

ORIGINAL ARTICLE

육류가공식품의 조리방법에 따른 PAHs 발생 특성에 관한 연구

이병호 · 안유진 · 박동윤 · 변기영 · 김경동 · 이미림¹⁾ · 서정범²⁾ · 박은영³⁾ · 박흥재*

인제대학교 환경공학과, ¹⁾호남대학교 치위생학과, ²⁾㈜누리환경기술센터, ³⁾가천대학교 한의대학

Characteristics of PAH Occurrence during Meat Cooking

Byung ho Lee, Yu Jin An, Dong Yun Park, Gi Young Byun, Kyoung Dong Kim,
Mi Lim Lee¹⁾, Jung Bum Seo²⁾, Eun Young Park³⁾, Heung Jai Park*

Department of Environmental Engineering, Inje University, Gimhae 50834, Korea

¹⁾Department of Dental Hygiene, Honam University, Gwangju 62399, Korea

²⁾Nuri Environmental Technology Center Co., Ltd., Busan 48730, Korea

³⁾College of Korean Medicine, Gachon University, Seongnam 13120, Korea

Abstract

In this study, the concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) were investigated in meat process food and for cooking methods (pan-frying and charcoal fire).

The methodology involved liquid-liquid extraction, silica gel cartridge clean-up and determination by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). The recovery of 17 PAHs spiked into these samples ranged from 66.6 % to 98.0% and the coefficient of variation was less than 10%, but that of dibenz(a,h)anthracene was 16.39%. The mean concentration of total PAHs in processed samples was ND~7.2 ng/g, whereas that pan-fried and charcoal-fired samples were ND~22.1 ng/g and, 12.7~367.8 ng/g, respectively. Therefore, the concentrations of total PAHs in cooked samples were higher than in original samples and charcoal-fired samples had the highest total PAH levels.

Key words : PAHs, Pan-fried, Charcoal fire, Gas chromatography/Mass spectrometry (GC/MS)

1. 서론

산업화와 고도의 경제성장에 따른 연료 소비의 증가로 인한 다량의 오염물질 배출과 유해 화학물질의 사용량 증가에 따라 환경오염이 심화되고 있으며, 건강에 대한 국민들의 관심도 점차 증가하고 있다. 환경 오염물질 중 잔류 시간이 길며, 인체 독성이 강하

여 더욱 문제시 되고 있는 물질을 잔류성 유기오염 물질(persistent organic pollutants, POPs)이라 말하며, 그 중 다환방향족탄화수소류(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)는 2개 이상의 벤젠 고리를 포함하고 있는 유기화합물로 100종류 이상이 환경매체에서 검출되고 있으며, 내분비 계장애 물질이면서 발암 가능 물질로 잔류기간이 길고 독성도 강하여 세계적

Received 13 May, 2016; Revised 8 September, 2016;

Accepted 27 September, 2016

*Corresponding author : Heung Jai Park, Department of Environmental Engineering, Inje University, Gimhae 50834, Korea
Phone : +82-55-320-3418
E-mail : phjenv@yahoo.co.kr

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

으로 관심의 대상으로 분류되고 있다(Hu, 2005; IPCS, 1998; NIER, 2007; Noh et al., 2014).

PAHs의 발생원인은 원유, 화산, 숲의 화재 등으로 인한 자연적 발생원과 화석연료를 사용하는 산업공정, 자동차 연료 및 배출가스, 나무의 연소, 담배 및 그을린 음식 등의 인위적 발생으로 분류할 수 있으며, 인위적 발생원에 의한 오염이 더욱 심각한 것으로 알려져 있다. 가공 식품 중 PAHs 오염원으로는 식품의 고온 조리·가공에서 식품의 주성분인 탄수화물, 지방 및 단백질의 열분해 및 불완전 연소에 기인하는 것으로 알려져 있다(Oh, 2006).

인위적인 환경오염으로 인해 농수산물 및 조리·가공하지 않은 식품에도 존재하며, PAHs의 오염경로는 대기 중의 침착, 토양과 수질에서의 흡착, 생물학적 합성의 세 가지로 알려져 있으며, 대기로 부터의 침착이 주요 오염원으로 알려져 있다(Kim, 2014; Gelboin, 1980).

최근 유럽식품안전청(european food safety authority; EFSA)에서는 PAHs의 허용기준 설정 및 위해평가의 기준으로 4가지 PAHs (benzo(a)pyrene, benzo(a) anthracene, benzo(b)fluoranthene, chrysene)의 최대 허용 한도량을 추가로 규정하고 있다(Kim, 2014). 미국 환경보호국(United States Environmental Protection Agency)에서는 PAHs중 우선대상물질로 16종의 PAHs를 선정하였으며, IARC (international agency for research on cancer)와 IRIS (integrated risk information system)의 발암등급 분류를 하였다(IARC, 2010). 현재 국내에서는 benzopyrene에 대해서만 식품공전에 기준을 설정하여 관리되고 있다(Kim, 2014). 현재 국내 유통되는 식품에 대한 PAHs의 선행 연구는 식용유지, 농산물, 수산물에 대한 연구가 진행되었으며, 육류 가공품 및 조리 방법에 대한 선행 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 생산 및 유통되고 있는 육류 가공품에 대한 PAHs의 농도 수준 및 조리 과정에 의해 PAHs의 농도 수준을 평가함으로써 육류 가공품에 대한 PAHs의 기준 설정 및 관리방안 마련을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 재료 및 실험방법

2.1. 실험재료

본 연구에 사용된 시료는 돼지고기 및 닭고기를 주 원료로 하고 천연색소, 향미증진제 및 발색제가 첨가되어 가공 및 유통 중인 축산물 가공식품 13종(햄, 소시지, 스펀 및 베이컨가공식품)을 대형 마트에서 구입하여 사용하였다. 분석에 사용된 n-hexane과 acetone은 SIGMA-ALDRICH사(U.S.A.)에서 HPLC등급을 구입하여 사용하였고, 17종의 PAHs 표준용액은 AccuStandard사(U.S.A.)에서 구입 후 사용하였으며, 내부표준용액으로 사용한 benzo(a)pyrene-d12, byrene-d10 (Cambridge Isotope Laboratories, Inc., U.S.A.)은 구입 후 희석하여 사용하였다. 분석대상 물질은 naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene, fluorene, anthracene, phenanthrene, benzo(c)phenanthrene, benzo(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene, pyrene, benzo(e)pyrene, benzo(a)pyrene, fluoranthene, chrysene, indeno[1,2,3-cd]pyrene, dibenzo[a,h]anthracene, benzo(g,h,i)perylene 등 17종의 PAHs를 대상으로 하였다.

2.2. 실험방법

PAHs 성분 분석은 13종의 전체 구입 제품에 대해 조리하지 않은 상태에서 농도 분석 하였으며, 또한 일반적으로 생활환경에서 조리방법에 따라 많이 사용되는 제품을 각각 5개의 시료를 임의 선정하여 pan-fried와 charcoal fire 방법으로 시료를 각각 15분간 조리 후 PAHs의 농도를 조사하였다. 시료의 전처리 방법은 알칼리 분해 액-액 추출법으로 Kim et al.(2009)의 연구를 참고로 하였다. 시료 5 g을 삼각 플라스크에 넣고, 1N KOH/에탄올(1:9) 100 mL 첨가 후 2시간 진탕 추출한다(300 rpm, SR-2DS, TAITEC). 진탕한 시료는 GF/C filter로 거른 후 다른 분액깔대기로 용액을 옮기고, 증류수 80 mL와 n-hexane 150 mL를 넣고 10분간 진탕 후 hexane층과 증류수층을 분리하여 증류수층은 n-hexane 50 mL를 더하여 10분간 진탕하고 hexane층은 다른 분액깔대기에 보관한다. 이 과정을 2회 반복하여 생긴 hexane층을 모두 합하여 증류수 100 mL를 더하고 30초 간 진탕 후 증류수층을 제거한다. 이 과정을 한 번 더 반복한다. 그 후 증류수 층을

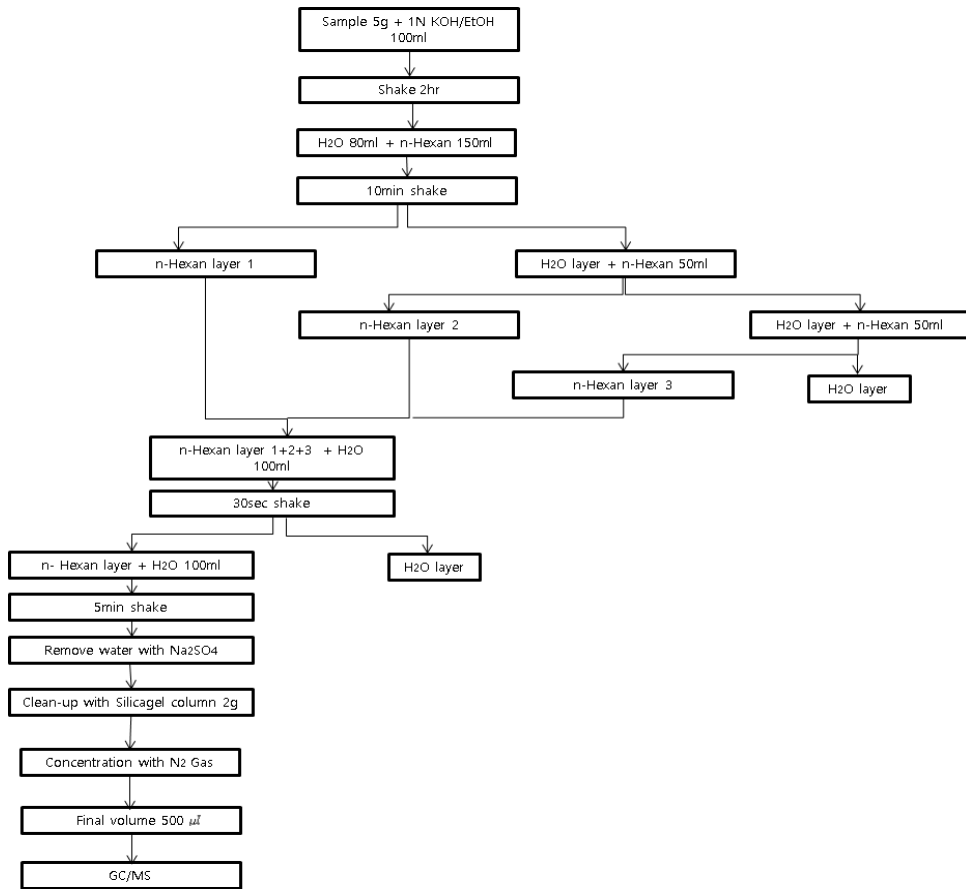


Fig. 1. Extraction and purification processes for the analysis of PAHs in processed meat product.

제거한 hexane층을 Na_2SO_4 2 g에 통과시키고 N_2 gas로 약 5 mL까지 농축시킨다. 농축시킨 시료는 solid phase extraction (SPE) cartridges (Sep-Pak silica cartridge, Waters)로 정제하여 N_2 gas로 총량 500 μL 까지 농축시킨 후 GC/MS(Clarus 500, Perkin Elmer, USA)로 분석하였다(Fig. 1). 마트에서 구입한 13종의 조리되지 않은 가공식품에 17종의 PAHs 표준용액을 spike하여 시료의 전처리와 동일한 방법으로 전처리한 후 회수율을 분석하였다. GC/MS분석 조건은 Table 1에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

내부표준 물질로 정성·정량 분석한 대상물질 17

종 PAHs에 대한 검출한계(limit of detection, LOD), 정량한계(limit of quantification, LOQ) 등은 Table 2에 나타내었다. 검출한계는 검량선을 작성한 후, 표준물질 중 최저농도를 7회 이상 반복 측정된 결과의 표준편차에 3.14(신뢰도 98%, 자유도 6)를 곱한 값을 나타내었으며, 정량한계는 LOD에 3.18을 곱한값으로 나타내었다. 검출한계는 PAHs에 따라 0.04~0.27 ng/ μL 이었고, 정량한계는 0.14~0.87 ng/ μL 을 나타내었으며, 분석의 정밀도를 나타내는 변동계수(coefficient of variation, CV)는 대부분의 PAHs에서는 10% 이하로 나타났으나, Dibenz(a,h)anthracene의 변동계수는 각각 16.39%로 다소 높게 나타났다.

분석의 정확도 검증을 위한 회수율 분석결과 66.6~98.0%를 나타내었으며, 이는 EU (european union)와

Table 1. The analytical conditions of GC/MS

Elements	Condition
GC	PerkinElmer Cluras 500
Detector	MS (PerkinElmer, Cluras 500)
Column	J&W DB-5 ms(60 m × 0.25 mm × 0.25 μm)
Injector Temp.	300 °C
Carrier gas	He, 1.5 mL/min, Constant flow
Split/Splitless	Splitless (20 : 1)
Injection volume	3 μl
Total run time	79.0 min
Oven temperature	Column Initial temperature 70 °C, Hold 5 min 10.0 °C/min to 200 °C, Hold 5 min 5.0 °C/min to 280 °C, Hold 5 min 2.0 °C/min to 320 °C, Hold 15 min MS Inlet line temp 300 °C Source temp 280 °C

EPA (environmental protection agency)의 허용회수율과 비교 시 매우 만족한 값을 나타내었다. 그러나 naphthalene의 경우 66.57%로 가장 낮은 회수율을 나타내었다. 이는 PAHs 중 분자량이 낮고 휘발성이 강

하기 때문에 회수율이 낮은 것으로 판단되며, Kim (2008)의 선행 연구 결과인 naphthalene의 회수율 58.9 ~ 68.4% 와 유사한 경향을 나타내었다. 분석의 정밀도를 나타내는 변동계수는 대부분의 PAHs에서

Table 2. The limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ) and coefficient of variation of each polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)

PAHs	Conc. (ng/μL)							Mean	S.D.	CV (%)	LOD	LOQ
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th					
Naphthalene	0.95	0.94	1.03	1.12	1.18	1.00	1.00	1.03	0.08	7.92	0.26	0.82
Acenaphthylene	0.89	0.89	0.89	0.90	0.87	0.83	0.89	0.88	0.02	2.52	0.07	0.22
Acenaphthene	0.82	0.86	0.87	0.84	0.86	0.88	0.86	0.86	0.02	2.04	0.05	0.17
Fluorene	0.84	0.84	0.89	0.84	0.87	0.89	0.86	0.86	0.02	2.19	0.06	0.19
Phenanthrene	0.86	0.84	0.91	0.88	0.86	0.89	0.83	0.87	0.02	2.86	0.08	0.25
Anthracene	0.64	0.65	0.70	0.70	0.69	0.69	0.66	0.67	0.02	3.45	0.07	0.23
Fluoranthene	0.88	0.88	0.88	0.83	0.86	0.87	0.90	0.87	0.02	2.42	0.07	0.21
Pyrene	0.92	0.92	0.95	0.93	0.95	0.94	0.96	0.94	0.01	1.46	0.04	0.14
Benzo(c)phenanthrene	0.93	0.92	0.97	0.95	0.91	0.97	0.91	0.94	0.03	2.87	0.08	0.27
Benzo(a)anthracene	0.80	0.80	0.76	0.75	0.80	0.80	0.73	0.78	0.03	3.42	0.08	0.26
Chrysene	0.94	0.93	0.94	0.91	0.94	0.94	0.98	0.94	0.02	2.04	0.06	0.19
Benzo(b)fluoranthene	0.69	0.72	0.69	0.68	0.65	0.73	0.64	0.69	0.03	4.38	0.09	0.30
Benzo(e)pyrene	0.85	0.86	0.85	0.88	0.93	0.86	0.88	0.87	0.02	2.83	0.08	0.25
Benzo(a)pyrene	0.80	0.76	0.83	0.79	0.78	0.75	0.81	0.79	0.02	3.16	0.08	0.25
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0.67	0.64	0.67	0.64	0.59	0.63	0.63	0.64	0.03	4.18	0.08	0.27
Benzo(g,h,i)perylene	0.71	0.77	0.70	0.68	0.72	0.72	0.72	0.72	0.02	3.40	0.08	0.24
Dibenz(a,h)anthracene	0.54	0.43	0.43	0.70	0.57	0.53	0.52	0.53	0.09	16.39	0.27	0.87

Table 3. The recovery, coefficient of variation and linearity of each of the 17 PAHs spike to samples

PAHs	Recovery (%)	CV (%)	Linearity (R ²)
Naphthalene	66.57±4.17	6.3	0.999
Acenaphthylene	71.49±4.23	5.9	0.999
Acenaphthene	72.48±6.64	9.2	0.999
Fluorene	79.53±4.35	5.5	0.999
Phenanthrene	89.42±0.42	0.5	0.999
Anthracene	86.77±1.47	1.7	0.999
Fluoranthene	94.43±3.55	3.8	0.998
Pyrene	90.90±4.18	4.6	0.999
Benzo(c)phenanthrene	93.54±1.34	1.4	0.999
Benz(a)anthracene	98.04±0.08	0.1	0.999
Chrysene	97.10±1.86	1.9	0.997
Benzo(b)fluoranthene	76.44±6.24	8.2	0.999
Benzo(e)pyrene	97.69±0.59	0.6	0.999
Benzo(a)pyrene	95.93±1.09	1.1	0.996
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	74.62±2.18	2.9	0.997
Benzo(g,h,i)perylene	91.21±0.87	1.0	0.999
Dibenz(a,h)anthracene	84.8±0.56	0.7	0.998

는 10% 이하를 나타내었다. 또한 이들 모두 내부 표준 물질을 사용한 검량선 작성시 0.99 이상의 상관계수를 나타내었다(Table 3).

육류 가공식품(13종)과 조리 방법(pan-fried, charcoal fire)에 대한 17가지 PAHs의 개별 및 총 농도는 Table 4에 나타내었다. 대상 시료로 선정된 육류 가공품 13종 중 5종류의 시료에서 PAHs가 검출되었으며, 총 PAHs의 농도는 0.6~7.2 ng/g의 농도 분포를 나타내었다. PAHs 개별 농도는 naphthalene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benzo(c)phenanthrene, benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(e)pyrene, benzo(a)pyrene, indeno[1,2,3-cd]pyrene, dibenzo[a,h]anthracene, benzo(g,h,i)perylene은 검출되지 않았으며, acenaphthylene의 경우 ND~1.0 ng/g, acenaphthene은 ND~7.0 ng/g, fluorene은 ND~4.2 ng/g, phenanthrene은 ND~2.1 ng/g 이 검출되었다. 또한 육류 가공 식품의 조리 과정에서 PAHs의 생성 가능성이 있는 pan-fried 으로 조리한 임의 선정된 5종류의 시료 중 한 종류의 시료에서만 17종의 PAHs가

검출되지 않았고, 나머지 4종류의 시료에서 PAHs가 검출되었다. 총 PAHs의 농도는 ND~22.1 ng/g의 농도 분포를 나타내었다. pan-fried 으로 조리시 17종의 PAHs 중 naphthalene, fluorene, phenanthrene, anthracene, benzo(c)phenanthrene, fluoranthene, benzo(b)fluoranthene, benzo(a)pyrene이 검출되었고 나머지 PAHs는 검출되지 않았다. 특히 naphthalene의 경우 ND~14.6 ng/g 의 농도 분포로 가장 높게 검출되었다. Kang(2015)은 육류를 pan-fried 조리시 동일 온도 조건에서 조리시간이 증가할수록 PAHs의 농도가 증가하는 것으로 보고하였다. 이는 탄수화물, 단백질, 지질 등을 함유하고 있는 육류 및 육류 가공식품은 가열 조리과정에서 PAHs 농도가 증가되는 것을 알 수 있었다. 또한 조리과정 불꽃이 직접 닿은 charcoal fire의 경우 모든 시료에서 PAHs가 검출되었으며, 12.7~367.8 ng/g의 총 PAHs의 농도 분포를 나타내었다. PHAs 개별 농도는 acenaphthene, chrysene, indeno[1,2,3-cd]pyrene, benzo(g,h,i)perylene은 검출되지 않았으나, naphthalene의 경우 3.8~29.2 ng/g,

Table 4. The concentration of PAHs in processed meat product (unit : ng/g)

Sample NO.	Naphthalene	Acenaphthylene	Acenaphthene	Fluorene	Phenanthrene	Anthracene	Fluoranthene	Pyrene	Benzo(c)phenanthrene	Benzo(a)anthracene	Chrysene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(e)pyrene	Benzo(a)pyrene	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	Dibenzolanthracene	Benzo(g,h,i)perylene	Total
Raw sample 1	ND	ND	7.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7.0
Raw sample 2	ND	ND	1.9	0.4	0.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.2
Raw sample 3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Raw sample 4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Raw sample 5	ND	ND	ND	0.4	1.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.3
Raw sample 6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Raw sample 7	ND	1.0	ND	4.2	2.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7.2
Raw sample 8	ND	ND	ND	0.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.6
Raw sample 9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Raw sample 10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Raw sample 11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Raw sample 12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Raw sample 13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pan-fried 1	9.8	ND	ND	0.7	0.3	0.1	0.6	ND	0.2	ND	ND	0.6	ND	ND	ND	ND	ND	12.3
Pan-fried 2	13.3	ND	ND	1.0	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	ND	0.9	ND	ND	ND	15.6
Pan-fried 3	14.0	ND	ND	ND	0.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	14.6
Pan-fried 4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pan-fried 5	14.6	ND	ND	1.1	3.9	0.2	1.5	0.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	22.1
Charcoal fire 1	18.4	6.5	ND	6.5	43.3	8.2	28.1	25.1	0.4	1.8	ND	1.2	1.1	ND	ND	ND	ND	140.6
Charcoal fire 2	18.7	2.9	ND	5.4	30.2	5.8	29.0	34.2	1.1	8.3	ND	5.2	4.6	3.6	ND	0.6	ND	149.6
Charcoal fire 3	12.2	ND	ND	0.2	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	12.7
Charcoal fire 4	3.8	ND	ND	5.1	9.4	1.7	4.3	4.0	ND	ND	ND	0.2	ND	ND	ND	0.1	ND	28.6
Charcoal fire 5	29.2	60.1	ND	21.8	88.8	21.8	55.0	68.9	2.5	12.1	ND	3.9	2.9	0.8	ND	ND	ND	367.8

acenaphthylene은 ND~60.1 ng/g, fluorene은 0.2~21.8 ng/g, phenanthrene은 0.3~88.8 ng/g, anthracene은 ND~21.8 ng/g, fluoranthene은 ND~55.0 ng/g, pyrene은 ND~68.9 ng/g, benzo(c)phenanthrene은 ND~2.5 ng/g, benzo(a)anthracene은 ND~12.1 ng/g, benzo(b)fluoranthene은 ND~5.2 ng/g, benzo(e)pyrene은 ND~4.6 ng/g, benzo(a)pyrene은 ND~3.6 ng/g, dibenzo[a,h]anthracene은 ND~0.6 ng/g의 농도 분포를 나타내었다. Kang(2015)의 연구에 따르면 육류에 불꽃이 직접 닿는 oven-roasted 조리에서 PAHs의 발생 농도가 pan-fried 보다 증가하는 것으로 보고하였다. 이는 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다. 2개 이상의 벤젠 고리를 갖고 있으며, 유기물의 불완전 연소에 의해 부산물로 발생하는 물질인 PAHs의 경우 식품에서는 조리·가공시에 탄수화물, 단백질, 지질 등이 고온의 조리과정에 의해 분해 및 탄화되어 생성되는 것으로 보고하였다(Kim, 2009). 이는 본 연구에서는 육류 가공품의 조리과정에서 가열 온도가 증가하는 pan-fried 및 불꽃이 직접 닿는 charcoal fire의 조리과정에서 원시료보다 PAHs 농도가 증가하는 경향을 나타내었다. 더욱이 불꽃이 직접 접촉되는 charcoal fire 조리과정의 경우, pan-fried 조리법에 비해 확연한 농도 증가 현상을 나타내었다. PAHs 중 특히 benzo(a)pyrene의 경우 IARC에서 인체발암물질인 Group 1로 규정되어 있으며(IARC, 2010), Kang(2015)의 보고에 따르면 조리 온도 및 시간이 증가함에 따라 PAHs 생성량 또한 높아졌으며, 특히 benzo(a)pyrene의 경우 인체 노출 기여도(93.8%)가 식품이 주요 노출 기여요인으로 작용하며, 식품섭취로 인해 인체에 노출되는 정도가 높기 때문에 원재료 뿐만 아니라 식품의 조리 과정 중 생성되는 PAHs의 양을 저감화 하는것이 중요하다고 보고하였다. 따라서 최근 식습관의 변화로 육류 및 육류 가공식품의 섭취 비율 증가로 인해 PAHs 화합물의 인체 노출 비율 또한 증가 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

돼지고기 및 닭고기를 주원료로 하여 국내에서 생산 및 유통되고 있는 육류 가공식품 13종에 대해

PAHs의 농도 수준 평가하고, 조리과정(pan-fried, charcoal fire)에 따라 PAHs 농도 증가 유무를 살펴보았다. 대상 시료로 선정된 육류 가공품 13종 중 5종류의 시료에서 PAHs가 검출되었으며, 총 PAHs의 농도는 0.6~7.2 ng/g의 농도 분포를 나타내었다.

불꽃이 직접 닿지 않고 온도 가열하는 방법으로 조리한 pan-fried의 PAHs 농도는 임의 선정된 5종류의 육류 가공품 중 한 종류의 시료에서만 17종의 PAHs가 검출되지 않았고, 나머지 4종류의 시료에서 PAHs가 검출되었다. 총 PAHs의 농도는 ND~22.1 ng/g의 농도 분포를 나타내었다. 불꽃이 직접 닿는 charcoal fire 방법으로 조리한 시료의 경우 임의의 선정한 5개 제품군에서 모두 PAHs 성분이 검출되었으며, 농도 범위는 12.7~367.8 ng/g로 나타나 원시료와 pan-fried에서의 농도 범위보다 월등히 높은 농도 수준을 보이고 있어 직화에 의한 조리방법이 PAHs의 발생을 원시료 및 pan-fried에 비해 급격히 증가시키는 것으로 나타났다. 따라서 육류 및 육류가공 식품의 조리 시 PAHs의 발생을 줄이는 조리 방법을 선택해야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 각 육류가공식품의 PAHs 대한 제품 특성을 보고자한 것이 아니라 조리과정(pan-fried, charcoal fire)에 따른 일반적인 특성을 보고자 것으로 써, 평균적으로 육류가공식품의 PAHs 농도는 조리과정(원재료 > pan-fried > charcoal fire)에 따라 점차 증가하는 특성을 나타내었다. 각 제품에 대한 PAHs 특성은 추후 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Kang, Y. O., 2015, Factors that influence formation of polycyclic aromatic hydrocarbons in meat products, MS Thesis, Dongguk University, Seoul.
- Kim, M. H., 2009, Monitoring of PAHs contents in marine products, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Cheongju.
- Kim, M. W., 2014, Analysis of PAHs amounts in vegetable oils sold at domestic market, MS Thesis, Chung-Ang University, Seoul.
- Kim, S. S., 2008, Monitoring and dietary risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs) in

- agricultural products and environments in Korea, Ph. D. Dissertation, Kangwon National University, Kangwon.
- Gelboin, H. V., 1980, Benzo(a)pyrene metabolism, activation, and carcinogenesis: Role and regulation of mixed-function oxidases and related enzymes, *Physiol. Rev.*, 60, 1107-1166.
- Hu, S. J., 2005, Carcinogenic risk assessment and comparison of contamination pattern by construction of analytical method of polycyclic aromatic hydrocarbons in foods, Ph. D. Dissertation, Sung Shin Women's University, Seoul.
- International Agency for research on cancer(IARC), 2010, IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures, International Agency for Research on Cancer, Lyon, France.
- International Programme on Chemical Safety(IPCS), 1998, Environmental health criteria 202, selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons.
- National Institute of Environment Research(NIER), 2007, Establishment of the soil quality standards for organic pollutants (II).
- Noh, H. J., Yoon, J. K., Yun, D. G., Yu, S. Y., Kim, T. S., Lee, J. Y., 2014, The influence of land use on the concentration levels and distribution characteristics of polycyclic aromatic Hydrocarbons(PAHs) in Korea, *J. Soil Groundw. Environ.*, 19(6), 59-71.
- Oh, N. S., 2006, Methods development for analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetable and fruits and their risk assessment, MS Thesis, Kyung Hee University, Seoul.
- US Environmental Protection Agency(EPA), 1999, U.S. EPA method TO-13A polycyclic aromatic hydrocarbons.