



조리흡의 유해성 확인을 위한 실험적 연구방향 도출

OSHRI

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



연구보고서

조리흡의 유해성 확인을 위한 실험적 연구방향 도출

김용순·라대식·최윤정·장지영

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원



요약문

- 연구기간 2023년 02월 ~ 2023년 11월
- 핵심단어 조리흙, 유해성, 동물실험, 생체 외 시험
- 연구과제명 조리흙의 유해성 확인을 위한 실험적 연구방향 도출

1. 연구배경

조리흙(Cooking Oil Fume, COF)은 기름을 가열하여 음식을 조리하는 여성에서의 폐암 원인 중 하나로 지목을 받고 있으며, 국내에서는 2021년에 학교급식 조리 업무를 수행한 노동자의 폐암이 업무상 질병으로 인정되었다. 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 고온에서의 튀김(high-temperature frying)을 사람에게 발암 가능한 물질로 분류하고 있으며, 다른 연구에서도 조리흙의 노출과 암 발생의 연관성 및 용량-반응 관계가 있는 것으로 알려져 있다. 하지만, 기존의 근거자료 및 관련 문헌은 중화권에서 수행한 연구가 대부분이기 때문에 국내 조리환경이 반영되지 않았고, 연구 형태는 역학연구가 주를 이루고 있어 구체적인 기전, 원인 및 다양한 노출에 의한 영향 등을 확인하기에는 한계가 있다. 한편, 조리흙은 노동자뿐만 아니라 일반인도 노출 대상이 될 수 있어 실제 조리흙의 영향을 받는 사람의 규모는 매우 클 수 있어 조리흙에 관한 연구는 필수적이다. 이런 이유로 유해성 평가를 위해 다양한 환경(조건)을 반영한 실험적 연구가 필요하지만, 현재로서는 명확한 실험 방법이 없어 연구 수행을 위한 방향 및 실험적 접근방법에 관한 고찰이 필요하다.

2. 주요 연구내용

조리흡의 유해성에 관한 문헌을 검색 후 실험적 연구 문헌만 분류하였다. 분류된 실험적 연구 문헌을 검토하여 실험적으로 접근할 수 있는 방향, 기존 연구결과의 방법 및 문제점, 그 외 실험적으로 접근 가능한 방법 등을 연구자 및 전문가 자문을 통해 검토하였다. 전문가는 독성분야 전문가(흡입독성, 나노독성, 환경독성 등) 및 유해성 평가 전문가들의 의견을 수렴하였다.

1) 실험적 연구 문헌 검토

문헌은 실험방법 위주로 검토 및 정리하였다. 시험물질의 준비(주방 레인지 및 배기 후드의 오일 수집 후 추출 및 건조, 기름을 가열한 후 샘플러를 활용한 포집 후 추출 및 건조) 방법, 시험물질 노출(기관 내 점적, 세포를 활용한 in vitro 시험, 소형 챔버를 이용 및 마우스 노출) 방법, 관찰항목 등을 정리하였다.

2) 전문가 자문 의견

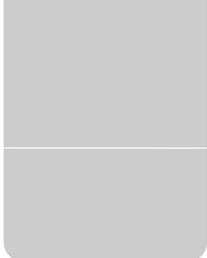
문헌에서 정리된 실험적 방법을 바탕으로 전문가 자문을 통해 실험적으로 접근하기 위한 의견 다양한 의견을 정리하였다.

3. 연구 활용방안

조리흡의 유해성 확인을 위한 실험적 접근방법 제시를 통해, 단계적으로 관련 연구를 수행할 수 있는 가이드를 제공할 수 있다.

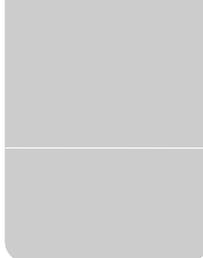
4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 흡입독성시험부 연구위원 김용순
 - ☎ 042) 869. 8511
 - E-mail somays@kosha.or.kr



목 차

I. 서 론	1
1. 연구의 배경	3
2. 연구의 목표	5
3. 연구의 방법	5
II. 연구내용	7
1. 기존 문헌 검토(실험관련 문헌)	9
2. 실험 접근 방법에 관한 의견 수렴	29
3. 실험적 접근방법 검토 결과	31
4. 식용유 에어로졸 발생장치 개발 아이디어	34
III. 고찰 및 결론	39



목 차

참고문헌	43
Abstract	49
부록 : 조리흡관련 문헌 초록 요약정리	51

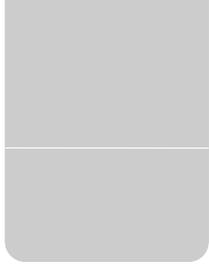
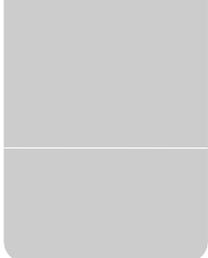


표 목차

〈표 II-1〉 실험문헌 정리	17
------------------------	----



그림목차

[그림 II-1] 조리흡 노출의 간략한 도해	16
[그림 II-2] 실험적 접근 연구방향(안)	34
[그림 II-3] 이동식 증기발생장치(시제품)	35
[그림 II-4] 일반 나노 입자 생성장치	36
[그림 II-5] 담배 발생장치(VITROCELL [®] Smoking machine)	37

I. 서론



I. 서론

1. 연구의 배경

음식을 조리하는 직종, 특히 급식 조리 종사자는 타 직종에 비해 근골격계 질환에 대한 위험이 상대적으로 높은 것으로 알려져 있으며, 칼과 같은 날카로운 도구에 의한 베임, 뜨거운 도구의 사용으로 인한 화상을 포함하여 다양한 건강 문제가 작업장에서 발생할 수 있다(류지아 등, 2022). 그중 고위험의 건강 문제로 폐암을 들 수 있고, 우리나라에서는 2021년에 학교급식 조리 업무를 수행한 노동자의 폐암이 업무상 질병으로 인정되었으며 이와 관련된 사회적 관심이 높아지고 있다(류지아 등, 2023).

폐암의 가장 중요한 요인으로 흡연이 잘 알려져 있으나, 중국의 연구결과에 따르면 비흡연자, 특히 여성의 경우 흡연과 밀접한 관련이 있는 폐암의 일종인 선암(adenocarcinoma)의 발병 경향이 있다고 보고되었고, 중국 여성 중 흡연으로 인한 사망은 적고, 감소하고 있지만, 오히려 폐암 환자는 증가하고 있다고 보고되었다(Deng et al., 2021). 이는 담배가 여성의 폐암 발생의 주요 원인이 아닐 수 있고, 중국 여성들이 주방에서 많은 시간을 보내기 때문에 조리흠(Cooking Oil Fume, COF)에 의한 영향으로 유추할 수 있다고 한다(Deng et al., 2021). 또한 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 고온에서의 튀김(high-temperature frying)을 사람에게 발암 가능한 물질로 분류하고 있어(IARC, 2010), 조리흠과 폐암의 관계는 밀접한 것으로 확인할 수 있다.

조리흠은 조리 중 또는 조리 후에 복잡한 화학반응에 의해 발생되며, 대기 질과 인체에 유해한 영향을 미치는 것으로 인식되고 있다(Chunyan et al.,

2016). 조리흡은 수증기, 알데하이드(aldehyde; trans, trans-2,4-decadienal 이 많은 부분을 차지), 아크릴 아미드(acrylamide), 휘발성유기화합물[volatile organic compounds, VOCs; 아크롤레인(acrolein), 벤젠(benzene), 포름알데히드(formaldehyde) 등], 다환방향족탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbon, PAHs), (중)금속(heavy metal), 퀴논(quinone), 케톤(ketones), 헤테로시클릭아민(heterocyclic amines, HCAs), 일산화탄소(carbon monoxide), 이산화탄소(carbon dioxide), 이산화질소(nitrogen dioxide), 미세먼지(particulate matter 10, PM10) 및 초미세먼지(PM2.5), 극초미세먼지(ultrafine particles, UFPs) 등 복합적으로 구성되어 있으며(이유진, 2023; Tung et al., 2001; Jorgensen et al., 2015, Dou et. al., 2017), 조리에서 사용되는 연료의 종류, 음식의 종류, 식용유의 종류, 조리 방법, 조리온도, 환기 패턴 등에 따라 구성성분 및 함량이 다르게 발생할 수 있다(권명희 등, 2013; Lin et al., 2022; Chen & You, 2020; Wang et al., 2018; Wang et al., 2018; Tung et al., 2001).

높은 수준의 조리흡 노출(조리 횟수, 조리 년수, 환기시설 불량 등으로 인해 많이 노출된 경우)과 조리 시 접막의 자극을 자주 경험한 경우는 상대적으로 폐암의 위험이 통계적으로도 유의미하게 증가하는 것이 확인 되었고(류지아, 2022), 노출이 증가할수록 폐암의 위험이 증가하는 용량-반응관계도 확인할 수 있다고 알려져 있다(류지아, 2022; 이유진, 2023). 실제 국내에서 급식조리사의 산재 판정에 가장 중요한 요인으로 인정되는 부분이 근속년수(노출기간)에 따른 인정율이다(정진주, 2023).

조리흡의 유해성에 대한 인식은 점차 확대되고 있지만, 관련 연구는 상대적으로 많이 이루어지지 않았다. 노동자뿐 아니라 일반인들도 조리흡의 유해한 영향을 받을 수 있기 때문에 관련 연구는 필수적지만, 실제 수행된 연구는 역학연구(환자 대조군 연구, 코호트 연구 등)가 대부분을 이루고 있고, 인체 유해성에 영향을 주는 요인이나 발병 기전 등에 관한 연구는 매우 드물다. 또한 연구가 수행된 지역은 중화권(중국, 대만, 홍콩)이 대부분을 차지하고 있어,

국내 환경(특히 조리실 환경)을 반영한 결과를 확인하기에는 그 한계가 명확하다. 하지만, 현재로서는 조리흡의 유해성을 설명할 수 있는 명확한 실험 방법이 없어, 향후 연구 수행을 위한 실험적 방향 및 접근방법에 관한 고찰이 필요하다.

2. 연구의 목표

이번 연구는 조리흡의 유해한 영향 요인 및 발병 기전 등을 확인할 수 있는 실험적 접근방법에 관해 검토하고, 가능하면 흡입노출 중심의 실험방법을 설계하여 향후 유해성 평가를 위한 (실험)연구방향을 설정하는 것을 목표로 한다.

3. 연구의 방법

실험적으로 접근하였던, 또는 일부 내용이 향후 실험적 접근이 가능하다고 판단되는 기존 문헌을 검토하고, 국내 독성 및 위해성평가 전문가의 자문 및 의견 수렴을 통해 실험적인 접근 방안 마련을 위한 조사를 수행하였다.

II. 연구내용



II. 연구내용

1. 기존 문헌 검토(실험관련 문헌)

문헌은 pubmed(pubmed.ncbi.nlm.nih.gov)에 "cooking oil fume"을 검색하고, 유해성을 확인하기 위해 실험적인 접근한 문헌만 분류하여 검토하였다. 검토된 문헌은 시험물질 준비 방법, 활용된 시험방법, 관찰항목 및 관련 기전으로 구분하여 정리하였다. 단, 실험적 방법 외 검토된 문헌들의 초록을 간단히 정리하여 [별첨] 형식으로 제공하여 연구자들이 참고할 수 있도록 하였다.

1) 시험물질 준비

(1) 주방 레인지 후드의 오일을 수집

일반 가정용 주방 또는 케이터링(catering) 주방 레인지 후드의 오일을 수집하고, 배기 후드의 오일 수집 탱크와 오일 수집 컵을 회수하여 저온 냉장고에 보관하여 사용하였다(Deng et al., 2021).

(2) 솥(iron pot)에 기름을 가열하여 포집

많은 문헌에서 활용한 방법으로 조금씩의 차이는 있지만 기름만 끓여 샘플러(sampler)로 포집 및 분리 건조하여 시험물질로 활용하였다. 땅콩기름(peanut oil) 또는 유채기름(rapeseed oil) 200 ml 을 솥에 붓고 전기히터로 가열하여 식용유 연기를 발생시키고, 발연점(280 ± 10 °C 또는 265 ± 5 °C)에서 온도를 유지하여 오일 표면 위 50cm 또는 20~30cm 에서 PM_{2.5} 샘플

플러와 여과지로 포집(여과지는 2시간마다 교체)을 하였다. 모인 응축물을 Soxhlet 추출기에서 24시간 동안 아세톤(50ml)으로 분리 및 건조하여 시험 물질로 사용하였다(Ding et al., 200; Dou et al., 2017; Zhu et al., 2019; Tung et al., 2001; Chiang et al., 1999; Wu et al., 1998; Chiang et al., 1997; Chiang et al., 1998; Wu et al., 2001; Liu et al., 2015). 또 다른 방법으로, 돼지기름(lard oil), 콩기름(soybean oil), 땅콩기름 100 ml 을 솥에 넣고 (250 ± 10 °C)로 가열하여 37-mm filter paper(Grade AA glass fiber filter)와 개인 시료포집기(2 lpm)를 이용하여 오일 표면 위 50cm에서 30분간 포집하였다. 아세톤(200ml)으로 추출 후 질소를 이용한 기화기(vacuum rotary evaporator 40°C)로 건조하여 시료로 사용하였다 (Wu et al., 1999).

(3) 플라스크(flask)에 기름을 가열하여 포집

약 100 ml의 기름[콩기름 샐러드 오일(soybean salad oil), 유채기름, 유채 샐러드 오일(rapeseed salad oil), 돼지기름은 100g]을 500mL 3구 둥근 바닥 플라스크(three-neck round-bottom flask)에 넣고, 증류헤드(distilling head), 공기관, 온도계를 3구에 각각 연결하였다. 증류헤드는 물 콘텐서에 연결하고, 삼각 플라스크를 소금물 얼음 욕조에 담구고, 공기 펌프를 사용하여 안정적으로 둥근 플라스크에 공기를 주입하였다. 온도 조절 장치를 사용하여 오일을 특정 온도 범위($190 \sim 200^{\circ}\text{C}$, $230 \sim 240^{\circ}\text{C}$ 또는 $270 \sim 280^{\circ}\text{C}$)로 가열하고, 필요 온도에 도달한 후 2시간 더 가열을 계속하였다. 0.02mL의 오일 및 응축물 샘플을 삼각 플라스크에서 취하여 10mL 메스 플라스크에 넣고 에테르($60 \sim 90^{\circ}\text{C}$)로 용해하여 사용하였다(Zhu et al., 2001).

(4) 음식을 조리하며 포집

콩기름(30ml)을 온도가 180°C에 도달할 때까지 쪼에서 가열하고, 잘게 썬 생선(병어, 150g~250g)을 쪼에 넣고 5분 동안 볶고, 쪼에서 생선을 익히는 5분 동안 포집하였다. 콩기름(30ml)만을 가열하는 조건을 생선을 튀기는 조건과 동일하게 포집하였으며, 생선을 튀길 때와 콩기름만 가열할 때의 온도 변화를 휴대용 디지털 온도계로 감지하고, 요리 연기의 에어로졸은 1m³/min의 유속으로 후드를 통한 대용량 공기 샘플러로 수집하였다(Yang et al. 1998; Yang et al., 2000). 다른 방법으로, 베이컨(400g)을 가스 또는 전기 스토브를 사용하여 팬에서 튀겼으며, 팬의 온도는 실험이 시작될 때 200°C였으며 튀기는 동안 270-320°C로 증가하였다. 모든 샘플링은 튀김 1일(3시간 20분) 동안 연속적으로 실행되었다. 표준 프라이팬 절차(15분)를 매일 프라이팬 동안 5회 반복했으며, 튀김의 세 가지 조합 모두 연속 3일 동안 반복하였다(Jorgensen et al., 2015).

위와 같이 시험물질을 준비하는 몇 가지 방법이 확인되었으나, 세포 또는 동물을 이용한 실험 진행을 위한 방법, 구성성분 분석을 위한 방법, 노출 시물레이션을 위한 방법과 같이 확인하고자 하는 목적에 따라 시험물질을 준비(포집)하는 방법이 서로 달랐다.

2) 시험방법

(1) 생체 외 시험(*in vitro* methods)

생체 외 시험은 대부분 세포주를 활용하여 세포독성, 기전과 관련된 연구 등을 수행하였다. 주요 시험법은 다음과 같다.

- HUVEC (Human Umbilical Vein Endothelial cells) 세포를 이용하여 세포 생존율을 확인하기 위해 3-(4,5-dimethylthiazolyl-2)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) assay를 수행하였고, 활성

산소(reactive oxygen species, ROS)를 측정하기 위해 Dichloro-dihydro-fluorescein diacetate (DCFH-DA) assay를, 미토콘드리아 막전위 측정(mitochondrial membrane potential detection)을 위해 (5,5',6,6'-Tetrachloro-1,1',3,3'-tetraethylbenzimidazolylcarbocyanine, iodide (JC-1) staining을 하였고, 효소결합면역흡착검사(Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay, ELISA)를 이용하여 혈관내피성장인자(Vascular Endothelial Growth Factor, VEGF)와 염증 인자로 감염 또는 미생물 내 독소에 반응하여 생성되는 면역 cytokine인 Interleukin-1 β (IL-1 β) 및 알레르기 감작을 가속화하고 혈중 IgE 및 Th2 세포성 cytokine의 증가를 유발하는 Interleukin-18 (IL-18)을 측정하였다. 단백질 면역 블롯(western blot)을 통해 손상된 세포가 방출하는 스트레스 신호를 감지하고 활성화 하는 NOD-, LRR-and pyrin domain-containing protein 3 (NLRP3)과 VEGF를 측정하였으며, 실시간 중합효소 연쇄 반응(real-time polymerase chain reaction, real-time PCR)과 세포 관 형성 분석(tube formation)을 실시하였다.(Ding et al., 2020).

- 폐암세포(Lung Carcinoma Cell, A549 cell)를 이용하여 MTT assay, 세포 생존을 확인을 위한 젖산탈수소효소(Lactate dehydrogenase, LDH) 및 cell counting kit-8 (CCK-8) 측정과 ROS의 일종인 superoxide anion radical(O $_2^-$)을 산소분자와 과산화수소로 변환시키는 역할을 하는 항산화 효소인 superoxide dismutase (SOD)와 반응성이 큰 ROS를 해가 없는 형태로 환원 시켜주는 Glutathione (GSH)을 측정하였으며, 혈압, 혈관을 확장 및 이완을 조절하고, 혈관생성과 관련이 있는 nitric oxide (NO), DCFH-DA를 측정하였다. ELISA를 이용하여 염증성 면역 반응 매개체 cytokine인 Tumor Necrosis Factor- α (TNF- α), 전 염증성 cytokine인 Interleukin-6 (IL-6)을 측정하였고, real-time PCR을 이용하여 면역반응과 관련있는 inducible

Nitric Oxide Synthase (iNOS), TNF- α 및 주로 염증부위에서 발현되어 염증반응을 매개하는 프로스타글란딘을 생성하는 Cyclooxygenase-2 (COX-2)을 측정하였으며, western blot을 이용하여 암세포 생존, 종양 진행에서 중요한 역할을 하는 항세포사멸 특성이 있는 Glucose-Regulated Protein 78(GRP78), 세포내의 다른 단백질을 분해하고 apoptosis로 진행하는 caspase-3, apoptosis를 억제하는 B-cell lymphoma 2(Bcl-2), apoptosis를 촉진하는 Bax를 측정하였다(Dou et al., 2018).

- HUVEC 세포를 이용하여 MTT assay, tube formation을 분석하였고, real-time PCR을 이용해 성장 인자에 의하여 활성화되는 Extracellular Signal Regulated Kinase 1/2(ERK1/2), mitogen-activated protein kinase(MAPKs)의 인산화된 kinase인 Mitogen-activated protein kinase kinase (MEK), VEGF, 영양, 스트레스 자극에 의하여 세포의 성장과 증식, 자가포식, 단백질 합성을 조절하는 Mammalian Target of Rapamycin (mTOR) 및 GAPDH를 측정하였다. Western blot을 이용하여 ERK1/2, MEK, VEGF, 혈관내피세포와 조혈세포의 증식 및 분화에 필수적인 수용체인 Vascular endothelial growth factor receptor 2 (VEGFR2)를 측정하였고, ELISA를 이용하여 VEGF, 혈관형성과 창상치유를 촉진시키는 Basic Fibroblast Growth Factor(bFGF)를 측정하였다(Zhu et al., 2019).
- 마우스 골수종 세포(Mouse B cell, Myeloma, CL3 cell)을 이용하여 세포 생존을 확인을 위해 트리판블루 염색법(trypan blue exclusion method)을 측정하였고, real-time PCR을 이용하여 정상세포에서는 상피세포 성장을 억제하는 암 억제 물질로 작용하지만, 암 세포에서는 암의 전이성 진행을 촉진 시키는 역할을 하는 Transforming Growth Factor $\beta 1/\beta 2$ (TGF $\beta 1$, TGF $\beta 2$), IL-6, 호중구의 강력한 화학유인물질이면서 T림파구의 화학유인물질인 Interleukin-8 (IL-8), 대식세포의

중요한 활성화 인자이며 자연살해세포 활성을 가지는 Interferon gamma(IFN γ)를 측정하였다. ELISA를 이용하여 TGF β 1, 세포내 과산화물(intracellular peroxides) 확인을 위한 Dichlorodihydrofluorescein diacetate (DCFDA) 측정, 지질과산화물(lipid peroxidation) 확인을 위한 Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS)를 측정하였다(Tung et al., 2001).

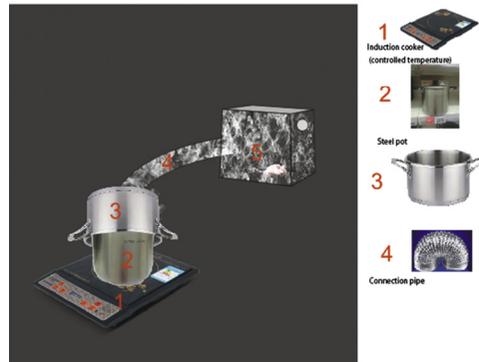
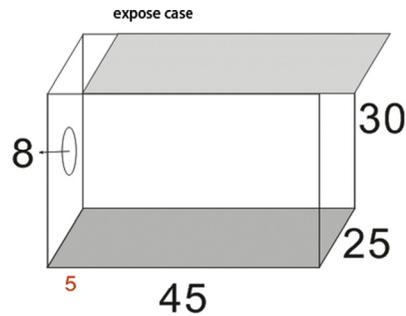
- 그 외 SOS Chromotest, 자매 염색분체 교환 검사(Sister Chromatid Exchanges), 복귀돌연변이시험(Ames test)과 같은 유전독성시험을 수행하였다(Wu et al., 1999; Chiang et al., 1999; Wu et al., 1998; Chiang et al., 1997; Chiang et al., 1998; Yang et al., 1998; Wu et al., 2001).

(2) 생체 내 시험(*in vivo* methods)

- 랫드(rat)을 이용하여 30일 동안, 3일에 한 번 조리흡 현탁액 또는 식염수를 기관 내 점적(instillation) 하고, 점적 전 무게를 측정하여 체중에 따라 투여량(0.10 mL/100 g)을 조절하였다(Deng et al., 2021). 기관지폐포세척액(bronchoalveolar lavage fluid, BALF)을 회수하여 ELISA를 이용하여 산화적손상(oxidative stress)과 발암(carcinogenesis)의 주요한 바이오 마커인 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OhdG)와 Caspase-3 및 염증 반응, 세포 성장 및 세포 사멸을 조절하는 nuclear factor kappa light chain enhancer of activated B cells (NF- κ B)을 측정하였다. 폐조직은 헤마톡실린 및 에오신(hematoxylin & eosin, H&E) 염색과 면역조직화학(immunohistochemistry, IHC)를 통해 항암작용과 신생혈관 생성을 억제하는 P53(TP53 or tumor protein), 소포체(endoplasmic Reticulum, ER) 스트레스 반응과 관련이 있는 inositol-requiring

enzyme 1α (IRE- 1α)와 Caspase-12를 확인하였다.

- 임신한 rat에 3일간 기관 내 점적을 하고, 제대조직(umbilical tissues)를 중심으로 투과전자현미경(transmission electron microscopy, TEM), 헤마톡실린 및 에오신 염색을 통한 병리(pathology), 산화적 손상과 관련된 항목[Malondialdehyde (MDA), SOD, GSH, NO]과 염증 관련 사이토카인 [TNF- α , Interleukin (IL- 1β)]을 확인하였고, western blot을 통해 혈관수축 작용을 하는 Endothelin 1 (ET-1), iNOS, 혈관이완 역할을 하는 endothelial nitric oxide synthase (eNOS), 혈관수축과 관련 있는 endothelin receptor A (ETRA)와 혈관확장과 관련 있는 endothelin receptor B (ETRB), VEGF, VEGFR2, 혈관신생유도에 중요한 역할을 하는 hypoxia-inducible factor 1-alpha (HIF- 1α)를 측정하였다. 또한, real-time PCR을 이용해 VEGF, VEGFR2, HIF- 1α , eNOS를 측정하였다(Ding et al., 2022).
- 마우스와 챔버를 이용하여 5분/일, 4일/주, 9주간 시험물질을 노출시켰다(그림 II-1). 식용 카놀라유 또는 유채씨유를 1분 30초 이내에 210 ± 20 °C로 가열하고 이 온도를 5분 동안 유지하였다. 노출 챔버 내의 조리흡 농도는 초미세 유리 섬유 미세 다공성 막($0.45\mu\text{m}$)을 이용하였다. Membrane을 테스트 챔버의 조리흡 입구에 붙여 넣고 조리흡 노출 전후에 membrane의 무게를 측정하였다. SOD, 세포 내 과산화수소를 물로 전환하는 glutathione peroxidase (GSH-PX), 과산화수소를 물과 산소로 분해하는 효소인 catalase, GSH, TBARS를 측정하였고, 폐(lung), 간(liver), 신장(kidney), 비장(spleen)의 장기중량과 조직 병리학적 소견을 확인하였다. 그 외 Illumina high-throughput sequencing analysis, RNA-seq analysis, gene enrichment analysis를 수행하였다(Ding et al., 2020).



[그림 II-1] 조리흡 노출의 간략한 도해(Ding et al., 2020)

3) 기존 문헌의 시험결과

이번 연구는 조리흡의 유해성을 확인하기 위한 실험적 접근방식에 관한 고찰이 주된 목적이기 때문에, 시험결과에 관한 내용은 <표 2-1>로 간략히 정리하였다. 독성기전으로 많이 알려져 있는 스트레스 반응(산화적 손상, DNA 손상, 소포체 스트레스), 세포사멸 기전, 세포증식, 염증 등과 관련된 항목들을 분석하였고, 관련 항목들은 시험물질에 의해 유의미하게 유해한 영향을 받는 것으로 확인되었으며, 복귀돌연변이시험에서는 양성으로 확인되었다.

〈표 II-1〉 실험문헌 정리

순번	실험방법	주요결과	문헌
1	<ul style="list-style-type: none"> ■ 조리흡 수집 및 구성요소 분석: 주방 레인지 후드의 기름을 모아서 전처리 후 PAH, 금속, 수용성 성분을 분석 ■ 동물실험: 56마리의 암컷 Wistar 랫드를 7개의 군으로 구성(식염수, Vitamin E, 0.2mg, 2mg 및 20mg 조리흡, 2mg 및 20mg 조리흡과 Vitamin E), 30일 동안 3일에 한 번씩 기관 내 주입 ■ 기관지 폐포 세척액 (Bronchoalveolar lavage fluid, BALF)의 세포 수 및 8-OHdG, Caspase-3, NF-κB 및 ROS의 농도를 측정 ■ 폐 조직 H&E 염색, 면역조직화학을 통해 P53, IRE-1α 및 Caspase-12 확인 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Trans-trans 2,4-decadienal이 알데하이드 중 많은 부분을 차지하는것을 확인, 금속 중 함량이 가장 높은 5대 성분은 Cu, Mn, Pb, Cr, Cd로 확인 ■ 산화 스트레스(ROS) 세포사멸 사이토카인(NF-κB 및 Caspase-3)의 유의한 증가와 ROS에 의한 DNA 산화 손상의 산물인 8-OHdG의 수준 증가. ■ 기도 주변의 8-OHdG 및 p53 증가. ■ ER 스트레스의 대표적인 신호 단백질인 IRE-1α, Caspase-12 증가. 	<p>Linjing Deng, Yongsheng Ma, Ping Ma, Yang Wu, Xu Yang, Qihong Deng. Toxic effect of cooking oil fume (COF) on lungs: Evidence of endoplasmic reticulum stress in rat. Ecotoxicol. Environ. Saf. 2021. 112463.</p>

순번	실험방법	주요결과	문헌
2	<ul style="list-style-type: none"> ■ 조리흡 유래 PM2.5 수집 및 추출: 쇠솥의 땅콩기름을 가열, 연기를 발생시켜 샘플러 및 여과지로 수집 후 아세톤으로 시료 분리. 분리된 시료를 건조 및 디메틸 설펝사이드를 사용하여 표준원액 제조 ■ 조리흡 유래 PM2.5는 투과 전자 현미경 (Transmission Electron Microscope, TEM)으로 관찰 ■ 세포배양: HUVEC 세포 ■ 세포 생존율: MTT 분석 ■ ROS 측정: DCFH-DA ■ 미토콘드리아 막 전위: JC-1 염색 ■ ELISA 분석: VEGF, IL-1β, IL-18 측정 ■ Western blot: NLRP3, VEGF 측정 	<ul style="list-style-type: none"> ■ HUVEC 세포의 생존율 감소 ■ 세포 내 및 미토콘드리아 ROS 수준을 증가 ■ 미토콘드리아 막 전위 항상성 수준을 변경 ■ NLRP3, caspase-1, IL-1β, IL-18 증가 및 VEGF 감소 	<p>Liu Ding, Xinmiao Sui, Mei Yang, Qi Zhang, Shu Sun, Furong Zhu, Han Cheng, Chao Zhang, Hongbo Chen, Rui Ding, Jiyu Cao.</p> <p>Toxicity of cooking oil fume derived particulate matter: Vitamin D3 protects tubule formation activation in human umbilical vein endothelial cells.</p> <p>Ecotoxicol. Environ. Saf. 2020. 109905.</p>

순번	실험방법	주요결과	문헌
3	<ul style="list-style-type: none"> ■ 세포배양: A549 세포 ■ 조리흡 유래 PM2.5 수집: 식솔의 땅콩기름을 가열, 연기를 발생시켜 샘플러 및 여과지로 수집 후 아세톤으로 시료 분리. 분리된 시료를 건조 및 디메틸설폭사이드를 사용하여 시료 준비 ■ 세포 생존율: MTT 분석, LDH, CCK-8 측정 ■ SOD, GSH, NO 측정 ■ ROS 측정: DCFH-DA ■ ELISA 분석: IL-6, TNF-α 측정 ■ RT-qPCR 분석: iNOS, TNF-α, COX-2, IL-10, IL-6, BAX, Bcl-2 측정 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 세포생존율: LDH 증가; CCK-8 감소 ■ 산화적손상의 지표인 ROS 및 NO 생성 증가 ■ 항산화 역할을 하는 GSH 및 SOD 감소 ■ ELISA 분석 : 염증성 사이토카인 TNF-α 및 IL-6 증가 ■ RT-qPCR 분석 : 염증과 관련된 iNOS, TNF-α, COX-2 증가 및 IL-10 감소; apoptosis 관련 BAX 증가 및 Bcl-2 감소 ■ 염증 및 apoptosis와 관련된 p38, ERK1/2, and JNK1/2 증가 	<p>Changming Dou, Jie Zhang, Cuicui Qi. Cooking oil fume-derived PM2.5 induces apoptosis in A549 cells and MAPK/NF-κB/STAT1 pathway activation. Environ. Sci. Pollut. Res. 2017. https://doi.org/10.1007/s11356-018-1262-5.</p>

순번	실험방법	주요결과	문헌
4	<ul style="list-style-type: none"> ■ 조리흡 유래 PM2.5 수집: 쇠솥의 땅콩기름을 가열, 연기를 발생시켜 샘플러 및 여과지로 수집 후 아세톤으로 시료 분리. 분리된 시료를 건조 및 디메틸설폭사이드를 사용하여 시료 준비 ■ 세포배양: HUVEC 세포 ■ 세포 생존율: MTT 분석 ■ RT-qPCR 분석: ERK1/2, MEK1/2, VEGF, mTOR, GAPDH ■ Western blot: ERK1/2, MEK1/2, VEGF, VEGFR2, p-ERK1/2, p-MEK1/2 ■ ELISA 분석: VEGF, bFGF 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 세포 생존율: 농도 및 노출 시간에 따라 생존율 낮아짐 ■ ELISA 분석: VEGF와 bFGF의 농도 의존적으로 감소 ■ RT-qPCR 분석: VEGF, MEK1/2, ERK1/2 및 mTOR mRNA의 발현 모두 용량 의존적으로 감소 경향 ■ Western blot: ERK1/2, MEK1/2, VEGFR2 감소 	<p>Furong Zhu, Han Cheng, Ruoqian Lei, Chaowei Shen, Jie Liu, Lijuan Hou, Chao Zhang, Yachun Xu, Rui Ding, Jiyu Cao. Effects of cooking oil fume derived fine particulate matter on blood vessel formation through the VEGF/VEGFR2/MEK1/2/ERK1/2/mTOR pathway in human umbilical vein endothelial cells. Environ. Toxicol. Pharmacol. 2019. 69:112-119.</p>

순번	실험방법	주요결과	문헌
5	<ul style="list-style-type: none"> ■ 조리흡 수집: 쇠솥의 땅콩 기름을 가열, 연기를 발생 시켜 샘플러 및 여과지로 수집 후 아세톤으로 시료 분리. 분리된 시료를 건조 및 디메틸 설펝사이드를 사용하여 시료 준비 ■ 세포배양: CL3 세포 ■ RT-PCR 분석: TGFβ1, TGFβ2, IL-6, IL-8, IFN-γ ■ ELISA 분석: TGFβ1 ■ Intracellular peroxides: DCFDA ■ Lipid peroxidation : TBARS 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 세포 생존율: 농도 및 노출 시간에 따라 생존율 낮아짐 ■ RT-PCR 분석: TGFβ1 증가, TGFβ2, IL-6, IL-8, IFN-γ mRNA 증가 없음 ■ ELISA 분석: TGFβ1 시간 및 농도에 따라 증가 ■ Intracellular peroxides: 15분 동안 200 μg/ml 농도에서 과산화물 형성이 증가 ■ Lipid peroxidation: 12시간 동안 200 μg/ml 농도에서 지질 과산화물이 크게 증가 	<p>Yu-Hsiu Tung, Jiunn-Liang Ko, Yu-Fei Liang, Lihong Yin, Yaopu Pu, Pinpin Lin. Cooking Oil Fume-Induced Cytokine Expression and Oxidative Stress in Human Lung Epithelial Cells. Environ. Res. 2001. 47-54.</p>

순번	실험방법	주요결과	문헌
6	<ul style="list-style-type: none"> ■ 조리흡 수집: 쇠솔의 땅콩 기름을 가열, 연기를 발생 시켜 샘플러 및 여과지로 수집 후 아세톤으로 시료 분리. 분리된 시료를 건조 및 디메틸 설펡사이드를 사용하여 시료 준비 ■ 실험동물 : 7~8주령의 Sprague-Dawley (SD) 랫드를 이용하여 임신 유도 ■ 시험물질 투여: 임신한 랫드를 대상으로 1.0mg/mL 농도로 수집된 조리흡 시료를 3mL/kg, 3일 연속 기관내 주입 ■ 임신21일(GD21)에 부검 및 시료채취 ■ TEM: 제대조직 ■ 조직병리검사: 제대조직 (H&E염색) ■ 산화적손상 확인: 제대조직 균질화 및 상등액 회수, MDA, SOD, GSH, NO 측정 ■ 염증성 사이토카인 측정: TNF-α, IL-1β ■ Western blot: ET-1, iNOS, eNOS, ETRA, ETRB, VEGF, VEGFR2, HIF-1α 측정 ■ RT-PCR: HIF-1α, VEGFR2, eNOS, VEGF 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 조리흡 시료에 노출된 랫드 태아 혈청의 25(OH)D₃ 수준이 감소 ■ 태아 수, 생존 태아, 태아 체중, 정수리-엉덩이 길이, 태반 무게 및 태반 직경은 대조군에 비해 조리흡 시료 노출 그룹에서 유의하게 낮았음 ■ H&E염색 및 TEM: 조리흡 시료 노출군에서는 제대정맥벽 및 동맥벽 두께가 커졌음 ■ 조리흡 시료의 노출은 MDA, TNF-α, IL-1β, ET-1, ETRA, ETRB, VEGF, VEGFR, HIF-1α 수준을 증가, NO, iNOS, eNOS 수준은 감소 	<p>Rui Ding, Jing Li, Qi Zhang, Chao Zhang, Na Li, Shu Sun, Changlian Li, Chaowei Shen, Qihong Zhao, Hongbo Chen, Jiahu Hao, Jiayu Cao. Vitamin D3 protects intrauterine growth restriction induced by cooking oil fume derived fine particulate matters. Ecotoxicol. Environ. Saf. 2022. 113103.</p>

순번	실험방법	주요결과	문헌
7	<ul style="list-style-type: none"> ■ ICR 마우스 5마리를 챔버를 이용해 하루 5분, 주 4일, 9주 동안 노출 ($0.045 \pm 0.002\text{g}$ 농도) ■ 체중, 사료섭취량, 장기중량 측정 ■ 폐조직 SOD, CAT, GSH-PX, GSH, TBARS 측정 ■ 폐 조직병리검사: H&E염색 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 조리흡 노출군에서 CAT의 낮은 활성과 폐 중량 증가 ■ 폐 조직병리검사: 기관지, 폐포관 및 폐포 내강에서 셀룰로오스 삼출, 심한 출혈, 중간 정도의 간질성 림프형질세포 침윤이 확인됨 	<p>Xinwen Ding, Li Yang, Qi Guan, Hui Zeng, Chenwei Song, Jiayi Wu, Lihua Song.</p> <p>Fermented black barley ameliorates lung injury induced by cooking oil fumes via antioxidant activity and regulation of the intestinal microbiome in mice.</p> <p>Ecotoxicol. Environ. Saf. 2020. 110473.</p>

순번	실험방법	주요결과	문헌
8	<ul style="list-style-type: none"> ■ 조리흡 수집: 쇠솥의 땅콩기름, 라드유, 콩기름을 가열, 연기를 발생시켜 샘플러 및 여과지로 수집 후 아세톤으로 시료 분리. 분리된 시료를 건조 ■ SOS Chromotest ■ Sister Chromatid Exchanges 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 콩기름에서 가장 많은 양의 연기 입자가 확인되었음 ■ SOS Chromotest: 콩기름 2.0 mg에서 약한 양성반응을 보임 ■ Sister Chromatid Exchanges: 라드 및 콩기름에서 용량의존적 증거가 확인되었음 ■ 땅콩기름은 음성으로 확인됨 	<p>Pei-Fen Wu, Tai-An Chiang, Ying-Chin Ko, Huei Lee. Genotoxicity of Fumes from Heated Cooking Oils Produced in Taiwan. Environmental Research Section A. 1999. 80:122-126.</p>

순번	실험방법	주요결과	문헌
9	<ul style="list-style-type: none"> ■ 조리흡 수집: 해바라기유, 식물성 기름, 정제 라드유를 쇠솥에 넣고 가열, 연기를 발생시켜 샘플러 및 여과지로 수집 후 아세톤으로 시료 분리. 분리된 시료를 건조 ■ Ames test (Salmonella typhimurium TA98) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ (without S9) 해바라기유 시료 0.5 mg/plate 이상, 식물성 기름 2.0 mg/plate 에서 돌연변이 유발성을 나타냈고, (with S9) 해바라기유 시료 0.25 mg/plate 이상, 식물성 기름 시료 1.0 mg/plate 이상, 정제 라드유 시료 2.0 mg/plate 에서 돌연변이 유발성 확인 	<p>Tai-An Chiang, Wu Pei-Fen, Liao Su Ying, Li-Fang Wang, Ying Chin Ko. Mutagenicity and Aromatic Amine Content of Fumes from Heated Cooking Oils Produced in Taiwan. Food Chem. Toxicol. 1999. 37:125-134.</p>

순번	실험방법	주요결과	문헌
10	<ul style="list-style-type: none"> ■ 조리흡 수집: 라드유, 콩기름, 땅콩기름을 쇠솥에 넣고 가열, 연기를 발생시켜 샘플러 및 여과지로 수집 후 아세톤으로 시료 분리. 분리된 시료를 건조 ■ Ames test (Salmonella typhimurium TA98) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ (without S9) 라드유 시료 0.5 mg/plate 이상, 콩기름 2.0 mg/plate 에서 돌연변이 유발성을 나타냈고, (with S9) 라드유 시료 0.25 mg/plate 이상, 콩기름 시료 1.0 mg/plate 이상, 땅콩기름 시료 2.0 mg/plate 에서 돌연변이 유발성 확인 	<p>Tai-An Chiang, Pei-Fen Wu, Li-Fang Wang, Huei Lee, Chien-Hung Lee, Ying-Chin Ko.</p> <p>Mutagenicity and polycyclic aromatic hydrocarbon content of fumes from heated cooking oils produced in Taiwan. Mutat. Res. 1997. 381:157-161.</p>

순번	실험방법	주요결과	문헌
11	<ul style="list-style-type: none"> ■ 조리흡 수집: 라드유, 콩기름, 땅콩기름을 쇠솥에 넣고 가열(100℃, 200℃, 300℃) 연기를 발생시켜 샘플러 및 여과지로 수집(기름 표면으로 부터 50cm, 60cm, 70cm 배기시스템 가동) 후 아세톤으로 시료 분리. 분리된 시료를 건조 ■ Ames test (Salmonella typhimurium TA98) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ (without S9) 라드유 시료는 배기시스템의 유무와 상관없이 200℃ 및 300℃에서 돌연변이 유발성이 확인되었고, (with S9) 라드유 시료는 배기시스템이 없는 상황에서는 100℃, 200℃, 300℃에서, 배기시스템이 없는 상황에서는 200℃, 300℃에서 돌연변이 유발성이 확인됨. 배기시스템의 높이는 50cm, 60cm, 70cm에서 돌연변이 유발성 확인됨. ■ (without S9) 콩기름 시료는 배기시스템이 없는 상황에서 300℃에서 돌연변이 유발성이 확인되었고, (with S9) 콩기름 시료는 배기시스템이 없는 상황에서 200℃, 300℃에서, 배기시스템이 있는 상황에서는 300℃에서 돌연변이 유발성이 확인됨. 배기시스템의 높이는 70cm에서 돌연변이 유발성이 확인됨. ■ (with S9) 땅콩기름 시료는 배기시스템이 없는 상황에서 300℃에서 돌연변이 유발성이 확인됨. 	<p>Tai-An Chiang, Pei-Fen Wu, Ying-Chin Ko. Prevention of Exposure to Mutagenic Fumes Produced by Hot cooking Oil in Taiwanese Kitchens. Environ. Mol. Mutagen. 1998. 31:92-96.</p>

순번	실험방법	주요결과	문헌
12	<ul style="list-style-type: none"> ■ 조리흡 수집: 땅콩기름을 쇠솥에 넣고 가열, 연기를 발생시켜 샘플러 및 여과지로 수집 후 아세톤으로 시료 분리. 분리된 시료를 건조 ■ 임신한 마우스를 임신 18 일째에 태아의 폐 type II 세포를 분리하여 배양 (primary fetal alveolar type II epithelial cells, AEC II cells) ■ 0, 12.5, 25, 50, and 75 $\mu\text{g/ml}$ of 농도로 시료를 처리하고 세포독성 확인(MTT) ■ glutathione peroxidase (GSH-Px) 활성, SOD 활성, MDA 수준, ROS 측정 ■ 세포주기분포 분석 ■ Apoptosis 분석 (Annexin V, (TUNEL) ■ Western blot: caspase-12, GRP-78 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SOD, GSH-Px 활성이 용량 의존적으로 감소하였고, MDA, ROS 는 증가하였음 ■ 세포독성: 처리 36시간 후 12.5, 25, 50 및 75 $\mu\text{g/ml}$ 농도에서 90.6, 84.3, 65.7 및 60.2%로 확인됨 ■ 농도와 지속시간에 따라 apoptosis 증가 ■ 시험물질 처리가 주로 G0/G1 단계에서 AEC II 세포의 정지를 유발하는 것으로 확인됨. ■ Western blot을 통해 caspase-12, GRP-78의 농도 의존적인 증가가 확인되었음 	<p>Ying Liu, Yan-Yan Chen, Ji-Yu Cao, Fang-Biao Tao, Xiao-Xia Zhu, Ci-Jiang Yao, Dao-Jun Chen, Zhen Che, Qi-Hong Zhao, Long-Ping Wen. Oxidative stress, apoptosis, and cell cycle arrest are induced in primary fetal alveolar type II epithelial cells exposed to fine particulate matter from cooking oil fumes. Environ Sci Pollut Res. 2015. https://doi.org/10.1007/s11356-015-4140-4.</p>

2. 실험 접근 방법에 관한 의견 수렴

1) 조리흡의 일반사항

- 많은 조리흡 연구에서 에어로졸을 초미세먼지(PM0.1)로 표현하는 것은 solid particles 로 오해할 소지가 있고, 흡이란 용어는 사실상 정확한 표현이 아니기 때문에 용어를 새로 정의할 필요가 있어 보인다.
- 조리흡 내 측정 가능한 유해 화학물질들은 대부분 노출기준 대비 미미한 수준으로, 유해물질(성분)에 의한 영향보다는 나노 크기의 가열된 기름 입자의 유해영향을 확인해 볼 필요가 있을 것으로 사료된다. (반대의견) 조리흡의 건강관련 특징으로 용량반응 관계는 보이지만, 유전독성 또는 발암성 물질의 경우 역치와 상관없이 암을 유발할 수 있기 때문에 주요 구성 성분이 노출기준 이하로 노출되었다 하더라도 건강 유해성 문제는 별도로 검토해 볼 필요가 있어 보인다.
- 국내 학교급식 조리환경 및 최근 현장에서 실제 측정한 결과, 0~75 μm 크기의 입자들이 조리하는 동안(약 1시간 30분) 지속적으로 발생하고 있는 것이 확인 되었으며, 측정 장비와 조리시설의 거리를 고려한다면 작업자는 측정결과보다 더욱 높은 수준의 조리흡을 흡입할 것으로 판단 되었다. 또한, 주방 내 조리활동에 의해 작업자의 호흡량이 증가될 수 있어, 이에 따라 노출량이 더 높아질 수 있다.
- 요리 종류로는 튀김류가 더 문제가 될 소지가 있다.

2) 실험적 접근 방법

- 조리흡은 PAHs(다환방향족탄화수소, polycyclic aromatic hydrocarbons), VOCs(휘발성유기화합물, volatile organic compounds), Acrolein 등 다양한 화학물질이 복합적으로 구성되어 있어, 모든 성분

에 관한 유해영향 평가를 해결할 수 있는 연구 또는 시험방향은 현실적으로 불가능하다.

- 실제 접근 가능한 방법(또는 내용)부터 단계별로 연구를 진행하는 것이 현실적이고, 추후 유해성 평가에 활용할 수 있는 다양한 데이터를 생산 및 확보할 필요가 있다.
- 기존문헌에서 조리흡 포집 후 아세톤 등을 사용하여 분리 및 건조하여 시험물질로 활용하는 방법은 초미세입자의 영향과 휘발될 수 있는 구성성분에 대한 영향을 상당 부분 제외시킨 것으로 생각되기 때문에 조리흡 노출에 의한 시뮬레이션 접근방법과는 거리가 있어 보인다.
- 세부적인 시험방법을 *in vitro* 또는 *in vivo* 로 진행을 하더라도 조리흡의 유해 영향을 확인하기 위해서는 시험물질(조리흡)을 실제 노출되는 형태와 가장 유사하게 만드는 것이 중요하다. (반대의견) 현재로서는 다른 화학물질보다 크기가 작은 입자, 특히 기름을 가열하여 형성된 입자의 특성에 관한 연구를 중점적으로 진행하는 것이 합리적이라고 판단된다.(반대의견)조리흡 발생은 기름만 끓여 발생하는 방법도 좋지만, 급식 조리실의 대표적인 음식 한 종류를 사용하여 결과 데이터를 쌓아 가는 방법을 활용하는 것이 좋을 거 같다.
- 이런 측면에서 기존문헌의 연구방법 중 induction cooker와 steel pot을 이용하여 실험동물에 노출을 시킨 시험방법을 변형하여 실험을 진행하는 것이 합리적이다(그림 II-1 참조).
- 기존 induction cooker와 steel pot을 이용한 방법은 설비, 기술적인 면에서 그 수준이 미비하지만, 유사한 방식으로 발생장치를 개발한다면 *in vitro* 또는 *in vivo* 연구를 충분히 활용할 수 있다.
- *In vitro* 시험으로 ALI(Air Liquid Interface, 공기-액체-계면) culture 시스템 또는 transwell culture 시스템 활용하여 기전연구 등을 수행하고, 이를 바탕으로 실험동물(랫드 또는 마우스)을 이용하는 *in vivo* 연구를 진행하는 방법도 좋은 방안이다.

3. 실험적 접근방법 검토 결과

문헌 정보 및 전문가 의견을 수렴하여 다음과 같이 실험적 접근방법을 검토하였다. 세부 주제별로 표현하였지만, 실제 수행되는 순서는 동시 또는 개별적으로 진행될 수 있다. 실험적 접근 연구방향(안)을 그림Ⅱ-2와 같이 정리하였다.

1) 식용유 에어로졸 발생장치 개발

기존 문헌의 가장 큰 한계점인 에어로졸 형태의 노출이 시험에 반영되지 않았다는 점을 고려하여, 에어로졸 형태의 시험물질 노출이 가능한 발생장치의 개발 필요성이 우선시 되었고, 수행이 가능한 사항(식용유 에어로졸 단일 성분에 관한 연구)을 먼저 진행하는 것을 검토하였다. 발생장치 개발 시 고려해야 할 사항들을 다음과 같이 검토해 보았다.

- 균일한 에어로졸 발생(입자크기, 분포 등)
- 시험계(세포, 실험동물)에 자극성, 높은 온도 등에 의한 물리적 영향 등이 없어야 함
- 농도 조절을 위한 유량조절이 가능해야 함
- 장기간 안정적인 노출을 위해 식용유를 추가로 공급할 경우, 식용유의 온도가 일정하게 유지되어야 함
- 발생장치의 유지·보수가 편해야 함(식용유 에어로졸에 의한 오염 등을 고려)

위 사항을 바탕으로 일차적으로 식용유만 발생시켜 에어로졸 형태로 안정적인 장시간 노출(4~6시간)이 가능한 것을 확인하고, *in vitro* 또는 *in vivo* 시험을 통해서 식용유 에어로졸에 의한 영향을 확인 및 검증을 한다. 검증이 완료된 후 조리식품의 특징인 복합체에 관한 연구를 수행할 수 있도록 식용유

에어로졸에 화학물질이 혼합(결합)되는 화학적 복합체를 만들어 발생 시킬 수 있는 장비의 개발이 필요하다. 이때 다음 사항의 검토가 필요하다.

- 식용유 에어로졸에 화학물질을 동시 노출 시킬 수 있는 장비(장치)의 부가 설치
- 저농도의 화학물질이 식용유 에어로졸과 함께 노출될 수 있도록 유량의 미세 조정 가능

2) 식용유 에어로졸 발생장치를 이용한 시험자료 생산

개발된 에어로졸 발생장치를 이용하여 *in vitro* 또는 *in vivo* 시험을 수행하여 유해성(위해성)평가를 위한 자료를 축적한다. 이때 전문가 의견에서 언급되었던 ALI(Air Liquid Interface) 배양시스템 또는 transwell 배양시스템을 활용할 수 있다. *In vivo* 시험은 발생장치의 에어로졸 발생량에 따라 마우스 또는 랫드를 활용하여 전신 또는 비부노출챔버를 활용하여 OECD 가이드라인에 따른 흡입독성시험에 준하여 시험을 수행할 수 있다.

○ ALI 배양시스템

- 배양된 인간 폐세포에 대한 흡입 독성을 다루는 생체의 노출법은 전통적으로 액체배지 내 입자의 사전 현탁에 의존하고, 이러한 노출 시스템은 한계가 있으며 입자 구성을 변형할 수 있다(식품의약품안전처, 2020). 반면, 배양물의 한쪽을 액체 배지에 노출시키고 다른 쪽을 공기로 둘러싸인 ALI 배양시스템은 액체와 공기 모두와 상호 작용하는 호흡기 상피 세포를 연구하는 데 이상적이다(Baldassi, 2021). 따라서 ALI 시스템을 사용하면 연구자는 기존 세포 배양 모델을 사용하는 것에 비해 생체 내 조건을 더 정확하게 모방할 수 있다(Baldassi, 2021).

○ 흡입독성시험

- 발생장치를 이용하여 비부노출챔버 또는 전신노출챔버를 이용하여 실험

동물에 식용유 에어로졸을 발생시킨 후 일반증상, 체중변화, 부검 육안적 소견, 혈액 및 생화학분석, 조직병리학적 검사, 기관지폐포세척액 분석 등 OECD 시험 가이드라인의 검사항목과 그 외 염증, 산화적 손상 등 지표를 분석하여 일부 기전 연구를 수행할 수 있다.

3) 분석법 고도화

식용유 에어로졸의 노출 농도, 입자크기 및 분포 측정을 위한 기본적인 장비 활용 방법에 관한 기술력을 기본적으로 갖추고, 복합물 노출 시 식용유 에어로졸과 함께 노출되는 미량의 화학물질을 분석할 수 있는 분석법과 노출된 세포 또는 동물 조직으로부터 화학물질을 분석할 수 있는 분석법 또한 필요하다. 실험적 결과와 실제 조리흡이 노출되는 환경의 비교를 위해 조리실에서 노출되는 조리흡의 성분분석(조성 비율 등) 및 조리흡 자체의 특성을 분석하여 더 정확한 시험 디자인이 가능할 수 있다.

4) 유해성(위해성) 평가를 위한 *In silico* 등 대체시험법 활용

In vitro 및 *in vivo* 시험을 통해 축적된 자료와 함께, *in silico* 연구개발로 흡입 노출되는 다양한 화학물질들의 특성과 폐 침착 또는 흡수를 통해 발생 되는 유해성을 확인하여 실험적 접근의 한계를 대체시험법으로 보완하여 조리흡의 유해성을 평가할 수 있다.



[그림 II-2] 실험적 접근 연구방향(안)

4. 식용유 에어로졸 발생장치 개발 아이디어

식용유 에어로졸 발생장치 개발에 관한 아이디어를 도출해 보았다. 나노입자 발생장치, 흡입독성연구센터에서 보유하고 있는 발생장치, ALI 시스템 등 이미 상업적으로 제작된 발생장치 등을 고려하여 에어로졸 발생장치의 개발에 참고할 수 있는 아이디어들을 검토해 보았다. 이번 연구에서 제시되는 아이디어는 추상적인 개념으로, 실제 개발 시에는 많은 문제점들이 발생할 수 있기 때문에 개발과 관련된 내용은 별도의 연구로 진행할 필요가 있다.

1) 문헌의 발생장치 및 흡입독성연구센터 증기발생장치(시제품) 변형

기존 문헌의 발생장치(그림II-1)와 흡입독성연구센터에서 기존 연구과제로 수행한(김용순 등, 2021) 이동식 증기발생장치(시제품)를 변형하여 제작하는 방법을 고려하였다.

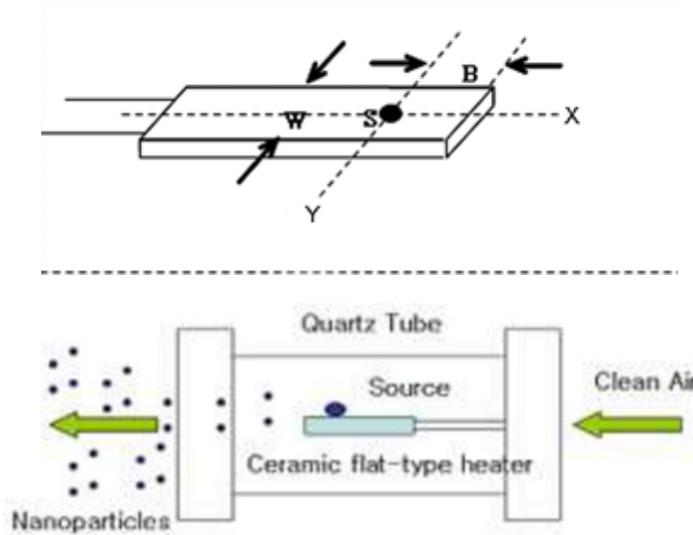


[그림 II-3] 이동식 증기발생장치(시제품)

기본 원리는 그림II-1 및 그림II-3 발생장치와 같이, 식용유를 솥이나 발생조에 넣고 열을 가할 수 있는 장치와 유량계를 장착하여 챔버로 발생을 시키는 방식이다. 참고로 그림II-3은 식용유 에어로졸 발생장치에 바로 사용하는 것이 아닌 원리 또는 개념 이해를 돕고자 이미지를 사용하였다.

2) 일반 나노입자 생성장치 변형

ISO 10801(2010)의 일반 나노입자 생성장치를 변형하는 방법을 고안해 보았다(그림 II-4). ISO 10801(2010)과 동일한 지준호 등(2014)의 일반 나노 입자 생성장치의 석영관 내 세라믹 가열판을 일정량의 식용유가 담겨질 수 있도록 변형을 하고, 석영관 옆에 소량이 식용유가 지속적으로 가열판 위로 떨어지도록 변형하여 장시간 식용유 에어로졸의 발생이 가능하도록 하는 방식이다.



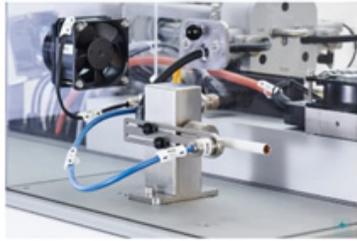
[그림 II-4] 일반 나노 입자 생성장치(위: ISO 10801, 아래: 지준호 등)

W heater width, B source material to edge distance, S source material

3) 담배 발생 장치 변형

상용화되어 판매되고 있는 담배발생장치를 변형하여 식용유 에어로졸을 노출시키는 아이디어를 고려해 보았다. 특히, 전자담배 발생장치를 변형하여 사용하는 방식을 검토해 보았다. 캡슐형태의 시료를 가열하는 방식이라 가열되는 식용유 양의 조절과 장기간 노출이 가능하도록 변형하는 것이 개발되어야 할 주요 항목 중 하나일 수 있다. 또한 담배 발생장치는 식용유 에어로졸의 발생과 달리 필요 이상의 사양이 반영되어 제작되어 있을 수 있어, 이에 대한 변형방법도 고민해 볼 필요가 있어 보인다. 참고로 그림 II-5는 상용화되어 판매되고 있는 담배 발생 장치의 예시를 위해 사용된 그림이다.

For Conventional Cigarettes



For draw actuated e-cigarettes



For button actuated e-cigarettes



For Heated Tobacco Products (HTP)



[그림 II-5] 담배 발생장치(VITROCELL[®] Smoking machine)

Ⅲ. 고찰 및 결론

.....

Ⅲ. 고찰 및 결론

조리흡의 흡입노출과 폐암은 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되고 있으며, 이와 관련된 연구는 일부 수행되었으나, 대부분 역학연구이며 중화권에서 수행된 연구로 국내의 환경과 맞지 않다는 의견이 대부분이다. 이는 중화권에서 사용하는 기름 종류, 사용되는 양, 식재료, 조리방식이 국내와 다르고 조리흡의 노출 수준이 국내보다 더 높을 수 있다는 견해가 있기 때문이다(강원양, 2023). 또한 조리흡을 명확히 특정할 만한 명확한 노출지표가 없으며, 조리흡 성분 중 유기화합물의 개별 농도는 낮고, 폐암의 원인으로 지목할 만한 물질은 PAHs에 국한한다고 이야기 하고 있다(강원양, 2023). 하지만, 다른 많은 연구에서는 적은 양이지만 발암의 원인 또는 추정되는 화학물질이 조리흡에 존재하고 있다고 언급하고, 식용유 에어로졸을 발암 원인 중 하나로 지목하고 있는 연구결과도 있다(이유진, 2023). 이렇게 조리흡과 발암의 상관성은 아직도 명확하게 그 정의 또는 원인을 알 수 없는 상태이다. 이런 이유로 이번 연구에서는 조리흡에 대한 유해성을 실험적으로 접근할 수 있는 방향을 검토하였다. 하지만 기존 문헌, 특히 실험적 문헌은 제한적이었고, 이를 보완하고자 전문가 자문을 통해 많은 의견을 수렴하고자 하였지만 시간적 한계로 다양한 분야의 연구자들과의 의견 공유는 사실상 이루어지지 않았다. 그래서 이번 연구에서는 현 시점에서 할 수 있는 부분과 향후 필요한 부분을 중심으로 실험적 접근 방향을 제안하였다.

먼저 기존 연구에서의 반영이 되지 않았던 에어로졸 형태에 의한 영향에 관한 연구가 필요하기 때문에, 발생장치에 관한 연구수행을 우선 제안하였다. 일단 식용유만을 이용하여 에어로졸화 시켜 발생시킬 수 있는 장치를 개발 후 이를 활용하여 *in vitro*(ALI 시스템 등) 및 *in vivo*(흡입독성시험 등) 시험을 진행하여 관련 자료를 확보 및 축적하고, 이를 바탕으로 복합물(식용유 에어로졸과 최소 1개의 화학물질) 에어로졸 발생장치를 개발하도록 한다. 복합물

의 경우, 정밀한 분석방법이 필요하기 때문에 이와 관련된 분석방법을 고도화 또는 숙련이 되어야 한다. 이 단계를 수행함과 동시에 *in silico* 등 대체시험법을 통해 다양한 화학물질들에 의한 유해성을 확인하여 실험적 접근의 한계를 보완하여 조리흡의 유해성을 평가할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 강원양. 조리흡 관련 폐암 발생 사례 및 역학연구. 제57회 한국산업보건학회 2023 하계학술대회. 2023.
- 김용순, 라대식, 김태현. 흡입독성시험 증기발생장치의 개선 연구. 산업안전 보건연구원. 2021.
- 권명희, 김성미, 심인근, 서수연, 원수란, 지현아, 김다해, 황은설, 이우석, 임태숙, 고상호, 김영섭, 박기수, 박준. 주거환경 중 주방에서 발생하는 실내 오염물질 관리방안 연구(조리과정에서 발생하는 오염물질을 중심으로). 국립환경과학원. 2013.
- 류지아. 급식 종사자의 건강문제 및 관리방안. 사업장 조리 노동자 건강보호 방안. 2023 산업안전보건의 달 세미나. 2023.
- 류지아, 김영정, 정진주. ‘밥하는 아줌마’ (급식조리사)의 폐암 산재 인정과 대안을 찾아서. 사회건강연구소. 2022.
- 식품의약품안전처. 생체의 시험법 관리 기준에 관한 지침서. 식품의약품안전처. 2020
- 이유진. 조리부산물의 유해성과 위해성 그리고 건강행위 주체별 대응 및 관리 방안. 단체급식 조리환경의 호흡기 건강위험과 대처방안. 2023 산업안전 보건의 달 세미나. 2023.
- 지준호, 육세진, 유일재, 지충근, 노정훈. 나노물질 노출 특성 및 측정 분석 방법 연구. 산업안전보건연구원. 2014.

정진주. 급식조리사의 산재 신청 현황과 판정. 사업장 조리 노동자 건강보호 방안. 2023 산업안전보건의 달 세미나. 2023.

Changming Dou, Jie Zhang, Cuicui Qi. Cooking oil fume-derived PM_{2.5} induces apoptosis in A549 cells and MAPK/NF- κ B/STAT1 pathway activation. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2017. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1262-5>.

Chung-Chie Yang, Shinn Nen Jenq, Huei Lee. Characterization of the carcinogen 2-amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline in cooking aerosols under domestic conditions. *Carcinogenesis*. 1998. 19:359-363.

Chunshui Lin, Ru-Jin Huang, Jing Duan, Haobin Zhong, Wei Xu. Polycyclic aromatic hydrocarbons from cooking emissions. *Sci. Total Environ.* 2022. 151700.

Chunyan Wang, Lifang Liu, Guoping He. Cooking Fumes and Relative Disease. *Adv. Biol. Res.* 2016. Proceedings of the 2016 International Conference on Biological Engineering and Pharmacy (BEP 2016).

Domizia Baldassi, Bettina Gabold, Olivial Merkel. Air-liquid interface culture of the healthy and diseased human respiratory tract: promise, challenges and future directions. *Adv Nanobiomed Res.* 2021. 1(6): . doi:10.1002/anbr.202000111.

- Furong Zhu, Han Cheng, Ruoqian Lei, Chaowei Shen, Jie Liu, Lijuan Hou, Chao Zhang, Yachun Xu, Rui Ding, Jiyu Cao. Effects of cooking oil fume derived fine particulate matter on blood vessel formation through the VEGF/VEGFR2/MEK1/2/ERK1/2/mTOR pathway in human umbilical vein endothelial cells. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2019. 69:112-119.
- 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. World Health Organization, IARC. 2010.
- ISO 10801:2010. Nanotechnologies. Generation of metal nanoparticles for inhalation toxicity testing using the evaporation/condensation method
- Lina Wang, Xinran Zheng, Svetlana Stevanovic, Xin Wu, Zhiyuan Xiang, Mingzhou Yu, Jing Liu. Characterization of particulate matter from several Chinese cooking dishes and implication in health effects. *J Environ Sci.* 2018. 98-106.
- Linjing Deng, Yongsheng Ma, Ping Ma, Yang Wu, Xu Yang, Qihong Deng. Toxic effect of cooking oil fume (COF) on lungs: Evidence of endoplasmic reticulum stress in rat. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2021. 112463.

- Liu Ding, Xinmiao Sui, Mei Yang, Qi Zhang, Shu Sun, Furong Zhu, Han Cheng, Chao Zhang, Hongbo Chen, Rui Ding, Jiyu Cao. Toxicity of cooking oil fume derived particulate matter: Vitamin D₃ protects tubule formation activation in human umbilical vein endothelial cells. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2020. 109905.
- Pei-Fen Wu, Tai-An Chiang, Li-Fang Wang, Chia-Shiung Chang, Ying-Chin Ko. Nitro-polycyclic aromatic hydrocarbon contents of fumes from heated cooking oils and prevention of mutagenicity by catechin. *Mutat. Res.* 1998. 403:29-34.
- Pei-Fen Wu, Tai-An Chiang, Ying-Chin Ko, Huei Lee. Genotoxicity of Fumes from Heated Cooking Oils Produced in Taiwan. *Environmental Research Section A.* 1999. 80:122-126.
- Rikke Bramming Jorgensen, Bo Strandberg, Ann Kristin Sjaastad, Arve Johansen, Kristin Svendsen. Simulated Restaurant Cook Exposure to Emission of PAHs, Mutagenic Aldehydes, and Particles from Frying Bacon. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2013. 10:122-131.
- Rui Ding, Jing Li, Qi Zhang, Chao Zhang, Na Li, Shu Sun, Changlian Li, Chaowei Shen, Qihong Zhao, Hongbo Chen, Jiahu Hao, Jiyu Cao. Vitamin D₃ protects intrauterine growth restriction induced by cooking oil fume derived fine particulate matters. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2022. 113103.
- Ruoning Chen, Xue-yi You. Effects of chef operation on oil fume particle collection of household range hood. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08710-7>.

- Sen-Chih Yang, Shinn-Nen Jenq, Zhi Chyang Kang, Huei Lee. Identification of Benzo[a]pyrene 7,8-Diol 9,10-Epoxyde N2-Deoxyguanosine in Human Lung Adenocarcinoma Cells Exposed to Cooking Oil Fumes from Frying Fish under Domestic Conditions. *Chem. Res. Toxicol.* 2000. 13:1046-1050.
- She-Ching Wu, Gow-Chin Yen, Fuu Sheu. Mutagenicity and Identification of Mutagenic Compounds of Fumes Obtained from Heating Peanut Oil. *J. Food Prot.* 2001. 64:240-245.
- Tai-An Chiang, Pei-Fen Wu, Li-Fang Wang, Huei Lee, Chien-Hung Lee, Ying-Chin Ko. Mutagenicity and polycyclic aromatic hydrocarbon content of fumes from heated cooking oils produced in Taiwan. *Mutat. Res.* 1997. 381:157-161.
- Tai-An Chiang, Pei-Fen Wu, Ying-Chin Ko. Prevention of Exposure to Mutagenic Fumes Produced by Hot cooking Oil in Taiwanese Kitchens. *Environ. Mol. Mutagen.* 1998. 31:92-96.
- Tai-An Chiang, Wu Pei-Fen, Liao Su Ying, Li-Fang Wang, Ying Chin Ko. Mutagenicity and Aromatic Amine Content of Fumes from Heated Cooking Oils Produced in Taiwan. *Food Chem. Toxicol.* 1999. 37:125-134.
- Ying Liu, Yan-Yan Chen, Ji-Yu Cao, Fang-Biao Tao, Xiao-Xia Zhu, Ci-Jiang Yao, Dao-Jun Chen, Zhen Che, Qi-Hong Zhao, Long-Ping Wen. Oxidative stress, apoptosis, and cell cycle arrest are induced in primary fetal alveolar type II epithelial cells exposed to fine particulate matter from cooking oil fumes. *Environ Sci Pollut Res.* 2015. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4140-4>.

Yu-Hsiu Tung, Jiunn-Liang Ko, Yu-Fei Liang, Lihong Yin, Yaopu Pu, Pinpin Lin. Cooking Oil Fume-Induced Cytokine Expression and Oxidative Stress in Human Lung Epithelial Cells. *Environ. Res.* 2001. 47-54.

Xingdong Zhu, Kaixiong Wang, Junlin Zhu, Minoru Koga. Analysis of Cooking Oil Fumes by Ultraviolet Spectrometry and Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 2001. 49:4790-4794.

Xinwen Ding, Li Yang, Qi Guan, Hui Zeng, Chenwei Song, Jiayi Wu, Lihua Song. Fermented black barley ameliorates lung injury induced by cooking oil fumes via antioxidant activity and regulation of the intestinal microbiome in mice. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2020. 110473.



Abstract

The experimental research directions for investigate the hazard of cooking oil fumes

Objectives

The exposure to cooking oil fumes and cancer incidence are known to be related. However, most of the existing evidence and related literature are based on studies conducted in China, and do not reflect the domestic cooking environment. The research form is mainly epidemiological research, which has limitations in confirming specific mechanisms, causes, and effects due to various exposures. For these reasons, experimental studies reflecting various environments (conditions) are needed for hazard assessment, but at present, there is no clear experimental method, so it is necessary to consider the direction and experimental approach for conducting research.

Method

After searching for literature on the hazards of cooking oil fumes, only experimental research literature was classified. The classified experimental research literature was reviewed by researchers and experts through consultation to determine the direction of experimental

approach, methods and problems of existing research results, and other experimental approaches. Experts consulted with toxicity experts (inhalation toxicity, nano-toxicity, environmental toxicity, etc.) and hazard assessment experts.”

Results

We have compiled experimental papers on the hazard of cooking oil fumes and other relevant literature. We have summarized the contents of expert consultations and presented directions for future experimental approaches.

Conclusion

Through experimental literature and expert review, we proposed the development of a cooking oil fume aerosol generator. First, we need to develop an aerosol generator for edible oil itself, accumulate data using it, and then develop a complex compound aerosol generator while enhancing analytical technology. Afterward, we suggested conducting hazard assessment using alternative testing methods such as In silico along with continuous data acquisition.

Key words

Cooking oil fumes, Experimental directions, Inhalation

부록

※ 조리흡관련 문헌 초록 요약정리

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
1	Cooking Fumes and Relative Diseases	조리흡 개요 문헌 정리	Chunyan WANG	-
2	The health effects of ultrafine particles	초미세먼지(PM0.1)의 개요 및 가장 높은 노출을 보이는 노출경로 조사	Schraufnagel DE	2020
3	Risk of Liver Cirrhosis in HBV/HCV-Infected Individuals with First-Degree Relatives Who Have Liver Cancer: Development and Validation of a Simple Model	위험 점수 모델은 간암에 걸린 FDRs를 가진 HBV/HCV 감염자의 간경변 선별 및 예방을 위한 실용적인 도구가 될 수 있음	Liu Y	2022
4	Toxic effect of cooking oil fume (COF) on lungs: Evidence of endoplasmic reticulum stress in rat	COF 현탁액을 랫드에 기관 내 점적 결과 산화 스트레스 유도, 폐 세포에서 ER 스트레스 유도	Deng L	2021
5	Toxicity of cooking oil fume derived particulate matter: Vitamin D(3) protects tubule formation activation in human umbilical vein endothelial cells	HUVEC 세포실험 결과 COF PM2.5가 세뇨관 형성 손상 유도	Ding L	2020

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
6	Cooking oil fume-derived PM(2.5) induces apoptosis in A549 cells and MAPK/NF- κ B/STAT1 pathway activation	폐포세포 실험 결과 COF PM2.5가 염증, 세포자멸사, 세포손상 초래	Dou C	2018
7	Effects of cooking oil fume derived fine particulate matter on blood vessel formation through the VEGF/VEGFR2/MEK1/2/ERK1/2/mTOR pathway in human umbilical vein endothelial cells	HUVEC 세포실험 결과 COF PM2.5가 혈관 신생 억제	Zhu F	2019
8	Cooking oil fume-induced cytokine expression and oxidative stress in human lung epithelial cells	COF 노출과 세포성장 및 유전자 발현, 산화스트레스 유도 관련성	Tung YH	2001
9	Vitamin D(3) protects intrauterine growth restriction induced by cooking oil fume derived fine particulate matters	COFs-PM2.5가 출산 결과에 미치는 부정적인 영향과 예방을 위해서는 충분한 비타민D3(VitD3)가 필요	Ding R	2022
10	Work environment factors and respiratory complaints in Norwegian cooks	튀김조리와 호흡기 질환과의 관계에 대한 내용이며 COF를 줄이면 호흡기 질환을 줄일 수 있고 잠재적으로 과도한 이환율과 사망률을 완화하는데 도움이 됨	Sveda hl SR	2020

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
11	Genotoxicity of fumes from heated cooking oils produced in Taiwan	염색분체 교환(SCE) 분석에서 유전독성 분석을 위해 수집함. 식용유의 배출 가스에 노출된 여성이 폐암에 걸릴 위험이 높다는 역학 연구 결과와 일치	Wu PF	1999
12	DNA damages induced by trans, trans-2,4-decadienal (tt-DDE), a component of cooking oil fume, in human bronchial epithelial cells	COF는 대만의 비흡연 여성에서 폐선암 발병에 대한 위험요소이며, PAH 이외에도 aldehyde, 특히 trans, trans-2,4-decadienal(tt-DDE) 이 COF에 풍부함	Young SC	2010
13	Analysis of cooking oil fumes by ultraviolet spectrometry and gas chromatography-mass spectrometry	GC-MS를 이용한 4가지 COF 응축수에 함유된 성분, 특히 aldehyde 조사	Zhu X	2001
14	Effects of cooking oil fume condensate on cellular immunity and immunosurveillance in mice	COF가 동물의 면역체계에 영향을 줄 수 있음	Zhang W	1999
15	Nitro-polycyclic aromatic hydrocarbon contents of fumes from heated cooking oils and prevention of mutagenicity by catechin	COF가 요리사들 사이에서 폐암의 위험인자일 수 있는 PAH와 NPAH가 포함되어 있으며 천연 항산화제인 카테킨을 첨가함으로써 발암물질을 감소시킬 수 있음	Wu PF	1998

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
16	Oxidative stress, apoptosis, and cell cycle arrest are induced in primary fetal alveolar type II epithelial cells exposed to fine particulate matter from cooking oil fumes	COF에서 파생된 PM2.5의 조성과 일차 태아 폐포 II형 상피 세포에서 검출된 산화 스트레스	Liu Y	2015
17	Prevention of exposure to mutagenic fumes produced by hot cooking oil in Taiwanese kitchens	대만에서 사용되는 3가지 식용유를 가열하여 발생하는 훈의 돌연변이원을 평가하고, 대만 여성이 일반적으로 사용하는 배기장치의 효과를 연구하기 위한 모델을 구성	Chiang TA	1998
18	Characterization of the carcinogen 2-amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline in cooking aerosols under domestic conditions	생선 볶음 요리를 통해 에어로졸을 제조하여 돌연변이 유발성을 모니터링	Yang CC	1998
19	Mutagenicity and sequence specificity of acrolein-DNA adducts	동일한 pSP189 시스템에서 Acr-dG 형성의 정도와 유형 및 Acr-dG 부가물의 돌연변이원성을 연구한 결과 돌연변이를 유발한다는 것을 재확인하고, Acr이 CS 및 조리훈 관련 폐암의 주요 원인 인자라는 가설을 뒷받침함	Wang HT	2009
20	Experimental study on the potential carcinogenicity of cooking oil fume condensate	COFC가 인체에 미치는 잠재적 발암성 연구결과, 인간 배아 폐 이배체 섬유아세포 균주 KMB-17 세포의 악성 형질 전환이 인간에게 잠재적인 발암성을 가질 수 있는 COFC에 의해 유도될 수 있음을 시사	Zhao J	2002

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도
21	Lifestyle risks exposure and response predictor of gefitinib in patients with non-small cell lung cancer	비소세포폐암 환자의 생활습관 위험 노출 및 gefitinib 반응 예측인자 연구	Ying H 2014
22	Risk assessment of inhalation exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in Taiwanese workers at night markets	PAH 흡입노출 위험 평가 및 노출을 최소화하기 위한 보호조치 필요성 제시	Zhao P 2011
23	PM(2.5)- and PM(10)-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the residential area near coal-fired power and steelmaking plants of Taichung City, Taiwan: In vitro-based health risk and source identification	PAH 농도는 겨울에 2배가량 높고, 잠재적 원천이 확인되었으며 타이중 석탄화력발전소에서 배출되는 배출물은 PAHs의 시공간적 변화, 풍향 및 선원배분 결과에 기초하여 연구영역의 입자결합 PAHs에 거의 영향을 미치지 않음	Zhu J 2019
24	Chemical and stable carbon isotopic characterization for PAHs in aerosol emitted from two indoor sources	요리 흙(CF)과 환경 담배 연기(ETS)에서 나오는 에어로졸의 PAH 분석	Zhang L 2009
25	Mutagenicity and identification of mutagenic compounds of fumes obtained from heating peanut oil	가열된 땅콩기름의 흙에서 돌연변이원을 찾기 위해 조사한 결과 땅콩 기름의 연기에서 돌연변이 유발원으로 형성된 enal 화합물 연기를 흡입하면 발암 위험이 발생할 수 있음이 나타남	Wu SC 2001

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
26	A high environmental composite quality factor score was associated with the risk of sick building syndrome among adults in northeast China	환경 복합 품질 인자 점수와 SBS 사이의 연관성을 조사하기 위하여 횡단면 연구 수행한 결과 중국 북동부 성인에서 거주지 근처의 실내 및 실외 오염원에 더 많이 노출되면 SBS 위험이 더 높을 수 있음	He Y	2022
27	Particle Size Distribution and Diffusion for Simulated Cooking Fume	입자 수와 질량 농도 측정으로 발생 입자크기와 감소정도 제시	Li SD	2017
28	Polycyclic aromatic hydrocarbons from cooking emissions	튀김 조리 시 식용유 흡에서 PAHs 발생	Lin C	2022
29	Characterization particulate matter from several Chinese cooking dishes and implications in health effects	고온 조리 연기는 다량의 미세 입자상물질 방출(올리브오일)땅콩오일)	Wang L	2018
30	Probabilistic health risk assessment of exposure to carcinogens of Chinese family cooking and influence analysis of cooking factors	COF 중 발암물질 노출 농도 예측, COF 발생에 영향을 미치는 조리 요소(방법, 재료) 조사, 암 위험은 물을 이용한 조리 방식이 오일보다 큼	Zhao JJ	2021
31	Carcinogenicity, allergenicity, and lupus-inducibility of arylamines	COF에 포함된 아릴아민은 발암성 및 질병 유발	Chung KT	2016

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
32	[Analysis on oil fume particles in catering industry cooking emission]	COF 입자크기	Tan DS	2012
33	Occurrence, uses, and carcinogenicity of arylamines	COF에 포함된 아릴아민은 발암성 및 질병 유발	Chung KT	2015
34	Characteristics of PAHs from deep-frying and frying cooking fumes	4가지 유형의 식용유를 사용했고, 그 중 유채씨유는 다른 3가지 오일 종류보다 더 많은 PAH 배출을 생성했음. deep-frying과 frying은 내부 환경에서 PAH 오염의 중요한 원인으로 확인	Yao Z	2015
35	Fermented black barley ameliorates lung injury induced by cooking oil fumes via antioxidant activity and regulation of the intestinal microbiome in mice	COF 유발 폐 손상에 대한 발효 흑보리의 효과 조사	Ding X	2020
36	Identification of carcinogens in cooking oil fumes	COF에 노출되면 PAH에 대한 노출이 증가할 수 있으며, 이는 폐암 위험 증가와 관련될 수 있기에 잠재적인 발암성 노출은 배기장치를 이용하여 줄일 수 있음	Chiang TA	1999
37	Dermal exposure to particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons from barbecue fume as impacted by physicochemical conditions	다환 방향족 탄화수소(PAH)의 피부 흡수 관련 연구	Lao JY	2020

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
38	[Study on the chemical compositions of VOCs emitted by cooking oils based on GC-MS]	식물성 식용유를 각각의 온도에서 가열하여 VOCs의 화학적 조성을 조사	He WQ	2013
39	Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in cooking oil fumes	중국 여성의 높은 폐선암 발병률과 주방에서의 COF와의 관계 연구	Li S	1994
40	[Preliminary study concerning emissions of the volatile organic compounds from cooking oils]	순수 식물성 기름(땅콩기름, 해바라기 기름, 콩기름, 올리브유 및 혼합유)를 다양한 온도로 가열하여 COF를 발생시켜 VOC 배출 특성을 조사한 결과 가열온도가 증가할수록 VOC 배출량이 증가	He WQ	2012
41	Simulated restaurant cook exposure to emissions of PAHs, mutagenic aldehydes, and particles from frying bacon	조리중 노출되는 다환 방향족 탄화수소(PAHs), 돌연변이 유발성이 높은 알데하이드, 총입자 및 초미세입자에 대한 조리사의 노출 조사	Jørgensen RB	2013
42	Study on the changes of the levels of SOD and MDA in lung and MN in bone marrow exposed to cooking fume in rats	조리흡에 노출된 랫드의 폐 SOD와 MDA, 골수의 MN 수치 변화에 관한 연구	Li D	1998
43	Impact of cooking oil fume exposure and fume extractor use on lung cancer risk in non-smoking Han Chinese women	비흡연 한족 여성의 COF 노출과 폐암의 연관성	Chen TY	2020

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
44	Environmental exposure to cooking oil fumes and fatty liver disease	COF와 지방간 질환(FLD)의 연관성	Lin J	2020
45	Assessing the cooking oil fume exposure impacts on Chinese women health: an influential mechanism analysis	Survey 분석결과 COF가 주관적&객관적 건강에 부정적 영향을 미침	Yang K	2022
46	The association between cooking oil fume exposure during pregnancy and birth weight: A prospective mother-child cohort study	임신 중 COF 노출이 과체중아 위험을 증가(연령에따른 역U자형)	Wang L	2018
47	Association between cooking oil fume exposure and lung cancer among Chinese nonsmoking women: a meta-analysis	메타분석 결과 비흡연 여성의 폐암과 COF 연관성	Xue Y	2016
48	The risk of lung cancer among cooking adults: a meta-analysis of 23 observational studies	COF는 여성 폐암의 위험인자로서 볶음이 튀김보다더 위험	Jia PL	2018
49	Placental weight mediates association between prenatal exposure to cooking oil fumes and preterm birth	임산부의 COF 노출은 조산의 위험을 증가	Hu P	2021

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
50	Polymorphisms in pre-miRNA genes and cooking oil fume exposure as well as their interaction on the risk of lung cancer in a Chinese nonsmoking female population	COF와 특정 유전자형의 상호작용은 중국 비흡연 여성 폐암 위험과 관련성 없음	Yin Z	2016
51	[Pollution Characteristics of Cooking Fumes, Particulates, and Non-methane Hydrocarbons in the Exhaust of Typical Beijing Restaurants]	요식업체의 미세먼지 농도와 조리흡 농도는 강한 상관관계를 보이고 미세먼지 농도와 NMHC 농도는 약한 상관관계를 보임	He WQ	2020
52	TP63 gene polymorphisms, cooking oil fume exposure and risk of lung adenocarcinoma in Chinese non-smoking females	TP63 다형성은 중국 비흡연 여성의 폐 선암에 대한 유전적 감수성 인자일 수 있지만 식용유 연기 노출과 유의한 상호 작용은 발견되지 않음	Yin ZH	2014
53	Polymorphisms in miR-135a-2, miR-219-2 and miR-211 as well as their interaction with cooking oil fume exposure on the risk of lung cancer in Chinese nonsmoking females: a case-control study	단일 염기 다형성(SNP)과 폐암 또는 폐 선암종 사이에는 통계적으로 유의한 연관성이 없음. miRNA SNP의 위험 유전자형과 위험요인(조리흡)에 대한 노출이 모두 있는 경우는 폐암 위험이 더 높음	Yin Z	2016

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
54	XRCC1 polymorphisms, cooking oil fume and lung cancer in Chinese women nonsmokers	XRCC1 다형성과 여성 비흡연자의 폐암 감수성에 대해 병원 기반 사례 대조 연구 수행	Li M	2008
55	Interaction between Polymorphisms in Pre-MiRNA Genes and Cooking Oil Fume Exposure on the Risk of Lung Cancer in Chinese Non-Smoking Female Population	miRNA의 6가지 다형성은 Taqman 대립유전자 식별 방법으로 결정하여 연구하였고 서로 다른 조합의 OR에 의해 제안된 miRNA SNP와 COF 노출 사이의 교호작용(상호작용)은 통계적으로 유의하지 않음	Yin Z	2015
56	Environmental exposure to cooking oil fumes and cervical intraepithelial neoplasm	COF 노출과 자궁 경부 상피내 종양 발병 위험과의 관계 및 배기장치 사용으로 인한 연구 결과	Wu MT	2004
57	TGF β -1 and TGFBR2 polymorphisms, cooking oil fume exposure and risk of lung adenocarcinoma in Chinese nonsmoking females: a case control study	TGF- β 1 유전자 C509T 다형성은 COF에 노출된 중국 여성에게서 폐선암의 위험 감소와 관련이 있을 수 있지만, TGFBR2 유전자 G-875A 다형성은 연관성이 관찰되지 않음	Ren Y	2015
58	Genetic polymorphisms of TERT and CLPTM1L, cooking oil fume exposure, and risk of lung cancer: a case-control study in a Chinese non-smoking female population	TERT 및 CLPTM1L 유전자의 다형성과 폐암의 위험 사이의 연관성, 중국 비흡연 여성의 다형성과 환경 위험 요인의 상호작용 조사	Yin Z	2014

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
59	Association between prenatal exposure to cooking oil fumes and full-term low birth weight is mediated by placental weight	태아기 COF 노출과 FT-LBW(만기 저체중아)와의 연관성 및 태반의 매개 역할 연구	Hu P	2018
60	Toward a national emission inventory for the catering industry in China	중국인구 1만명당 업체 규모와 배기장치 설치율, 순 제거효율 조사	Jin W	2021
61	ERCC2, ERCC1 polymorphisms and haplotypes, cooking oil fume and lung adenocarcinoma risk in Chinese non-smoking females	DNA 복구 유전자의 단일 뉴클레오타이드 다형성(SNPs)은 폐암의 위험에 영향을 미치는 것으로 추측되어 ERCC2 751, 312와 ERCC1 118 다형성 사이의 연관성과 중국 비흡연 여성의 폐 선암증 위험 조사	Yin Z	2009
62	The precancerous effect of emitted cooking oil fumes on precursor lesions of cervical cancer	COF 실내노출과 자궁경부 전암 병변 영향 사이의 연관성	Lee CH	2010
63	The roles of smoking and cooking emissions in lung cancer risk among Chinese women in Hong Kong	흡연은 비선암종과 더 강하게 연관되어 있는 반면, 조리흡에 대한 노출은 선암종과 비선암종 모두와 관련이 있음	Wang XR	2009
64	Dose-response relationship between cooking fumes exposures and lung cancer among Chinese nonsmoking women	홍콩의 비흡연 여성에게 튀김 요리의 COF에 대한 누적 노출은 폐암 위험을 증가시킬 수 있음	Yu IT	2006

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
65	Chinese food cooking and lung cancer in women nonsmokers	음식을 조리하기 전에 식용유가 고온으로 가열될 때까지 기다리는 습관이 폐암의 일부 원인일 수 있음을 시사	Ko YC	2000
66	Single nucleotide polymorphism in ATM gene, cooking oil fumes and lung adenocarcinoma susceptibility in Chinese female non-smokers: a case-control study	ATM 유전자의 단일 뉴클레오티드 다형성, 환경적 위험인자 및 중국 여성 비흡연자의 폐선암 위험 사이의 연관성을 조사한 결과 COF에 노출된 적이 없거나 거의 없는 개인에서 ATM rs189037 AA 유전자형과 관련된 위험 증가가 있음을 시사	Shen L	2014
67	The relationship of lung cancer with menstrual and reproductive factors may be influenced by passive smoking, cooking oil fumes, and tea intake: A case-control study in Chinese women	월경 및 생식 인자와 폐암 위험의 연관성 조사결과 간접흡연, COF 노출 및 차 섭취 부족은 폐암 위험 증가와 관련 있음	He F	2017
68	Mutagenicity and aromatic amine content of fumes from heated cooking oils produced in Taiwan	부엌에서 발생하는 COF에서 파생된 여러 미확인 돌연변이원, 그중 방광암 발생 물질로 알려진 식용유 연기 속 방향족 아민을 분석한 결과 COF에 대한 노출이 방광암의 병인학에서 중요하지만 통제 가능한 위험 요소일 수 있음을 나타냄	Chiang TA	1999

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
69	Polymorphisms of rs4787050 and rs8045980 are associated with lung cancer risk in northeast Chinese female nonsmokers	RBFOX1에서 두 개의 단일 염기 다형성(SNP: rs4787050 및 rs8045980)은 폐암에 대한 감수성과 유의한 연관성이 있고 COF에 노출되면 폐암 위험이 증가	Li X	2019
70	The effects of cooking oil fume condensates (COFCs) on the vegetative growth of <i>Salvinia natans</i> (L.) All	수서양치류인 <i>Salvinia natans</i> (L.) All.의 영양생장에 대한 COFC의 영향에 대해 논의한 결과 <i>S. natans</i> 는 COFC에 민감했으며 수생 환경에서 COFC 오염을 모니터링하는 잠재적 지표가 될 수 있음	Jiang X	2009
71	Mutagenicity and polycyclic aromatic hydrocarbon content of fumes from heated cooking oils produced in Taiwan	대만에서 자주 사용되는 3가지 시판 COF 샘플을 수집하여 돌연변이 유발성을 분석한 결과 COF에 노출된 여성이 폐암에 걸릴 위험이 높다는 실험적 증거를 제공하고 역학적 관찰 결과를 뒷받침함	Chiang TA	1997
72	Association of MicroRNA-149 Polymorphism with Lung Cancer Risk in Chinese Non-Smoking Female: A Case-Control Study	Rs2292832 Polymorphism과 COF 노출의 연관성 및 두 요인의 곱셈 교호작용을 평가하는 것을 목적으로 하였고 로지스틱 회귀분석 결과 MicroRNA-149 Rs2292832 Polymorphism은 중국 비흡연 여성의 폐암 위험과 관련이 없을 수 있음	Li H	2016

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
73	[CYP1A1 polymorphisms, lack of glutathione S-transferase M1 (GSTM1), cooking oil fumes and lung cancer risk in non-smoking women]	COF 노출은 비흡연 여성 폐암의 위험 요소이며 CYP1A1과 COF 조합은 여성 폐암의 위험을 증가시킴	Zhu XX	2010
74	Association Between Two Polymorphisms in the Promoter Region of miR-143/miR-145 and the Susceptibility of Lung Cancer in Northeast Chinese Nonsmoking Females	비흡연 여성에서 rs3733845 및 rs3733846 다형성이 폐 선암종 위험과 관련이 있을 수 있으며 두 SNP와 COF 노출 사이의 상호작용은 덧셈(addictive) 보다 곱셈(multiplicative) 척도에서 통계적으로 유의	Yang X	2019
75	A Case/Control Study: AGBL1 Polymorphism Related to Lung Cancer Risk in Chinese Nonsmoking Females	rs4513061과 식용유 연기 사이에는 유의미한 상호작용이 없고, rs4513061 다형성과 폐암의 생존 시간 사이에는 유의미한 영향이 관찰되지 않음	Zhang L	2019
76	[Oxidative stress of cooking oil fume on rat type II lung cells]	COF에 노출된 랫드 II형 폐 세포의 산화 스트레스와 손상 사이의 관계 연구 결과 세포 독성 및 DNA 손상이 산화 스트레스와 관련이 있을 수 있음	Pu Y	2002
77	A study on genotoxicity of cooking fumes from rapeseed oil	단기 테스트(Ames테스트, 시험관 내 SCE/V79 및 생체 내 마우스 소핵 테스트)에 의해 조사된 유채기름 조리흙의 유전 독성 가능성에 대한 연구 결과 조리흙에는 돌연변이 활성이 포함	Chen H	1992

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
78	Association Between Four Polymorphisms in IncRNA and Risk of Lung Cancer in a Chinese Never-Smoking Female Population	lncRNA 유전자의 특정 다형성과 폐암 위험 간의 연관성 및 중국 비흡연 여성의 다형성과 COF 노출 사이의 유전자-환경 상호작용에 대한 연구	Gao M	2018
79	Identification of benzo[a]pyrene 7,8-diol 9,10-epoxide N2-deoxyguanosine in human lung adenocarcinoma cells exposed to cooking oil fumes from frying fish under domestic conditions	생선튀김에서 채취한 COF에 의해 유도된 DNA 부가물 형성을 인간의 폐 선암종 CL-2 세포 라인에서 (32)P-postlabeling assay를 사용하여 평가	Yang SC	2000
80	Aging with higher fractional exhaled nitric oxide levels are associated with increased urinary 8-oxo-7,8-dihydro-2'-deoxyguanosine concentrations in elder females	담배연기와 조리흡으로 인한 실내 공기 오염 물질은 산화스트레스와 염증반응을 유발하여 인체에 산화적으로 손상된 DNA를 생성할 수 있음	Hou J	2016
81	Polymorphisms in GEMIN4 and AGO1 Genes Are Associated with the Risk of Lung Cancer: A Case-Control Study in Chinese Female Non-Smokers	계층화된 분석에서 5가지 단일 염기 다형성(SNP)(rs7813, rs2740349, rs2291778, rs910924, rs595961) SNP 모두가 폐 선암종의 위험과 관련이 있는 것으로 보여짐	Fang X	2016

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
82	Single nucleotide polymorphism rs3124599 in Notch1 is associated with the risk of lung cancer in northeast Chinese non-smoking females	비흡연 여성의 폐암 생존 및 위험과의 관계 조사	Quan X	2017
83	Risk factors for primary lung cancer among non-smoking women in Taiwan	배기장치를 사용하지 않을 때 COF 노출은 비흡연 대만 여성에서 폐암을 유발하는 주요한 요인일 수 있음	Ko YC	1997
84	[Risk factors for allergic asthma in a case-control study among adults]	열악한 주거환경, 이불의 일광화 빈도 감소, 거실의 나무 바닥, 실내 COF 오염과 같은 실내 환경적 위험인자가 성인 알레르기성 천식과 관련된 위험인자일 수 있음	Yue W	2004
85	Raw garlic consumption as a protective factor for lung cancer, a population-based case-control study in a Chinese population	생마늘 섭취와 폐암사이의 예방 연관성은 용량-반응 패턴으로 관찰되었으며, 이는 마늘이 잠재적으로 폐암에 대한 화학예방제 역할을 할 수 있음을 시사	Jin ZY	2013
86	Polymorphisms in the H19 gene and the risk of lung Cancer among female never smokers in Shenyang, China	H19 유전자의 rs2107425 다형성은 중국 선양의 비흡연 여성 폐암 위험과 관련이 있음	Yin Z	2018
87	[Meta-analysis of the risk factors on lung cancer in Chinese people]	중국인의 폐암 발병률에 영향을 미치는 주요 요인은 환자, 정신력(3.34), 흡연(3.04), 실내 환경오염(석탄)(3.20), 호흡기 질환의 개인력(2.66), 기타 종양의 가족력, 채소, 과일 섭취 등이 있음	Yao HY	2003

순번	논문제목	주요내용	주저자 및 연도	
88	Exposure to Particles, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, and Nitrogen Dioxide in Swedish Restaurant Kitchen Workers	주방 종사자의 총 먼지, 다환방향족 탄화수소(PAHs), 이산화질소(NO2)에 대한 노출 측정	Lewné M	2017
89	The heterogeneity in risk factors of lung cancer and the difference of histologic distribution between genders in Taiwan	주방에서 흡 환기기를 사용하고 흡이 나온 후 튀길 때까지 기다리는 습관이 여성 편평/소세포암(28.2%)과 선암(4개 7.7%)의 원인으로 확인	Le CH	2001
90	Relation of exposure to environmental tobacco smoke and pulmonary adenocarcinoma in non-smoking women: a case control study in Nanjing	간접흡연, 조리흡, 기타 위험인자에 대한 노출과 폐의 원발성 선암 사이의 관계를 조사하기 위하여 난징 비흡연 여성들의 선암 폐암 사례 연구 수행	Shen XB	1998
91	A case-control study on relationship between body mass index and lung cancer in non-smoking women	BMI가 감소할수록 폐암 위험이 증가하는 것으로 확인되었고 BMI는 비흡연 여성에게 폐암의 위험인자일 수 있음	Xiang Y	1999
92	Meta-analysis of risk factors on lung cancer in non-smoking Chinese female	폐암의 가족력과 비종양성 폐질환의 개인력은 중국 여성 폐암의 가장 중요한 위험인자로 작용할 수 있음	Zhang Y	2001

연구진

연구기관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 김용순 (연구위원, 흡입독성시험부)

연구원 : 라대식 (차장, 흡입독성시험부)

연구원 : 최윤정 (차장, 흡입독성연구센터)

연구원 : 장지영 (대리, 흡입독성시험부)

연구기간

2023. 02. 16. ~ 2023. 11. 30.

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

산업안전보건연구원장

조리흡의 유해성 확인을 위한 실험적 연구방향 도출
(2023-산업안전보건연구원-997)

발행일 : 2023년 12월 31일

발행인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아

연구책임자 : 흡입독성연구센터 연구위원 김용순

발행처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전화 : 042-869-8511

팩스 : 042-869-8693

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

I S B N : 979-11-93642-45-0

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체

조리흡의 유해성 확인을 위한 실험적 연구방향 도출

표지

량데뷰 226g(인쇄용지)

내지

네오스타 미색 80g(인쇄용지)
 저탄소제품 708kg CO₂ eq./ton

환경보호를 위해
 저탄소용지(친환경용지)를
 사용하였습니다.

