와 관련된 발암 가능성을 추정하는 것임.
- 2012년 5월과 6월에 포르투갈 아베이루 지역에 있는 대학 식당, 숯불 구운 닭 요리점, 나무 오븐 구운 돼지고기 요리점 식당에서 PM<sub>2.5</sub>를 Echo TCR Tecora 샘플러를 사용하여 47mm 직경 석영 섬유 필터로 샘플링함.

### (2) 연구 결과

- 대학 식당에서 채취한 PM<sub>2.5</sub> 농도는 27~127  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 구운 닭 요리점 ( $71 \pm 39 \text{ mg}/\text{m}^3$ )과 나무 오븐에 구운 돼지고기 요리점( $0.207 \sim 236 \text{ mg}/\text{m}^3$ )보다 훨씬 낮음. 이는 효과적인 배기 후드 사용 및 가스 및 전기와 같은 에너지원 사용으로 인한 것임.
- 대학 식당에서 고기 스테이크를 준비하는 동안의 총 PAH 배출량은 다양한 삶은 고기 요리를 조리할 때의 배출량보다 두 배나 높았음. 나무 오븐에 구운 돼지고기 레스토랑에서는 구운 돼지고기의 다양한 준비 단계에서 배출량에 상당한 차이

---

52) Bandowe, B. A. M., Lui, K. H., Jones, T., BéruBé, K., Adams, R., Niu, X., Wei, C., Cao, J.-J., Lee, S. C., Chuang, H. C., & Ho, K. F. (2021). The chemical composition and toxicological effects of fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) emitted from different cooking styles. *Environmental Pollution*, 288, 117754. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117754>

가 관찰되었고, 오븐을 가열하기 위한 연료로 바이오매스를 사용함으로써 이러한 유형의 레스토랑의 화합물 구성과 입자 질량 분율에 영향을 미침.

- 다환 방향족 케톤과 알데히드는 돼지고기 레스토랑의 연기에서만 확인됨. 또한 오븐의 가열 단계에서 배출되는 화합물의 총질량 분율은 돼지고기를 구울 때 얻은 것보다 4배 높았는데, 이는 조리 활동으로 인한 배출에서 연료의 중요성을 강조함. 연료 외에도 조리 재료 등이 입자 질량 분율의 다양성에 기여한다는 것이 분명함.

## 8) Zafar Fatmi 외 (2020), Pakistan<sup>53)</sup>

### (1) 연구 방법 및 목적

- 이 연구의 목적은 바이오매스를 사용한 주방의 천연가스를 사용한 주방의 오염물질 농도 수준을 비교하여 주방과 스토브의 설계하고, 흡연자 여부 조사와 함께 오염 수준에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인을 조사하고자 함.
- 신드주 나와브샤 지구의 주요 도시 지역 주변 마을에서 바이오매스를 사용하는 20개의 가구와 천연가스를 사용하는 19가구의 PM<sub>2.5</sub> 및 CO를 측정함. PM<sub>2.5</sub>는 MicroPEM 버전 3.2 기기를 사용하였으며, CO는 Q-RAE(버전 II)를 사용하여 측정함.

---

53) Fatmi, Z., Ntani, G., & Coggon, D. (2020). Levels and determinants of fine particulate matter and carbon monoxide in kitchens using biomass and non-biomass fuel for cooking. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1287. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041287>



(a) Traditional stove using biomass



(b) Improved stove using biomass



(c) LPG stove

[그림 II-12] Zafar Fatmi 외 연구 (2020) 현장 주방 사진

## (2) 연구 결과

- 바이오매스를 사용한 주방에서는 시간당 평균  $PM_{2.5}$  농도가  $531 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고 중간값은  $136 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타남. 천연가스를 사용한 주방의 경우 평균  $PM_{2.5}$  농도는  $69.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  및 중간값은  $24.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 훨씬 낮은 수준을 보임.  $PM_{2.5}$ 의 일일 평균 농도 범위는 바이오매스를 사용하는 가구에서  $59\sim 875 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 였고 천연가스로 조리하는 가구에서는  $25\sim 172 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 였음.
- CO의 경우 바이오매스를 사용하는 주방의 평균 농도는 천연가스를 사용하는 주방의 거의 두 배 수준을 보임( $6.1 \text{ ppm}$  대  $3.4 \text{ ppm}$ ). 그러나 중간값 간의 차이는 더 작음( $0.8 \text{ ppm}$  대  $0.6 \text{ ppm}$ ). CO의 일일 평균 농도 범위는 바이오매스를 사용하는 가구의 경우  $1.1\sim 17.3 \text{ ppm}$ 이며 천연가스를 사용하는 가구의 경우  $2.1\sim 5.8 \text{ ppm}$ 이었음.

- 천연가스를 사용하여 조리하는 가구와 비교했을 때, PM<sub>2.5</sub> 농도는 굴뚝 난로(평균 차이 611, 95% CI: 359, 863  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 또는 전통적인 3석 난로(평균 차이 389, 95% CI: 231, 548  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 사용하는 바이오매스를 사용하는 가구에서 상당히 더 높으며, 개방형 주방은 폐쇄형/반개방형 주방보다 PM<sub>2.5</sub> 농도가 낮은 경향이 있음. (평균 차이 -88.3, 95% CI: -325, 148  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). 집에서 흡연하면 PM<sub>2.5</sub> 수치가 더 높아지는 것과 관련이 있었지만, 통계적으로 유의하지는 않음.(평균 차이 84.5, 95% CI: -65.4, 235  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- CO의 경우, 농도는 전통적인 스토브에서 바이오매스를 사용하면 상당히 증가했지만(천연가스와의 평균 차이 3.7, 95% CI: 0.8, 6.7 ppm), 굴뚝 스토브에서 바이오매스를 사용하면 증가하지 않음(평균 차이 -0.8, 95% CI: -4.8, 3.2 ppm). 집에서 흡연은 CO가 더 높은 것과 관련이 있었지만, 통계적으로 유의하지는 않음. 주방이 문이 열려 있든 닫혀 있든 CO 농도에 큰 차이는 없음.

## 9) 현장 연구 결과 고찰

### ○ 직업적 노출 실태조사 결과<sup>54)</sup>

지금까지 조리 활동으로 인한 배출에 대해 직업적 또는 비직업적 노출은 체계적으로 특성화와 연구가 이루어지지 않았으며, <표 II-12>와 같이 대부분의 연구에서 다양한 조리과정이나 환경하에서 주방에서 주변 환경으로 배출되는 발생량 등을 조사한 결과임. 2008년 Pan 등의 연구에서는 생물학적 모니터링에 대한 연구 결과가 포함되어 있음.

54) IARC, Monographs Vol. 95, High-temperature frying, 2010.

〈표 II-12〉 고온의 튀김 과정에서 발생하는 물질에 대한 노출 연구 결과

참고문헌, 장소	환경	연구설계	측정 물질	연구 결과
Vainiotalo & Matveinen (1993), Finland	작업장 8곳 (2 제빵, 1 식품공장, 5 식당주방)	현장 측정, 고기와 생선의 frying/grilling/deep-frying 시 시료 채취	Fat aerosol Acrolein Formaldehyde Acetaldehyde Heterocyclic amines PAHs	- 주방 최고 농도(mg/m <sup>3</sup> ) : 9-16, 기타: <0.01-3.2 - 범위 : 0.01-0.59mg/m <sup>3</sup> - 그릴 주방 최고 농도 : 0.24/0.75mg/m <sup>3</sup> - 제빵 최고 농도 : 0.67 and 1.5mg/m <sup>3</sup> - <LOD - 저농도
Svendsen et al. (2002), Norway	호텔 주방 4, 햄버거 체인 주방 2, 간단 요리 식당(그릴) 10, 소규모 식당	주방에서 개인 시료 채취	Fat aerosols Aldehydes	- 지방의 소규모 식당에서 최고 농도(6.6mg/m <sup>3</sup> ); 식당 평균 0.62mg/m <sup>3</sup> - 최고 농도 186mg/m <sup>3</sup> ; 평균 69mg/m <sup>3</sup>

조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및 관리방안 연구

	3곳, 튀김류 제공				
He et al. (2004b), Shen Zhen, China	2개의 중국식 요리 식당( Hunan and Cantonese cooking)	정상적인 상황에서 조리흙 시료 채취	PM, organic compounds	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PM2.5 무게의 50% 이상이 유기화합물이며, 90종 이상의 유기화합물이 동정 되어 정량하였으며, 이는 유기 입자(organic particle) 무게의 26.1%를 차지하며, PM2.5 무게의 20.7%에 해당함.</li> <li>- 지방산(Fatty acids, 90% 이상), diacids, steroids가 주된 유기화합물로 발생됨.</li> <li>- 발생하는 유기물 양이나 n-alkanes와 PAHs 분자 구조는 차이가 있었으나 유기 입자의 대부분은 두 개의 식당에서 유사하였음.</li> </ul>	
He et al. (2004b), Beijing,	2개의 식당( 가스를 이용한 중국식과 1	Sampling during regular operation	PM <sub>2.5</sub> , 유기화합물(alkanes, n-alkanoic	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uigur [Chinese Islamic] style로 조리하는 과정에서 공기 중으로 미립자, alkanes, n-alkanoic acids, PAHs 등을 베이징 시내 대기의 PM2.5 농도보다 수백 배 배출함.</li> </ul>	

China	Uigur style (양고기 숯불구이)		acids, n-alkanals, alkan-2-ones, PAHs 등)	
Lee & Jeong (2008), South Korea	3종류 식당 : 한식(바베큐), 중식, 일식	식사하는 동안 호흡 영역에서 개인 노출량 측정	PM [PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>1.0</sub> ] Formaldehyde	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국식 바베큐 식당에서 최고 농도를 보였으며, 평균적으로는 PM<sub>10</sub> 169<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup>, PM<sub>2.5</sub> 124 <math>\mu</math>g/m<sup>3</sup>, PM<sub>1.0</sub> 63 <math>\mu</math>g/m<sup>3</sup>으로 나타남(평균 노출 비 : PM<sub>1.0</sub>/PM<sub>10</sub> 0.38, PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 0.73, PM<sub>1.0</sub>/PM<sub>2.5</sub> 0.52).</li> <li>- PM<sub>2.5</sub>와 PM<sub>10</sub>이 두 번째 높은 농도는 중식당에서 나타났음.</li> <li>- 농도 범위 : 89.7-345.9<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup>; 일식당에서 가장 높은 농도가 관찰됨.</li> </ul>
Pan et al. (2008), Taiwan, China	23개의 중국 음식점	주방과 식사 공간에서 단면 연구로 측정	공기 중 PM과 PAHs Urinary 1-hydroxypyrene (1-OHP) Urinary 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주방에서 공기 중 PM과 PAH 수준이 식사 공간보다 유의하게 높게 나타남.</li> <li>- GM : 주방 종사자 4.5<math>\mu</math>g/g creatinine; 서비스 직원 2.7<math>\mu</math>g/g creatinine(유의한 차이)</li> <li>GM : 주방 종사자 7.9<math>\mu</math>g/g creatinine; 서비스 직원 5.4<math>\mu</math>g/g creatinine(유의한 차이)</li> </ul>

- 소변 중 8-OHdG 수준은 공변량 보정 후 소변 중 1-OHP 수준, 주방 작업, 성별, 작업 시간 등이 주요한 네 가지 예측치(predictors)임.

Yeung & To  
(2008),  
Hong Kong,  
China

상업적  
조리환경

상업적 조리과정에서  
조사

aerosols의 크기 분포

- 대수정규분포(Log normal distribution); 0.1에서 1.0 $\mu$ m 크기의 에어로졸의 경우 조리온도가 높아짐에 따라 최빈 직경은 증가함.

PAH, polycyclic aromatic hydrocarbon; PM, particulate matter; AM arithmetic mean, GM, Geometric mean

## 5. 소결

- 조리흡(COFs) 노출이 인체 건강에 미치는 영향과 실험실 환경 및 현장 연구 결과를 종합하여 고찰함.
- 연구에 따르면 조리흡에 포함된 미세 입자, 다핵 방향족 탄화수소(PAHs), 휘발성유기화합물(VOCs), 알데히드 등이 폐암과 호흡기 질환의 발생 위험을 높이는 주요 요인으로 나타났으며, 특히 고온에서 튀기거나 볶는 조리과정에서 유해 물질 발생이 증가함.
- 실험실 연구에서는 식용유 종류와 조리 방식에 따라 입자 발생 농도와 크기가 달라졌으며, 현장 연구에서는 환기장치 부재 시 실내 유해 물질 농도가 높아지는 것을 확인함. 또한, 바이오매스와 같은 고체 연료 사용 시 심혈관계 질환 및 호흡기 질환 위험이 증가하는 경향이 있음.
- 조리 중 방출된 유해 물질에 장기적으로 노출될 경우 DNA 손상, 염색체 이상 등의 유전독성 문제를 유발할 수 있음.
- 전반적으로 COFs는 다양한 건강 문제와 관련이 있으나, 연구마다 대상, 연구 방법, 통제 요인의 차이로 인해 연구 간 결과의 일관성에 일부 제한이 존재함.



### Ⅲ. 조리 작업 중 발생하는 유해인자의 종류와 특성





# Ⅲ. 조리 작업 중 발생하는 유해인자의 종류와 특성

## 1. 실험 목적 및 설계

### 1) 실험 목적

#### (1) 조리 작업에서 발생하는 유해인자의 종류와 특성

- 다양한 조건(다양한 오일 종류, 다양한 온도, 다양한 조리 방법)에 따라 발생하는 입자상물질과 다른 유해인자(TVOCs, 포름알데히드를 포함한 알데히드류, 다핵방향족탄화수소(PAHs))를 평가하였음.
- 제한된 자원과 기간으로 이를 현장에서 하기에는 한계가 있고, 실제 조리실에서는 다양한 변수를 통제하기 어렵기 때문에, 실험실에 모의 평가실을 마련하고, 위의 변수(오일 종류, 온도, 조리 방법) 외 다른 조건은 유사하게 하여 유해인자를 평가하였음.

#### (2) 다습환경이 입자상물질 측정 실시간 결과에 미치는 영향 평가

- 조리실은 상대습도가 높은 환경으로, 나노입자를 포함한 작은 입자를 측정하는 실시간 측정 장비(예, SMPS(Scanning Mobility Particle Sizer), OPS(Optical Particle Sizer))의 입자상물질의 평가 결과에 영향을 줄 수 있을 것으로 예상됨. 산업보건분야에서 전통적으로 사용되는 방법은 잘 평가된 방법으로 특별한 경우를 제외하고 수분의 영향이 적으며, 수분의 영향이 있는 물질을 평가할 때는 제습제(예, Calcium Carbonate, Silica Gel)를 흡착제 앞에 부착하도록 공정시험법에 제정하고 있음(예, NIOSH 공정시험법 2027,

KOSHA 방법 A-106-2018).

- 나노물질 평가에 많이 사용되는 실시간 입자상물질 측정 장비에 대한 수분 제거 장비 부착은 논문에 거론되고 있으나 아직 명확히 규정된 방법은 없음.
- 따라서 본 실험은 실시간 장비를 이용하여 조리흡을 평가할 때 수분 제거 장비를 부착하는지에 대해 평가를 하는 것임. 그러나 입자상물질이라 하더라도 전통적인 필터를 이용한 방법에는 수분 제거 장비가 필요 없음.

## 2) 실험의 설계

본 실험은 서울대학교 보건대학원의 중앙실험실 안의 작은 실험실 공간 (36.1 m<sup>3</sup>)에서 진행되었음. 시간당 공기 교환율은 40.2/hr로 유지함. 조리 모사 실험에는 LPG 가스버너를 사용하여 가열하였으며 그 위에 쉘을 이용하여 조리하였음. 발생하는 유해인자가 조리 열로 인한 상승기류를 형성하고, 대부분 조리실에 천개형(캐노피)후드를 설치하고 있으므로 지면에서 약 110cm 위치에 원형 천개형 후드를 설치하였음. 조리흡을 비롯한 유해인자의 시료 채취 지점은 쉘로부터 65cm 위(지면으로부터는 110cm 위 지점)에서 위치하여 원활한 시료 포집이 이루어지도록 함.([그림 III-1] 참조). 모든 실험은 각각 동일 조건에서 3회 실시하였음.

실제 조리실에는 다양한 종류의 기름, 조리 식품, 조리온도, 다른 변수가 있으나 이를 다 반영하기 어려워 2023년도 관련 연구와 연구진의 미팅, 사전 문헌 조사를 통하여 주요 변수를 선정함.



[그림 Ⅲ-1] 조리 모사 실험 측정 모습

- <표 Ⅲ-1>과 같이 실험에 사용된 기름은 외식 업소에서 많이 사용되는 것으로 조사된 옥수수유, 콩기름, 그리고 카놀라유를 선정하였음.
- 각 기름은 다른 끓는 점을 가지고 있고 각 기름은 다른 최고온도를 가졌기에 온도에 의한 영향과 조리 방법에 따른 영향을 보기 위하여 <표 Ⅲ-3>과 같이 변수를 설정하였음. 정상적인 조리온도는 100℃ 또는 180℃이며 그 외 240℃ 또는 270℃는 유해인자 발생 여부를 확인하기 위하여 실험한 온도임 (Ⅱ. 문헌 요약 참고). 표에서 보듯이 볶음은 100℃, 부침은 180℃에서 각각 다른 오일 (콩기름, 옥수수유, 카놀라유)에서 평가하였으며, 튀김은 기름 종류의 영향을 보기 위하여, 각각의 끓는점을 고려하여 다르게 설정하였으며(180℃에서 3가지 기름, 240℃에서 두 가지 기름, 270℃에서 옥수수유 한 가지 기름을 사용하여 평가하였음. <표 Ⅲ-3>과 같음.

- <표 III-2>와 같이 수분이 실시간 측정 결과에 영향을 주는지 평가하기 위하여 가장 높은 끓는 점을 갖는 옥수수유를 사용하여 180℃, 240℃, 270℃에서 평가하였음. 미리 가습기를 이용하여 상대습도를 높은 상태에서 실시간 측정 장비 앞에 수분 제거 장치를 부착하고 또는 탈착하고 측정하였음.

<표 III-1> 실험에 사용할 기름의 종류

기름 종류	옥수수유	카놀라유	콩기름
라벨 사진	<p>옥수수유 99.99% (외국산(미국, 러시아, 브라질 등), 미국산)</p> <p>18 L (148,500 kcal, 25 °C)</p>	<p>카놀라유 99.99% (외국산(캐나다, 체코, 호주 등), 미국산)</p> <p>18 L (148,500 kcal, 25 °C)</p>	<p>콩기름 100% (외국산(미국, 브라질 등), 미국산)</p> <p>18 L (148,500 kcal, 25 °C)</p>

〈표 III-2〉 실제 조리 환경 측정실험의 세부 조건

조리 종류	온도(°C)	기름 종류	측정 횟수 (회)	재현성 (회)	
볶음	100	3개 (콩/카놀라유/옥수수)	1	3	9
부침	180	3개 (콩/카놀라유/옥수수)	1	3	9
튀김	180	3개 (콩/카놀라유/옥수수)	1	3	9
	240	2개 (카놀라유/옥수수)	1	3	6
	270	1개 (옥수수)	1	3	3
				총횟수	36

〈표 III-3〉 수분 영향 실험의 세부 조건

조리 종류	온도(°C)	기름 종류	측정 횟수 (회)	재현성 (회)	수분 발생 여부	
기름만 끓임	180	1개 (옥수수)	1	3	2 (있음, 없음)	6
	240	1개 (옥수수)	1	3	2 (있음, 없음)	6
	270	1개 (옥수수)	1	3	2 (있음, 없음)	6
					총 횟수	18

측정 방법은 방 내부를 충분히 환기시킨 뒤, 배경농도 측정을 10분간 진행함. 이때, 실시간 측정기기만 작동시킴. 그리고 난 뒤, 점화를 하여 5~9분간 기름의 온도를 올림. 기름의 온도가 측정하고자 하는 온도에 도달하면, 펌프

를 작동시켜 20분간 조리 시 발생하는 유해인자를 측정함. 다만, 조리할 때 음식이 타는 것을 방지하기 위하여 조리 시작 초기에 사용한 음식은 10분 동안만 조리하고 건진 뒤, 같은 종류와 무게의 재료를 다시 넣어 10분간 측정함. 펌프 작동은 총조리 시간인 20분이 지나고 작동을 종료함. 20분 동안의 조리 작업 측정이 끝나면 백그라운드 농도를 10분간 측정하고 실시간 기기 작동을 종료함. 모든 측정은 3번 반복 측정함.



[그림 Ⅲ-2] 실제 조리 모사실험 모습

## 2. 실험 방법

### 1) 조리흡의 입자크기에 따른 수 농도 실시간 모니터링

입자의 크기별 입자 수 농도, 입자 수 농도를 평가하기 위하여 광산란 방식을 사용하여 입자 수 농도를 측정하는 실시간 기기 (SMPS(scanning mobility particle sizer, Nanoscan Model 3910, TSI, USA),

OPS(optical particle Sizer, Model 3330, TSI, USA))를 사용함. 수분 영향 실험 시, 조리 단계에서 측정하는 20분 중 초반 10분 동안은 SMPS와 OPS의 시료 포집부 앞에 히터(150°C)와 실리카겔을 부착하지 않고 측정하였으며, 이후 10분 동안은 수분 증발 및 제거를 위하여 히터(150°C)와 실리카겔을 부착하여 측정함. 수분은 요리를 진행하는 워 위치에서 수증기 발생장치(가습기)를 이용하여 발생시킴.

## 2) 총휘발성유기화합물(TVOC, Total volatile organic compound)

총휘발성유기화합물 농도는 광이온화방식을 이용하여 실시간으로 측정 가능한 ppbRAE(TSI, USA)를 사용하여 측정함. 기기를 사용하기 전, 깨끗한 공기로 보정을 진행함.

## 3) 입자 중량농도 파악(Dusttrak)

입자 중량농도를 측정하기 위하여 광산란 방식으로 측정하는 Dusttrak (DRX Aerosol Monitor 8533, TSI, USA)을 이용함. 측정을 진행하기 전, PVC 필터를 항온항습을 진행한 뒤, 무게를 측정하고 기기에 넣고 사용함. 실험측정이 끝나면 결과 확인과 더불어 해당 필터를 분리하여 다시 무게를 측정함.

## 4) 조리흡(중량농도)

조리과정에서 발생 가능한 조리흡 측정은 사용 기름을 고려하여 오일미스트 측정법인 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)에서 발행한 NIOSH Manual of Analytical Methods(NMAM) 5524를 참고하여 진행함. 필터는

PTFE (37 mm, pore size=0.4  $\mu\text{m}$ )를 사용하였으며 SKC cyclone을 부착하여 2.5 L/min의 유량으로 시료를 포집함. 분석은 시료를 24시간 항온항습실에서 건조시킨 뒤, dichloromethane:methanol:toluene (1:1:1)로 혼합한 용액을 부어 기름을 제거함. 그리고 철망을 이용하여 다시 건조시킨 뒤, 중량을 측정함.

### 5) 다환방향족탄화수소 (PAH, Polycyclic aromatic hydrocarbon)

- 다환방향족탄화수소는 입자와 가스상이 동시에 존재하기에 동시에 포집함. 먼저, 입자상 PAH 포집에는 PTFE 필터(37 mm, pore size=0.4  $\mu\text{m}$ )가 사용됨. 가스상 PAH 포집에는 XAD-2 sorbent tube(8 x 110-mm size, 2 sections, 400/200 mg, SKC, USA)를 사용하였으며 모두 빛을 차단하기 위하여 무정전 카세트와 호일을 이용하여 감싸줌. 유량은 2.0 L/min으로 포집되었으며 NMAM 5515를 참고하여 진행됨.
- 시료 전처리는 필터와 XAD-2 tube 시료를 차광이 가능한 vial에 넣은 뒤, 4 mL methylene chloride 4 mL를 넣음. 이후, 40°C에서 30분간 sonication을 진행한 뒤, 시료를 2 mL vial로 옮겨줌. 분석은 <표 III-4>의 GC-MS로 진행함.

〈표 III-4〉 GC-MS analytical condition

Instrument	Parameter	Analytical condition
GC-MS	Column	DB-5MS (30 m x 0.25 mm x 0.25 μm)
	Column temp. (°C)	300
	Injector temp. (°C)	300
	Carrier gas	He
	Flow rate (mL/min)	1.2
	Detector temp. (°C)	220
	Split ratio	Splitless
	Injection Volume (μL)	3

- 분석 대상 물질은 총 18가지로 다음과 같음. Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Pyrene, Fluoranthene, Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Benzo(c)phenanthrene, Benz(a)anthracene, Chrysene, Benzo(b,j,k)fluoranthene, Benz[e]pyrene, Benzo[a]pyrene, 3-Methylcholanthrene, Dibenz(a,h)anthracene, Benzo(g,h,i)perylene.

## 6) 알데하이드

2, 4-Dinitrophenylhydrazine 카트리지에 오존 스크리버를 부착하여 알데히드를 포집함. 유량은 0.5 L/min으로 진행되었으며 포집된 시료는 모두 냉장 보관함. 전처리는 acetonitrile 용액 10 mL를 카트리지에 부어줌으로써 추출하였고, 진공 추출 후, 부족한 양은 acetonitrile 용액을 이용하여

총부피가 10 mL가 되게 함. 시료 분석은 <표 III-5>의 HPLC로 진행되었으며 이동상은 acetonitrile:water (1:1) 로 섞은 용액은 1.3 mL/min으로 사용함. 컬럼은 5- $\mu$ m C-18(Stainless steel, 3.9 x 150 mm)을 사용하였으며, UV 파장은 360 nm으로 분석함. 분석 시, 주입 시료량은 20  $\mu$ L로 함.

<표 III-5> HPLC analytical condition

Instrument	Parameter	Analytical condition	
HPLC	Column	Resteck Ultra (C18,5 $\mu$ m, 150 mm x 4.6mm)	
	Mobile phase	A)Water	B) acetonitrile
		Time (min.)	%B
		0	60
		8	70
		10	100
	Flow rate (mL/min)	1.5	
Injection volume (mL)	10		
Detection	UV-VIS absorber detector @ 360		

### 7) 블랙카본 (BC, Black carbon)

블랙카본 측정에는 광학적 흡수 방법을 사용하는 Aethalometer (AE-51, Aethlabs, USA)가 사용됨. 측정 유량은 100 mL/min으로 진행함. 각 측정마다 내부 필터를 교체해줌으로써 더욱 정교한 결과를 도출할 수 있도록 관리함.

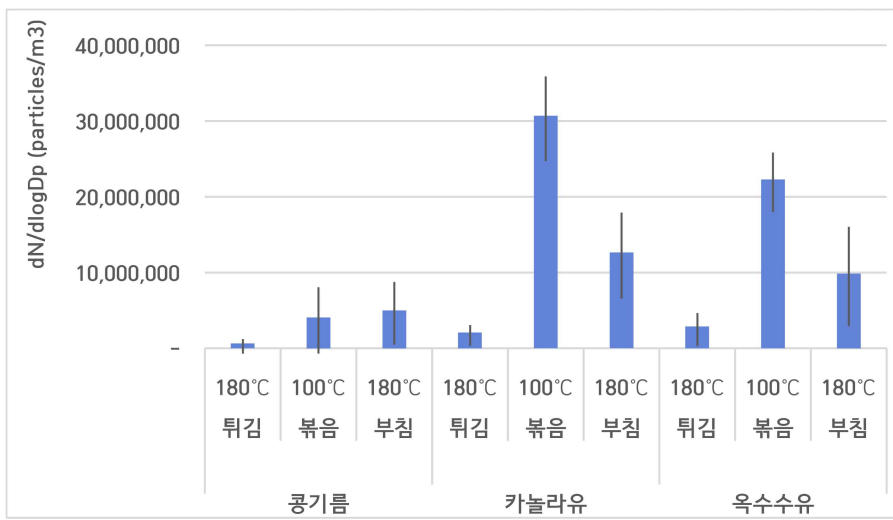
### 3. 실험 결과

모든 실험은 실험의 설계에서 기술한 서울대학교 공간 내에서 진행되었음. 실제 조리 모사실험의 환경 조건은 온도  $25.9 \pm 4.0\%$ 였으며, 다습환경이 입자 상물질 측정에 미치는 영향 실험의 환경 조건은 온도  $25.8 \pm 1.0^\circ\text{C}$  습도  $90.8 \pm 3.2\%$ 에서 진행되었음.

#### 1) 조리 작업에서 발생하는 유해인자 측정 결과

##### (1) 실시간 입자 수 모니터링 결과

〈표 III-4〉와 [그림 III-3]은 정상적인 조리온도에서 조리를 진행하였을 때의 수 농도를 조리 방법과 기름 종류별로 나누어 비교하여 평가한 결과임. 정상적인 조리온도에서 입자 수 농도는 볶음, 부침, 튀김 순으로 높은 경향을 보였으며, 볶음의 경우에는  $3.07 \pm 5.22 \times 10^7$  particles/cm<sup>3</sup>의 농도로 확인됨. 사용한 기름 종류별 결과에서는 카놀라유, 옥수수유, 콩기름 순으로 입자 수 농도가 높았음.



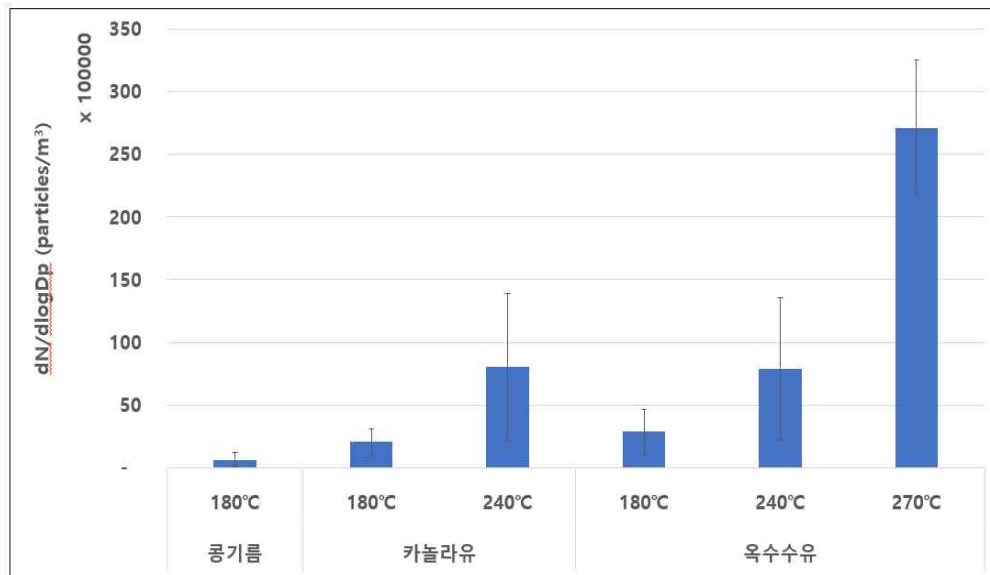
[그림 Ⅲ-3] 정상적인 조리온도에서 방법 및 기름 종류별 수 농도 비교

〈표 III-6〉 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 수 농도 평균 및 표준편차

단위 : particles/cm<sup>3</sup>

입자 수	콩기름			카놀라유			옥수수유		
	튀김	볶음	부침	튀김	볶음	부침	튀김	볶음	부침
	180℃	100℃	180℃	180℃	100℃	180℃	180℃	100℃	180℃
<b>평균</b>	638,173	4,081,716	5,019,467	2,086,418	30,686,054	12,638,827	2,889,278	22,284,767	9,876,529
<b>표준편차</b>	585,980	4,003,000	3,765,174	999,632	5,218,125	5,296,809	1,794,542	3,551,497	6,173,157

- 정상적인 조리온도(100℃ 또는 180℃)가 아닌 240℃ 또는 270℃에서의 튀김 조리 시 입자 수 농도 결과를 [그림 III-4]에 나타냄. 각 기름의 끓는점이 달랐기에 기름별로 1-3개의 온도 결과를 비교하였음.
- 카놀라유와 옥수수유를 사용하였을 때, 온도를 상승시킬수록 입자 수 농도가 같이 증가하는 모습을 확인할 수 있음. 특히, 옥수수유로 270℃에서 조리할 경우,  $2.71 \pm 0.54 \times 10^7$  particles/cm<sup>3</sup>로 가장 높은 농도로 확인됨. 270℃에서 튀김 조리를 할 경우, 음식 재료가 모두 타버리는 결과를 초래하여 거의 조리할 경우가 적으나 온도가 증가할수록 입자 수 농도가 증가함을 확인하였기에 이보다 낮은 적절한 조리온도에서 조리하는 것을 권장함.



[그림 III-4] 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 수 농도 결과 비교

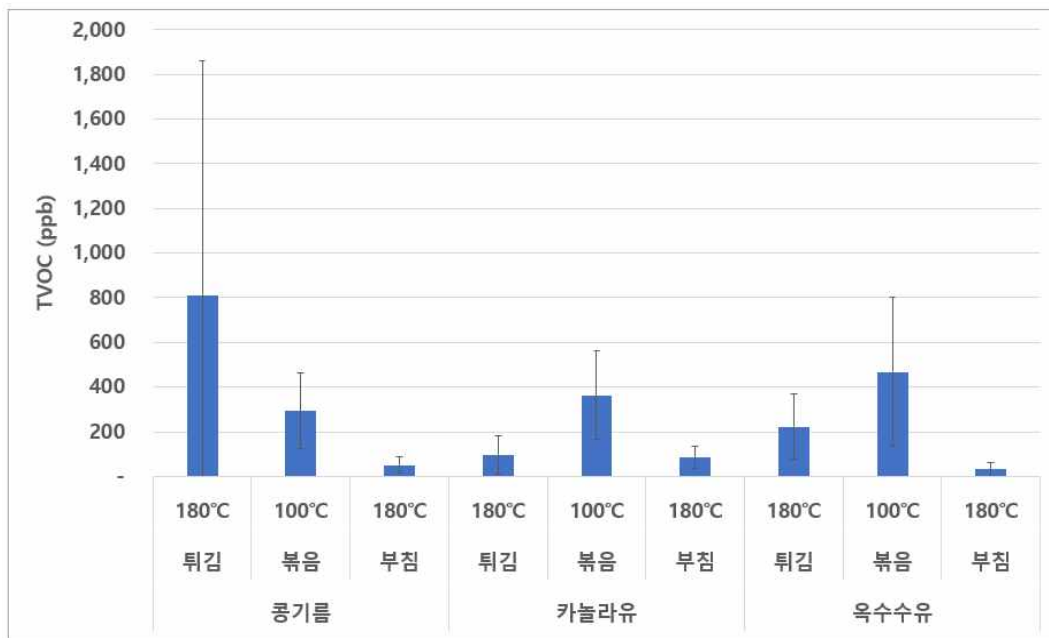
〈표 Ⅲ-7〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 수 농도 평균 및 표준편차

단위 : particles/cm<sup>3</sup>

	튀김					
	콩기름	카놀라유		옥수수유		
	180℃	180℃	240℃	180℃	240℃	270℃
평균	638,173	2,086,418	8,018,931	2,889,278	7,908,604	27,107,041
표준편차	585,980	999,632	5,914,825	1,794,542	5,666,040	5,387,931

(2) 총휘발성유기화합물(TVOC, Total volatile organic compound)

〈표 Ⅲ-6〉과 [그림 Ⅲ-5]는 정상적인 조리온도에서 조리하였을 때 측정된 TVOC 농도를 조리 방법과 사용 기름 종류별로 나누어 표시한 것임. 콩기름을 180℃에서 사용하였을 때 튀김 조리에서의 TVOC 농도가  $8.10 \pm 10.51 \times 10^2$  ppb로 가장 높은 모습을 보였으나, 콩기름을 제외하고는 볶음 > 튀김 > 부침 순으로 높은 모습을 보였음. 기름 종류별로는 옥수수유, 카놀라유, 콩기름 순으로 농도가 높았음을 확인함. 각 기름의 끓는점의 차이가 TVOC 농도 차이에 기여한 것으로 추정됨.



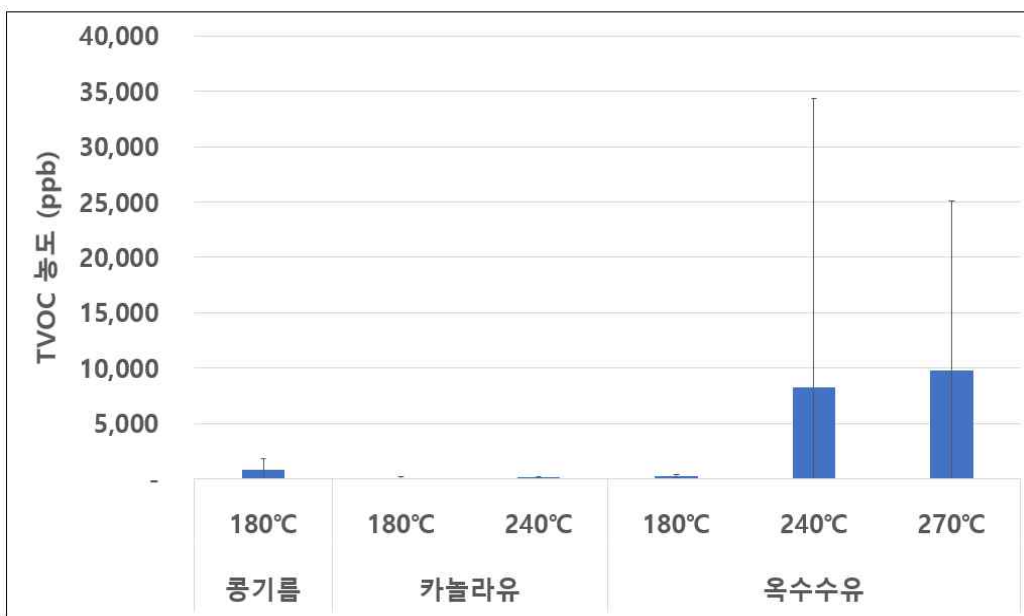
[그림 Ⅲ-5] 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 TVOC 농도 비교

〈표 III-8〉 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 TVOC 평균 및 표준편차

단위 : ppb

	콩기름			카놀라유			옥수수유		
	튀김	볶음	부침	튀김	볶음	부침	튀김	볶음	부침
	180℃	100℃	180℃	180℃	100℃	180℃	180℃	100℃	180℃
평균	810	293	50	97	362	83	223	468	31
표준편차	1,051	168	36	86	198	50	146	332	32

각 기름 종류별로 온도를 상승시키면서 발생한 TVOC 농도를 비교한 결과를 [그림 III-6]에 나타냄. 180℃에서 조리할 때보다 240℃, 270℃로 온도를 상승시켰을 때 TVOC 농도가 높게 측정되었으며, 최대 농도는 옥수수유를 사용하였을 때 270℃ 온도 조건에서  $9.83 \pm 15.23 \times 10^3$  ppb를 확인함.



[그림 III-6] 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 TVOC 결과 비교

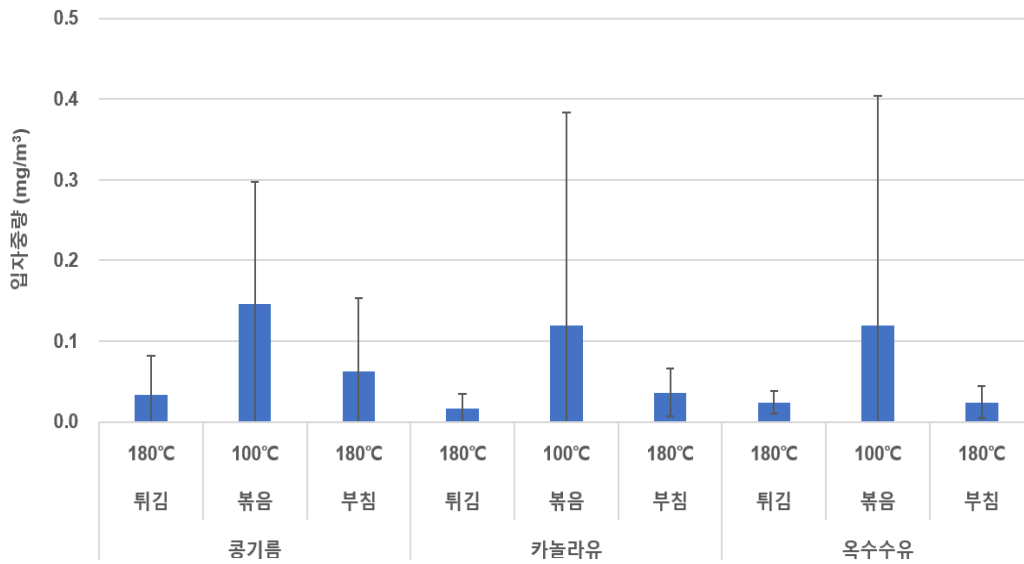
〈표 III-9〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 TVOC 평균 및 표준편차

단위 : ppb

	튀김					
	콩기름	카놀라유		옥수수유		
	180℃	180℃	240℃	180℃	240℃	270℃
평균	810	97	142	223	8,232	9,830
표준편차	1,051	86	104	146	26,127	15,233

### (3) 입자 중량(Dusttrak)

입자 중량 결과는 볶음, 부침, 튀김 순으로 높게 측정되었으며, 콩기름으로 볶음 조리를 진행할 때,  $0.15 \pm 0.15 \text{ mg/m}^3$ 로 가장 높은 농도를 보임. 기름 종류별 결과는 콩기름 > 옥수수유 > 카놀라유 순으로 높았으며 콩기름에서 높은 농도를 보이는 것으로 확인됨. 다만, Dusttrak을 이용한 측정은 본 측정 위치와는 별개로 떨어진 위치에서 측정이 진행되었기에 조리흡 중량분석 결과와 차이가 발생함을 확인함. 확인을 위하여 추가실험을 진행한 결과, 중량 분석 결과와 경향이 동일하게 나옴을 확인하였음.



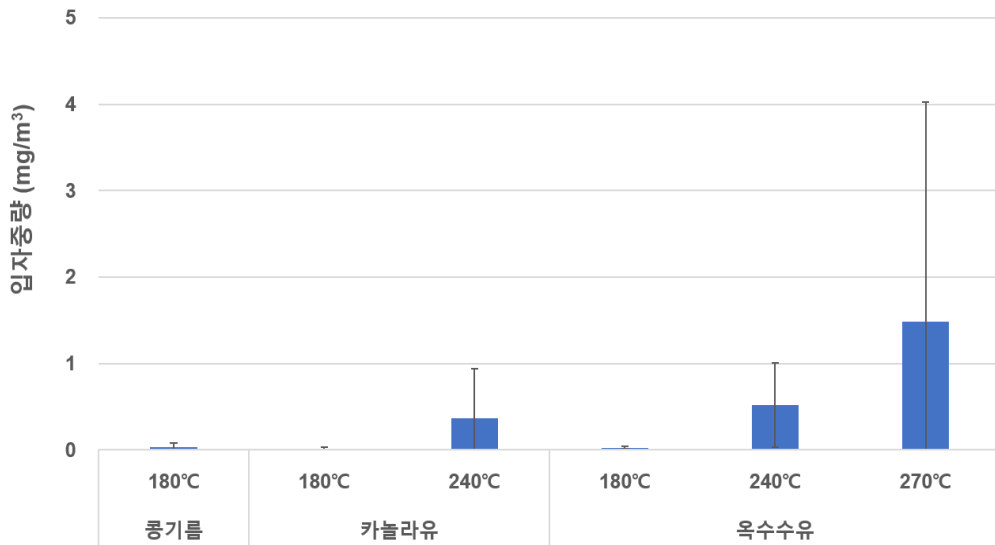
[그림 III-기] 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 입자 농량(Dusttrak) 농도 비교

〈표 III-10〉 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 입자 중량(Dusttrak) 평균 및 표준편차

단위 : mg/m<sup>3</sup>

	콩기름			카놀라유			옥수수유		
	튀김	볶음	부침	튀김	볶음	부침	튀김	볶음	부침
	180℃	100℃	180℃	180℃	100℃	180℃	180℃	100℃	180℃
평균	0.03	0.15	0.06	0.02	0.12	0.04	0.02	0.12	0.02
표준편차	0.05	0.15	0.09	0.02	0.26	0.03	0.01	0.28	0.02

각 기름 종류별로 온도를 상승시키면서 발생한 입자 중량농도를 비교한 결과를 [그림 III-8]에 나타냄. 입자 중량농도 또한 온도가 상승할수록 높아지는 경향을 카놀라유와 옥수수유 결과를 통해 확인하였으며, 옥수수유에서  $1.48 \pm 2.54 \text{ mg/m}^3$ 로 가장 높은 결과를 보임. 다만, 이 역시 중량 측정된 위치와 다소 차이가 있는 곳에서 측정이 되었기에 결과에 있어 차이를 보였음.



[그림 III-8] 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 입자 중량(Dusttrak) 농도 비교

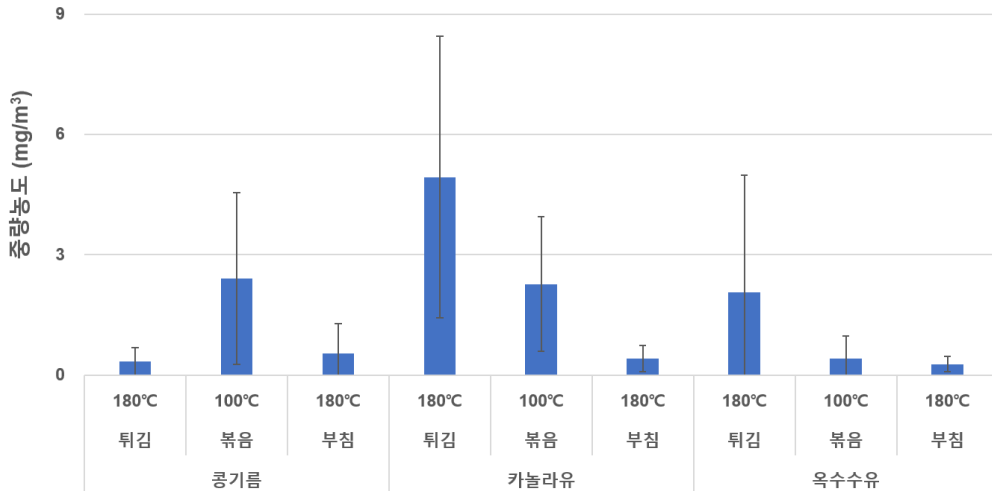
〈표 III-11〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 입자 중량(Dusttrak) 평균 및 표준편차

단위 : mg/m<sup>3</sup>

	튀김					
	콩기름	카놀라유		옥수수유		
	180℃	180℃	240℃	180℃	240℃	270℃
평균	0.03	0.02	0.37	0.02	0.52	1.48
표준편차	0.05	0.02	0.57	0.01	0.49	2.54

(4) 중량분석(조리흡)

오일미스트 측정 방법(사이클론을 이용하여 시료를 채취 후 추출용매로 추출하여 중량농도 측정) 조리흡 측정 결과를 각 조리 방법과 기름 종류별로 [그림 III-9]에 나타내었으며, 그 평균과 표준편차를 〈표 III-10〉에 나타냄. 콩기름에서는 볶음 조리 방법이 2.40±2.14 mg/m<sup>3</sup>로 가장 높은 농도를 보였으나, 카놀라유와 옥수수유를 사용하여 조리하였을 때는 튀김에서 각각 4.93±3.51 mg/m<sup>3</sup>, 2.07±2.92 mg/m<sup>3</sup>로 가장 높은 농도를 보임. 사용한 기름 종류별로 본다면 최고 농도를 기준으로 카놀라유 > 옥수수유 > 콩기름 순으로 높은 결과를 보였음.



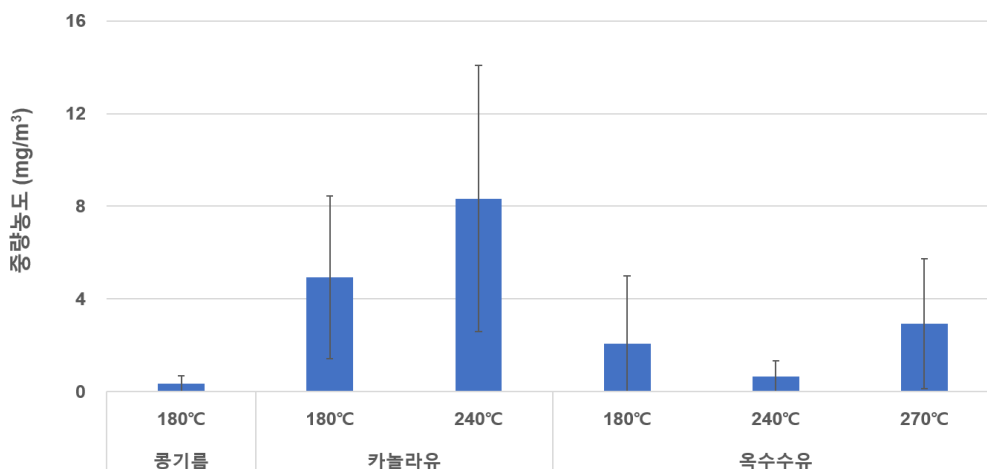
[그림 III-9] 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 중량농도(조리흙) 비교

<표 III-12> 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 중량농도(조리흙) 평균 및 표준편차

단위 : mg/m<sup>3</sup>

	콩기름			카놀라유			옥수수유		
	튀김	볶음	부침	튀김	볶음	부침	튀김	볶음	부침
	180°C	100°C	180°C	180°C	100°C	180°C	180°C	100°C	180°C
<b>평균</b>	0.33	2.40	0.53	4.93	2.27	0.40	2.07	0.40	0.27
<b>표준편차</b>	0.34	2.14	0.75	3.51	1.68	0.33	2.92	0.57	0.19

각 기름 종류별로 온도를 상승시키면서 발생한 중량농도(조리흡)를 비교한 결과를 [그림 III-10]에 나타냄. 카놀라유를 사용하였을 때는 온도가 증가함에 따라 중량농도도 증가하여 240℃일 때  $8.33 \pm 5.75 \text{ mg/m}^3$ 로 가장 높은 농도를 보임. 이는 Dusttrak으로 측정한 결과보다 높은 수치를 보였는데, 이는 본 중량측정 위치가 조리하는 위치보다 가까운 위치였기에 이로 인하여 발생한 결과로 판단됨. 반면, 옥수수유를 사용하였을 때는 온도가 증가함에도 불구하고 240℃에서의 중량농도( $0.67 \pm 0.68 \text{ mg/m}^3$ )는 180℃에서보다 감소한 결과( $2.07 \pm 2.92 \text{ mg/m}^3$ )를 확인함.



[그림 III-10] 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 중량농도(조리흡) 비교

〈표 III-13〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 중량농도(조리흡) 평균 및 표준편차

단위 : mg/m<sup>3</sup>

	튀김					
	콩기름	카놀라유		옥수수유		
	180℃	180℃	240℃	180℃	240℃	270℃
평균	0.33	4.93	8.33	2.07	0.67	2.93
표준편차	0.34	3.51	5.75	2.92	0.68	2.81

## (5) 다환 방향족 탄화수소(PAH, Polycyclic aromatic hydrocarbon)

- 정상적인 조리온도에서는 PAH가 모두 LOD값 미만으로 검출됨.
- 조리 시 기름의 온도를 상승시키며 측정한 결과, 분석 대상 물질 18가지 중 2가지 물질 (Phenanthrene, Benzo[a]pyrene)이 검출됨. Phenanthrene은 270℃에서 옥수수유로 조리하였을 때  $2.87 \pm 0.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 확인됨. Benzo[a]pyrene은 조리온도가 240℃일 때 카놀라유, 옥수수유 모두에서 검출되었으며 각각  $0.20 \pm 0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0.57 \pm 0.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 검출됨. 두 물질 모두 8 hour-TWA 기준 (두 물질 모두  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )보다 낮게 검출되었음.

〈표 III-14〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 PAH 평균 및 표준편차

단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	튀김					
	콩기름	카놀라유		옥수수유		
	180℃	180℃	240℃	180℃	240℃	270℃
Phenanthrene	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	2.87 ±0.18
Benzo[a]pyrene	<LOD	<LOD	0.20 ±0.07	<LOD	0.57 ±0.13	<LOD

#### (6) 알데히드

정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 알데히드 결과를 〈표 III-13〉에 나타냄. 볶음 방법으로 조리할 때, acetaldehyde가 가장 높은 농도 ( $1,109\text{-}1,575 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )로 모두 검출되었으며, 튀김에서도 검출됨을 확인함. 기름 종류별로는 3가지 기름 모두에서 알데히드 종류가 다양하게 검출됨. 본 실험측정 결과는 3회 반복 실험을 하였는데 해당 결과 중 1회만 검출이 되었어도 의미가 있다고 판단하였기에 〈표 III-13〉에 기재하였음.

〈표 III-15〉 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 알데히드 결과

단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	콩기름			카놀라유			옥수수유		
	튀김	볶음	부침	튀김	볶음	부침	튀김	볶음	부침
	180℃	100℃	180℃	180℃	100℃	180℃	180℃	100℃	180℃
formaldehyde	117	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
acetaldehyde	123	1,109 ±426	469	213 ±53	1,575 ±405	<LOD	137 ±22	1,451 ±279	<LOD
acrolein	73 ±17	<LOD	266	58±2	<LOD	240 ±25	66 ±4	<LOD	<LOD
propionaldehyde	<LOD	<LOD	<LOD	56	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
butyraldehyde	<LOD	207	<LOD	<LOD	259 ±4	<LOD	LOD	244 ±21	<LOD
m-tolualdehyde	144 ±46	<LOD	696 ±334	211 ±7	275 ±47	464 ±65	290 ±42	<LOD	318

\* 표준편차가 없는 값은 총 3회 측정실험 결과 1회만 검출된 경우

기름의 온도가 올라감에도 불구하고 모든 알데히드 물질에서 같이 증가하는 경향을 보이지는 않음. 검출된 알데히드 물질 중 acetaldehyde는 카놀라유가 240℃일 때  $456 \pm 111 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 옥수수일 때  $460 \pm 132 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 높은 결과를 확인함.

〈표 III-16〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 알데히드 평균 및 표준편차

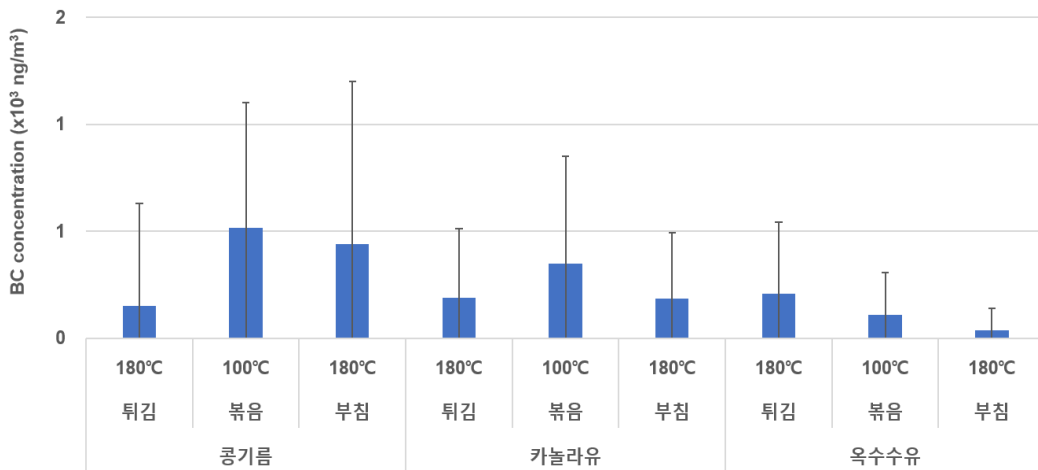
단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	튀김					
	콩기름	카놀라유		옥수수유		
	180℃	180℃	240℃	180℃	240℃	270℃
formaldehyde	117	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	$117 \pm 52$
acetaldehyde	123	$213 \pm 53$	$456 \pm 111$	$137 \pm 22$	$460 \pm 132$	$123 \pm 31$
acrolein	$73 \pm 17$	$58 \pm 2$	$98 \pm 21$	$66 \pm 4$	$99 \pm 46$	$94 \pm 17$
propionaldehyde	<LOD	56	$57 \pm 3$	<LOD	<LOD	<LOD
m-tolualdehyde	$144 \pm 46$	$211 \pm 7$	$176 \pm 38$	$290 \pm 42$	$346 \pm 179$	$143 \pm 48$

\*표준편차가 없는 값은 총 3회 측정실험 결과 1회만 검출된 경우

(7) 블랙카본 (BC, Black carbon)

정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 블랙카본 결과를 [그림 III-11]에 비교하여 나타냈으며, 그 평균과 표준편차를 <표 III-15>에 나타냄. 블랙카본은 볶음, 부침, 튀김 순으로 콩기름과 카놀라유를 사용하였을 때 비슷한 결과 경향을 보였으나, 옥수수유를 사용하였을 때는 튀김, 볶음, 부침 순으로 검출됨. 주로 콩기름을 사용하였을 때 결과가 높았는데 콩기름으로 볶음 조리 시  $5.15 \pm 5.88 \times 10^2 \text{ ng/m}^3$ , 부침 조리 시  $4.39 \pm 7.63 \times 10^2 \text{ ng/m}^3$ 로 높은 결과를 확인함.



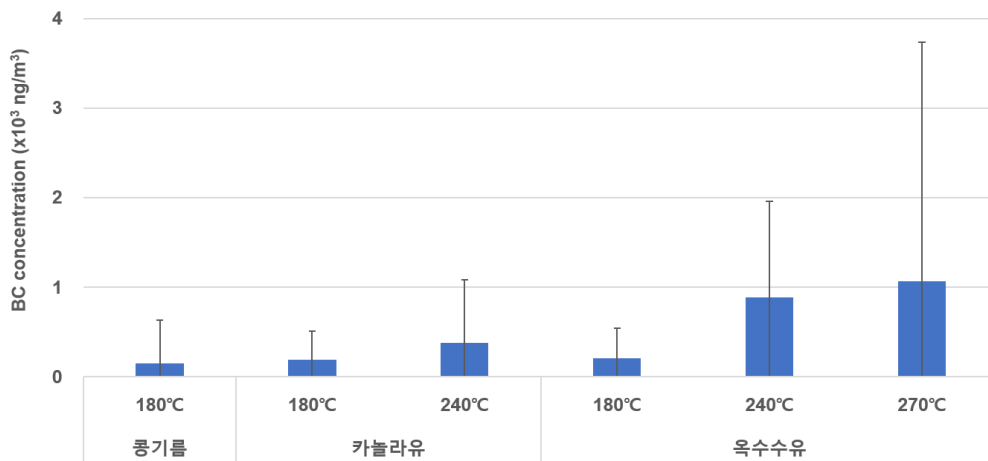
[그림 III-11] 정상적인 조리온도에서의 조리방법 및 기름종류별 블랙카본 비교

〈표 III-17〉 정상적인 조리온도에서의 조리 방법 및 기름 종류별 블랙카본 결과

단위 : ng/m<sup>3</sup>

	콩기름			카놀라유			옥수수유		
	튀김	볶음	부침	튀김	볶음	부침	튀김	볶음	부침
	180℃	100℃	180℃	180℃	100℃	180℃	180℃	100℃	180℃
평균	153	515	439	192	351	187	210	109	38
표준편차	477	588	763	322	501	307	333	198	102

조리온도를 상승시켜 블랙카본을 측정된 결과를 [그림 III-12]와 〈표 III-16〉에 나타내었음. 기름의 온도가 상승하면서 블랙카본의 양도 증가함을 확인할 수 있었으며, 특히, 각 기름에서의 최고 실험온도인 카놀라유 240℃, 옥수수유 270℃에서는 각각  $3.77 \pm 7.04 \times 10^2$  ng/m<sup>3</sup>과  $1.07 \pm 2.67 \times 10^3$  ng/m<sup>3</sup>의 농도를 확인하였음.



[그림 III-12] 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 블랙카본 비교

〈표 III-18〉 튀김 조리 시 조리온도 변화에 따른 블랙카본 평균 및 표준편차

단위 : ng/m<sup>3</sup>

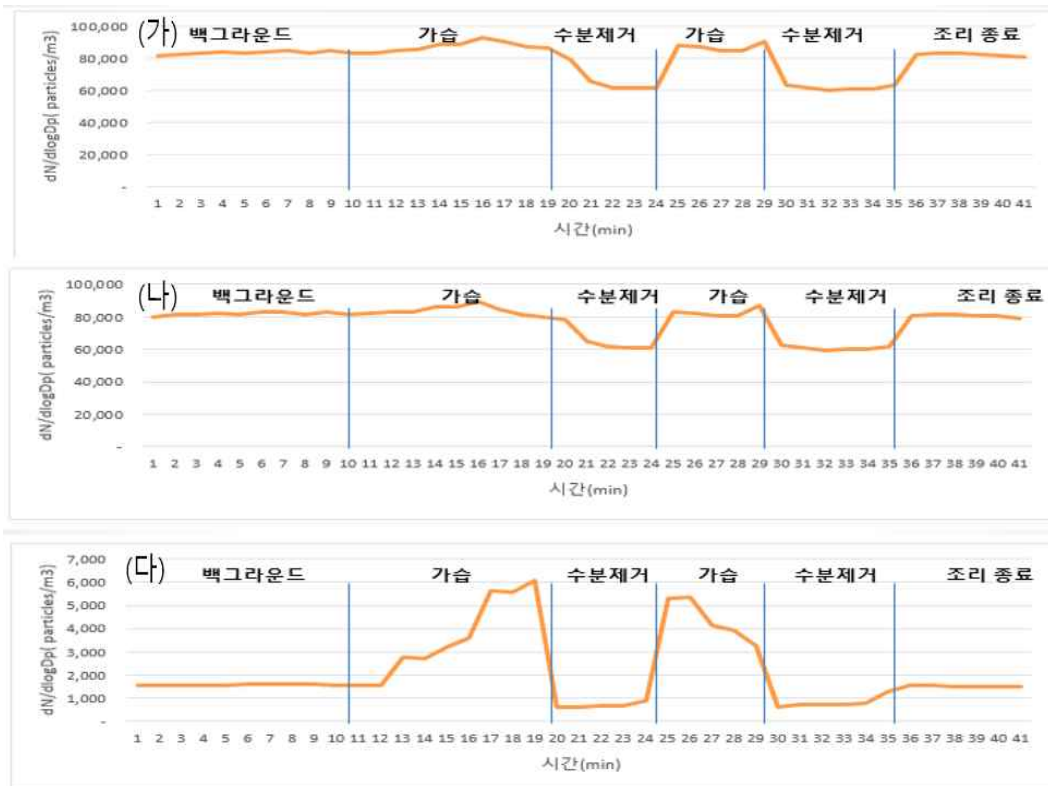
	튀김					
	콩기름	카놀라유		옥수수유		
	180℃	180℃	240℃	180℃	240℃	270℃
평균	153.23	191.75	377.40	209.52	885.64	1066.06
표준편차	477	322	704	333	1,072	2,668

## 2) 고습 환경이 입자상물질 측정 실시간 결과에 미치는 영향

### (1) 고습 환경이 실시간 측정 결과에 미치는 영향

〈표 III-17〉과 [그림 III-13]은 가습기를 이용하여 실험환경에 지속적으로 가습을 하며 옥수수 오일을 가열하면서 실시간 측정기 앞에 수분 제거 장치를 이용하여 수분을 제거했을 때와 하지 않았을 때를 번갈아 가면서 실험한 결과를 나타낸 것임. 가습을 하였을 때 모두 백그라운드 농도보다 증가하는 모습을 보였으며 SMPS는  $8.36 \pm 0.26 \times 10^4$  particles/cm<sup>3</sup>, OPS는  $3.92 \pm 1.44 \times 10^3$  particles/cm<sup>3</sup>를 보였으며 총  $8.75 \pm 0.26 \times 10^4$  particles/cm<sup>3</sup>를 보임. 수분을 제거하였을 때는 SMPS  $6.30 \pm 0.54 \times 10^4$  particles/cm<sup>3</sup>, OPS  $7.13 \pm 0.73 \times 10^2$  particles/cm<sup>3</sup>, 총  $6.37 \pm 0.54 \times 10^4$  particles/cm<sup>3</sup>를 보였으며 이를 증감률로 나타내면 SMPS 약 25%, OPS 약 82%, 총 27% 감소함을 확인함. 따라서, OPS를 사용하여 입자 수 농도를 측정할 경우 수분에

의한 영향을 많이 받게 되므로 이를 고려하여 적절한 측정 장비를 선택하는 것이 중요함.



[그림 Ⅲ-13] 가습기를 이용한 수분의 수 농도 영향 실시간 결과. (가) SMPS와 OPS 수 농도 결과, (나) SMPS 수 농도 결과, (다) OPS 수 농도 결과

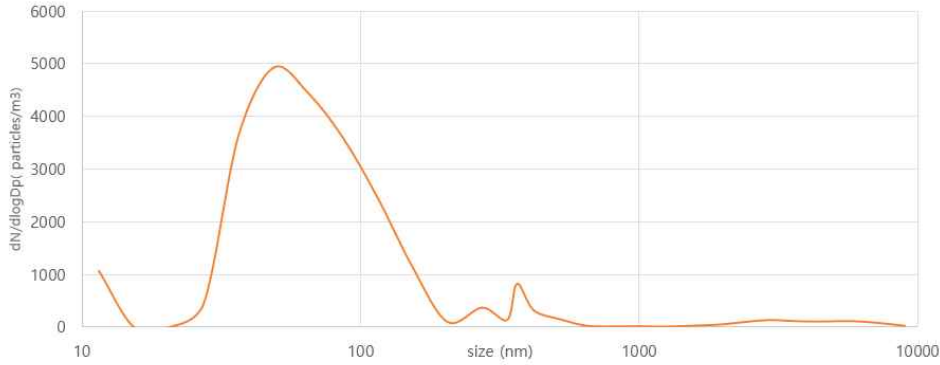
〈표 III-19〉 수분 영향 측정실험 수 농도

단위 : particles/cm<sup>3</sup>

수분 실험		SMPS+OPS	SMPS	OPS
백그라운드	평균	81,817 ± 4,742	80,271 ± 4,672	1,546 ± 74
가습	평균	87,474 ± 2,612	83,556 ± 2,647	3,918 ± 1,443
수분 제거	평균	63,672 ± 5,384	62,959 ± 5,419	713 ± 73
히터 및 실리카겔 연결 시 수 농도 증감률	%	▽27	▽25	▽82

## 나) 수분 입자의 직경분포

- 가습 시 발생한 수분 입자의 직경분포를 [그림 III-14] 수분 입자의 직경분포에 나타냄. 나노입자 (직경이 100 nm 이하인 입자)의 비율이 82.1±17.5%로 나타났으며, 약 90% 입자가 SMPS에서, 약 10% 입자가 OPS에서 측정됨. 가습으로 인하여 발생한 수증기 입자가 백그라운드 상에 있던 입자를 같이 제거함으로써 수분을 제거하였을 때의 수 농도가 백그라운드보다 더 감소하는 것으로 파악됨.



[그림 III-14] 수분 입자의 직경분포

다) 기름 가열 시 수분으로 인한 입자상물질의 농도 변화

- <표 III-18>과 <표 III-19>는 가습기를 이용하여 실험환경에 지속적으로 가습을 하면서 옥수수유를 가열했을 때, 실시간 측정기 앞에 수분 제거 장치를 이용하여 수분을 제거했을 때와 하지 않았을 때를 번갈아 가면서 실험한 결과를 나타낸 것임.
- 240℃에서 실험을 진행한 경우에서 SMPS는 일반상태(실리카겔과 히터를 실시간 측정기기 앞부분에 연결하지 않은 상태)에서 입자 수 농도가  $1.80 \times 10^6$  particles/cm<sup>3</sup>인 반면 실리카겔과 히터를 연결한 경우  $2.41 \times 10^6$  particles/cm<sup>3</sup>로 약 34.44% 증가하는 모습을 보였음. 다만, 해당 결과만 증가하는 모습을 보여주었으며, 그 외 온도에서의 SMPS 결과와 OPS 전체결과에서는 실리카겔과 히터를 연결하였을 때, 입자 수농도가 2.98-90.92% 감소하는 모습을 보임.
- 특히, OPS 결과는 모두 감소하는 모습을 보였기에 실리카겔과 히터를 연결하게 되면 입자 사이즈가 큰 경우에서의 결과는 더 낮은 결과를 얻을 수 있음을 보여줌.

〈표 III-20〉 기름 가열 시 수분 영향 측정실험 SMPS 수 농도

단위 : particles/cm<sup>3</sup>

조리 실험 (SMPS)		가습				
		180℃	240℃	270℃	합계	
조리 전 측정	avg	64,631	49,940	22,459		
점화	avg	977,174	2,622,111	6,827,170		
조리 중	일반*	avg	1,075,230	1,791,902	8,126,997	10,994,128
	실리카겔+히터	avg	298,321	2,409,033	7,885,149	10,592,503
	증감	%	-72.26	34.44	-2.98	-3.65
조리 후 측정	avg	116,906	140,194	307,085		

\*일반: 실리카겔과 히터를 연결하지 않은 상태

〈표 Ⅲ-21〉 기름 가열 시 수분 영향 측정실험 OPS 수 농도

단위 : particles/cm<sup>3</sup>

조리 실험 (OPS)		가습				
		180℃	240℃	270℃	합계	
조리 전 측정	avg	4,094	11,741	13,100		
점화	avg	33,569	50,892	48,233		
조리 중	일반*	avg	7,018	26,787	26,661	60,467
	실리카겔+히터	avg	637	10,087	18,523	29,248
	증감	%	-90.92	-64.34	-30.52	-51.63
조리 후 측정	avg	448	121	98		

\*일반: 실리카겔과 히터를 연결하지 않은 상태

## 라) 요약

- 본 연구의 목표는 조리과정에서 발생하는 유해인자(입자 수 농도, 알데히드, PAH, 블랙카본 등)의 종류와 특성을 파악하는 것임. 조리 현장에는 다양한 간접 요소가 존재하므로, 본 연구는 조리 모사 실험을 통해 정확한 유해인자 농도를 측정하고, 수분 및 수증기가 입자 수농도 측정에 미치는 영향을 조사함.
- 정상 조리온도에서의 실험 결과, 입자 수 농도는 카놀라유 > 옥수수유 > 콩기름 순이었고, 조리법은 볶음 > 부침 > 튀김 순으로 높음을 확인함. TVOC는 기름 종류별 차이는 크지 않았으나 조리 방법에 따라 차이가 나타났으며, 입자 중량은 콩기름 > 옥수수유 > 카놀라유 순으로 높았음. 알데히드는 볶음 요리에서 Acetaldehyde, m-tolualdehyde, Acrolein이 검출되었고, 블랙카본은 콩기름 > 카놀라유 > 옥수수유 순으로 높았음.
- 온도를 높이면서 실험한 결에서는 입자 수 농도와 입자 중량이 모두 상승했으며, PAH는 240℃ 이상에서 검출됨. 높은 습도가 입자 농도 측정에 미치는 영향을 파악한 결과, 가습 시 입자 수 농도가 증가했으며, 수분 제거 장치(히터, 실리카겔)를 사용할 경우 감소하는 경향을 확인함. 이를 통해 입자 측정 시 수분 영향을 고려하여 적절한 장비 선택이 필요함을 알 수 있음.
- 본 연구는 실제 조리 현장과 차이가 있을 수 있으나, 유해인자 발생에 대한 데이터베이스를 구축함으로써 조리 환경에서 유해 인자의 특성을 파악하는 데 의의가 있음.

### 3) 조리 시 발생하는 유해인자 간 상관분석 결과

#### ○ 조리 시 발생하는 유해인자 간 상관분석

본 연구의 조리 실험에서 발생하는 조리흡을 평가하기 위해 아래의 인자들을 측정하고 분석했으며, 그 결과를 바탕으로 변수 간 상관분석을 실시함. 식용유 3가지, 조리 방식 3가지, 온도 4가지 변수에 따라 총 12회의 실험이 이루어짐. 1회의 실험은 5분에서 20분 동안 진행되었으며, 따라서 각 실험당 5개에서 20개의 데이터가 생성되었다(실시간 측정 기기의 측정 간격은 1분으로 설정).

#### ○ 조리흡 평가를 위한 측정, 분석 인자

- 실시간 입자 수 농도(SMPS와 OPS, TSI Inc.),
- 실시간 입자 질량 농도(Dust trak, TSI Inc.)
- 실시간 총 VOC(ppbRAE, RAE Systems)
- 실시간 블랙카본(Aethalometer, model: AE51)
- GC MS에 의한 다핵방향족탄화수소류 농도
- HPLC에 의한 포름알데히드, 아크롤레인 농도

#### (1) 조리 실험 간 실시간 측정기기의 평균 농도, 알데히드 농도 상관분석 결과

12회의 실험 중 옥수수유 180℃ 튀김 조리를 제외한 11회 실험의 실시간 측정 기기의 평균 농도와 알데히드 농도 간 상관분석을 위해 실시간 측정 결과에서 3가지 인자(블랙카본 제외)의 평균값을 산출하였음. 그리고 조리 중 발생하는 주요 VOC인 포름알데히드와 아크롤레인 농도를 포함해 총 6개 인자(실시간 평균 입자 수 농도, 실시간 평균 입자 질량 농도, 실시간 평균

TVOC 농도, 포름알데히드 농도, 아세트알데히드 농도, 아크롤레인 농도)에 대해 상관분석을 실시함(다핵방향족탄화수소류는 제외).

그 결과, 실시간 측정 기기로 측정한 평균 입자 질량 농도와 평균 TVOC 농도 간 상관관계수 0.68( $p < 0.05$ )로 상관관계가 있는 것으로 나타났고, 실시간 측정 기기로 측정한 평균 입자 질량 농도와 아세트알데히드 농도 간에 상관관계수 0.39( $p < 0.05$ )로 약한 상관관계에 있는 것으로 나타남.

## (2) 실험 내 실시간 측정 변수 간 상관분석 결과

12회의 실험에서 실험 내 실시간 측정 인자들 간 상관분석을 실시한 결과, 일부 조리 실험에서 인자 간 상관성을 보였으나, 상관성이 없거나 음의 상관관계를 보이는 경우도 있었음. 따라서 현재 실험 결과만으로 측정 변수 간에 상관성이 있거나 없다고 일반화하기에는 무리가 있으며, 향후 추가 연구가 필요하다고 판단됨.

상관성을 판단하기에 분석 결과가 일관되게 나타나지 않은 이유는 다음과 같음.

- 첫째, 실험 여건상 조리 시간이 20분 미만으로 충분히 길지 않았고, 실험 조건이 챔버와 같이 엄격하게 통제된 환경이 아니라 실제 조리환경이었기 때문에 조리 시 발생된 조리흡이 실험실 내 기류 변화, 확산 등의 다양한 환경 요인의 영향을 받기 때문으로 판단됨.
- 둘째, 이번 조리 실험 결과에서 나타났듯이 일반적인 조리온도에서 입자 수 농도는 볶음, 부침, 튀김 순으로 높은 경향을 보이면서, 기름 종류별 결과에서는 카놀라유, 옥수수유, 콩기름 순으로 입자 수 농도가 높았음. 그러나 TVOC 농도는 대표적인 기름인 콩기름 180℃ 실험에서 튀김 조리에서 TVOC 농도가 가장 높은 것으로 나타났고, 전반적인 경향으로 볼 때도 볶음, 튀김, 부침 순으로 TVOC 농도가 높은 것으로 나타나 입자 수 농도 결과와 차이를 보임. 그 이

유는 조리 종류와 기름의 종류에 따라 입자 수 농도와 VOC 발생량이 다르고 근본적으로 인자의 발생 기전이 다르기 때문으로 해석됨. 따라서 모든 조리 중에 입자 수 농도가 증가할 때 반드시 실시간으로 VOC 농도도 증가한다고 해석되기보다는 조리 및 기름의 종류에 따라 각 인자의 발생량이 다르다고 보는 것이 타당할 것으로 판단되나 추가적인 연구가 필요함.

### (3) 상관분석 결과 요약

12회 조리 실험에서 측정 변수 간 상관분석을 실시한 결과를 정리하여 <표 III-22>로 나타내었음. 실시간 기기에 의한 질량 평균 농도와 실시간 기기에 의한 TVOC 평균 농도 간에 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내었고(상관계수 0.68), 실시간 기기에 의한 질량 평균 농도와 아세트알데히드 농도 간에 상관계수 0.39로 약한 상관관계를 나타냄.

<표 III-22> 수분 영향 측정실험 수 농도 조리 실험 시 측정 변수 간 상관분석 결과

	NC	MC	TVOCs	포름알데히드	아세트알데히드	아크롤레인
NC	1.00	0.18	-0.13	0.21	-0.13	0.41
MC	0.18	1.00	0.68	-0.28	0.66	0.40
TVOCs	-0.13	0.68*	1.00	-0.16	0.39	0.55
포름알데히드	0.21	-0.28	-0.16	1.00	0.08	0.48
아세트알데히드	0.66	0.39*	0.08	1.00	0.30	
아크롤레인	0.41	0.40	0.55	0.48	0.30	1.00

\* P<0.05

NC, MC, TVOCs는 실시간 측정기기 결과의 평균값

옥수수 기름 180℃ 튀김 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수를 정리하여 <표 III-23>으로 나타내었음. 입자 수 농도와 TVOC 간에 -0.49로 음의 상관관계를 보였고, 입자 수 농도와 블랙카본 농도 간에 0.85로 높은 양의 상관성을 보임.

<표 III-23> 옥수수 기름 180℃ 튀김 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수

	NC	MC	TVOCs	BC
NC	1.00	-0.05	-0.49	0.85
MC	-0.05	1.00	-0.09	-0.02
TVOCs	-0.49*	-0.09	1.00	-0.44
BC	0.85*	-0.02	-0.44	1.00

\*P<0.05

옥수수 기름 240℃ 튀김 조리 실험에서의 측정 변수 간 상관계수를 정리하여 <표 III-24>로 나타내었음. 측정 변수 간 상관성이 없었음.

<표 III-24> 옥수수 기름 240℃ 튀김 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수

	NC	MC	TVOCs	BC
NC	1.00	0.17	-0.09	-0.21
MC	0.17	1.00	0.41	0.03
TVOCs	-0.09	0.41	1.00	0.04
BC	-0.21	0.03	0.04	1.00

옥수수 기름 270℃ 튀김 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수를 정리하여 <표 III-25>에 나타내었음. 입자 수 농도와 입자 질량 농도 간에 0.48로 양의 상관관계를 보임.

**<표 III-25> 옥수수 기름 270℃ 튀김 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수**

	NC	MC	TVOCs
NC	1.00	0.48	0.18
MC	0.48*	1.00	0.33
TVOCs	0.18	0.33	1.00

\*P<0.05

콩기름 180℃ 튀김 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수를 정리하여 <표 III-26>에 나타냄. 측정 변수 간 상관성이 없었음.

**<표 III-26> 콩기름 180℃ 튀김 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수**

	NC	MC	TVOCs	BC
NC	1.00	0.00	-0.13	0.36
MC	0.00	1.00	0.16	-0.24
TVOCs	-0.13	0.16	1.00	-0.23
BC	0.36	-0.24	-0.23	1.00

콩기름 180℃ 부침 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수를 정리하여 <표 III-27>로 나타냄. 입자 질량 농도와 TVOC 농도 간에 -0.74로 음의 상관관계를 보임.

〈표 III-27〉 콩기름 180℃ 부침 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수

	NC	MC	TVOCs	BC
NC	1.00	-0.17	0.44	0.38
MC	-0.17	1.00	-0.74	0.49
TVOCs	0.44	-0.74*	1.00	-0.37
BC	0.38	0.49	-0.37	1.00

\*P<0.05

카놀라유 180℃ 부침 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수를 정리하여 〈표 III-28〉로 나타냄. 측정 변수 간 상관성이 없었음.

〈표 III-28〉 카놀라유 180℃ 부침 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수

	NC	MC	TVOCs	BC
NC	1.00	0.55	0.18	0.01
MC	0.55	1.00	-0.22	0.49
TVOCs	0.18	-0.22	1.00	0.06
BC	0.01	0.49	0.06	1.00

옥수수유 180℃ 부침 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수를 정리하여 〈표 III-29〉로 나타냄. 측정 변수 간 상관성이 없었음.

〈표 III-29〉 옥수수유 180℃ 부침 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수

	NC	MC	TVOCs	BC
NC	1	0.15	0.09	0.11
MC	0.15	1	0.44	-0.09
TVOCs	0.09	0.44	1	-0.66
BC	0.11	-0.09	-0.66	1

옥수수유 100℃ 볶음 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수를 정리하여 〈표 III-30〉으로 나타냄. 입자 질량 농도와 TVOC 농도 간에 0.76으로 비교적 높은 상관관계를 보임.

〈표 III-30〉 옥수수유 100℃ 볶음 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수

	NC	MC	TVOCs	BC
NC	1.00	0.76	0.19	-0.43
MC	0.76*	1.00	0.28	-0.17
TVOCs	0.19	0.28	1.00	0.04
BC	-0.43	-0.17	0.04	1.00

\* P<0.05

카놀라유 100℃ 볶음 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수를 정리하여 〈표 III-31〉로 나타냄. 측정 변수 간 상관성이 없었음.

〈표 III-31〉 카놀라유 100℃ 볶음 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수

	NC	MC	TVOCs	BC
NC	1.00	-0.03	0.02	-0.40
MC	-0.03	1.00	0.79	-0.16
TVOCs	0.02	0.79	1.00	-0.26
BC	-0.40	-0.16	-0.26	1.00

콩기름 100℃ 볶음 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수를 정리하여 〈표 III-32〉로 나타냄. 측정 변수 간 상관성이 없었음.

〈표 III-32〉 콩기름 100℃ 볶음 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수

	NC	MC	TVOCs
NC	1.00	0.47	0.28
MC	0.47	1.00	0.63
TVOCs	0.28	0.63	1.00

카놀라유 기름 180℃ 튀김 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수를 정리하여 〈표 III-33〉으로 나타냄. 수 농도와 질량 농도 간에 -0.48, 수 농도와 VOC 농도 간에 -0.46으로 음의 상관관계를 보임.

〈표 III-33〉 카놀라유 180℃ 튀김 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수

	NC	MC	TVOCs
NC	1.00	0.35	-0.48
MC	0.35	1.00	-0.46
TVOCs	-0.48	-0.46	1.00

\* P<0.05

카놀라유 튀김 240℃ 튀김 조리 실험에서 측정 변수 간 상관계수를 정리하여 〈표 III-34〉로 나타냄. 측정 변수 간 상관성은 없었음.

〈표 III-34〉 카놀라유 240℃ 튀김 조리 실험에서 실시간 측정 변수 간 상관계수

	NC	MC	TVOCs	BC
NC	1.00	-0.36	-0.33	0.02
MC	-0.36	1.00	0.81	-0.32
TVOCs	-0.33	0.81	1.00	-0.19
BC	0.02	-0.32	-0.19	1.00

## 4. 소결

- 본 연구는 조리 작업 중 발생하는 유해인자(입자 수 농도, 알데히드, PAH, 블랙카본 등)의 종류와 특성을 파악하고자 하였음. 실제 조리 현장은 여러 간섭 요인으로 인해 정확한 농도 측정에 한계가 있으므로, 이를 보완하기 위해 실제 조리 모사 실험과 수분 및 수증기의 입자 수 농도 영향 실험을 통해 유해인자의 농도를 파악하고자 함.
- 실험 결과 정상 조리온도에서 입자 수 농도는 카놀라유 > 옥수수유 > 콩기름 순으로, 조리 방법은 볶음 > 부침 > 튀김 순으로 높았으며, TVOC는 기름 종류 간 차이는 없으나, 콩기름에서는 튀김, 카놀라유와 옥수수유에서는 볶음에서 높게 발생함. 또한, 알데히드는 볶음에서 Acetaldehyde, m-tolualdehyde, Acrolein이 높게 검출됨. 블랙카본의 경우, 콩기름 > 카놀라유 > 옥수수유 순으로 농도가 높았으며, 콩기름과 카놀라유는 볶음에서, 옥수수유는 튀김에서 농도가 높았음. 온도 상승 실험에서는 입자 수 농도와 TVOC, 입자 중량 모두 온도가 높을수록 농도가 상승하는 경향을 보였고, PAH는 240℃ 이상에서 Phenanthrene, Benzo[a]pyrene이 검출됨. 알데히드는 온도 증가에 따른 뚜렷한 증가 경향은 보이지 않았으며, 블랙카본은 온도 상승에 따라 농도가 증가함. 이를 정리하여 <표 III-35>로 나타내었음.

〈표 III-35〉 측정 인자에 따른 실험 결과 요약

측정 인자	조리 방법	기름 종류	고온 조리 (정상 온도 이상)
입자 수 농도	볶음>부침>튀김	카놀라유>옥수수유> 콩기름	기름의 온도가 증가할수록 농도 증가를 확인
TVOC	볶음(카놀라유, 옥수수유), 튀김(콩기름)	큰 차이를 보이지 않음	기름의 온도가 증가할수록 농도 증가를 확인
입자 중량 (Dusttrak)	볶음>부침>튀김	콩기름>옥수수유> 카놀라유	기름의 온도가 증가할수록 농도 증가를 확인
중량법	볶음(콩기름), 튀김(카놀라유, 옥수수유)	카놀라유>콩기름> 옥수수유	카놀라유에서 기름의 온도가 증가할수록 농도 증가를 확인하였으나 옥수수유에서는 그렇지 않았음
PAHs	LOD 미만	LOD 미만	240℃ 이상에서 Phenanthrene, Benzo[a]pyrene 검출
알데히드	볶음(Acetaldehyde , m-tolualdehyde, Acrolein 검출)	3가지 기름 모두에서 알데히드 종류가 다양하게 검출됨	특이사항 없음
Black Carbon	볶음(콩기름, 카놀라유), 튀김(옥수수유)	콩기름>카놀라유> 옥수수유	기름의 온도가 증가할수록 농도 증가를 확인

- 또한, 수분이 입자 수 농도에 미치는 영향 실험에서는 가습을 했을 때 입자 농도가 증가하였으며, 수분 제거 장치를 연결하여 측정 시 약 27% 감소함을 확인하였음. OPS를 사용한 입자 수 농도 측정 시 수분의 영향을 크게 받는 것으로 나타나 적절한 장비 선택의 중요성을 확인함.
- 측정 인자 간 상관분석 결과, 미세먼지 질량 농도와 TVOC 농도 간에 상관성이 있었으며, 미세먼지 질량 농도와 아세트알데히드 농도 간에도 약한 상관성을 보였음. 또한, 조리흡 평가 시 실시간 측정기기의 도입 필요성을 확인하였으며 다른 인자들과의 상관성은 추가 연구가 필요함.

## IV. 조리흙 평가 및 관리방안





## IV. 조리흡 평가 및 관리방안

### 1. 조리 시 발생하는 유해인자와 산안법상 관리 내용

#### 1) 목적

최근 조리 작업 종사자의 직업성 암(폐암)이 업무상 질병으로 인정됨에 따라 사회적인 관심이 증가하고 있으며, 조리 환경에서 발생하는 조리흡 등 건강 유해인자와 조리 종사자의 안전 및 보건 조치 관리의 필요성이 대두됨.

따라서, 조리 환경 작업 시 발생 가능한 건강 유해인자를 확인하고, 현재 관련 유해인자가 산안법에서 어떻게 관리되고 있는지를 검토하고자 함. 그리고 사업장에서 발생할 수 있는 소음, 분진, 유기화합물, 금속류 등 유해인자는 현재 산안법에서 어떻게 구분되어 관리되고 있는지 검토하고, 유해인자 및 작업환경의 분류에 따라 근로자의 건강장해는 어떻게 예방 관리하는 규정을 마련하고 있는가를 확인하고자 함.

산업안전보건법은 안전 및 보건에 관한 기준을 확립하고 산업재해 예방 및 쾌적한 작업환경을 조성하여 노무를 제공하는 사람의 안전 및 보건을 유지하고 증진함을 목적으로 하며, 사업주는 근로자의 건강장해를 예방을 위해 필요한 조치(보건 조치 등)를 하도록 하고 있음.

따라서, 조리 작업 종사자의 안전한 작업환경조성 및 건강장해의 예방을 위한 적절한 관리의 방안을 검토하고자 함.

#### 2) 조리 작업 시 발생하는 유해인자

##### (1) 조리 작업 시 발생하는 건강 유해인자 및 현재 산안법상 관리기준

- 조리 작업 시 발생하는 건강 유해인자는 입자상물질로는 초미세먼지(UFP), 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>), 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 그리고 조리흡(COFs)로 분류되며, 가스증기상 물질은 다환방향족탄화수소(PAHs), 총휘발성유기화합물(TVOCs), formaldehyde, acetaldehyde, acrylamide, acrolein, benzene, 1,3-butadiene, carbon monoxide, carbon dioxide가 조리 작업 과정에서 분해 산물로 생성되어 작업자에게 노출 가능성이 있는 것으로 나타남.
  
- 산업안전보건법에는 유해성·위험성 수준별로 유해인자를 구분하여 관리하고 있으며, 노출 기준 설정 대상 유해인자, 허용기준 설정 대상 유해인자, 제조 등 금지 물질, 제조 등 허가 물질, 작업환경측정 대상 유해인자, 특수건강진단 대상 유해인자, 관리대상 유해물질로 구분하고 있으며, 특별관리물질은 관리대상 유해물질 내에 표시하여 구분하고 있음. 또한 노출 기준 설정 대상 유해인자는 고용노동부고시로 정하고 있으며, 고시에는 각 유해 인자별 노출 기준, CMR 물질(Carcinogens, Mutagens, Reproductive toxins) 분류 및 CAS 번호 등이 명시되어 있음.
  
- 조리 작업 과정에서 발생 가능한 건강 유해인자는 다음의 산안법상 관리기준이 적용되고 있음.
  - 노출 기준 설정 대상 유해인자: formaldehyde, acetaldehyde, acrylamide, benzene, 1,3-butadiene, Acrolein, PAHs, carbon monoxide, carbon dioxide
  
  - 허용기준 설정 대상 유해인자: formaldehyde, benzene, carbon monoxide
  
  - 작업환경측정 및 특수건강진단 대상 유해인자 : formaldehyde,

acetaldehyde, acrylamide, benzene, 1,3-butadiene, carbon monoxide

- 관리대상 유해물질(특별관리물질): formaldehyde(특별관리물질), acetaldehyde, acrylamide(특별관리물질), benzene(특별관리물질), 1,3-butadiene(특별관리물질), carbon monoxide

〈표 IV-1〉 조리 시 유해인자의 산안법에 따른 유해성·위험성 수준별 구분

유해인자 구분	허용기준 이하 유지 대상	관리대상 유해물질	특별관리물질	작업환경측정 대상 유해인자	특수건강진단 대상 유해인자
Formaldehyde	○	○	○	○	○
Acetaldehyde		○		○	○
Acrylamide		○	○	○	○
Benzene	○	○	○	○	○
1,3-Butadiene		○	○	○	○
carbon monoxide	○	○		○	○

노출 기준 설정 대상 유해인자의 고용노동부고시에는 노출 기준 및 유해인자의 유해성에 따라 발암성, 생식세포 변이원성, 생식독성 물질을 분류하고 있으며, 조리 작업 시 발생하는 유해인자의 CMR 물질 분류는 다음과 같음.

- 발암성 물질: formaldehyde, benzene, 1, 3-butadiene은 1A로 분류, acetaldehyde, acrylamide는 1B로 분류, PAHs는 1A~2로 물질의 종류에 따라 발암성 등급 차이가 있으므로 분류함.
- 생식세포 변이원성 물질: acrylamide, benzene, 1, 3-butadiene은 1B로 분류, formaldehyde는 2로 분류함.
- 생식독성 물질: carbon monoxide는 1A로 분류, acrylamide는 2로 분류함.

〈표 IV-2〉 조리 시 유해인자의 산안법상 노출 기준 및 CMR 구분(고용노동부고시)

유해인자 구분	노출 기준 (TWA)	발암성 <sup>1)</sup>	생식 세포 <sup>2)</sup> 변이원성	생식 독성 <sup>3)</sup>
Formaldehyde	0.3ppm	1A	2	
Acetaldehyde	50ppm	1B		
Acrylamide	0.3mg/m <sup>3</sup>	1B	1B	2
Benzene	0.5ppm	1A	1B	
1, 3-Butadiene	2ppm	1A	1B	
Acrolein	0.1ppm			
PAHs	0.2mg/m <sup>3</sup>	1A~2 (종류에 따라 차이 있음)		
carbon monoxide	30ppm			1A
carbon dioxide	5,000ppm			

초미세먼지(UFP), 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>), 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 및 조리흙(COFs), 총 휘발성유기화합물(TVOCs)의 유해인자는 노출 기준 및 산업안전보건법상 유해인자의 구분에는 포함되어 있지 않음. 다만 총휘발성유기화합물(TVOCs)은 휘발성 유기화합물을 총칭한 명칭으로는 구분하고 있지 않으나, benzene, 1, 3-butadiene 등 개별 유해인자로 구분되어 규정하고 있음.

## (2) 조리 작업 시 발생하는 건강 유해인자의 사무실 공기관리 지침 내 권고 기준

산안법상 산업재해 예방을 위하여 기술 또는 작업환경에 관한 표준을 사

업주에게 지도·권고하고 하고 있으며, 이러한 사무실 공기 관리지침(고용노동부고시)에서 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>), 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 총휘발성유기화합물(TVOCs), formaldehyde, carbon monoxide, carbon dioxide 유해인자의 관리기준을 권고하고 있음.

〈표 IV-3〉 조리 시 유해인자의 사무실 공기관리 지침 내 관리기준

유해인자 구분	관리기준	참고 근거
미세먼지(PM <sub>2.5</sub> )	50 µg/m <sup>3</sup>	(고용노동부고시) 사무실 공기관리 지침
미세먼지(PM <sub>10</sub> )	100 µg/m <sup>3</sup>	
총휘발성유기화합물(TVOC)	500 µg/m <sup>3</sup>	
Formaldehyde	100 µg/m <sup>3</sup>	
carbon monoxide	10 ppm	
carbon dioxide	1,000 ppm	

### 3) 조리 등의 현업업무 종사자 등 산안법 적용 대상 및 제외 규정

(1) 공공행정 및 교육서비스업의 현업업무에 종사하는 사람(조리 등)의 산업안전보건법의 적용 대상 명확화

- 산안법에는 사업의 종류 등을 고려하여 일부 사업 또는 사업장에는 법의 전부 또는 일부를 적용하지 않을 수 있으며, 공공행정 및 교육서비스업의 경우 안전보건 관리체제 및 안전보건교육에 관한 규정을 적용 제외하고 있음.
- 최근 산안법은 산업재해 발생의 위험이 높은 조리 등 현업업무에 종사하는 사람도 법의 적용 대상에서 제외되는 것으로 해석될 수 있는 여지가 있으므로, 법

적용이 제외되지 않도록 규정함.

- 따라서, 조리 등 현업업무에 종사하는 사람은 산안법의 적용을 제외하는 규정은 없으며, 공공행정 및 교육서비스업 사업에서 일부 제외하고 있는 안전보건 관리체제 및 안전보건교육 등 규정을 준수할 수 있도록 명확히 함.

## (2) 상시 근로자 5명 미만을 사용하는 사업장의 산안법 적용 제외 규정 등

- 2022년 직종별 사업체노동력 조사자료에서 한국고용직업분류 중 ‘음식 서비스 직’의 소분류 직종인 주방장 및 조리사의 사업체 규모별 종사자는 5인 미만이 50% 정도를 차지하며, 식당서비스원은 5인 미만 사업장 종사자가 65% 정도를 차지한 것으로 나타남. 따라서 조리 작업 종사자의 다수가 5인 미만 사업장에 종사하고 있는 것으로 추정됨.
- 상시 근로자 5명 미만을 사용하는 사업장은 산안법의 안전보건관리체제 및 안전보건교육 등 일부의 적용 제외 법 규정이 있으나, 사업주는 위험성 평가의 실시, 안전 및 보건 조치 등 건강장해를 예방하기 위한 필요한 조치를 하여야 함.

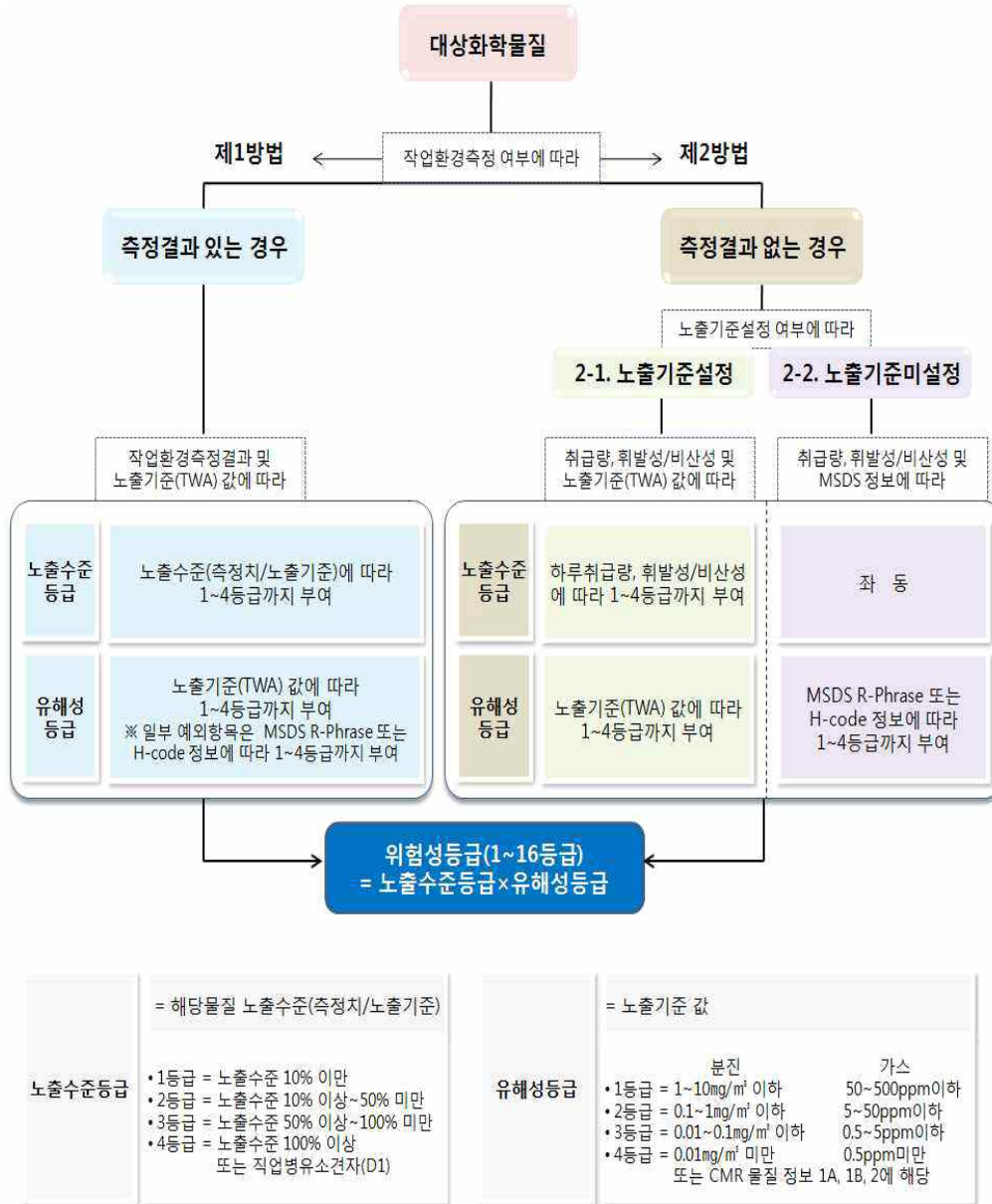
〈표 IV-4〉 산안법 일부 적용하지 않은 사업 및 적용 제외 규정 정리

대상 사업 또는 사업장	적용 제외 법 규정
공공행정 및 교육 서비스업 중 초등·중등·고등 교육기관, 특수학교·외국인학교 및 대안학교 (다만, 청소, 시설관리, 조리 등 현업업무에 종사하는 사람으로서 고용노동부장관이 정하여 고시하는 사람은 제외)	제2장 안전보건관리체제 제1절 안전보건관리체제 제2절 안전보건관리규정 제3장 안전보건교육(다른 규정에 따라 준용되는 경우는 제외한다)
공공행정 및 교육 서비스업 중 초등·중등·고등 교육기관, 특수학교·외국인학교 및 대안학교의 사업에서 청소, 시설관리, 조리 등 현업업무에 종사하는 사람으로서 고용노동부장관이 정하여 고시하는 사람	(해당 사항 없음)
상시 근로자 5명 미만을 사용하는 사업장	제2장 안전보건관리체제 제1절 안전보건관리체제 제2절 안전보건관리규정 제3장 안전보건교육(제29조제3항에 따른 추가교육은 제외한다) 제4장 유해·위험 방지 조치 中 일부 조항 제47조(안전보건진단) 제49조(안전보건개선계획의 수립·시행 명령) 제50조(안전보건개선계획서의 제출 등) 제11장 보칙 中 일부 조항 제159조(영업정지의 요청 등)(다른 규정에 따라 준용되는 경우는 제외한다)

## 2. 현행 산안법상 건강 유해인자 및 작업환경 관리기준

### 1) 위험성 평가

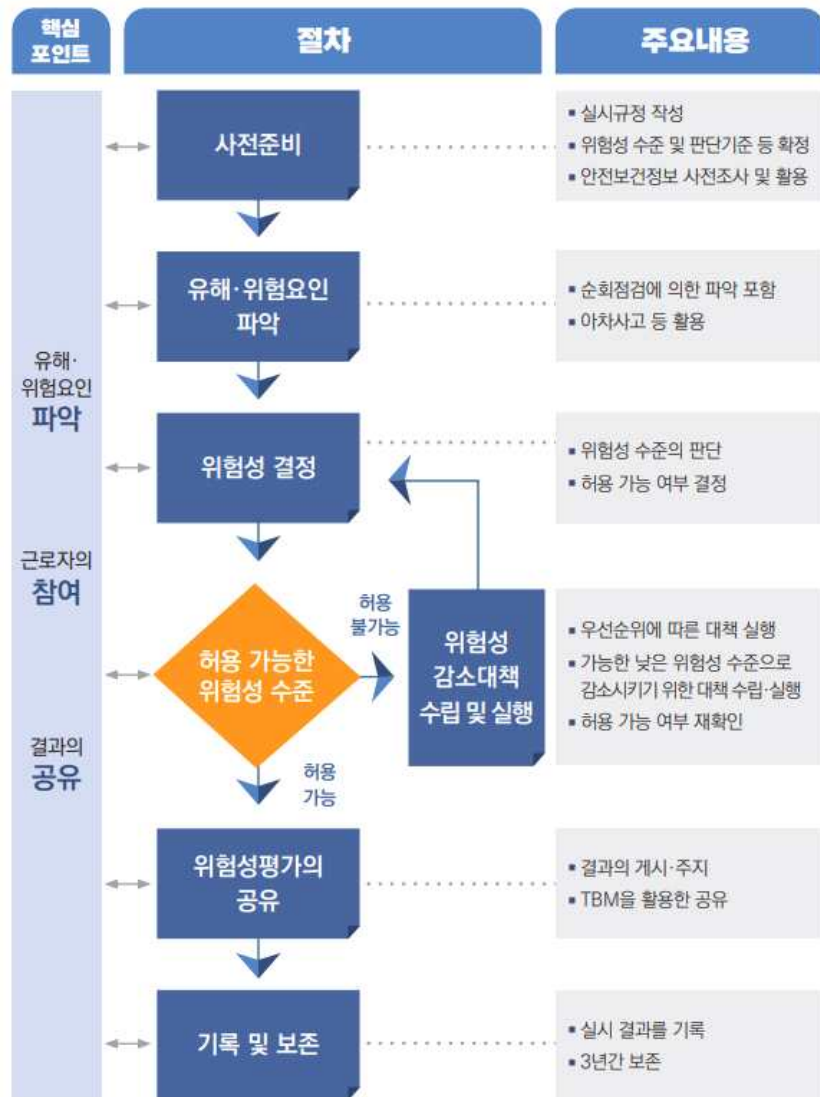
- 위험성 평가는 사업주가 근로자에게 부상이나 질병 등을 일으킬 수 있는 유해 위험요인이 무엇인지 사전에 찾아내어 그것이 얼마나 위험한지를 살펴보고, 위험하다면 그것을 감소시키기 위한 대책을 수립하고 실행하는 과정임.
- 화학물질 위험성 평가 기법(CHARM)은 사업장이 원재료, 가스, 증기, 분진 등에 의한 유해위험요인을 찾아내고, 그 결과에 따라 근로자의 건강장해를 방지하기 위하여 필요한 조치를 하고자 하는 경우에 적용함. 사업장 스스로 화학물질에 대한 위험성 수준을 평가하고 관리하여 화학물질에 의한 건강장해를 예방하는 데 목적이 있음.



**〈그림 IV-1〉 화학물질 위험성평가(CHARM) 등급 결정 흐름도**

출처: 화학물질 위험성평가 매뉴얼, 안전보건공단, 2012

사업장 위험성 평가에 관한 지침(고용노동부고시)에는 사업주는 스스로 사업장에 유해·위험요인에 대한 실태를 파악하고 이를 평가하여 관리·개선하는 등 필요한 조치를 통해 산업재해를 예방할 수 있도록 지원하기 위한 위험성 평가 방법, 절차, 시기 등에 대한 기준을 제시하고 있음.



〈그림 IV-2〉 위험성 평가 절차 및 주요 내용

출처: 새로운 위험성평가 안내서, 고용노동부, 2023

## 2) 유해인자의 유해성·위험성 평가 및 분류기준 등

- 산업안전보건법에는 유해인자의 유해성·위험성 수준별로 유해인자 분류가 필요하거나, 노출 시 변이원성, 흡입독성, 생식독성, 발암성 등 근로자의 건강장애 발생이 의심되거나, 그 밖에 사회적 물의를 일으키는 등 유해성·위험성 평가가 필요한 유해인자는 독성시험자료 등을 통한 유해성·위험성 확인 및 화학물질의 노출이 인체에 미치는 영향, 화학물질의 노출수준을 고려하여 유해성·위험성 평가의 대상에 선정할 수 있는 기준을 마련하고 있음.
- 또한, 근로자에게 건강장애를 일으키는 화학물질 및 물리적 인자 등(유해인자)의 유해성·위험성 분류기준을 마련토록 하고 있으며, 다음과 같은 화학물질 및 물리적 인자, 생물학적 인자의 분류기준으로 구분됨.
- 화학물질의 분류기준
  - 물리적 위험성 분류기준: 폭발성 물질, 인화성 가스, 인화성 액체, 인화성 고체, 에어로졸, 물 반응성 물질, 산화성 가스, 산화성 액체, 산화성 고체, 고압가스, 자기반응성 물질, 자연 발화성 액체, 자연 발화성 고체, 자기 발열성 물질, 유기과산화물, 금속 부식성 물질
  - 건강 및 환경 유해성 분류기준: 급성 독성 물질, 피부 부식성 또는 자극성 물질, 심한 눈 손상성 또는 자극성 물질, 호흡기 과민성 물질, 발암성 물질, 생식세포 변이원성 물질, 생식독성 물질, 특정 표적 장기 독성 물질(1회 노출), 특정 표적 장기 독성물질(반복 노출), 흡인 유해성 물질, 수생 환경 유해성 물질, 오존층 유해성 물질
- 물리적 인자의 분류기준
  - 소음, 진동, 방사선, 이상 기압, 이상기온
- 생물학적 인자의 분류기준
  - 혈액 매개 감염인자, 공기매개 감염인자, 곤충 및 동물 매개 감염인자

- 또한, 유해성·위험성 평가 결과 등을 고려하여 수준별 유해인자를 구분하여 관리하도록 하고 있으며, 다음과 같이 구분함.
  - 노출 기준 설정 대상 유해인자
  - 허용기준 설정 대상 유해인자
  - 제조 등 금지물질
  - 제조 등 허가물질
  - 작업환경측정 대상 유해인자
  - 특수건강진단 대상 유해인자
  - 관리대상 유해물질
  
- 유해인자의 노출 기준을 정하는 경우에는 해당 유해인자에 따른 건강장애에 관한 연구·실태조사의 결과 및 유해성·위험성의 평가 결과, 노출 기준 적용에 관한 기술적 타당성을 고려하도록 하고 있음.

### 3) 유해인자의 유해성·위험성 수준별 관리기준

#### (1) 노출 기준 설정 대상 유해인자(고용노동부고시)

- 노출 기준은 근로자가 유해인자에 노출되는 경우 노출 기준 이하 수준에서는 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 기준을 말하며, 시간가중평균노출기준(time weighted average, TWA), 단시간노출기준(short term exposure limits, STEL) 또는 최고 노출 기준(ceiling, C)으로 구분하여 고용노동부 고시로 정하고 있으며, 화학물질의 노출 기준 731종 및 소음, 고온, 라돈 등 유해인자의 노출 기준을 설정하고 있음.
  
- 고시에는 유해인자별 CMR 물질을 구분하고 있으며, 유해인자의 유해성에 따라 발암성(Carcinogens), 생식세포 변이원성(Mutagens), 생식독성 물질

(Reproductive toxins)이라고 하며, CMR 물질의 정보 표기 기준은 <표 IV-5>와 같음.

### <표 IV-5> CMR 물질의 정보 표기

- 
1. 발암성 물질
    - 1A: 사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질
    - 1B: 시험 동물에서 발암성 증거가 충분히 있거나, 시험 동물과 사람 모두에서 제한된 발암성 증거가 있는 물질
    - 2: 사람이나 동물에서 제한된 증거가 있지만, 구분1로 분류하기에는 증거가 충분하지 않은 물질
  2. 생식세포 변이원성
    - 1A: 사람에게서의 역학조사 연구 결과 양성의 증거가 있는 물질
    - 1B: 다음 어느 하나에 해당하는 물질
      - ① 포유류를 이용한 생체 내(in vivo) 유전성 생식세포 변이원성 시험에서 양성
      - ② 포유류를 이용한 생체 내(in vivo) 체세포 변이원성 시험에서 양성이고, 생식세포에 돌연변이를 일으킬 수 있다는 증거가 있음
      - ③ 노출된 사람의 정자 세포에서 이수체 발생빈도의 증가와 같이 사람의 생식세포 변이원성 시험에서 양성
    - 2: 다음 어느 하나에 해당되어 생식세포에 유전성 돌연변이를 일으킬 가능성이 있는 물질
      - ① 포유류를 이용한 생체 내(in vivo) 체세포 변이원성 시험에서 양성
      - ② 기타 시험 동물을 이용한 생체 내(in vivo) 체세포 유전독성 시험에서 양성이고, 시험관 내(in vitro) 변이원성 시험에서 추가로 입증된 경우
      - ③ 포유류 세포를 이용한 변이원성시험에서 양성이며, 알려진 생식세포 변이원성 물질과 화학적 구조활성 관계를 가지는 경우
  3. 생식독성
    - 1A: 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 판단할 정도의 사람에서의 증거가 있는 물질
    - 1B: 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 추정할 정도의 동물시험 증거가 있는 물질
    - 2: 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 의심할 정도의 사람 또는 동물시험 증거가 있는 물질
- 수유독성: 다음 어느 하나에 해당하는 물질
- ① 흡수, 대사, 분포 및 배설에 대한 연구에서, 해당 물질이 잠재적으로 유독한 수준으로 모유에 존재할 가능성을 보임
  - ② 동물에 대한 1세대 또는 2세대 연구 결과에서, 모유를 통해 전이되어 자손에게 유해영향을 주거나, 모유의 질에 유해영향을 준다는 명확한 증거가 있음
  - ③ 수유기간 동안 아기에게 유해성을 유발한다는 사람에 대한 증거가 있음
-

## (2) 허용기준 설정 대상 유해인자

산업안전보건법에는 사업주는 발암성 물질 등 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있는 유해인자를 ‘허용기준 설정 대상 유해인자’로 분류하고 있으며, 작업장 내 노출 농도를 허용기준 이하로 유지하도록 하도록 함.

〈표 IV-6〉 허용기준 설정 대상 유해인자 및 허용기준

유해인자		허용기준			
		시간가중평균값 (TWA)		단시간 노출값(STEL)	
		ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>
6가크롬[18540-29-9] 화합물 (Chromium VI compounds)	불용성		0.01		
	수용성		0.05		
납[7439-92-1] 및 그 무기화합물 (Lead and its inorganic compounds)			0.05		
니켈[7440-02-0] 화합물(불용성 무기화합물로 한정한다) (Nickel and its insoluble inorganic compounds)			0.2		
니켈카르보닐 (Nickel carbonyl; 13463-39-3)		0.001			
디메틸포름아미드 (Dimethylformamide; 68-12-2)		10			
디클로로메탄 (Dichloromethane; 75-09-2)		50			
1,2-디클로로프로판 (1,2-Dichloro propane; 78-87-5)		10		110	
망간[7439-96-5] 및 그 무기화합물 (Manganese and its inorganic compounds)			1		
메탄올 (Methanol; 67-56-1)		200		250	
메틸렌 비스(페닐 이소시아네이트) [Methylene bis(phenyl isocyanate); 101-68-8 등]		0.005			

베릴륨[7440-41-7] 및 그 화합물 (Beryllium and its compounds)		0.002		0.01
벤젠 (Benzene; 71-43-2)	0.5		2.5	
1,3-부타디엔 (1,3-Butadiene; 106-99-0)	2		10	
2-브로모프로판 (2-Bromopropane; 75-26-3)	1			
브롬화 메틸 (Methyl bromide; 74-83-9)	1			
산화에틸렌 (Ethylene oxide; 75-21-8)	1			
석면(제조·사용하는 경우만 해당한다) (Asbestos; 1332-21-4 등)		0.1개/cm <sup>3</sup>		
수은[7439-97-6] 및 그 무기화합물 (Mercury and its inorganic compounds)		0.025		
스티렌 (Styrene; 100-42-5)	20		40	
시클로헥사논 (Cyclohexanone; 108-94-1)	25		50	
아닐린 (Aniline; 62-53-3)	2			
아크릴로니트릴 (Acrylonitrile; 107-13-1)	2			
암모니아 (Ammonia; 7664-41-7 등)	25		35	
염소 (Chlorine; 7782-50-5)	0.5		1	
염화비닐 (Vinyl chloride; 75-01 -4)	1			
이황화탄소 (Carbon disulfide; 75-15-0)	1			
일산화탄소 (Carbon monoxide; 630-08-0)	30		200	
카드뮴[7440-43-9] 및 그 화합물 (Cadmium and its compounds)		0.01 (호흡성 분진인 경우)		

		0.002)		
코발트[7440-48-4] 및 그 무기화합물 (Cobalt and its inorganic compounds)		0.02		
콜타르피치[65996-93-2] 휘발물 (Coal tar pitch volatiles)		0.2		
톨루엔 (Toluene; 108-88-3)	50		150	
톨루엔-2,4-디이소시아네이트 (Toluene-2,4-diisocyanate; 584-84-9 등)	0.005		0.02	
톨루엔-2,6-디이소시아네이트 (Toluene-2,6-diisocyanate; 91-08-7 등)	0.005		0.02	
트리클로로메탄 (Trichloromethane; 67-66-3)	10			
트리클로로에틸렌 (Trichloroethylene; 79-01-6)	10		25	
포름알데히드 (Formaldehyde; 50 -00-0)	0.3			
n-헥산 (n-Hexane; 110-54-3)	50			
황산 (Sulfuric acid; 7664-93-9)		0.2		0.6

### (3) 제조 등 금지 물질 및 허가 물질

산업안전보건법에는 직업성 암을 유발하는 것으로 확인되어 근로자의 건강에 특히 해롭다고 인정되는 물질로서 유해성·위험성이 조사된 화학물질 중 근로자에게 중대한 건강장해를 일으킬 우려가 있는 물질을 ‘제조 등 금지물질’로 분류하고 있음.

### 〈표 IV-7〉 제조 등 금지물질

1.  $\beta$ -나프틸아민[91-59-8]과 그 염( $\beta$ -Naphthylamine and its salts)
2. 4-니트로디페닐[92-93-3]과 그 염(4-Nitrodiphenyl and its salts)
3. 백연[1319-46-6]을 포함한 페인트(포함된 중량의 비율이 2퍼센트 이하인 것은 제외한다)
4. 벤젠[71-43-2]을 포함하는 고무풀(포함된 중량의 비율이 5퍼센트 이하인 것은 제외한다)
5. 석면(Asbestos; 1332-21-4 등)
6. 폴리클로리네이티드 터페닐(Polychlorinated terphenyls; 61788-33-8 등)
7. 황린(黃磷)[12185-10-3] 성냥(Yellow phosphorus match)
8. 제1호, 제2호, 제5호 또는 제6호에 해당하는 물질을 포함한 혼합물(포함된 중량의 비율이 1퍼센트 이하인 것은 제외한다)
9. 「화학물질관리법」 제2조제5호에 따른 금지물질(같은 법 제3조제1항제1호부터 제12호까지의 규정에 해당하는 화학물질은 제외한다)
10. 그 밖에 보건상 해로운 물질로서 산업재해보상보험및예방심의위원회의 심의를 거쳐 고용노동부장관이 정하는 유해물질

또한, 직업성 암이 유발하는 것으로 확인되어 근로자의 건강에 특히 해롭다고 인정되는 물질로서 대체 물질이 개발되지 않은 물질을 ‘제조 등 허가물질’로 분류하고 있으며, 제조하거나 사용하려는 자는 고용노동부장관의 허가를 받도록 하고 있음.

### 〈표 IV-8〉 제조 등 허가물질

1.  $\alpha$ -나프틸아민[134-32-7] 및 그 염( $\alpha$ -Naphthylamine and its salts)
2. 디아니시딘[119-90-4] 및 그 염(Dianisidine and its salts)
3. 디클로로벤지딘[91-94-1] 및 그 염(Dichlorobenzidine and its salts)
4. 베릴륨(Beryllium; 7440-41-7)
5. 벤조트리클로라이드(Benzotrichloride; 98-07-7)
6. 비소[7440-38-2] 및 그 무기화합물(Arsenic and its inorganic compounds)
7. 염화비닐(Vinyl chloride; 75-01-4)
8. 콜타르피치[65996-93-2] 휘발물(Coal tar pitch volatiles)
9. 크롬광 가공(열을 가하여 소성 처리하는 경우만 해당한다)(Chromite ore processing)
10. 크롬산 아연(Zinc chromates; 13530-65-9 등)
11. o-톨리딘[119-93-7] 및 그 염(o-Tolidine and its salts)
12. 황화니켈류(Nickel sulfides; 12035-72-2, 16812-54-7)
13. 제1호부터 제4호까지 또는 제6호부터 제12호까지의 어느 하나에 해당하는 물질을 포함한 혼합물(포함된 중량의 비율이 1퍼센트 이하인 것은 제외한다)
14. 제5호의 물질을 포함한 혼합물(포함된 중량의 비율이 0.5퍼센트 이하인 것은 제외한다)
15. 그 밖에 보건상 해로운 물질로서 산업재해보상보험 및 예방심의위원회의 심의를 거쳐 고용노동부장관이 정하는 유해물질

#### (4) 작업환경측정 대상 유해인자

- 산업안전보건법에는 사업주는 소음, 분진, 유기화합물, 금속류 등 유해인자에 노출되는 작업에 근로자를 종사시키는 경우 작업환경측정을 통해 작업환경을 측정, 평가하고 그 결과에 따라 시설, 설비 등을 개선하여 쾌적한 작업환경을 조성하도록 함.
- 작업환경측정 대상 유해인자에는 화학적 인자와 물리적 인자, 분진으로 분류하고 있으며, 화학적 인자 내 유기화합물 114종, 금속류 24종, 산 및 알칼리류 17종, 가스 상태 물질류 15종, 허가 대상 유해물질 12종, 금속가공유가 포함되어 있으며, 물리적 인자 2종(소음, 고열), 분진 7종으로 분류함. 다음의 〈표 IV

-9)와 같음.

### 〈표 IV-9〉 작업환경측정 대상 유해인자

#### 1. 화학적 인자

##### 가. 유기화합물(114종)

- 1) 글루타르알데히드(Glutaraldehyde; 111-30-8)
- 2) 니트로글리세린(Nitroglycerin; 55-63-0)
- 3) 니트로메탄(Nitromethane; 75-52-5)
- 4) 니트로벤젠(Nitrobenzene; 98-95-3)
- 5) p-니트로아닐린(p-Nitroaniline; 100-01-6)
- 6) p-니트로클로로벤젠(p-Nitrochlorobenzene; 100-00-5)
- 7) 디니트로톨루엔(Dinitrotoluene; 25321-14-6 등)
- 8) N,N-디메틸아닐린(N,N-Dimethylaniline; 121-69-7)
- 9) 디메틸아민(Dimethylamine; 124-40-3)
- 10) N,N-디메틸아세트아미드(N,N-Dimethylacetamide; 127-19-5)
- 11) 디메틸포름아미드(Dimethylformamide; 68-12-2)
- 12) 디에탄올아민(Diethanolamine; 111-42-2)
- 13) 디에틸 에테르(Diethyl ether; 60-29-7)
- 14) 디에틸렌트리아민(Diethylenetriamine; 111-40-0)
- 15) 2-디에틸아미노에탄올(2-Diethylaminoethanol; 100-37-8)
- 16) 디에틸아민(Diethylamine; 109-89-7)
- 17) 1,4-디옥산(1,4-Dioxane; 123-91-1)
- 18) 디이소부틸케톤(Diisobutylketone; 108-83-8)
- 19) 1,1-디클로로-1-플루오로에탄(1,1-Dichloro-1-fluoroethane; 1717-00-6)
- 20) 디클로로메탄(Dichloromethane; 75-09-2)
- 21) o-디클로로벤젠(o-Dichlorobenzene; 95-50-1)
- 22) 1,2-디클로로에탄(1,2-Dichloroethane; 107-06-2)
- 23) 1,2-디클로로에틸렌(1,2-Dichloroethylene; 540-59-0 등)
- 24) 1,2-디클로로프로판(1,2-Dichloropropane; 78-87-5)
- 25) 디클로로플루오로메탄(Dichlorofluoromethane; 75-43-4)
- 26) p-디히드록시벤젠(p-Dihydroxybenzene; 123-31-9)
- 27) 메탄올(Methanol; 67-56-1)
- 28) 2-메톡시에탄올(2-Methoxyethanol; 109-86-4)

- 
- 29) 2-메톡시에틸 아세테이트(2-Methoxyethyl acetate; 110-49-6)
  - 30) 메틸 n-부틸 케톤(Methyl n-butyl ketone; 591-78-6)
  - 31) 메틸 n-아밀 케톤(Methyl n-amyl ketone; 110-43-0)
  - 32) 메틸 아민(Methyl amine; 74-89-5)
  - 33) 메틸 아세테이트(Methyl acetate; 79-20-9)
  - 34) 메틸 에틸 케톤(Methyl ethyl ketone; 78-93-3)
  - 35) 메틸 이소부틸 케톤(Methyl isobutyl ketone; 108-10-1)
  - 36) 메틸 클로라이드(Methyl chloride; 74-87-3)
  - 37) 메틸 클로로포름(Methyl chloroform; 71-55-6)
  - 38) 메틸렌 비스(페닐 이소시아네이트)[Methylene bis(phenyl isocyanate); 101-68-8 등]
  - 39) o-메틸시클로헥사논(o-Methylcyclohexanone; 583-60-8)
  - 40) 메틸시클로헥사놀(Methylcyclohexanol; 25639-42-3 등)
  - 41) 무수 말레산(Maleic anhydride; 108-31-6)
  - 42) 무수 프탈산(Phthalic anhydride; 85-44-9)
  - 43) 벤젠(Benzene; 71-43-2)
  - 44) 1,3-부타디엔(1,3-Butadiene; 106-99-0)
  - 45) n-부탄올(n-Butanol; 71-36-3)
  - 46) 2-부탄올(2-Butanol; 78-92-2)
  - 47) 2-부톡시에탄올(2-Butoxyethanol; 111-76-2)
  - 48) 2-부톡시에틸 아세테이트(2-Butoxyethyl acetate; 112-07-2)
  - 49) n-부틸 아세테이트(n-Butyl acetate; 123-86-4)
  - 50) 1-브로모프로판(1-Bromopropane; 106-94-5)
  - 51) 2-브로모프로판(2-Bromopropane; 75-26-3)
  - 52) 브롬화 메틸(Methyl bromide; 74-83-9)
  - 53) 비닐 아세테이트(Vinyl acetate; 108-05-4)
  - 54) 사염화탄소(Carbon tetrachloride; 56-23-5)
  - 55) 스토타드 솔벤트(Stoddard solvent; 8052-41-3)
  - 56) 스티렌(Styrene; 100-42-5)
  - 57) 시클로헥사논(Cyclohexanone; 108-94-1)
  - 58) 시클로헥사놀(Cyclohexanol; 108-93-0)
  - 59) 시클로헥산(Cyclohexane; 110-82-7)
  - 60) 시클로헥센(Cyclohexene; 110-83-8)
  - 61) 아닐린[62-53-3] 및 그 동족체(Aniline and its homologues)
-

- 
- 62) 아세토니트릴(Acetonitrile; 75-05-8)
  - 63) 아세톤(Acetone; 67-64-1)
  - 64) 아세트알데히드(Acetaldehyde; 75-07-0)
  - 65) 아크릴로니트릴(Acrylonitrile; 107-13-1)
  - 66) 아크릴아미드(Acrylamide; 79-06-1)
  - 67) 알릴 글리시딜 에테르(Allyl glycidyl ether; 106-92-3)
  - 68) 에탄올아민(Ethanolamine; 141-43-5)
  - 69) 2-에톡시에탄올(2-Ethoxyethanol; 110-80-5)
  - 70) 2-에톡시에틸 아세테이트(2-Ethoxyethyl acetate; 111-15-9)
  - 71) 에틸 벤젠(Ethyl benzene; 100-41-4)
  - 72) 에틸 아세테이트(Ethyl acetate; 141-78-6)
  - 73) 에틸 아크릴레이트(Ethyl acrylate; 140-88-5)
  - 74) 에틸렌 글리콜(Ethylene glycol; 107-21-1)
  - 75) 에틸렌 글리콜 디니트레이트(Ethylene glycol dinitrate; 628-96-6)
  - 76) 에틸렌 클로로히드린(Ethylene chlorohydrin; 107-07-3)
  - 77) 에틸렌이민(Ethyleneimine; 151-56-4)
  - 78) 에틸아민(Ethylamine; 75-04-7)
  - 79) 2,3-에폭시-1-프로판올(2,3-Epoxy-1-propanol; 556-52-5 등)
  - 80) 1,2-에폭시프로판(1,2-Epoxypropane; 75-56-9 등)
  - 81) 에피클로로히드린(Epichlorohydrin; 106-89-8 등)
  - 82) 요오드화 메틸(Methyl iodide; 74-88-4)
  - 83) 이소부틸 아세테이트(Isobutyl acetate; 110-19-0)
  - 84) 이소부틸 알코올(Isobutyl alcohol; 78-83-1)
  - 85) 이소아밀 아세테이트(Isoamyl acetate; 123-92-2)
  - 86) 이소아밀 알코올(Isoamyl alcohol; 123-51-3)
  - 87) 이소프로필 아세테이트(Isopropyl acetate; 108-21-4)
  - 88) 이소프로필 알코올(Isopropyl alcohol; 67-63-0)
  - 89) 이황화탄소(Carbon disulfide; 75-15-0)
  - 90) 크레졸(Cresol; 1319-77-3 등)
  - 91) 크실렌(Xylene; 1330-20-7 등)
  - 92) 클로로벤젠(Chlorobenzene; 108-90-7)
  - 93) 1,1,2,2-테트라클로로에탄(1,1,2,2-Tetrachloroethane; 79-34-5)
  - 94) 테트라히드로푸란(Tetrahydrofuran; 109-99-9)
  - 95) 톨루엔(Toluene; 108-88-3)
-

- 
- 96) 톨루엔-2,4-다이소시아네이트(Toluene-2,4-diisocyanate; 584-84-9 등)
  - 97) 톨루엔-2,6-다이소시아네이트(Toluene-2,6-diisocyanate; 91-08-7 등)
  - 98) 트리에틸아민(Triethylamine; 121-44-8)
  - 99) 트리클로로메탄(Trichloromethane; 67-66-3)
  - 100) 1,1,2-트리클로로에탄(1,1,2-Trichloroethane; 79-00-5)
  - 101) 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene; 79-01-6)
  - 102) 1,2,3-트리클로로프로판(1,2,3-Trichloropropane; 96-18-4)
  - 103) 퍼클로로에틸렌(Perchloroethylene; 127-18-4)
  - 104) 페놀(Phenol; 108-95-2)
  - 105) 펜타클로로페놀(Pentachlorophenol; 87-86-5)
  - 106) 포름알데히드(Formaldehyde; 50-00-0)
  - 107) 프로필렌이민(Propyleneimine; 75-55-8)
  - 108) n-프로필 아세테이트(n-Propyl acetate; 109-60-4)
  - 109) 피리딘(Pyridine; 110-86-1)
  - 110) 헥사메틸렌 다이소시아네이트(Hexamethylene diisocyanate; 822-06-0)
  - 111) n-헥산(n-Hexane; 110-54-3)
  - 112) n-헵탄(n-Heptane; 142-82-5)
  - 113) 황산 디메틸(Dimethyl sulfate; 77-78-1)
  - 114) 히드라진(Hydrazine; 302-01-2)
  - 115) 1)부터 114)까지의 물질을 용량비율 1퍼센트 이상 함유한 혼합물
- 나. 금속류(24종)
- 1) 구리(Copper; 7440-50-8) (분진, 미스트, 흡)
  - 2) 납[7439-92-1] 및 그 무기화합물(Lead and its inorganic compounds)
  - 3) 니켈[7440-02-0] 및 그 무기화합물, 니켈 카르보닐[13463-39-3](Nickel and its inorganic compounds, Nickel carbonyl)
  - 4) 망간[7439-96-5] 및 그 무기화합물(Manganese and its inorganic compounds)
  - 5) 바륨[7440-39-3] 및 그 가용성 화합물(Barium and its soluble compounds)
  - 6) 백금[7440-06-4] 및 그 가용성 염(Platinum and its soluble salts)
  - 7) 산화마그네슘(Magnesium oxide; 1309-48-4)
  - 8) 산화아연(Zinc oxide; 1314-13-2) (분진, 흡)
  - 9) 산화철(Iron oxide; 1309-37-1 등) (분진, 흡)
  - 10) 셀레늄[7782-49-2] 및 그 화합물(Selenium and its compounds)
  - 11) 수은[7439-97-6] 및 그 화합물(Mercury and its compounds)
-

- 
- 12) 안티몬[7440-36-0] 및 그 화합물(Antimony and its compounds)
  - 13) 알루미늄[7429-90-5] 및 그 화합물(Aluminum and its compounds)
  - 14) 오산화바나듐(Vanadium pentoxide; 1314-62-1) (분진, 흙)
  - 15) 요오드[7553-56-2] 및 요오드화물(Iodine and iodides)
  - 16) 인듐[7440-74-6] 및 그 화합물(Indium and its compounds)
  - 17) 은[7440-22-4] 및 그 가용성 화합물(Silver and its soluble compounds)
  - 18) 이산화티타늄(Titanium dioxide; 13463-67-7)
  - 19) 주석[7440-31-5] 및 그 화합물(Tin and its compounds)(수소화 주석은 제외한다)
  - 20) 지르코늄[7440-67-7] 및 그 화합물(Zirconium and its compounds)
  - 21) 카드뮴[7440-43-9] 및 그 화합물(Cadmium and its compounds)
  - 22) 코발트[7440-48-4] 및 그 무기화합물(Cobalt and its inorganic compounds)
  - 23) 크롬[7440-47-3] 및 그 무기화합물(Chromium and its inorganic compounds)
  - 24) 텅스텐[7440-33-7] 및 그 화합물(Tungsten and its compounds)
  - 25) 1)부터 24)까지의 규정에 따른 물질을 중량비율 1퍼센트 이상 함유한 혼합물
- 다. 산 및 알칼리류(17종)
- 1) 개미산(Formic acid; 64-18-6)
  - 2) 과산화수소(Hydrogen peroxide; 7722-84-1)
  - 3) 무수 초산(Acetic anhydride; 108-24-7)
  - 4) 불화수소(Hydrogen fluoride; 7664-39-3)
  - 5) 브롬화수소(Hydrogen bromide; 10035-10-6)
  - 6) 수산화 나트륨(Sodium hydroxide; 1310-73-2)
  - 7) 수산화 칼륨(Potassium hydroxide; 1310-58-3)
  - 8) 시안화 나트륨(Sodium cyanide; 143-33-9)
  - 9) 시안화 칼륨(Potassium cyanide; 151-50-8)
  - 10) 시안화 칼슘(Calcium cyanide; 592-01-8)
  - 11) 아크릴산(Acrylic acid; 79-10-7)
  - 12) 염화수소(Hydrogen chloride; 7647-01-0)
  - 13) 인산(Phosphoric acid; 7664-38-2)
  - 14) 질산(Nitric acid; 7697-37-2)
  - 15) 초산(Acetic acid; 64-19-7)
  - 16) 트리클로로아세트산(Trichloroacetic acid; 76-03-9)
-

17) 황산(Sulfuric acid; 7664-93-9)

18) 1)부터 17)까지의 물질을 중량비율 1퍼센트 이상 함유한 혼합물

라. 가스 상태 물질류(15종)

1) 불소(Fluorine; 7782-41-4)

2) 브롬(Bromine; 7726-95-6)

3) 산화에틸렌(Ethylene oxide; 75-21-8)

4) 삼수소화 비소(Arsine; 7784-42-1)

5) 시안화 수소(Hydrogen cyanide; 74-90-8)

6) 암모니아(Ammonia; 7664-41-7 등)

7) 염소(Chlorine; 7782-50-5)

8) 오존(Ozone; 10028-15-6)

9) 이산화질소(nitrogen dioxide; 10102-44-0)

10) 이산화황(Sulfur dioxide; 7446-09-5)

11) 일산화질소(Nitric oxide; 10102-43-9)

12) 일산화탄소(Carbon monoxide; 630-08-0)

13) 포스겐(Phosgene; 75-44-5)

14) 포스핀(Phosphine; 7803-51-2)

15) 황화수소(Hydrogen sulfide; 7783-06-4)

16) 1)부터 15)까지의 물질을 용량비율 1퍼센트 이상 함유한 혼합물

마. 영 제88조에 따른 허가 대상 유해물질(12종)

1)  $\alpha$ -나프틸아민[134-32-7] 및 그 염( $\alpha$ -naphthylamine and its salts)

2) 디아니시딘[119-90-4] 및 그 염(Dianisidine and its salts)

3) 디클로로벤지딘[91-94-1] 및 그 염(Dichlorobenzidine and its salts)

4) 베릴륨[7440-41-7] 및 그 화합물(Beryllium and its compounds)

5) 벤조트리클로라이드(Benzotrichloride; 98-07-7)

6) 비소[7440-38-2] 및 그 무기화합물(Arsenic and its inorganic compounds)

7) 염화비닐(Vinyl chloride; 75-01-4)

8) 콜타르피치[65996-93-2] 휘발물(Coal tar pitch volatiles as benzene soluble aerosol)

9) 크롬광 가공[열을 가하여 소성(변형된 형태 유지) 처리하는 경우만 해당한다]  
(Chromite ore processing)

10) 크롬산 아연(Zinc chromates; 13530-65-9 등)

11) *o*-톨리딘[119-93-7] 및 그 염(*o*-Tolidine and its salts)

12) 황화니켈류(Nickel sulfides; 12035-72-2, 16812-54-7)

---

13) 1)부터 4)까지 및 6)부터 12)까지의 어느 하나에 해당하는 물질을 중량비율 1퍼센트 이상 함유한 혼합물

14) 5)의 물질을 중량비율 0.5퍼센트 이상 함유한 혼합물

바. 금속가공유[Metal working fluids(MWFs), 1종]

2. 물리적 인자(2종)

가. 8시간 시간가중평균 80dB 이상의 소음

나. 안전보건규칙 제558조에 따른 고열

3. 분진(7종)

가. 광물성 분진(Mineral dust)

1) 규산(Silica)

가) 석영(Quartz; 14808-60-7 등)

나) 크리스토팔라이트(Cristobalite; 14464-46-1)

다) 트리디마이트(Trydimite; 15468-32-3)

2) 규산염(Silicates, less than 1% crystalline silica)

가) 소우프스톤(Soapstone; 14807-96-6)

나) 운모(Mica; 12001-26-2)

다) 포틀랜드 시멘트(Portland cement; 65997-15-1)

라) 활석(석면 불포함)[Talc(Containing no asbestos fibers); 14807-96-6]

마) 흑연(Graphite; 7782-42-5)

3) 그 밖의 광물성 분진(Mineral dusts)

나. 곡물 분진(Grain dusts)

다. 면 분진(Cotton dusts)

라. 목재 분진(Wood dusts)

마. 석면 분진(Asbestos dusts; 1332-21-4 등)

바. 용접 흄(Welding fume)

사. 유리섬유(Glass fibers)

4. 그 밖에 고용노동부장관이 정하여 고시하는 인체에 해로운 유해인자

---

#### (5) 특수건강진단 대상 유해인자

- 산업안전보건법에는 사업주는 소음, 분진, 화학물질, 야간작업 등 유해인자에 노출되는 근로자에 대하여 특수건강진단을 실시하고 검진 의사의 사후관리조치 내용에 따라 건강보호조치를 하여야 함.

- 특수건강진단 대상 유해인자에는 화학적 인자와 물리적 인자, 분진으로 분류하고 있으며, 화학적 인자 내 유기화합물 109종, 금속류 20종, 산 및 알칼리류 8종, 가스 상태 물질류 14종, 허가 대상 유해 물질 12종, 금속 가공유가 포함되어 있으며, 분진 7종, 물리적 인자 8종(소음, 진동, 방사선, 고기압, 저기압, 유해 광선), 야간작업 2종으로 분류함. 다음의 <표 IV-10>과 같음.

**<표 IV-10> 특수건강진단 대상 유해인자**

1. 화학적 인자

가. 유기화합물(109종)

- 1) 가솔린(Gasoline; 8006-61-9)
- 2) 글루타르알데히드(Glutaraldehyde; 111-30-8)
- 3)  $\beta$ -나프틸아민( $\beta$ -Naphthylamine; 91-59-8)
- 4) 니트로글리세린(Nitroglycerin; 55-63-0)
- 5) 니트로메탄(Nitromethane; 75-52-5)
- 6) 니트로벤젠(Nitrobenzene; 98-95-3)
- 7) p-니트로아닐린(p-Nitroaniline; 100-01-6)
- 8) p-니트로클로로벤젠(p-Nitrochlorobenzene; 100-00-5)
- 9) 디니트로톨루엔(Dinitrotoluene; 25321-14-6 등)
- 10) N,N-디메틸아닐린(N,N-Dimethylaniline; 121-69-7)
- 11) p-디메틸아미노아조벤젠(p-Dimethylaminoazobenzene; 60-11-7)
- 12) N,N-디메틸아세트아미드(N,N-Dimethylacetamide; 127-19-5)
- 13) 디메틸포름아미드(Dimethylformamide; 68-12-2)
- 14) 디에틸 에테르(Diethyl ether; 60-29-7)
- 15) 디에틸렌트리아민(Diethylenetriamine; 111-40-0)
- 16) 1,4-디옥산(1,4-Dioxane; 123-91-1)
- 17) 디이소부틸케톤(Diisobutylketone; 108-83-8)
- 18) 디클로로메탄(Dichloromethane; 75-09-2)
- 19) o-디클로로벤젠(o-Dichlorobenzene; 95-50-1)
- 20) 1,2-디클로로에탄(1,2-Dichloroethane; 107-06-2)
- 21) 1,2-디클로로에틸렌(1,2-Dichloroethylene; 540-59-0 등)
- 22) 1,2-디클로로프로판(1,2-Dichloropropane; 78-87-5)
- 23) 디클로로플루오로메탄(Dichlorofluoromethane; 75-43-4)

- 
- 24) p-디히드록시벤젠(p-dihydroxybenzene; 123-31-9)
  - 25) 마젠타(Magenta; 569-61-9)
  - 26) 메탄올(Methanol; 67-56-1)
  - 27) 2-메톡시에탄올(2-Methoxyethanol; 109-86-4)
  - 28) 2-메톡시에틸 아세테이트(2-Methoxyethyl acetate; 110-49-6)
  - 29) 메틸 n-부틸 케톤(Methyl n-butyl ketone; 591-78-6)
  - 30) 메틸 n-아밀 케톤(Methyl n-amyl ketone; 110-43-0)
  - 31) 메틸 에틸 케톤(Methyl ethyl ketone; 78-93-3)
  - 32) 메틸 이소부틸 케톤(Methyl isobutyl ketone; 108-10-1)
  - 33) 메틸 클로라이드(Methyl chloride; 74-87-3)
  - 34) 메틸 클로로포름(Methyl chloroform; 71-55-6)
  - 35) 메틸렌 비스(페닐 이소시아네이트)[Methylene bis(phenyl isocyanate); 101-68-8 등]
  - 36) 4,4'-메틸렌 비스(2-클로로아닐린)[4,4'-Methylene bis(2-chloroaniline); 101-14-4]
  - 37) o-메틸시클로헥사논(o-Methylcyclohexanone; 583-60-8)
  - 38) 메틸시클로헥사놀(Methylcyclohexanol; 25639-42-3 등)
  - 39) 무수 말레산(Maleic anhydride; 108-31-6)
  - 40) 무수 프탈산(Phthalic anhydride; 85-44-9)
  - 41) 벤젠(Benzene; 71-43-2)
  - 42) 벤지딘 및 그 염(Benzidine and its salts; 92-87-5)
  - 43) 1,3-부타디엔(1,3-Butadiene; 106-99-0)
  - 44) n-부탄올(n-Butanol; 71-36-3)
  - 45) 2-부탄올(2-Butanol; 78-92-2)
  - 46) 2-부톡시에탄올(2-Butoxyethanol; 111-76-2)
  - 47) 2-부톡시에틸 아세테이트(2-Butoxyethyl acetate; 112-07-2)
  - 48) 1-브로모프로판(1-Bromopropane; 106-94-5)
  - 49) 2-브로모프로판(2-Bromopropane; 75-26-3)
  - 50) 브롬화 메틸(Methyl bromide; 74-83-9)
  - 51) 비스(클로로메틸) 에테르(bis(Chloromethyl) ether; 542-88-1)
  - 52) 사염화탄소(Carbon tetrachloride; 56-23-5)
  - 53) 스토타드 솔벤트(Stoddard solvent; 8052-41-3)
  - 54) 스티렌(Styrene; 100-42-5)
  - 55) 시클로헥사논(Cyclohexanone; 108-94-1)
-

- 
- 56) 시클로헥사놀(Cyclohexanol; 108-93-0)
  - 57) 시클로헥산(Cyclohexane; 110-82-7)
  - 58) 시클로헥센(Cyclohexene; 110-83-8)
  - 59) 아닐린[62-53-3] 및 그 동족체(Aniline and its homologues)
  - 60) 아세토니트릴(Acetonitrile; 75-05-8)
  - 61) 아세톤(Acetone; 67-64-1)
  - 62) 아세트알데히드(Acetaldehyde; 75-07-0)
  - 63) 아우라민(Auramine; 492-80-8)
  - 64) 아크릴로니트릴(Acrylonitrile; 107-13-1)
  - 65) 아크릴아미드(Acrylamide; 79-06-1)
  - 66) 2-에톡시에탄올(2-Ethoxyethanol; 110-80-5)
  - 67) 2-에톡시에틸 아세테이트(2-Ethoxyethyl acetate; 111-15-9)
  - 68) 에틸 벤젠(Ethyl benzene; 100-41-4)
  - 69) 에틸 아크릴레이트(Ethyl acrylate; 140-88-5)
  - 70) 에틸렌 글리콜(Ethylene glycol; 107-21-1)
  - 71) 에틸렌 글리콜 디니트레이트(Ethylene glycol dinitrate; 628-96-6)
  - 72) 에틸렌 클로로히드린(Ethylene chlorohydrin; 107-07-3)
  - 73) 에틸렌이민(Ethyleneimine; 151-56-4)
  - 74) 2,3-에폭시-1-프로판올(2,3-Epoxy-1-propanol; 556-52-5 등)
  - 75) 에피클로로히드린(Epichlorohydrin; 106-89-8 등)
  - 76) 염소화비페닐(Polychlorobiphenyls; 53469-21-9, 11097-69-1)
  - 77) 요오드화 메틸(Methyl iodide; 74-88-4)
  - 78) 이소부틸 알코올(Isobutyl alcohol; 78-83-1)
  - 79) 이소아밀 아세테이트(Isoamyl acetate; 123-92-2)
  - 80) 이소아밀 알코올(Isoamyl alcohol; 123-51-3)
  - 81) 이소프로필 알코올(Isopropyl alcohol; 67-63-0)
  - 82) 이황화탄소(Carbon disulfide; 75-15-0)
  - 83) 콜타르(Coal tar; 8007-45-2)
  - 84) 크레졸(Cresol; 1319-77-3 등)
  - 85) 크실렌(Xylene; 1330-20-7 등)
  - 86) 클로로메틸 메틸 에테르(Chloromethyl methyl ether; 107-30-2)
  - 87) 클로로벤젠(Chlorobenzene; 108-90-7)
  - 88) 테레빈유(Turpentine oil; 8006-64-2)
  - 89) 1,1,2,2-테트라클로로에탄(1,1,2,2-Tetrachloroethane; 79-34-5)
-

- 
- 90) 테트라히드로푸란(Tetrahydrofuran; 109-99-9)
  - 91) 톨루엔(Toluene; 108-88-3)
  - 92) 톨루엔-2,4-다이소시아네이트(Toluene-2,4-diisocyanate; 584-84-9 등)
  - 93) 톨루엔-2,6-다이소시아네이트(Toluene-2,6-diisocyanate; 91-08-7 등)
  - 94) 트리클로로메탄(Trichloromethane; 67-66-3)
  - 95) 1,1,2-트리클로로에탄(1,1,2-Trichloroethane; 79-00-5)
  - 96) 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene(TCE); 79-01-6)
  - 97) 1,2,3-트리클로로프로판(1,2,3-Trichloropropane; 96-18-4)
  - 98) 퍼클로로에틸렌(Perchloroethylene; 127-18-4)
  - 99) 페놀(Phenol; 108-95-2)
  - 100) 펜타클로로페놀(Pentachlorophenol; 87-86-5)
  - 101) 포름알데히드(Formaldehyde; 50-00-0)
  - 102)  $\beta$ -프로피오락톤( $\beta$ -Propiolactone; 57-57-8)
  - 103) o-프탈로디니트릴(o-Phthalodinitrile; 91-15-6)
  - 104) 피리딘(Pyridine; 110-86-1)
  - 105) 헥사메틸렌 다이소시아네이트(Hexamethylene diisocyanate; 822-06-0)
  - 106) n-헥산(n-Hexane; 110-54-3)
  - 107) n-헵탄(n-Heptane; 142-82-5)
  - 108) 황산 디메틸(Dimethyl sulfate; 77-78-1)
  - 109) 히드라진(Hydrazine; 302-01-2)
  - 110) 1)부터 109)까지의 물질을 용량비율 1퍼센트 이상 함유한 혼합물
- 나. 금속류(20종)
- 1) 구리(Copper; 7440-50-8)(분진, 미스트, 흠)
  - 2) 납[7439-92-1] 및 그 무기화합물(Lead and its inorganic compounds)
  - 3) 니켈[7440-02-0] 및 그 무기화합물, 니켈 카르보닐[13463-39-3](Nickel and its inorganic compounds, Nickel carbonyl)
  - 4) 망간[7439-96-5] 및 그 무기화합물(Manganese and its inorganic compounds)
  - 5) 사알킬납(Tetraalkyl lead; 78-00-2 등)
  - 6) 산화아연(Zinc oxide; 1314-13-2)(분진, 흠)
  - 7) 산화철(Iron oxide; 1309-37-1 등)(분진, 흠)
  - 8) 삼산화비소(Arsenic trioxide; 1327-53-3)
  - 9) 수은[7439-97-6] 및 그 화합물(Mercury and its compounds)
  - 10) 안티몬[7440-36-0] 및 그 화합물(Antimony and its compounds)
-

- 11) 알루미늄[7429-90-5] 및 그 화합물(Aluminum and its compounds)
- 12) 오산화바나듐(Vanadium pentoxide; 1314-62-1)(분진, 흡)
- 13) 요오드[7553-56-2] 및 요오드화물(Iodine and iodides)
- 14) 인듐[7440-74-6] 및 그 화합물(Indium and its compounds)
- 15) 주석[7440-31-5] 및 그 화합물(Tin and its compounds)
- 16) 지르코늄[7440-67-7] 및 그 화합물(Zirconium and its compounds)
- 17) 카드뮴[7440-43-9] 및 그 화합물(Cadmium and its compounds)
- 18) 코발트(Cobalt; 7440-48-4)(분진, 흡)
- 19) 크롬[7440-47-3] 및 그 화합물(Chromium and its compounds)
- 20) 텅스텐[7440-33-7] 및 그 화합물(Tungsten and its compounds)
- 21) 1)부터 20)까지의 물질을 중량비율 1퍼센트 이상 함유한 혼합물

다. 산 및 알칼리류(8종)

- 1) 무수 초산(Acetic anhydride; 108-24-7)
- 2) 불화수소(Hydrogen fluoride; 7664-39-3)
- 3) 시안화 나트륨(Sodium cyanide; 143-33-9)
- 4) 시안화 칼륨(Potassium cyanide; 151-50-8)
- 5) 염화수소(Hydrogen chloride; 7647-01-0)
- 6) 질산(Nitric acid; 7697-37-2)
- 7) 트리클로로아세트산(Trichloroacetic acid; 76-03-9)
- 8) 황산(Sulfuric acid; 7664-93-9)
- 9) 1)부터 8)까지의 물질을 중량비율 1퍼센트 이상 함유한 혼합물

라. 가스 상태 물질류(14종)

- 1) 불소(Fluorine; 7782-41-4)
- 2) 브롬(Bromine; 7726-95-6)
- 3) 산화에틸렌(Ethylene oxide; 75-21-8)
- 4) 삼수소화 비소(Arsine; 7784-42-1)
- 5) 시안화 수소(Hydrogen cyanide; 74-90-8)
- 6) 염소(Chlorine; 7782-50-5)
- 7) 오존(Ozone; 10028-15-6)
- 8) 이산화질소(nitrogen dioxide; 10102-44-0)
- 9) 이산화황(Sulfur dioxide; 7446-09-5)
- 10) 일산화질소(Nitric oxide; 10102-43-9)
- 11) 일산화탄소(Carbon monoxide; 630-08-0)
- 12) 포스겐(Phosgene; 75-44-5)

- 
- 13) 포스핀(Phosphine; 7803-51-2)
  - 14) 황화수소(Hydrogen sulfide; 7783-06-4)
  - 15) 1)부터 14)까지의 규정에 따른 물질을 용량비율 1퍼센트 이상 함유한 혼합물
- 마. 영 제88조에 따른 허가 대상 유해물질(12종)
- 1)  $\alpha$ -나프틸아민[134-32-7] 및 그 염( $\alpha$ -naphthylamine and its salts)
  - 2) 디아니시딘[119-90-4] 및 그 염(Dianisidine and its salts)
  - 3) 디클로로벤지딘[91-94-1] 및 그 염(Dichlorobenzidine and its salts)
  - 4) 베릴륨[7440-41-7] 및 그 화합물(Beryllium and its compounds)
  - 5) 벤조트리클로라이드(Benzotrithloride; 98-07-7)
  - 6) 비소[7440-38-2] 및 그 무기화합물(Arsenic and its inorganic compounds)
  - 7) 염화비닐(Vinyl chloride; 75-01-4)
  - 8) 콜타르피치[65996-93-2] 휘발물(코크스 제조 또는 취급업무)(Coal tar pitch volatiles)
  - 9) 크롬광 가공[열을 가하여 소성(변형된 형태 유지) 처리하는 경우만 해당한다](Chromite ore processing)
  - 10) 크롬산 아연(Zinc chromates; 13530-65-9 등)
  - 11) o-톨리딘[119-93-7] 및 그 염(o-Tolidine and its salts)
  - 12) 황화니켈류(Nickel sulfides; 12035-72-2, 16812-54-7)
  - 13) 1)부터 4)까지 및 6)부터 11)까지의 물질을 중량비율 1퍼센트 이상 함유한 혼합물
  - 14) 5)의 물질을 중량비율 0.5퍼센트 이상 함유한 혼합물
- 바. 금속가공유(Metal working fluids); 미네랄 오일 미스트(광물성 오일, Oil mist, mineral)
2. 분진(7종)
- 가. 곡물 분진(Grain dusts)
  - 나. 광물성 분진(Mineral dusts)
  - 다. 면 분진(Cotton dusts)
  - 라. 목재 분진(Wood dusts)
  - 마. 용접 흄(Welding fume)
  - 바. 유리 섬유(Glass fiber dusts)
  - 사. 석면 분진(Asbestos dusts; 1332-21-4 등)
3. 물리적 인자(8종)
- 가. 안전보건규칙 제512조제1호부터 제3호까지의 규정의 소음작업, 강렬한 소음작업 및 충격소음작업에서 발생하는 소음
  - 나. 안전보건규칙 제512조제4호의 진동작업에서 발생하는 진동
-

- 
- 다. 안전보건규칙 제573조제1호의 방사선
  - 라. 고기압
  - 마. 저기압
  - 바. 유해광선
    - 1) 자외선
    - 2) 적외선
    - 3) 마이크로파 및 라디오파
  - 4. 야간작업(2종)
    - 가. 6개월간 밤 12시부터 오전 5시까지의 시간을 포함하여 계속되는 8시간 작업을 월 평균 4회 이상 수행하는 경우
    - 나. 6개월간 오후 10시부터 다음날 오전 6시 사이의 시간 중 작업을 월 평균 60시간 이상 수행하는 경우
- 

#### (6) 관리대상 유해물질 및 특별관리물질

- 관리대상 유해물질은 근로자가 상당한 건강장해를 일으킬 우려가 있어 건강장해를 예방하기 위한 보건상의 조치가 필요한 원재료·가스·증기·분진·흙, 미스트로서 유기화합물, 금속류, 산·알칼리류, 가스 상태 물질류를 말하며, 유기화합물 123종, 금속류 25종, 산·알칼리류 18종, 가스 상태 물질류 15종으로 총 181종의 유해인자로 분류함.
- 특별관리물질은 유해인자의 유해성·위험성 분류기준에서 발암성 물질, 생식세포 변이원성 물질, 생식독성 물질 등 근로자에게 중대한 건강장해를 일으킬 우려가 있는 물질로서 <표 IV-11>에서 특별관리물질로 표기된 물질로 분류함.

#### <표 IV-11> 관리대상 유해물질 및 특별관리물질의 종류

- 
- 1. 유기화합물(123종)
    - 1) 글루타르알데히드(Glutaraldehyde; 111-30-8)
    - 2) 니트로글리세린(Nitroglycerin; 55-63-0)
    - 3) 니트로메탄(Nitromethane; 75-52-5)
    - 4) 니트로벤젠(Nitrobenzene; 98-95-3)
    - 5) p-니트로아닐린(p-Nitroaniline; 100-01-6)
-

- 
- 6) p-니트로클로로벤젠(p-Nitrochlorobenzene; 100-00-5)
  - 7) 2-니트로톨루엔(2-Nitrotoluene; 88-72-2)(특별관리물질)
  - 8) 디(2-에틸헥실)프탈레이트(Di(2-ethylhexyl)phthalate; 117-81-7)
  - 9) 디니트로톨루엔(Dinitrotoluene; 25321-14-6 등)(특별관리물질)
  - 10) N,N-디메틸아닐린(N,N-Dimethylaniline; 121-69-7)
  - 11) 디메틸아민(Dimethylamine; 124-40-3)
  - 12) N,N-디메틸아세트아미드(N,N-Dimethylacetamide; 127-19-5)(특별관리물질)
  - 13) 디메틸포름아미드(Dimethylformamide; 68-12-2)(특별관리물질)
  - 14) 디부틸 프탈레이트(Dibutyl phthalate; 84-74-2)(특별관리물질)
  - 15) 디에탄올아민(Diethanolamine; 111-42-2)
  - 16) 디에틸 에테르(Diethyl ether; 60-29-7)
  - 17) 디에틸렌트리아민(Diethylenetriamine; 111-40-0)
  - 18) 2-디에틸아미노에탄올(2-Diethylaminoethanol; 100-37-8)
  - 19) 디에틸아민(Diethylamine; 109-89-7)
  - 20) 1,4-디옥산(1,4-Dioxane; 123-91-1)
  - 21) 디이소부틸케톤(Diisobutylketone; 108-83-8)
  - 22) 1,1-디클로로-1-플루오로에탄(1,1-Dichloro-1-fluoroethane; 1717-00-6)
  - 23) 디클로로메탄(Dichloromethane; 75-09-2)
  - 24) o-디클로로벤젠(o-Dichlorobenzene; 95-50-1)
  - 25) 1,2-디클로로에탄(1,2-Dichloroethane; 107-06-2)(특별관리물질)
  - 26) 1,2-디클로로에틸렌(1,2-Dichloroethylene; 540-59-0 등)
  - 27) 1,2-디클로로프로판(1,2-Dichloropropane; 78-87-5)(특별관리물질)
  - 28) 디클로로플루오로메탄(Dichlorofluoromethane; 75-43-4)
  - 29) p-디히드록시벤젠(p-dihydroxybenzene; 123-31-9)
  - 30) 메탄올(Methanol; 67-56-1)
  - 31) 2-메톡시에탄올(2-Methoxyethanol; 109-86-4)(특별관리물질)
  - 32) 2-메톡시에틸 아세테이트(2-Methoxyethyl acetate; 110-49-6)(특별관리물질)
  - 33) 메틸 n-부틸 케톤(Methyl n-butyl ketone; 591-78-6)
  - 34) 메틸 n-아밀 케톤(Methyl n-amyl ketone; 110-43-0)
  - 35) 메틸 아민(Methyl amine; 74-89-5)
  - 36) 메틸 아세테이트(Methyl acetate; 79-20-9)
  - 37) 메틸 에틸 케톤(Methyl ethyl ketone; 78-93-3)
  - 38) 메틸 이소부틸 케톤(Methyl isobutyl ketone; 108-10-1)
  - 39) 메틸 클로라이드(Methyl chloride; 74-87-3)
-

- 
- 40) 메틸 클로로포름(Methyl chloroform; 71-55-6)
  - 41) 메틸렌 비스(페닐 이소시아네이트)(Methylene bis(phenyl isocyanate); 101-68-8 등)
  - 42) o-메틸시클로헥사논(o-Methylcyclohexanone; 583-60-8)
  - 43) 메틸시클로헥사놀(Methylcyclohexanol; 25639-42-3 등)
  - 44) 무수 말레산(Maleic anhydride; 108-31-6)
  - 45) 무수 프탈산(Phthalic anhydride; 85-44-9)
  - 46) 벤젠(Benzene; 71-43-2)(특별관리물질)
  - 47) 벤조(a)피렌[Benzo(a)pyrene; 50-32-8](특별관리물질)
  - 48) 1,3-부타디엔(1,3-Butadiene; 106-99-0)(특별관리물질)
  - 49) n-부탄올(n-Butanol; 71-36-3)
  - 50) 2-부탄올(2-Butanol; 78-92-2)
  - 51) 2-부톡시에탄올(2-Butoxyethanol; 111-76-2)
  - 52) 2-부톡시에틸 아세테이트(2-Butoxyethyl acetate; 112-07-2 )
  - 53) n-부틸 아세테이트(n-Butyl acetate; 123-86-4)
  - 54) 1-브로모프로판(1-Bromopropane; 106-94-5)(특별관리물질)
  - 55) 2-브로모프로판(2-Bromopropane; 75-26-3)(특별관리물질)
  - 56) 브롬화 메틸(Methyl bromide; 74-83-9)
  - 57) 브이엠 및 피 나프타(VM&P Naphtha; 8032-32-4)
  - 58) 비닐 아세테이트(Vinyl acetate; 108-05-4)
  - 59) 사염화탄소(Carbon tetrachloride; 56-23-5)(특별관리물질)
  - 60) 스토다드 솔벤트(Stoddard solvent; 8052-41-3)(벤젠을 0.1% 이상 함유한 경우만 특별관리물질)
  - 61) 스티렌(Styrene; 100-42-5)
  - 62) 시클로헥사논(Cyclohexanone; 108-94-1)
  - 63) 시클로헥사놀(Cyclohexanol; 108-93-0)
  - 64) 시클로헥산(Cyclohexane; 110-82-7)
  - 65) 시클로헥센(Cyclohexene; 110-83-8)
  - 66) 시클로헥실아민(Cyclohexylamine; 108-91-8)
  - 67) 아닐린[62-53-3] 및 그 동족체(Aniline and its homologues)
  - 68) 아세토니트릴(Acetonitrile; 75-05-8)
  - 69) 아세톤(Acetone; 67-64-1)
  - 70) 아세트알데히드(Acetaldehyde; 75-07-0)
  - 71) 아크릴로니트릴(Acrylonitrile; 107-13-1)(특별관리물질)
-

- 
- 72) 아크릴아미드(Acrylamide; 79-06-1)(특별관리물질)
  - 73) 알릴 글리시딜 에테르(Allyl glycidyl ether; 106-92-3)
  - 74) 에탄올아민(Ethanolamine; 141-43-5)
  - 75) 2-에톡시에탄올(2-Ethoxyethanol; 110-80-5)(특별관리물질)
  - 76) 2-에톡시에틸 아세테이트(2-Ethoxyethyl acetate; 111-15-9)(특별관리물질)
  - 77) 에틸 벤젠(Ethyl benzene; 100-41-4)
  - 78) 에틸 아세테이트(Ethyl acetate; 141-78-6)
  - 79) 에틸 아크릴레이트(Ethyl acrylate; 140-88-5)
  - 80) 에틸렌 글리콜(Ethylene glycol; 107-21-1)
  - 81) 에틸렌 글리콜 디니트레이트(Ethylene glycol dinitrate; 628-96-6)
  - 82) 에틸렌 클로로히드린(Ethylene chlorohydrin; 107-07-3)
  - 83) 에틸렌이민(Ethyleneimine; 151-56-4)(특별관리물질)
  - 84) 에틸아민(Ethylamine; 75-04-7)
  - 85) 2,3-에폭시-1-프로판올(2,3-Epoxy-1-propanol; 556-52-5 등)(특별관리물질)
  - 86) 1,2-에폭시프로판(1,2-Epoxypropane; 75-56-9 등)(특별관리물질)
  - 87) 에피클로로히드린(Epichlorohydrin; 106-89-8 등)(특별관리물질)
  - 88) 와파린(Warfarin; 81-81-2)(특별관리물질)
  - 89) 요오드화 메틸(Methyl iodide; 74-88-4)
  - 90) 이소부틸 아세테이트(Isobutyl acetate; 110-19-0)
  - 91) 이소부틸 알코올(Isobutyl alcohol; 78-83-1)
  - 92) 이소아밀 아세테이트(Isoamyl acetate; 123-92-2)
  - 93) 이소아밀 알코올(Isoamyl alcohol; 123-51-3)
  - 94) 이소프로필 아세테이트(Isopropyl acetate; 108-21-4)
  - 95) 이소프로필 알코올(Isopropyl alcohol; 67-63-0)
  - 96) 이황화탄소(Carbon disulfide; 75-15-0)
  - 97) 크레졸(Cresol; 1319-77-3 등)
  - 98) 크실렌(Xylene; 1330-20-7 등)
  - 99) 2-클로로-1,3-부타디엔(2-Chloro-1,3-butadiene; 126-99-8)
  - 100) 클로로벤젠(Chlorobenzene; 108-90-7)
  - 101) 1,1,2,2-테트라클로로에탄(1,1,2,2-Tetrachloroethane; 79-34-5)
  - 102) 테트라히드로푸란(Tetrahydrofuran; 109-99-9)
  - 103) 톨루엔(Toluene; 108-88-3)
  - 104) 톨루엔-2,4-디이소시아네이트(Toluene-2,4-diisocyanate; 584-84-9 등)
-

- 
- 105) 톨루엔-2,6-다이소시아네이트(Toluene-2,6-diisocyanate); 91-08-7 등
  - 106) 트리에틸아민(Triethylamine; 121-44-8)
  - 107) 트리클로로메탄(Trichloromethane; 67-66-3)
  - 108) 1,1,2-트리클로로에탄(1,1,2-Trichloroethane; 79-00-5)
  - 109) 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene; 79-01-6)(특별관리물질)
  - 110) 1,2,3-트리클로로프로판(1,2,3-Trichloropropane; 96-18-4)(특별관리물질)
  - 111) 퍼클로로에틸렌(Perchloroethylene; 127-18-4)(특별관리물질)
  - 112) 페놀(Phenol; 108-95-2)(특별관리물질)
  - 113) 페닐 글리시딜 에테르(Phenyl glycidyl ether; 122-60-1 등)
  - 114) 폼아미드(Formamide; 75-12-7)(특별관리물질)
  - 115) 폼알데히드(Formaldehyde; 50-00-0)(특별관리물질)
  - 116) 프로필렌이민(Propyleneimine; 75-55-8)(특별관리물질)
  - 117) n-프로필 아세테이트(n-Propyl acetate; 109-60-4)
  - 118) 피리딘(Pyridine; 110-86-1)
  - 119) 헥사메틸렌 다이소시아네이트(Hexamethylene diisocyanate; 822-06-0)
  - 120) n-헥산(n-Hexane; 110-54-3)
  - 121) n-헵탄(n-Heptane; 142-82-5)
  - 122) 황산 디메틸(Dimethyl sulfate; 77-78-1)(특별관리물질)
  - 123) 히드라진[302-01-2] 및 그 수화물(Hydrazine and its hydrates)(특별관리물질)
  - 124) 1)부터 123)까지의 물질을 중량비율  
 1%[N,N-디메틸아세트아미드(특별관리물질), 디메틸폼아미드(특별관리물질), 디부틸  
 프탈레이트(특별관리물질), 2-메톡시에탄올(특별관리물질), 2-메톡시에틸  
 아세테이트(특별관리물질), 1-브로모프로판(특별관리물질),  
 2-브로모프로판(특별관리물질), 2-에톡시에탄올(특별관리물질), 2-에톡시에틸  
 아세테이트(특별관리물질), 와파린(특별관리물질), 페놀(특별관리물질) 및  
 폼아미드(특별관리물질)는 0.3%, 그 밖의 특별관리물질은 0.1%] 이상 함유한 혼합물
2. 금속류(25종)
- 1) 구리[7440-50-8] 및 그 화합물(Copper and its compounds)
  - 2) 납[7439-92-1] 및 그 무기화합물(Lead and its inorganic compounds)(특별관리물질)
  - 3) 니켈[7440-02-0] 및 그 무기화합물, 니켈 카르보닐(Nickel and its inorganic compounds, Nickel carbonyl)(불용성화합물만 특별관리물질)
  - 4) 망간[7439-96-5] 및 그 무기화합물(Manganese and its inorganic compounds)
  - 5) 바륨[7440-39-3] 및 그 가용성 화합물(Barium and its soluble compounds)
-

- 
- 6) 백금[7440-06-4] 및 그 화합물(Platinum and its compounds)
  - 7) 산화마그네슘(Magnesium oxide; 1309-48-4)
  - 8) 산화붕소(Boron oxide; 1303-86-2)(특별관리물질)
  - 9) 셀레늄[7782-49-2] 및 그 화합물(Selenium and its compounds)
  - 10) 수은[7439-97-6] 및 그 화합물(Mercury and its compounds)(특별관리물질.  
다만, 아릴화합물 및 알킬화합물은 특별관리물질에서 제외한다)
  - 11) 아연[7440-66-6] 및 그 화합물(Zinc and its compounds)
  - 12) 안티몬[7440-36-0] 및 그 화합물(Antimony and its compounds)  
(삼산화안티몬만 특별관리물질)
  - 13) 알루미늄[7429-90-5] 및 그 화합물(Aluminum and its compounds)
  - 14) 오산화바나듐(Vanadium pentoxide; 1314-62-1)
  - 15) 요오드[7553-56-2] 및 요오드화물(Iodine and iodides)
  - 16) 은[7440-22-4] 및 그 화합물(Silver and its compounds)
  - 17) 이산화티타늄(Titanium dioxide; 13463-67-7)
  - 18) 인듐[7440-74-6] 및 그 화합물(Indium and its compounds)
  - 19) 주석[7440-31-5] 및 그 화합물(Tin and its compounds)
  - 20) 지르코늄[7440-67-7] 및 그 화합물(Zirconium and its compounds)
  - 21) 철[7439-89-6] 및 그 화합물(Iron and its compounds)
  - 22) 카드뮴[7440-43-9] 및 그 화합물(Cadmium and its  
compounds)(특별관리물질)
  - 23) 코발트[7440-48-4] 및 그 무기화합물(Cobalt and its inorganic compounds)
  - 24) 크롬[7440-47-3] 및 그 화합물(Chromium and its compounds)(6가크롬  
화합물만 특별관리물질)
  - 25) 텅스텐[7440-33-7] 및 그 화합물(Tungsten and its compounds)
  - 26) 1)부터 25)까지의 물질을 중량비율 1%[납 및 그 무기화합물(특별관리물질),  
산화붕소(특별관리물질), 수은 및 그 화합물(특별관리물질. 다만, 아릴화합물 및  
알킬화합물은 특별관리물질에서 제외한다)은 0.3%, 그 밖의 특별관리물질은 0.1%] 이상  
함유한 혼합물
3. 산·알칼리류(18종)
- 1) 개미산(Formic acid; 64-18-6)
  - 2) 과산화수소(Hydrogen peroxide; 7722-84-1)
  - 3) 무수 초산(Acetic anhydride; 108-24-7)
  - 4) 불화수소(Hydrogen fluoride; 7664-39-3)
  - 5) 브롬화수소(Hydrogen bromide; 10035-10-6)
-

- 
- 6) 사붕소산 나트륨(무수물, 오수화물)(Sodium tetraborate; 1330-43-4, 12179-04-3)(특별관리물질)
  - 7) 수산화 나트륨(Sodium hydroxide; 1310-73-2)
  - 8) 수산화 칼륨(Potassium hydroxide; 1310-58-3)
  - 9) 시안화 나트륨(Sodium cyanide; 143-33-9)
  - 10) 시안화 칼륨(Potassium cyanide; 151-50-8)
  - 11) 시안화 칼슘(Calcium cyanide; 592-01-8)
  - 12) 아크릴산(Acrylic acid; 79-10-7)
  - 13) 염화수소(Hydrogen chloride; 7647-01-0)
  - 14) 인산(Phosphoric acid; 7664-38-2)
  - 15) 질산(Nitric acid; 7697-37-2)
  - 16) 초산(Acetic acid; 64-19-7)
  - 17) 트리클로로아세트산(Trichloroacetic acid; 76-03-9)
  - 18) 황산(Sulfuric acid; 7664-93-9)(pH 2.0 이하인 강산은 특별관리물질)
  - 19) 1)부터 18)까지의 물질을 중량비율 1%[사붕소산나트륨(무수물, 오수화물)(특별관리물질)은 0.3%, pH 2.0 이하인 황산(특별관리물질)은 0.1%] 이상 함유한 혼합물
4. 가스 상태 물질류(15종)
- 1) 불소(Fluorine; 7782-41-4)
  - 2) 브롬(Bromine; 7726-95-6)
  - 3) 산화에틸렌(Ethylene oxide; 75-21-8)(특별관리물질)
  - 4) 삼수소화 비소(Arsine; 7784-42-1)
  - 5) 시안화 수소(Hydrogen cyanide; 74-90-8)
  - 6) 암모니아(Ammonia; 7664-41-7 등)
  - 7) 염소(Chlorine; 7782-50-5)
  - 8) 오존(Ozone; 10028-15-6)
  - 9) 이산화질소(nitrogen dioxide; 10102-44-0)
  - 10) 이산화황(Sulfur dioxide; 7446-09-5)
  - 11) 일산화질소(Nitric oxide; 10102-43-9)
  - 12) 일산화탄소(Carbon monoxide; 630-08-0)
  - 13) 포스겐(Phosgene; 75-44-5)
  - 14) 포스핀(Phosphine; 7803-51-2)
  - 15) 황화수소(Hydrogen sulfide; 7783-06-4)
  - 16) 1)부터 15)까지의 물질을 중량비율 1%(특별관리물질은 0.1%) 이상 함유한 혼합물
-

#### 4) 그 밖의 산안법상 유해인자 및 작업환경에 따른 건강장해의 예방 관리

##### (1) 기술 또는 작업환경에 관한 표준 지침(고용노동부고시)

산안법에는 산업재해 예방을 위하여 안전 및 보건 조치 등에 따라 사업주가 하여야 할 조치와 관련된 기술 또는 작업환경에 관한 표준을 사업주에게 지도 및 권고할 수 있음. 다음의 '사무실 공기 관리지침'을 포함한 10개 지침이 있음.

〈표 IV-12〉 기술 또는 작업환경에 관한 표준 지침 관리

- 
1. 가설공사 표준안전 작업지침
  2. 가스누출감지경보기 설치에 관한 기술상의 지침
  3. 감전 재해 예방을 위한 기술상의 지침
  4. 공작기계 안전기준 일반에 관한 기술상의 지침
  5. 굴착공사 표준안전 작업지침
  6. 발파 표준안전 작업지침
  7. 벌목 표준안전 작업지침
  8. 사무실 공기 관리지침
  9. 산업안전·보건표준제정위원회 규정
  10. 영상표시단말기(VDT) 취급근로자 작업관리지침
- 

##### (2) 산안법의 산업안전보건규칙 내 유해인자에 따라 건강장해의 예방 관리

산업안전보건기준에 관한 규칙 내 보건기준에는 유해인자 및 작업환경 등에 따라 건강장해 예방의 관리방안이 마련되어 있음. 다음의 '관리대상 유해물질에 의한 건강장해 예방'을 포함한 총 13장의 건강장해 예방 관리기준 마련됨.

### 〈표 IV-13〉 산업안전보건기준에 관한 규칙의 보건기준 예방 관리

- 
- 제1장 관리대상 유해물질에 의한 건강장해의 예방
  - 제2장 허가대상 유해물질 및 석면에 의한 건강장해의 예방
  - 제3장 소음 및 진동에 의한 건강장해의 예방
  - 제4장 이상기압에 의한 건강장해의 예방
  - 제5장 이상기압에 의한 건강장해의 예방
  - 제6장 온도·습도에 의한 건강장해의 예방
  - 제7장 방사선에 의한 건강장해의 예방
  - 제8장 병원체에 의한 건강장해의 예방
  - 제9장 분진에 의한 건강장해의 예방
  - 제10장 밀폐공간 작업으로 인한 건강장해의 예방
  - 제11장 사무실에서의 건강장해 예방
  - 제12장 근골격계부담작업으로 인한 건강장해의 예방
  - 제13장 그 밖의 유해인자에 의한 건강장해의 예방
- 

#### (3) 산안법의 산업안전보건규칙 내 그 밖의 유해인자에 의한 건강장해 예방

산업안전보건기준에 관한 규칙 내 보건기준에는 ‘그 밖의 유해인자에 의한 건강장해 예방’의 관리 규정이 있으며, ‘컴퓨터 단말기 조작업무에 대한 조치’를 포함한 4개의 유해인자에 대한 예방 조치를 마련하고 있음.

### 〈표 IV-14〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 내 그 밖의 유해인자 관리

- 
- 1. 컴퓨터 단말기 조작업무에 대한 조치
  - 2. 비전리전자기파에 의한 건강장해 예방 조치
  - 3. 직무스트레스에 의한 건강장해 예방 조치
  - 4. 농약원재료 방제작업 시의 조치
- 

#### (4) 산안법 내 그 밖의 고용 형태에서의 산업재해 예방

산안법 내 ‘도급 시 산업재해 예방’에서 ‘그 밖의 고용 형태에 따른 산업재해 예방’을 규정하고 있으며, 세부적으로 ‘특수형태근로종사자에 대한 안전조치 및 보건 조치 등’을 포함한 3개의 안전 및 보건조치를 규정하고 있음.

**〈표 IV-15〉 산안법 내 그 밖의 고용 형태에서의 산업재해 예방**

1. 특수형태근로종사자에 대한 안전조치 및 보건 조치 등
2. 배달종사자에 대한 안전조치
3. 가맹본부의 산업재해 예방 조치

**5) 안전보건공단 KOSHA Guide 지침 관리(산안법 외 관리방안 검토)**

- KOSHA Guide는 사업장의 자기 규율 예방체계 확립을 지원하고, 좀 더 높은 수준의 안전보건 향상을 위해 참고할 수 있는 기술적 내용을 기술한 자율적인 안전보건가이드를 제공하고 있음. 안전·보건 일반지침, 건강진단 및 관리지침 등 총 16개의 분야별 또는 업종별로 분류하여 총 1,352개의 지침을 제정함.
- KOSHA Guide는 산업안전보건법과 같은 강제적인 법률이 아닌 권고 기술기준으로써 한국산업안전보건공단에 의해서 제·개정되고 있는 지침임.

### 3. 조리 작업의 안전한 작업환경조성을 위한 관리 모델(안)

#### 1) 조리 작업 종사자의 건강 유해인자 노출에 대한 관리의 필요성

- 조리 작업 시 발생하는 건강 유해인자의 노출과 관련하여 직업성 암(폐암)이 업무상 질병으로 인정된 이후 관리의 필요성이 대두되고 있음.
- 현행 관련 법령에는 조리 작업 시 발생하는 건강 유해인자의 노출과 관련하여 적용 가능한 구체적인 관리기준은 모호한 실정임.
- 조리 환경 종사자의 건강장해 예방 및 안전한 작업환경 조성을 위하여 산안법 상에서 제도화하는 등 관리의 노력이 필요함.

#### 2) 조리 작업 시 발생 가능한 건강 유해인자의 지표 물질 선정

- 조리 작업 시 발생 가능한 건강 유해인자는 입자상물질(UFP, PM) 및 가스상물질(PAHs, VOCs, formaldehyde, acetaldehyde, acrylamide, acrolein, benzene, 1, 3-butadiene, carbon monoxide, carbon dioxide)의 조리흡 성분임.
- 건강 유해인자 다수의 성분들은 산안법상 작업환경측정 및 특수건강진단 대상 유해인자, 관리대상 유해물질(특별관리물질 포함) 등으로 분류되고 있으나, 역학조사 등 많은 연구에서 측정된 관련 유해인자의 노출 수준은 낮음.
- 조리흡 등 건강 유해인자와 업무상 질병의 원인적 연관성을 평가하고, 간접적으로 노출 수준을 관리할 수 있도록 지표 물질(조리흡 관련 건강 유해인자)을 활용토록 함.
- 지표 물질의 선정 후 조리 환경의 노출평가를 통한 현장의 적용 가능성 및 실효

성은 본 연구에서는 한계점이 있으며, 차후 연구과제를 통해 실태 파악 후 구체화할 필요가 있음.

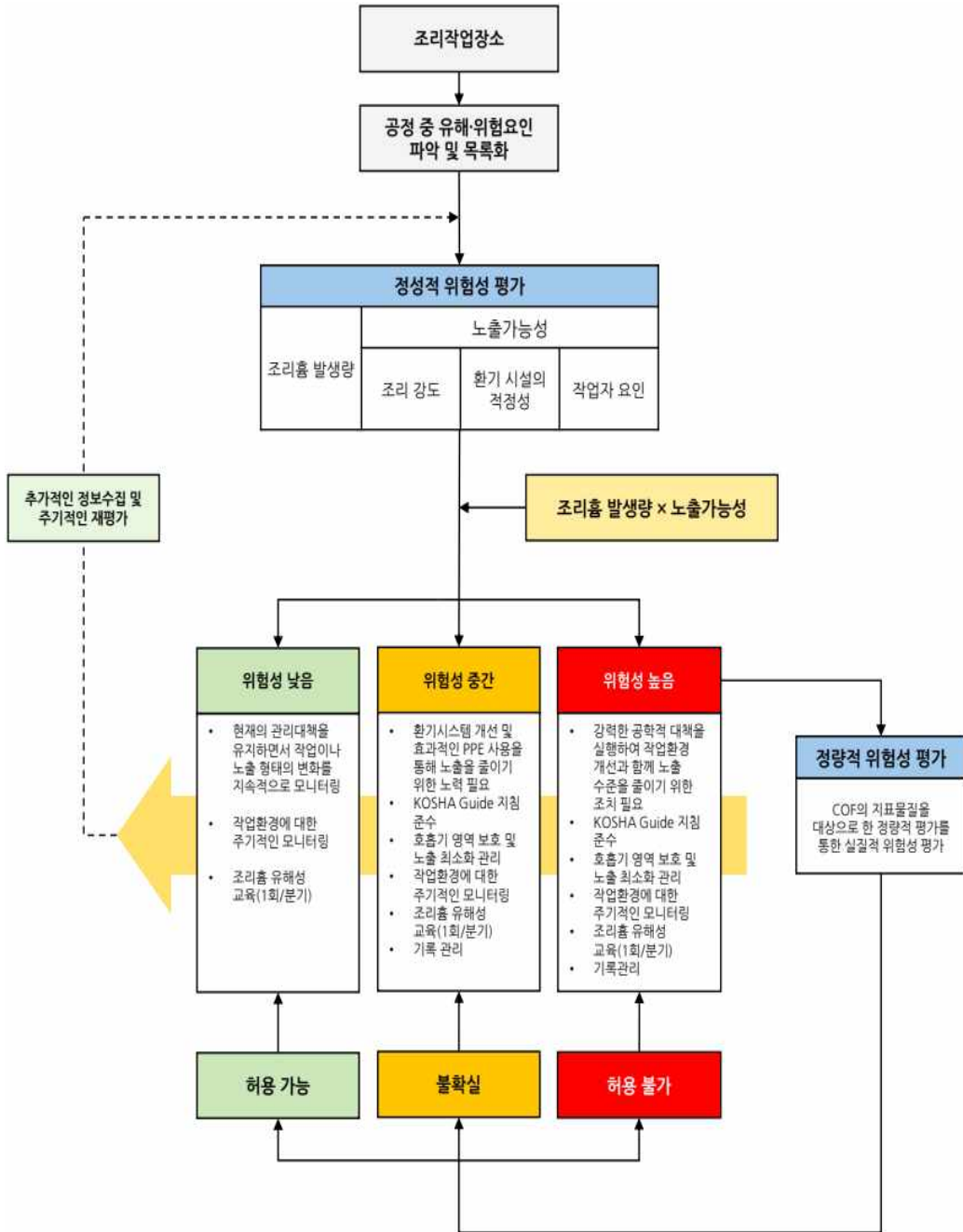
- 조리흡에 대한 지표 물질로는 물리적 특성을 고려하여 크게 입자상물질과 가스상물질로 분류하여 각각 미세먼지(질량 농도), 포름알데히드, TVOC를 선정함.

### 3) 위험성 평가를 통한 자기 규율 예방체계 구축 방안

#### (1) 자기 규율 예방체계 모델 제안

조리 환경에서 발생된 조리흡 등 건강 유해인자의 작업자 노출과 관련하여 <그림 IV-3>과 같은 조리 환경 현장에 활용할 수 있는 위험성 평가(안)를 통해 자기 규율 예방체계 모델을 확립하여 관리 방안을 마련할 필요가 있음.

조리 환경의 위험성 평가 방법은 현장의 기본적인 정보를 활용하여 정성적 위험성 평가를 실시하여 위험 정도를 세 단계로 구분하고, 종사자의 건강을 보호하기 위한 방안을 마련해야 함. 또한 위험도가 높게 나온 조리작업장에 대해서는 위험도의 확인과 보다 명확한 평가를 위해서 본 연구 결과로 제시된 지표 물질을 중심으로 정량적 위험성 평가(지표 물질을 활용한 노출 평가)를 실시하여 그 평가 결과에 따라 개선계획을 수립토록하는 정성적·정량적 위험성 평가의 관리 방안을 제안하였음.



〈그림 IV-3〉 조리 환경 정성적·정량적 위험성 평가(안)

## (2) 조리 환경 정성적 평가

조리 종사자의 조리흡에 대한 노출평가를 위한 정성적 평가 요인은 문헌 고찰 등을 통해 조리흡 발생과 이에 따른 건강 영향에 미치는 요인들을 중심으로 <표 IV-16>과 같이 정리할 수 있음.

정성적 평가 요인으로는 연료 종류, 환기의 적절성, 조리 횟수, 조리 방법, 개인보호구, 종사자 요인(직력, 조리 빈도 등) 등이 제시되었음.

〈표 IV-16〉 정성적 평가 요인

요인		선정 이유	구분(안)	
조리흡 발생량	연료 종류	- 고체 연료 > 가스 연료 > 전기 연료 순으로 호흡기 질환 및 호흡기 증상이 나타남. - 전기-가스 비교 시 가스 사용자에게서 재채기, 가래, 기침 및 인후통 확인, 유의한 증상은 가래임(Bhurosy et al., 2023/Zhao et al., 2006/Wong et al., 2011).	상	고체 연료
			중	가스 연료
			하	전기 연료
	조리 종류 및 횟수	- 폐암 사례자의 볶음 요리 노출 비가 유의하게 높았고 조림 요리는 유의하지 않았음(Jia et al., 2018). - 감기 증상 유병률과 객담의 원인 인자로 볶음과 튀김 요리의 횟수가 있었음 (Zhong et al., 1999). - 조리 방법 중 볶음, 튀김, 부침의 횟수를 고려할 필요가 있음.	상	하루 3개 이상(또는 주에 5회 이상)
			중	하루 2개 이상(또는 주에 3~4회)
			하	하루 1개 이상(또는 주에 2회 이하)

노출가능성	조리 작업 강도	- 2023년 학교 급식 조리실 유해요인 노출 실태조사 및 관리기준 마련 연구에서의 1인당 식수 인원 참조함.	상	하루 3시간 이상 조리하며 조리사 1인당 식수 인원 100명 이상
			중	하루에 3시간 이하 조리하며 1인당 식수 인원 100명 이상
			하	하루에 3시간 이하 조리하며 1인당 식수 인원 100명 이하
	환기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lung-RADS-양성(폐암 영상 보고 및 데이터 시스템) 그룹은 환기 불량 시설에서 일한 직력이 유의하였음.</li> <li>- 환기장치가 사용됨에 따라 폐암 위험 감소함.</li> <li>- 비흡연자 여성 폐암 사례자 중 조리실 노출과 조리 시 배기장치 미사용 그룹은 폐암 위험이 유의하게 높음(Kim et al., 2024).</li> <li>- 안전보건공단 자료 참조(KOSHA Guide W-26-2023)</li> </ul>	상	국소배기시설(LEV) 및 전체환기시설 미설치
			중	후드의 후면만 패널 부착 및 작업자 호흡기 영역 보호 미흡
			하	조리부산물 발생 구역 밀폐 및 작업자 호흡기 영역 보호 양호

작업자 요인	직업력	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2024년 교육부에서 발표한 「학교급식실 조리환경 개선방안」의 '학교 급식 종사자 폐암 예방 관계기관 전담팀(TF)' 운영 내용 중 직업력과 관련된 부분을 참고함.</li> <li>- 조리 기간(조리를 시작한 나이 등)도 오래 조리업무를 했을수록, 나이가 어릴수록 유의한 건강 영향의 차이를 보임(Zhong et al., 1999).</li> </ul>	상	조리경력 10년 이상
			하	조리경력 10년 미만
	연령	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조리 기간(조리를 시작한 나이 등)도 오래 조리업무를 했을수록, 나이가 어릴수록 유의한 건강 영향의 차이를 보임(Zhong et al., 1999).</li> </ul>	상	50세 이상
			하	50세 미만
	개인 보호구	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반적으로 유해인자에 대한 노출을 감소시킬 수 있는 수단 중 하나임 (근본적인 대책은 아니지만 평가 시 적용 용이).</li> </ul>	상	보호구 미착용
			중	보호구 착용 미흡 (착용 방법 오류, 보호구 선정 오류 등)
하			알맞은 보호구 선정 및 착용	

조리 작업환경에 대한 정성적 평가를 위해서는 <표 IV-16>의 요인 중 우리나라 상황에 맞는 요인들을 고려할 필요가 있음. 우선적으로 조리흡 발생이 가장 중요하므로 발생량과 관련이 있는 조리 종류 중 볶음, 튀김, 부침이 식단에 어느 정도 포함되어 있는가를 발생량으로 산정하였으며, 노출 가능성에 대한 부분은 조리 작업의 강도, 환기 시설의 적정성, 조리 작업자의 특성 등을 고려하여 평가토록 하였고 작업자 요인에 대한 부분은 작업자의 연령과 조리 경력(직업력)을 고려하였음.

#### 가) 조리흡 발생량 : 조리흡의 발생 여부

##### (가) 조리(볶음/튀김/부침 포함 여부) 종류 및 횟수\*

- 하루 3개 이상
- 하루 2개 이상
- 하루 1개 이상

\*“2023년 학교 급식 조리실 유해요인 노출 실태조사 및 관리기준 마련 연구(창원대학교)”에서 실시한 조리 횟수 측정 결과 하루의 평균 조리 개수(볶음/튀김/부침 여부)는 1.45 회였음.

##### (참고) 조리(볶음/튀김/부침 포함 여부) 종류 및 횟수\*

- 주에 5회 이상
- 주에 3~4회
- 주에 2회 이하

\*2023년 교육부에서 발표한 「학교급식실 조리환경 개선방안」의 학교급식 조리방법 및 급식환경 개선의 내용을 참고.

### (나) 오일의 정제여부<sup>\*/\*\*</sup>

- 오일 정제 여부
  - 비정제
  - 정제

\*우리나라에서 시판되는 오일 종류는 3종(옥수수유, 카놀라유, 콩기름)이나 조리흡 발생 특성 실험을 통해 확인한 결과 유해인자별로 일관성 있게 나타나지는 않아 오일의 종류에 대한 고려는 하지 않음. 단, 위의 세 종류 외 오일의 경우는 안전성이 확보되지 않았으므로 추가적으로 조리흡 발생량을 상향토록 함.

\*\*IARC Monographs Vol. 95 및 California Proposition 65 : 안전한 식수 및 독성 물질 단속법(1086)에 따르면 정제하지 않은 오일을 고온으로 가열 시 조리흡이 발생하여 발암성까지 보고되기 때문에 오일의 정제 여부를 조리흡 발생량에 포함시킴.

### (다) 오일의 끓는점 이상 가열 여부<sup>\*</sup>

- 오일 가열
  - 끓는점 이상으로 가열
  - 끓는점 이하로 가열

\*조리온도는 조리의 종류에 따라 결정되므로 조리흡 발생량에 반영됨. 단, 조리 시 고온의 영향으로 재료가 탔을 때는 추가적으로 조리흡 발생 정도를 상향토록 함(본 보고서 156쪽 온도 상승 실험 결과 참조).

## 나) 노출가능성 : 조리 강도 + 환기시설 적절성

- 조리 강도 : 조리 시간 및 식수 인원
  - 하루 3시간 이상 조리하며 조리사 1인당 식수 인원 100명\* 이상
  - 하루 3시간 이상 조리하며 조리사 1인당 식수 인원 100명 미만
  - 하루 3시간 이하 조리하며 조리사 1인당 식수 인원 100명 이상

- 하루 3시간 이하 조리하며 조리사 1인당 식수 인원 100명 미만

\*2023년 학교 급식 조리실 유해요인 노출 실태조사 및 관리기준 마련 연구에서의 조리사 1인당 식수 인원(약 111명(표준편차 16.8)) 및 기타 보도자료를 참조.

- **환기 시설의 적절성** : 국소배기시설(LEV)/전체환기 설치 및 운영의 적절성(기류 흐름 적절성 : 기류가 작업자의 호흡기 쪽으로 형성되지 않아야 함)

- 국소배기시설(LEV) 및 전체환기시설 미설치. 후드의 4면이 개방된 상방형 배기장치가 설치되어 있음. 조리흡 등 유해인자 발생으로부터 호흡기 영역이 보호되기에는 부족함(기류 흐름이 적절치 않아 조리장소로 퍼져 노출 가능). 단체급식시설환기에 관한 기술지침(KOSHA Guide W-26-2023)을 준용하기 어려움.

- 후드의 후면만 패널 등이 부착되어 있으며, 조리부산물 발생 구역을 밀폐하지는 못함(3개 면이 개방된 상태). 조리흡 등 유해인자 발생으로부터 호흡기 영역이 보호되기에는 미흡함. 단체급식시설환기에 관한 기술지침(KOSHA Guide W-26-2023)을 준용하고 있으나 후드의 면속도는 기준대비 미흡함.

- 후드의 측면, 후면에는 패널을 부착하는 등 조리부산물 발생 구역을 밀폐하고 있음(한 면만 개방된 상태). 조리흡 등 유해인자 발생으로부터 호흡기 영역이 보호되고 있음. 단체급식시설환기에 관한 기술지침(KOSHA Guide W-26-2023)을 준용하며, 후드의 면풍속은 기준대비 양호함.

#### 다) 작업자 요인

- 조리 종사자 중 55세 이상이거나 조리경력이 10년 이상인 조리 종사자

\*\*가 50% 이상

- 조리 종사자 중 55세 이상이거나 조리경력이 10년 이상인 조리 종사자가 50% 이하 10% 이상
- 조리 종사자 중 55세 이상이거나 조리경력이 10년 이상인 조리 종사자가 10% 미만

\*\*2023년 교육부에서 발표한 「학교급식실 조리환경 개선방안」의 ‘학교 급식종사자 폐암 예방 관계기관 전담팀(TF)’ 운영의 내용을 참조.

정성적 평가를 위한 총점은 조리흡 발생량, 노출가능성, 작업자 요인을 고려하여 얻은 값으로 조리작업장에 대한 정성적 평가를 하며 평가 결과를 “위험성 낮음”, “위험성 중간”, “위험성 높음”으로 구분하고, 위험성 결과에 따라 <표 IV-17>과 같은 조치를 취할 필요가 있음.

단, 산업보건전문가가 조리 종류와 시간, 환기 시설 운영 상태를 고려하여 위험성을 조정할 수 있음. 또한 상기의 평가는 실제 조리작업장 현황이 포함되지 않았으므로 향후 연구를 통하여 조리작업장 현실을 반영하여 그 적용 가능성을 검증하고 수정하여야 할 것임.

<표 IV-17> 조리 작업환경 위험성 평가 결과에 따른 조치

위험성 낮음	위험성 중간	위험성 높음
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재의 관리대책을 유지하면서 작업이나 노출 형태의 변화를 지속적으로 모니터링</li> <li>• 작업환경에 대한 주기적인 모니터링</li> <li>• 조리흡 유해성 교육</li> <li>• (1회/분기)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환기 시스템 개선 및 효과적인 PPE 사용을 통해 노출을 줄이기 위한 노력 필요</li> <li>• KOSHA Guide 지침 준수</li> <li>• 호흡기 영역 보호 및 노출 최소화 관리</li> <li>• 작업환경에 대한 주기적인 모니터링</li> <li>• 조리흡 유해성 교육</li> <li>• (1회/분기)</li> <li>• 기록 관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강력한 공학적 대책을 실행하여 작업환경 개선과 함께 노출 수준을 줄이기 위한 조치 필요</li> <li>• COF의 지표물질을 대상으로 한 정량적 평가를 통한 실질적 위험성 평가</li> <li>• KOSHA Guide 지침 준수</li> <li>• 호흡기 영역 보호 및 노출 최소화 관리</li> <li>• 작업환경에 대한 주기적인 모니터링</li> <li>• 조리흡 유해성 교육</li> <li>• (1회/분기)</li> <li>• 기록 관리</li> </ul>

### (3) 조리 환경의 정량적 평가

정성적 평가를 통해 “위험성 높음”으로 평가된 조리작업장은 위험의 확인

과 평가의 정확성을 위해서 조리 종사자의 조리흡에 대한 노출평가를 실시할 필요가 있음.

- “위험성 높음”으로 평가된 조리실에 대해서는 지표 물질(입자상물질과 TVOC, 포름알데히드)을 활용한 정량적 노출평가를 실시하여 기준 대비 1% 미만(허용 가능), 1~50%(불확실), 50% 이상(허용 불가)으로 구분하여 개선계획을 수립하고 관리가 이루어질 수 있도록 제안함.
- 조리 환경의 정성적·정량적 위험성 평가를 통하여 관리하는 모델(안)의 현장 적용 가능성 및 실효성은 본 연구에서는 진행하는 데는 기간 한정으로 인한 한계 점이 있으며, 차후 연구과제를 통해서 세부 내용에 대해 구체화하고 발전적으로 현장 적용성을 반영할 필요가 있음.

#### 4) 조리 작업 종사자의 건강 유해인자 노출에 대한 관리방안 지침 개발

- (KOSHA Guide) ‘조리 작업자의 건강장해 예방 관리지침’의 개발을 통하여 조리 환경 및 조리 작업자의 자기 규율 예방체계 구축(확립)을 지원하고 안전보건 향상을 위하여 참고할 수 있는 기술적인 안전보건가이드 제공의 검토.
- (고용노동부고시) 조리 환경 및 조리 작업 종사자의 산업재해 예방을 위하여 안전 및 보건 조치에 따라 사업주가 하여야 할 조치와 관련된 기술 또는 작업환경에 관한 표준 지침의 개발을 통한 지도 및 권고 방안의 검토.

#### 5) 산안법에서 적용하고 있는 다양한 유해인자 관리방안의 고려

조리 환경 및 조리 작업 종사자의 안전한 작업환경 조성을 위하여 위험성 평가 등 산안법에서 적용하고 있는 다양한 유해인자 관리방안을 고민하여, 향

후 자기 규율 예방체계가 원활히 구축할 수 있도록 하는 필요한 규정을 고려해 볼 필요가 있음.

#### 4. 소결

- 최근 조리 작업 종사자의 직업성 암(폐암)이 업무상 질병으로 인정됨에 따라 사회적인 관심이 증가하고 있으며, 조리 종사자의 안전 및 보건 조치 등 관리 필요성이 대두됨. 조리 작업 종사자의 건강장해 예방 및 안전한 작업환경 조성을 위한 산안법상 제도화하여 관리의 노력이 필요함.
- 조리 작업 시 발생 가능한 건강 유해인자는 입자상물질(UFP, PM) 및 가스상물질(PAHs, VOCs, formaldehyde, acetaldehyde, acrylamide, acrolein, benzene, 1,3-butadiene, carbon monoxide, carbon dioxide)으로 나타남. 다수의 유해인자가 산안법상 작업환경측정 및 특수건강진단 대상 유해인자, 관리대상 유해물질(특별관리물질)으로 분류되나, 역학조사 등 많은 연구에서 측정된 유해인자의 노출 수준은 낮음.
- 조리흡 등 건강 유해인자와 업무상 질병의 원인적 연관성을 평가하고, 간접적으로 건강 유해인자의 노출을 관리할 수 있도록 지표 물질(조리흡 관련 건강 유해인자)을 활용토록 함.
- 조리 작업 시 조리흡 등 건강 유해인자의 노출과 관련하여 위험성 평가를 통한 자기 규율 예방체계 구축 방안의 검토가 필요함. 조리 환경의 위험성 평가 방법은 현장의 기본적인 정보를 활용하여 정성적 위험성 평가를 실시하고, 그 평가 결과에서 위험도가 높은 작업 현장은 정량적 위험성 평가(지표 물질을 활용한 노출 평가)를 실시하여 개선 등 관리하는 정성적·정량적 위험성 평가의 관리방안을 마련하고자 함.
- 그 외 조리 작업 종사자의 건강 유해인자 노출에 대한 관리방안 지침을 고려

함. KOSHA Guide의 자율적인 안전보건가이드 제공 또는 고용노동부고시를 통하여 지도·권고할 수 있는 기술 또는 작업환경에 관한 표준 지침의 개발의 검토를 고려함.

## V. 결론





## V. 결론

### 1. 조리흡의 건강 영향과 논문 고찰

#### ○ 조리흡의 건강 영향 역학 연구 결과는 다음과 같음.

- 조리흡에 노출될 경우 호흡기 질환 및 폐암 발생 위험이 유의하게 증가하는 것으로 나타났으며 조리 연료 유형과 환기 수준, 고온 조리 방식 등이 중요한 위험요인으로 작용함을 확인함. 연구 결과는 주로 중국, 태국, 대만 등 아시아 지역에서 수행되었으며, 비흡연자 중에서도 특히 여성에게 높은 폐암 위험이 관찰됨. 요리 빈도와 고온의 기름 사용, 그리고 환기 부족 상태가 주요 위험 인자로 확인되었으며, 고체 연료를 사용하는 환경에서 폐암 및 호흡기 질환의 발생 위험이 클 것으로 나타남. 조리 연료로 천연가스나 전기를 사용하는 환경 대비, 석탄이나 목재와 같은 고체 연료를 사용하는 가정이나 식당에서의 위험성이 높았고, 폐암과 연관된 양-반응 관계도 확인되었음.
- 요리 특성에 따른 위험 차이가 뚜렷하게 나타남. 볶음이나 튀김 등 기름을 사용하는 고온 조리 시 조리흡 내 다핵방향족탄화수소(PAHs), 휘발성 유기화합물(VOCs), 미세분진(PM<sub>2.5</sub>) 등이 다량 방출되며, 이러한 유해 물질들이 장기적으로 호흡기계 염증반응을 유발하고, 폐 기능 저하와 알레르기 반응을 촉진할 수 있음. 환기 시스템이 충분하지 않은 주방에서의 조리흡 노출이 폐암 위험을 증가시키며, 환기 후드 사용 여부와 COFs 노출 시간과의 연관성이 강하게 나타났음. 요리 환경개선 및 환기장치 사용이 조리흡 노출 감소에 기여할 수 있는 주요 요인임을 강조할 수 있음.

#### ○ 조리흡 실험 연구와 현장 연구 문헌 고찰 결과는 다음과 같음.

- 오일 종류에 상관없이 입자크기 및 생성과 관련하여 유사하게 관찰되었으며, 입자의 크기가 작을수록 더 많은 입자가 생성되고 더 빨리 나타났음. 직경 0.3 um 이하의 입자가 가장 많이, 가장 빨리 생성되었으며, 생성된 입자의 크기는

대부분 10 um 이하임.

- 조리 방법에 따른 PM 크기 및 농도 볶음에서의 입자상물질이 튀김보다 높게 나타났으며 고지방 식품이 저지방 식품보다 더 높은 농도의 입자상물질을 방출했고 수분이 많은 식품이 많은 수의 입자상물질을 방출함.
- 오일 기반 조리 방법은 물 기반 조리 방법보다 훨씬 높은 PM 수준을 생성함.
- 볶음 요리 시 실내 PM<sub>2.5</sub> 농도가 가장 높았고, 스투 조리 시 PM<sub>2.5</sub> 농도가 가장 낮았음.
- PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 농도가 튀김과 볶음에서 나오는 것이 끓이거나 찜에서 나오는 것보다 더 높음.
- 바이오매스를 사용한 주방에서는 천연가스를 사용한 것보다 PM<sub>2.5</sub> 농도는 훨씬 낮은 수준이었으며 조리 시 등유와 숯을 사용하는 경우 천연가스를 사용하는 경우보다 PM<sub>2.5</sub> 농도 높았음.
- 바베큐에서 방출되는 TVOC의 농도가 다른 요리에서 발생하는 TVOC의 농도보다 4.7~7.9배 더 높음.

○ 이 외 조리 중 PAHs, OPAH, AZAs, 카르보닐 등이 검출됨을 여러 문헌을 통해 확인할 수 있었음. 또한 조리 중 환풍기 사용 시 PM<sub>10</sub> 입자 제거율이 PM<sub>2.5</sub> 제거율보다 높으며 환기팬을 사용하면 문을 통한 자연 환기 조건에 비해 주방 내 평균 PM<sub>2.5</sub> 및 PM<sub>10</sub> 노출이 현저히 감소함. 또한, TVOC도 농도 감소에도 큰 영향을 미친다는 것을 확인함.

## 2. 조리 작업 중 발생하는 유해인자의 종류와 특성

본 실험의 최종목표는 조리 작업 중 발생하는 유해인자(입자 수 농도, 알데히드, PAH, 블랙카본 등)의 종류와 특성을 파악하는 것이나 실제 조리 현장에서는 여러 요리작업이 동시에 진행되며, 수분을 바닥에 뿌리는 등 수 많은 간접 인자들이 존재하여 그 농도를 정확히 측정하는데 한계가 있음. 따라서 본 연구를 통하여 수분 또는 수증기가 입자 수 농도 측정에 얼마만큼 영향을 미치는지와 실제 조리 모사 실험을 통하여 조리 현장에서 발생 가능한 유해인자의 농도를 파악하고자 함.

○ 정상적인 조리온도에서 실제 조리 모사 실험을 진행한 결과는 다음과 같음.

- 입자 수 농도는 카놀라유 > 옥수수유 > 콩기름 순으로, 조리 방법은 볶음 > 부침 > 튀김 순으로 높았음.
- TVOC는 각 기름 종류 간에는 큰 차이를 보이지 않았으며, 조리 방법을 비교하여 볼 때, 콩기름에서는 튀김이, 카놀라유와 옥수수유에서는 볶음 조리일 때 높게 발생하였음.
- Dusttrak을 이용하여 입자 중량을 측정하였을 때, 콩기름 > 옥수수유 > 카놀라유 순으로 높았음. 조리 방법별로는 볶음 > 부침 > 튀김 순으로 높은 농도를 확인함.
- 중량법을 이용한 조리흡 측정 결과는 카놀라유 > 콩기름 > 옥수수유 순으로 높았으며, 콩기름에서는 볶음이, 카놀라유와 옥수수유에서는 튀김 조리할 때, 높은 농도를 관찰함.

- PAH는 본 온도 조건에서는 모두 LOD 미만으로 검출되지 않았음.
- 알데히드는 세 기름에서 모두 볶음 요리를 진행할 때, Acetaldehyde, m-tolualdehyde, Acrolein이 높게 검출됨.
- 블랙카본은 콩기름 > 카놀라유 > 옥수수유 순으로 높았으며, 콩기름과 카놀라유에서는 볶음 조리일 때, 옥수수유에서는 튀김 조리일 때 높은 농도를 보임.

○ 기름 온도를 상승시키며 실제 조리 모사 실험을 진행한 결과는 다음과 같음.

- 입자 수 농도는 옥수수유 > 카놀라유 > 콩기름 순으로, 온도가 높아질수록 농도도 증가함을 확인함.
- TVOC와 Dusttrak을 이용한 입자 증량 결과 또한 기름의 온도가 증가할수록 농도가 같이 상승하였음.
- 증량법을 이용한 조리흡 측정 결과는 카놀라유에서는 온도 증가에 따라 같이 증가한 반면, 옥수수유에서는 그렇지 않은 모습을 확인함.
- PAH가 240℃ 이상의 온도에서부터 Phenanthrene, Benzo[a]pyrene이 검출됨.
- 알데히드는 온도 증가에 따라서 같이 증가하는 경향은 보이지 않았으나 정상 조리온도에서 발생하는 물질들이 검출됨.
- 블랙카본은 기름의 온도가 증가함에 따라 농도도 같이 증가하는 모습을 보임.

○ 본 실험은 실제 조리 현장에서 진행되는 조리 규모에 비하여 매우 작게

진행되었으며 실제 조리 모사 실험이라 하더라도 조리실에서의 습도가 재현되지는 않았기에 현장 측정에서의 결과와 차이를 보일 수 있음. 다만, 본 연구를 통하여 조리실에서 가장 유해할 수 있는 조리 방법과 그 과정에서 발생할 수 있는 유해인자에 대해 파악할 수 있는 데이터베이스를 구축하였음에 큰 의의가 있음.

- 습도가 높은 환경이 입자상물질 측정 실시간 결과에 미치는 영향 파악 실험에서 가습을 하였을 때, 백그라운드 농도보다 증가하였으며 SMPS는  $8.4 \pm 0.26 \times 10^4$  particles/cm<sup>3</sup>, OPS는  $3.9 \pm 1.4 \times 10^3$  particles/cm<sup>3</sup>를 보였으며 총  $8.75 \pm 0.26 \times 10^4$  particles/cm<sup>3</sup>를 보임. 이때, 수분 제거 장치(히트 및 실리카겔)를 연결하면 SMPS  $6.30 \pm 0.54 \times 10^4$  particles/cm<sup>3</sup>, OPS  $7.13 \pm 0.73 \times 10^2$  particles/cm<sup>3</sup>, 총  $6.37 \pm 0.54 \times 10^4$  particles/cm<sup>3</sup>를 보였으며 이를 증감률로 나타내면 SMPS 약 25%, OPS 약 82%, 총 27% 감소함을 확인함. OPS를 사용하여 입자 수 농도를 측정할 경우 수분에 의한 영향을 많이 받게 되므로 이를 고려하여 적절한 측정 장비를 선택하는 것이 중요함.

○ 측정 인자 간에 상관분석을 실시한 결과, 미세먼지 질량 농도(실시간 측정기기의 평균값)와 TVOC 농도(실시간 측정기기의 평균값) 간에 상관성이 있는 것으로 나타났고, 미세먼지 질량 농도(실시간 측정기기의 평균값)와 아세트알데히드 농도 간에도 약한 상관성이 있는 것으로 나타났음. 따라서 조리 흡 평가 시 실시간 측정기기의 도입 필요성을 확인할 수 있었음. 그리고 입자 수 농도, TVOC, 포름알데히드 등 다른 인자는 상관성을 보이지 않아 추가적인 연구가 필요함.

### 3. 조리흡 평가 및 관리방안

#### ○ 조리 작업 종사자의 직업성 암(폐암)

- 최근 조리 작업 종사자의 직업성 암(폐암)이 업무상 질병으로 인정됨에 따라 사회적인 관심이 증가하고 있으며, 관리 필요성이 대두됨. 건강장해 예방 및 안전한 작업환경 조성을 위한 산안법상 제도화하여 관리의 노력이 필요함.

#### ○ 조리 작업 시 발생 가능한 건강 유해인자

- 조리 작업 시 발생 가능한 건강 유해인자는 입자상물질(UFP, PM) 및 가스상물질(PAHs, VOCs, formaldehyde, acetaldehyde, acrylamide, acrolein, benzene, 1, 3-butadiene, carbon monoxide, carbon dioxide)으로 나타남. 역학조사 등 많은 연구에서 측정된 유해인자의 노출 수준은 낮음으로 평가됨.

#### ○ 조리흡 등 건강 유해인자와 업무상 질병의 원인적 연관성

- 조리흡 등 건강 유해인자와 업무상 질병의 원인적 연관성을 평가하고, 간접적으로 노출을 관리할 수 있는 지표 물질로 미세먼지 질량 농도(실시간 측정 가능)와 포름알데히드, TVOC를 선정하고 추후 연구를 통해 조리 환경 중 지표 물질의 실태를 파악하고, 관리기준 설정 등 세부 내용을 마련하여 그 적용 가능성을 확보하여야 함.

#### ○ 조리 작업의 위험성평가

- 조리 작업 시 조리흡 등 건강 유해인자의 노출과 관련하여 위험성 평가를 통한 자기 규율 예방체계 구축 방안 검토 필요. 기본적인 정보를 활용하여 정성적 위험성 평가를 실시하고, 그 결과 위험한 작업 현장은 정량적 위험성 평가(지표 물질을 활용한 노출 평가)를 실시하여 개선하는 정성적·정량적 위험성 평가의

관리방안을 제안함.

○ 그 외 조리 작업 종사자의 건강 유해인자 노출에 대한 관리방안의 지침 개발을 고려해야 함.



# Abstract

## Characteristics and Management Measures of Hazardous Factors Generated During Cooking Operations

### 1. Research Background

Applications for industrial accident compensation for occupational cancer among cafeteria cooks began in 2018. Since lung cancer was first recognized as an occupational disease in 2021, the number of applications for industrial accidents and cases recognized as occupational diseases has increased, drawing social attention.

According to the interim results of health examinations (lung CT scans) for cafeteria workers announced by the Ministry of Education, among 24,065 school meal workers aged 55 or older or with more than 10 years of experience, 31 were diagnosed with lung cancer, with a diagnosis rate of 0.13%, and 139 (0.58%) were suspected cases. This is significantly higher than the lung cancer incidence rate of 0.028% per 100,000 women aged 35-64 in the 2019 national cancer registration statistics.

Therefore, it is necessary to investigate the components of cooking fumes and study their health effects, as well as how to manage them institutionally under the Industrial Safety and Health Act.

## 2. Main Research Contents

### 1) Literature Review

The literature review was conducted in three parts: experimental research, field research, and epidemiological research.

The experimental research results examined the characteristics of hazardous factors generated according to various cooking characteristics (oil type, cooking temperature, etc.), while the field research results examined the characteristics of hazardous factors generated according to various cooking and cooking environment characteristics. Additionally, epidemiological research reviewed the causal and associative relationships between cooking work, exposure to hazardous factors, and health effects.

The average age of those diagnosed with lung cancer in the interim results of health examinations for school meal workers was 54.9 years, and the average service period was 14.3 years.

### 2) Review of Experimental Research Results

A review of three literatures showed that the emission patterns of particulate matter by oil type were similar, but the emission concentrations varied. Additionally, the number of PM<sub>2</sub> particles increased sharply at temperatures above 150-200°C.

Comparing the emission concentrations of particulate matter by

cooking type, grilling was the highest, followed by stir-frying, which was significantly higher than frying. Low-fat foods emitted higher concentrations of particulate matter than high-fat foods, and cooking foods with high moisture content resulted in high levels of particulate matter due to the influence of aerosols formed by steam.

On the other hand, the type, shape, and ingredients of food did not significantly affect particle emissions, and particulate matter was emitted during the boiling process and oil heating.

### 3) Review of Epidemiological Research Results

The literature review examined the relationship between cooking oil fumes (COFs) and genetic toxicity, respiratory diseases, and lung cancer.

The main results obtained from the literature review are:

- Workers exposed to COFs had higher prevalence rates of respiratory diseases such as chronic bronchitis and asthma.
- Exposure to cooking fumes statistically significantly increased the incidence of lung cancer, and a dose-response relationship was confirmed between exposure to risk factors and the occurrence of lung cancer.
- Genetic toxicity markers such as micronucleus changes (MN), chromosome aberrations (CA), and DNA modifications were observed in workers exposed to COFs.

### 3. Types and Characteristics of Hazardous Factors During Cooking Operations

By simulating the cooking environment in a laboratory, the study first confirmed the impact of moisture on the measurement results of real-time devices when monitoring cooking fumes, and second, evaluated cooking fumes and other hazardous factors (TVOCs, aldehydes including formaldehyde, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)) according to the use of various oils and cooking methods.

Experiments were conducted at normal temperatures (100°C or 180°C) and at 240°C and 270°C. The number of particles increased with temperature, with stir-frying > pan-frying > deep-frying at normal temperatures. TVOCs and aldehydes were detected more when cooking at normal temperatures than when the oil temperature was raised, and PAHs were not detected at normal temperatures but phenanthrene and benzo[a]pyrene were detected as the temperature increased. The concentration of cooking fumes (mass concentration) was about 2.40-4.93 mg/m<sup>3</sup> when stir-frying with soybean oil and deep-frying with canola oil and corn oil.

### 4. Understanding the Impact of Moisture

To simulate a high-humidity cooking room, a humidifier was operated to increase humidity, and only oil was heated without food. By comparing the results with and without a moisture removal device attached to the real-time measuring equipment,

it was confirmed that the number of particles measured by SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) and OPS (Optical Particle Sizer) decreased by about 25% and 82%, respectively, when the moisture removal device (heater and silica gel connection) was attached. Therefore, it was evaluated that attaching a moisture removal device is appropriate when using real-time equipment in a high-moisture environment. However, the decrease was greater with OPS, but the number of particles measured by SMPS was much lower than the small size (10~420 nm).

#### 5. Correlation Analysis Results of Hazardous Factors

There was a correlation between the mass concentration of fine dust (average value of real-time measuring equipment) and the concentration of TVOCs (average value of real-time measuring equipment), and a weak correlation between the mass concentration of fine dust (average value of real-time measuring equipment) and the concentration of acetaldehyde. Therefore, the necessity of introducing real-time measuring equipment for evaluating cooking fumes was confirmed.

#### 6. Indicator Substances for Cooking Fumes

Through experiments to identify hazardous factors generated during cooking, the mass concentration of fine particulate matter, formaldehyde, and TVOCs identified through literature review were proposed as indicator substances. These substances are related to respiratory diseases, and the mass concentration

of fine particulate matter and TVOCs are convenient for managing the cooking room, and formaldehyde, although low in concentration, can be measured and analyzed through standard test methods.

## 7. Evaluation and Management Measures for Cooking Fumes

As occupational cancer (lung cancer) among cooking workers has recently been recognized as an occupational disease, the need for safety and health measures for cooking workers has emerged. The possibility of institutionalizing measures under the Industrial Safety and Health Act to prevent health hazards and create a safe working environment for cooking workers was reviewed.

The health hazardous factors that can occur during cooking operations are particulate matter (UFP, PM, etc.) and gaseous substances (PAHs, VOCs, formaldehyde, acetaldehyde, acrylamide, acrolein, benzene, 1,3-butadiene, carbon monoxide, carbon dioxide, etc.), and many hazardous factors are classified as hazardous factors subject to work environment measurement and special health diagnosis under the Industrial Safety and Health Act, and hazardous substances subject to management (special management substances).

The exposure levels of hazardous factors measured in many studies, including epidemiological surveys, were very low. Various health hazardous factors such as cooking fumes require the selection of indicator substances (health hazardous factors

related to cooking fumes) to indirectly manage exposure to health hazardous factors.

It is necessary to introduce a self-regulatory prevention system through risk assessment as a method of managing health hazardous factors such as cooking fumes during cooking operations. The risk assessment method for the cooking environment aims to conduct qualitative risk assessments using information on work factors such as field processes, and to improve high-risk workplaces by conducting quantitative risk assessments (exposure assessments using indicator substances) based on the results of qualitative risk assessments.

In addition, guidelines for managing exposure to health hazardous factors for cooking workers are needed. It is necessary to develop standard guidelines for technology or work environment that can be provided or recommended through the KOSHA Guide's voluntary safety and health guide or the Ministry of Employment and Labor's notification.

## 참고문헌

- 고용노동부. 직종별사업체 노동력조사 보고서. 24년판 상반기. 「106p」
- 교육부 · 서울특별시교육청학교보건진흥원. 꼭 알아야 할 학교 급식실 산업안전보건 매뉴얼. 2021.
- 교육부. 학교급식 조리환경 개선방안. 2023
- 교육부[인터넷]. [학교 급식실 조리환경 개선 방안] 발표 보도자료, 교육부: 2021년 3월 14일[202년 3월 28일 인용].  
<https://www.moe.go.kr/boardCnts/viewRenew.do?boardID=294&boardSeq=94218&lev=0&search'Type=null&statusYN=W&page=1&s=moe&m=020402&opType=N>
- 국립암센터[인터넷]. 국가암관리사업/중앙암등록본부/암등록통계자료/2020년 암등록통계 및 2014-2018 지역별 암발생통계 보도자료, 2022년 12월 30일[2023년3월 28일 인용].  
<https://www.ncc.re.kr/cancerStatsView.ncc?bbsnum=618&searchKey=total&searchValue=&pageNum=laT>
- 농식품유통교육원 유통연구소, 창조농업 ICON 농식품 & 유통 심층연구-공공부문 단체급식 확대를 위한 현황조사 및 신규시장 진출방안. 2017.08.31.
- 대한폐암학회. 한국인비흡연여성폐암. 대한폐암학회: 2018. 1-39 p.
- 류지아, 김영정, 정진주. 급식조리노동자와 폐암. 대한직업환경의학회 학술대회 논문집; 2022;54-55.

원종욱. 식당(음식업)종사자의 건강. 월간보건사업: 2006년 6월. 직업과 건강 5. 23-28p.

이유진, 이상길, 서희경, 최보화, 최지형. 조리 시 발생하는 공기 중 유해물질과 호흡기 건강 영향-학교급식 종사자 중심으로, 산업안전보건연구원; 2019.

통계청[인터넷]. 전국사업체조사. 국가통계포털: 2024년 3월 20일[2024년 10월 25일 인용].  
[https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT\\_1K52D08&vw\\_cd=MT\\_ZTITLE&list\\_id=J2\\_17\\_001\\_001&scrId=&seqNo=&lang\\_mode=ko&obj\\_var\\_id=&itm\\_id=&conn\\_path=K2&path=%252Fcommon%252Fmeta\\_onedepth.jsp](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1K52D08&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=J2_17_001_001&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=K2&path=%252Fcommon%252Fmeta_onedepth.jsp)

통계청[인터넷]. 직종별사업체노동력조사(산업분류 10차). 국가통계포털; 2023년 1월 11일[2024년 10월 25일 인용].  
[https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?parentId=D.1&vwcd=MT\\_ZTITLE&menuId=M 01 01](https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?parentId=D.1&vwcd=MT_ZTITLE&menuId=M 01 01)

하현철, 박승욱, 김대운, 김기연. 학교 조리실 환기장치 실태조사 및 표준 환기방안 마련 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원; 2021.

한경수, 채영철, 김숙희, 은영, 학교급식 조리사의 직무분석. 한국영양학회지. 2002;35(10):1104-1119 p.

한국IR협의회. CJ프레스웨이(051500) 기술분석보고서. NICE평가정보. 2020. 3. 5.

Chen TY, Fang YH, Chen HL, Chang DH, Huang H, Chen YS, Liao KM et al. Impact of cooking oil fume exposure and fume extractor use on lung cancer risk In non-smoking Han Chinese

women. *Scientific Reports*. 2020;10:6774.

Choi Y. The Korean working conditions survey (KWCS) utilization for identifying occupations poorly-protected by occupational health management. Unpublished Doctoral Dissertation, Department of Environmental Health Sciences Graduate School of Soonchunhyang University. Asan: Korea.

Ha EH & Kwon HJ. Issues in air pollution epidemiologic studies. *Journal of Korean Preventive Medicine and Public Health*. 2001;34(2): 109-118 p.

Huang X, Zhou Y, Cui X, Wu X, Yuan J. et al. Urinary polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites and adult asthma: A case-control study. *Scientific Report*. 2018;8:7658.

International Agency for Research on cancer (IARC). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 95 Household use of solid fuels and high-temperature frying. WHO. 2010.

James BS, Shetty RS, Kamath A, Shetty A. Household cooking fuel use and its health effects among rural women in southern India-A cross-sectional study. *PLoS ONE*. 2020;15(4): e0231757.

Lai CH, Jaakkola JJ, Chuang CY, Liou SH, Lung SC, Loh CH et al. Exposure to cooking oil fumes and oxidative damages: A longitudinal study in Chinese military cooks. *Journal of exposure science and environmental epidemiology*. 2013;23(1):94-100 p.

- Lee I, Lee SG, Choi BW, Seo HK, Choi JH. Hazard levels of cooking fumes in Republic of Korea schools. *Safety and Health at Work*. 2022;13(2), 227-234 p.
- Lee S, Kim KS, Kim E-A, Kim J, & Kim D. Job stress and musculoskeletal disorder in Seoul city s school foodservice employees. *Korean Journal of Occupational Health Nursing*. 2014;23(4):245-253 p.
- Liu CW, Lee TL, Chen YC, Liang CJ, Wang SH, Lue JH et al. PM2.5-induced oxidative stress increases intercellular adhesion molecule-1 expression in lung epithelial cells through the IL-6/AKT/STAT3/NF- \* B-dependent pathway. *Particle and Fibre Toxicology*. 2018;15(1):4.
- Myung JP. Health effects of particulate matter, *Korean Journal of Medicine*. 2016;91(2):106-113 p.
- Svendsen K, Jensen HN, Sivertsen I, Sjaastad AK. Exposure to cooking fumes in restaurant kitchens in Norway. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2002;46(4):395-400 p.
- Wan MP, Wu CL, Sze GN, Chan TC, Chao CYH. Ultrafine particles, and PM2.5 generated from cooking in homes. *Atmospheric Environment*. 2011;45(34):6141-6148 p.
- Wang L, Xiang Z, Stevanovic S, Ristovski Z, Salimi F et al. Role of Chinese cooking emissions on ambient air quality and human health. *Science of the Total Environment*. 2017;589:173-181 p.
- Wu Y, You H, Ma P, Li L, Yuan Y 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. May 9, 2013.

Yong L. & Lin C. Environmental and dietary factors and lung cancer risk among Chinese women: A case-control study in southeast China. Nutrition and Cancer. 2012;64(4):508-514 p.

Zhao P, Yu KP, Lin CC. Risk assessment of inhalation exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in Taiwanese workers at night markets. International Archives of Occupational and Environmental Health. 2011;84:231-327 p.

Zhao Y. Liu L, Tao P. Zhang B. Huan C, Zhang X et al. Review of effluents and health effects of cooking and the performance of kitchen ventilation. Aerosol and Air Quality Research. 2019;19:1937-1959 p.

[기사]

경향신문[인터넷]. 학교 급식조리사 산재 한 해 만에 60% 급증...폐암은 2년간 16건. 경향신문: 2022년 10월 5일[2023년 3월 29일 인용]. <https://m.khan.co.kr/national/national-general/article/202210051454001#C2b>

경향신문[인터넷]. 학교 급식노동자들 "숨 쉴 때마다 폐암공포, 움직일 때마다 인대·관절 통증". 경향신문: 2023년 3월 30일[2023년 4월 1일 인용] <https://m.khan.co.kr/national/national-general/article/20230330>

2147005#c2b

매일노동뉴스[인터넷]. 급식실 조리실무사 폐암 사망' 산재 최초 인정. 매일노동뉴스; 2021년 4월 6일[2023년 3월 27일 인용].  
<http://www.labortoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=202172>

KBS NEWS[인터넷]. 조리사 폐암 산재 올해만 14명, 급식실 내 발암물질 조리흙 노출. KBS; 2021년 12월 2일[2023년 3월 27일 인용].  
<https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=5338862>

KBS NEWS[인터넷]. 학교급식노동자 32% '폐 이상 소견' ... '환경개선·인원충원' 촉구. KBS; 2023년 3월 14일[2023년 3월 29일 인용]  
<https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=7626040>

### 연구진

연구기관 : 창원대학교 산학협력단

연구책임자 : 하권철 (교수, 창원대학교)

연구원 : 김부욱 (팀장, 대한산업보건협회)

연구원 : 박동욱 (교수, 한국방송통신대학교)

연구원 : 윤충식 (교수, 서울대학교)

연구원 : 이나은 (교수, 순천제일대학교)

연구원 : 이재환 (팀장, 양산부산대학교)

연구보조원 : 이해승 (대학원생, 창원대학교)

연구보조원 : 이명호 (대학원생, 서울대학교)

연구보조원 : 김민철 (대학원생, 서울대학교)

연구보조원 : 이지민 (학부생, 창원대학교)

연구상대역 : 박해동 (연구위원, 산업안전보건연구원)

### 연구기간

2024. 4. 24. ~ 2024. 11. 30.

본 연구는 산업안전보건연구원의 2024년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,  
우리 연구원의 공식 견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

**조리 작업 시 발생하는 유해인자 특성 및 관리방안 연구  
(2024-산업안전보건연구원-683)**

발행일 : 2024년 11월 30일

발행인 : 산업안전보건연구원 원장 박승현

연구책임자 : 창원대학교 교수 하권철

발행처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전화 : 052-703-0883

팩스 : 052-703-0337

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

I S B N : 979-11-94453-43-7(93060)

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체