

## 훈제식육식품 중 벤조피렌 함량 분석 및 안전성 평가

조현경 · 김미혜<sup>1</sup> · 박성국<sup>1</sup> · 신한승\*

동국대학교 식품생명공학과 및 Lotus기능성식품소재연구소, <sup>1</sup>식품의약품안전평가원 오염물질과

### Analysis of Benzo[a]pyrene Content and Risk Assessment

Hyoun-Kyoung Cho, Meehye Kim<sup>1</sup>, Sung-Kug Park<sup>1</sup>, and Han-Seung Shin\*

Department of Food Science and Biotechnology and Institute of Lotus Functional Foods Ingredients,  
Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

<sup>1</sup>Food Contaminants Division, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Cheongwon 363-951, Korea

#### Abstract

The content of benzo[a]pyrene from 69 smoked meat products commonly consumed in Korean food market was analysed with high performance liquid chromatography. Smoked meat products including smoked chicken, pork, turkey and duck were saponified, extracted and cleaned up to analyze the benzo[a]pyrene content. As a result of analysis from smoked meat products, the mean benzo[a]pyrene content was 0.42 µg/kg and the highest content of benzo[a]pyrene was 2.87 µg/kg detected in smoked chicken product. All somked meat products contained benzo[a]pyrene below the limit regulated by Korean Food and Drug Administration (KFDA). Exposure assessment of benzo[a]pyrene from smoked meat products ingestion was calculated by using National Health and Nutrition Survey (NHNS). The estimated lifetime average daily intake of benzo[a]pyrene was 0.187 ng/kg bw/d. Margin of exposure of benzo[a]pyrene was ranged from 1,657,754 to 3,957,219.

**Key words:** benzo[a]pyrene, smoked meat product, risk assessment, margin of exposure

#### 서 론

다환방향족탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbons; PAHs)는 2개 이상의 벤젠고리 구조를 가진 화합물로서 자연계에 폭넓게 분포되어 있으며 장기간 존재한다(Howsam *et al.*, 2000). 이들은 화산이나 숲, 주택 등의 화재, 자동차 배기가스 등에 의해 생성되기도 하며, 공장과 폐수처리장에서 흐른 지표수에도 존재한다(Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1995). 다수의 PAHs가 발암성을 가진다고 알려져 있으며, 이에 United States Environmental Protection Agency(US EPA)에서 PAHs 중 우선대상 물질로 16종의 PAHs를 선정하였고, Codex 및 JECFA(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)의 위해평가에 발암가능물질로 우선순위목록에 포함

되어 있다. 또한 International Agency for Research On Cancer (IARC)의 경우에는 benzo[a]pyrene을 group 1(carcinogen to human)으로 분류하는 등 PAHs에 대해 지속적인 관리를 하고 있다(IARC, 2007). 다양한 PAHs 중 인체 발암물질로 가장 잘 알려진 benzo[a]pyrene은 연황색의 결정체로 체내에 유입되면 산화되어 독성을 나타내는 물질(Gelboin, 1980)로 장기 노출 시 폐암(Hecht, 1999), 위암, 피부암, 췌장암, 대장암, 유방암(Bekim and David, 2006) 등을 유발할 수 있다. 이에 benzo[a]pyrene은 PAHs 중 가장 많은 연구가 진행된 물질로 Scientific Committee on Food(SCF)에서는 식품에서 benzo[a]pyrene이 발암성 PAHs를 판단하는 지표로서 작용할 수 있다고 판단하였다(SCF, 2002). 식품의 benzo[a]pyrene은 건조와 훈제 등의 가공과정과, 높은 온도에서의 굽거나 튀기는 조리과정 중에 많이 생성되는 것으로 알려져 있다(Guillén *et al.*, 1997; Phillips, 1999). 그 중 훈제는 benzo[a]pyrene의 주 오염원으로 추정되며 훈제식육제품의 풍미적 특성을 향상시킬 수 있는 조리방법으로 사용되어 왔다(Lorenzo *et al.*, 2010).

European Union(EU)은 2005년 이후로 훈제식육과 훈제

\*Corresponding author: Han-Seung Shin, Department of Food Science and Biotechnology and Institute of Lotus Functional Foods Ingredients, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea. Tel: 82-2-2260-8590, Fax: 82-2-2290-1352, E-mail: spartan@dongguk.edu

식품 제품, 훈제어육의 근육과, 훈제어육 제품에 대해 benzo[a]pyrene의 농도를 5.0 µg/kg으로 제한하고 있다 (Commission regulation (EC), 2005). 한국에서도 2010년 식품의약품안전청에서 훈제식품에 대해 benzo[a]pyrene 함량을 5.0 µg/kg으로 규제하고 있다(KFDA, 2010). 그렇지만 현재까지 국내에서의 훈제식품 중 benzo[a]pyrene 함량에 대한 모니터링 및 안전성평가 연구자료가 거의 없고, benzo[a]pyrene에 대한 인체노출평가가 제대로 이루어지지 않고 있다.

따라서, 본 연구에서는 국내에서 유통되고 있는 훈제식품 중 benzo[a]pyrene에 대한 오염실태를 파악하였으며, 훈제식품의 섭취를 통한 benzo[a]pyrene의 만성1일인체노출량(lifetime average daily intake)을 평가하였으며 인체노출량결과와 benzo[a]pyrene의 발암력을 고려하여 margin of exposure(MOE)를 산출하여 위해평가를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시약 및 재료

본 연구에서 사용된 훈제식품은 훈제된 오리, 치킨, 칠면조, 돼지 등의 제품이며, 지역 슈퍼마켓에서 구입하여 사용 전까지 -27°C에서 냉동 보관하였다. Benzo[a]pyrene과 3-methylcholanthrene 표준물질은 Supelco(Bellefont, USA)사에서 구매하였으며, 표준용액은 표준물질을 HPLC급 acetonitrile에 녹여 제조하였다. 무수황산나트륨(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)은 Merck(Germany)사에서 구매하였으며, 수산화칼륨(KOH)은 Sigma-Aldrich(USA)사에서, PTFE membrane filter(0.45 µm)는 Macherey-Nagel(Germany)로부터 구매하였다. 정제를 위해 사용된 Sep-Pak florasil, silica gel, acidic alumina, basic alumina, neutral alumina cartridge는 Waters(USA)사로부터 사용하였다. 실험에 사용된 모든 유기용매는 Burdick & Jackson(USA)사의 HPLC등급을 사용하였다.

### 훈제식품에서의 benzo[a]pyrene 추출 및 정제

훈제식품 중에서 benzo[a]pyrene을 검출하기 위하여 식품의약품안전청에서 제시하는 분석방법을 이용하였다. 시료로부터 benzo[a]pyrene을 추출하고, 분석에 방해가 되는 물질을 제거하기 위해 5g의 균질화된 시료를 둥근바닥 플라스크에 넣고 내부표준물질인 5 µg/kg 3-methylcholanthrene 1 mL spike한 뒤 1 M KOH ethanol 100 mL를 넣어 가열추출기에서 80°C로 3시간 알칼리 분해 시켰다. 분해 후 신속히 냉각한 다음 *n*-hexane 50 mL를 환류냉각기를 통하여 넣어주고, ethanol:*n*-hexane(1:1)용액 50 mL를 이용하여 분액여두에 옮겼다. 분액여두에 50 mL의 증류수를 넣고 진탕시켜 물층과 *n*-hexane층으로 분리시킨 후 *n*-hexane층을 분리하여 다른 분액여두에 담아두고 물층에 *n*-hexane 50 mL를 넣어 추출하는 과정을 두 번 반복하여

얻은 *n*-hexane층을 모두 합쳤다. *n*-hexane층을 증류수 50 mL로 3회 세척한 후 무수황산나트륨을 통과시켜 탈수시키고, 용출된 용액을 회전감압농축기를 사용하여 35°C에서 2 mL까지 농축하였다. 정제 컬럼으로 florasil cartridge를 이용하여 하였으며, 정제 컬럼은 dichloromethane 10 mL와 *n*-hexane 20 mL로 활성화 한 후 사용하였다. 활성화된 정제 컬럼에 시험용액을 가하여 *n*-hexane 5 mL와 *n*-hexane: dichloromethane(3:1) 15 mL로 차례로 용출시켰다. 정제가 끝난 용출액은 37°C에서 건조한 후 잔사를 acetonitrile로 녹여서 전량을 1 mL로 하여 이를 0.45 µm PTFE membrane filter로 통과시켜 고성능액체크로마토그래피/형광검출기(HPLC/FLD)로 정량하였다.

### Benzo[a]pyrene 분석을 위한 HPLC/FLD 조건

훈제식품 중 benzo[a]pyrene의 분석을 위해 사용된 HPLC는 Dionex U3000(USA)을 사용하였으며 FLD는 Waters 474 scanning fluorescence detector (Waters, USA)를 사용하였다. Benzo[a]pyrene분석을 위한 컬럼은 Supelcosil LC-PAH column(25 cm×4.6 mm, i.d. particle size 5 µm, Supelco, USA)을 사용하였으며 분석조건은 Table 1과 같다.

### 인체노출량 평가

훈제식품섭취를 통한 benzo[a]pyrene의 인체노출량 평가는 발암물질의 인체노출평가 방법에 준하여 실시하였다. 훈제식품에 의한 benzo[a]pyrene의 만성1일 인체노출량 계산에 사용된 수식은 다음과 같다.

$$\text{만성1일 인체노출량}(\mu\text{g/kg/d}) = \frac{\text{CF}_i \times \text{IR}_i \times \text{ED}}{\text{BW} \times \text{AT}}$$

CF<sub>i</sub> : 식품(i)중 benzo[a]pyrene 농도(µg/kg)

IR : 식품(i)의 1일평균섭취량(ingestion rate, g/d)

ED : 노출기간(exposure duration, year)

BW : 체중(body weight, kg)

AT : 평균수명기간(averaging time, year)

식품 섭취율은 2005년 국민건강영양조사보고서 중 성인(20-64세)의 1일 평균식이 섭취량(Ministry of health & welfare,

**Table 1. Condition for HPLC analysis of benzo[a]pyrene in food**

Column	Supelcosil LC-PAH column (25 cm×4.6 mm, particle size 5 µm)	
Flow rate	1 mL/min	
Injection vol.	20 µL	
Solvent system	Acetonitrile(%)	H <sub>2</sub> O(%)
	80	20
Wavelength	Excitation (nm)	Emission (nm)
	294	404

2006)을 활용하였으며, 평균체중은 63.3 kg을 적용하였다.

**Margin of exposure 산출**

훈제식육식품을 통한 benzo[a]pyrene의 인체노출로부터 발생할 수 있는 위해성에 대한 평가를 위해 식품 중 발암 물질의 위해평가에 사용되는 margin of exposure(MOE)를 이용하였으며 사용된 수식은 다음과 같다.

$$MOE = \frac{\text{Benchmark dose (mg/kg bw/day)}}{\text{인체노출량 (mg/kg bw/day)}}$$

Benchmark dose(BMD)는 mice를 대상으로 한 실험에서 위상부암이 관찰된 자료(WHO, 2006)를 근거로 0.31-0.74 mg/kg bw/d, 즉 310-740 µg/kg bw/d를 훈제식육식품 중 benzo[a]pyrene을 평가하기 위한 값으로 결정하였다.

**결과 및 고찰**

**시험법 validation**

Benzo[a]pyrene 농도가 0.25, 2, 5, 10 µg/kg인 표준용액에 내부표준물질이 5 µg/kg 들어있게 하여 희석된 표준용액을 시료에 첨가하여 회수율, 직선성, limit of detection (LOD), limit of quantification(LOQ)을 확인하였으며 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 시료를 통해 얻어진 benzo[a]pyrene의 회수율은 98.60%로 시료에 첨가한 대부분의 benzo[a]pyrene이 회수된 것으로 나타내었으며, benzo[a]pyrene과 내부표준물질의 피크에 대한 면적비를 Y축으로 하고 benzo[a]pyrene의 농도를 X축으로 하여 검량선을 구한 결과 R<sup>2</sup>값이 0.995로 나타나 benzo[a]pyrene분석에 적절한 수준을 보였다. LOD와 LOQ는 signal to noise ratio에 의해 결정되었다. LOD는 signal to noise ratio가 3:1인 농도로, LOQ는 signal to noise ratio가 9:1인 농도로 계산한 결과 LOD, LOQ는 각각 0.03, 0.09 µg/kg으로 benzo[a]pyrene분석에 적합한 것으로 나타났다. 정확성 및 정밀성은 일간, 일내로 분리하여 Table 3에 나타내었다. 하루에 반복적인 작업을 3회 실시하여 도출된 일내 정확성은 99.70%로 나타났고, 정밀성은 4.70%로 나타났다. 또한, 3일 동안 반복적인 작업을 실시하여 얻은 일간 정확성은 104.34%였으며, 정밀성은 3.68%로 나타났다. 일반적으로 정확성은 80-120% 이내이고, 정밀성은 상대표준편차가 15% 이내여야 하는데 일간, 일내 모두에서 만족할만한 수준을 보였다. 회수율, 직선성, LOD 및 LOQ, 정확성 및 정밀성 등 모

**Table 2. Recovery, linearity, limits of detection (LOD) and limits of quantification (LOQ) of benzo[a]pyrene analysis**

	Recovery	R <sup>2</sup>	LOD (µg/kg)	LOQ (µg/kg)
Benzo[a]pyrene	98.60%	0.995	0.03	0.09

**Table 3. Accuracy and precision for benzo[a]pyrene analysis**

Benzo[a]pyrene concentration (µg/kg)	Intraday		Interday	
	Accuracy <sup>a</sup> (%)	CV <sup>b</sup> (%)	Accuracy (%)	CV (%)
0.25	98.62	6.41	105.10	1.10
2	98.40	3.11	92.39	8.28
5	99.03	8.57	111.41	4.29
10	102.74	0.72	104.16	1.06

<sup>a</sup>Accuracy = [1 - (mean concentration measured-concentration spiked)/concentration spiked] × 100

<sup>b</sup>CV (Coefficient of variation) = (standard deviation/mean) × 100

든 validation 결과로 생각해 볼 때 사용된 시험법은 훈제식육식품에서 benzo[a]pyrene을 분석하기에 적합한 것으로 나타났다.

**훈제식육식품 중 benzo[a]pyrene 오염도**

훈제식육식품의 benzo[a]pyrene 오염도 파악을 위하여 시중에 유통되는 훈제식육식품 69종을 구입하여 benzo[a]pyrene의 농도를 분석하였다. 사용된 시료는 훈제된 오리, 칠면조, 돼지, 치킨 등이며 benzo[a]pyrene함량 분석 결과와 크로마토그램을 Table 4와 Fig. 1에 각각 나타냈다. 훈제식육식품 중 benzo[a]pyrene의 검출 범위는 불검출-2.87 µg/kg 이었으며, 평균 농도는 0.42 µg/kg이었다. Garca Falcn 등(1996)의 연구에 따르면 스페인에서 유통되는 훈제식육식품 15종의 benzo[a]pyrene 함량을 조사한 결과 평균 0.02 µg/kg가 검출되었으며, Jira(2010)의 연구에 따르면 독일에서 유통되는 113개의 훈제식육식품을 분석한 결과 평균 0.03 µg/kg의 benzo[a]pyrene이 나타났다. 하지만 Lorenzo 등(2010)이 스페인 전통 훈제소세지를 분석한 결과에 따르면 두 종류의 소시지에서 각각 0.38, 0.49 µg/kg의 평균 benzo[a]pyrene이 나타났으며, Dijinovic 등(2008)에 따르면 세르비아에서 유통되는 식육식품을 구입하여 3주간 훈제시킨 후 benzo[a]pyrene 오염도를 평가한 결과 평균 농도는 0.63 µg/kg으로 나타나 본 연구와 비슷한 결과값을 보였다. 한국에서도 훈제식육식품의 benzo[a]pyrene 함량에 대한 연구결과가 존재한다. Seo 등(2009)의 연구에 따르면 3종류의 훈제식육식품에서 benzo[a]pyrene을 검출한 결과 0.720-2.027 µg/kg의 범위로 나타났으며, Hu 등(2010)에 따르면 훈연소세지, 훈연햄 등에서는 benzo[a]pyrene이 검출되지 않았고 훈제치킨에서만 0.2 µg/kg의 benzo[a]pyrene이 검출되었다.

훈제식육식품의 benzo[a]pyrene 농도는 시료의 지방함량, 훈제연기에 노출정도, 훈제연기의 조성, 훈제시간 등의 변수에 따라 변할 수 있기 때문에(Ilze *et al.*, 2008; Karl *et al.*, 1996; Ova *et al.*, 1998; Reinik *et al.*, 2007; Simko, 2005; Varlet *et al.*, 2007) 비슷한 종류의 시료에서 benzo[a]pyrene 농도는 많은 차이가 나타난 것으로 판단된

**Table 4. Benzo[a]pyrene content analysis of smoked meat products from Korean market<sup>1)</sup>**

Sample No.	Food type	Benzo[a]pyrene <sup>a</sup> (µg/kg)	Sample no.	Food type	Benzo[a]pyrene (µg/kg)
1	Chicken	2.03±0.17	36	Duck	0.13±0.01
2	Chicken	0.11±0.00	37	Duck	0.28±0.22
3	Chicken	ND	38	Duck	ND
4	Chicken	0.78±0.03	39	Duck	0.26±0.16
5	Chicken	2.83±0.16	40	Duck	0.28±0.17
6	Chicken	0.11±0.02	41	Duck	ND
7	Chicken	0.43±0.05	42	Duck	ND
8	Chicken	0.35±0.10	43	Duck	0.44±0.07
9	Chicken	2.87±0.49	44	Duck	0.39±0.01
10	Chicken	0.10±0.01	45	Duck	0.21±0.00
11	Chicken	ND	46	Duck	ND
12	Chicken	0.10±0.01	47	Duck	0.38±0.08
13	Chicken	0.25±0.01	48	Duck	0.30±0.17
14	Chicken	0.18±0.07	49	Duck	0.11±0.02
15	Chicken	0.55±0.01	50	Duck	0.13±0.03
16	Chicken	0.17±0.01	51	Duck	0.57±0.22
17	Chicken	0.19±0.01	52	Duck	0.22±0.07
18	Chicken	ND	53	Duck	0.21±0.10
19	Chicken	1.06±0.02	54	Duck	0.87±0.06
20	Chicken	0.42±0.05	55	Duck	0.21±0.00
21	Chicken	0.27±0.01	56	Duck	0.19±0.10
22	Chicken	0.95±0.41	57	Duck	0.18±0.04
23	Chicken	ND	58	Duck	0.12±0.01
24	Pork	0.25±0.12	59	Duck	1.20±0.18
25	Pork	0.19±0.01	60	Turkey	ND
26	Pork	0.31±0.04	61	Turkey	ND
27	Pork	0.39±0.03	62	Turkey	0.55±0.05
28	Pork	1.94±0.07	63	Skewer	0.13±0.01
29	Pork	ND	64	Skewer	1.65±0.05
30	Pork	0.38±0.07	65	Ham	0.27±0.00
31	Pork	1.14±0.19	66	Ham	ND
32	Duck	0.39±0.02	67	Ham	ND
33	Duck	0.32±0.09	68	Bacon	ND
34	Duck	0.14±0.06	69	Sausage	0.20±0.09
35	Duck	0.27±0.07			

<sup>1)</sup>Data represent the mean and standard deviation of three analysis per treatment (n=3).

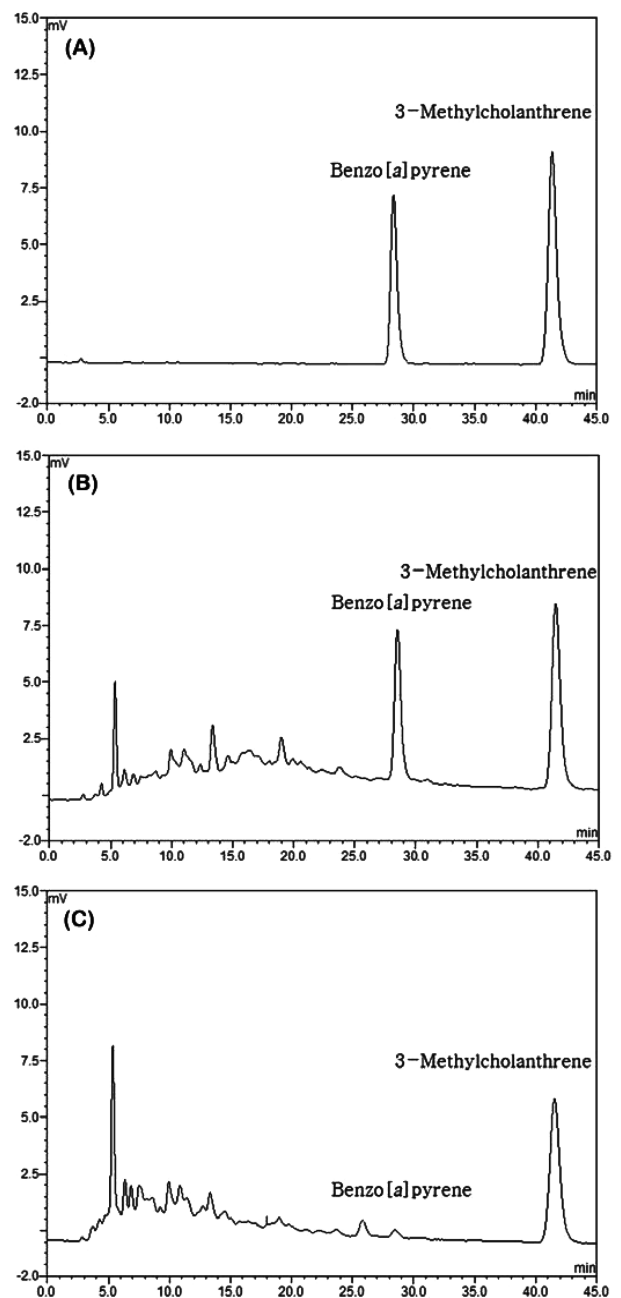
ND : not detected

<sup>a</sup>Limit of detection is 0.03 µg/kg

다. 식품의약품안전청에서는 국내에서 유통되는 훈제식육 식품 중 benzo[a]pyrene의 농도를 5.0 µg/kg 이하로 제한하고있으며, 본 연구의 결과 얻어진 훈제식육식품중의 평균 benzo[a]pyrene 농도는 0.42 µg/kg으로 안전한 수준이었으며 모든 시료가 benzo[a]pyrene의 기준규격에 부합되었다.

#### 인체노출량 평가

본 연구에서 인체노출량은 훈제식육식품을 통한 성인기의 benzo[a]pyrene 노출량을 근거로 평가하였다. 만성1일



**Fig. 1. HPLC chromatograms of benzo[a]pyrene for (A) standard, (B) spiked sample and (C) sample.**

인체노출량을 산출하기위해 일정기간에 대한 노출을 평생 노출로 고려하였으며, 만성1일인체노출량은 노출연령층에 대한 평균 체중과 평균 식품섭취량을 benzo[a]pyrene의 오염도에 적용하여 얻은 값의 1일 노출량으로 산출한 값이다. 계산된 훈제식육식품에서의 benzo[a]pyrene 총 노출량은 0.187 ng/kg bw/d로 나타났다(Table 5). 닭고기에 대한 노출량이 0.087 ng/kg bw/d로 가장 높은 기여도를 보였으며 돼지고기 중 삼겹살(pork belly)에 대한 기여도가 0.086 ng/kg bw/d로 닭고기와 거의 차이가 나지 않았다. 베이컨에서는 benzo[a]pyrene이 검출되지 않았으며, 칠면조에서

**Table 5. Estimated daily intake of benzo[a]pyrene from smoked meat products**

Source of exposure		Average contaminated level ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Food intake (g/d)	Estimated daily exposure to benzo[a]pyrene (ng/d)	Estimated daily intake (ng/kg-B.W./d)
Duck	Duck	0.28	1.4	0.3	0.003
Chicken	Chicken, Chicken breast	0.59	16.7	9.9	0.087
Pork	Skewer, Pork	0.55	1.2	0.7	0.006
	Pork belly	0.77	12.6	9.7	0.086
	Ham	0.15	2.1	0.3	0.003
Bacon	Bacon	ND	0.1	-	-
Sausage	Sausage	0.2	1.3	0.3	0.002
Turkey	Turkey	0.18	0	-	-

ND : not detected

는 0.18  $\mu\text{g}/\text{kg}$  수준으로 검출되었으나 1일 평균섭취량이 0 g/d로 나타나 노출량이 없는것으로 계산되었다. Joint FAO/WHO Expert committee on Food Additives(JECFA)의 문헌에 따르면 많은 국가들에서 benzo[a]pyrene의 노출량은 1-2  $\mu\text{g}/\text{d}$  미만으로 보고되었으며(JECFA *et al.*, 2006), Reink 등(2007)은 에스토니아의 어린이들이 평균적으로 6.9 ng/d의 benzo[a]pyrene을 훈제 햄과 소시지를 통해 섭취한다고 보고하였다. 또한 The European Food Safety Authority (EFSA)에 따르면 유럽국가들의 benzo[a]pyrene 노출량은 0.24-0.39  $\mu\text{g}/\text{d}$ 로 알려져 있어 우리나라 훈제식육식품을 통한 노출량은 매우 낮은 수준으로 평가된다.

### MOE 산출

Benzo[a]pyrene의 위해도 산출을 위하여 benzo[a]pyrene의 위상부암에 대한 benchmark dose lower limit(BMDL) 값인 0.31-0.74 mg/kg bw/d를 reference point로 설정하고 인체노출량평가로부터 산출된 만성1일 인체노출량 0.187 ng/kg B.W./d를 이용하여 MOE를 구하였다. 산출된 MOE값은 1,657,754-3,957,219 수준으로 나타났다. Committee on carcinogenicity of chemicals in food, consumer products and the environment (COC)에 따르면 MOE가 10,000 이하일 경우 possible concern으로, 10,000-1,000,000 사이를 low concern으로, 1,000,000보다 클 경우를 negligible concern으로 표기하고 있다. 따라서 훈제식육식품을 통한 MOE값은 무시해도 좋을만한 수준으로 판단된다.

### 요 약

훈제식육식품을 통한 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)의 대표독성물질인 benzo[a]pyrene의 위해도를 판단하기위해 시중에 유통되는 69개의 훈제식육식품을 통한 위해성을 평가하였다. 사용된 훈제식육식품은 훈제 치킨, 오리, 칠면조, 돼지 등이며 benzo[a]pyrene의 검출범위는 불검출-2.87  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었고 평균 농도는 0.42  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 나타났다. 2005 국민건강영양조사를 참고하여 만성1일인체노출

량을 평가한 결과 훈제식육식품을 통한 노출량은 총 0.187 ng/kg B.W./d로 나타났다. 위해도 산출을 위하여 benzo[a]pyrene의 위상부암에 대한 BMDL값인 0.31-0.74 mg/kg B.W./d와 만성1일인체노출량을 이용하여 MOE를 구한결과 MOE는 1,657,754-3,957,219 수준으로 나타났다. Benzo[a]pyrene의 오염도는 식품의약품안전청에서 제시하는 기준규격인 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  이하로 나타나 훈제식육식품을 통한 benzo[a]pyrene의 노출정도는 안전한것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 2010년도 식품의약품안전청 용역연구개발사업의 연구개발비 지원(10162식품안007)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/TP.asp?id=122&tid=25>. Accessed Sep. 10, 2011.
2. Bekim, S. and David, I. R. (2006) Benzopyrene exposure disrupts DNA methylation and growth dynamics in breast cancer cells. *Toxicol. Appl. Pharm.* **216**, 458-468.
3. Commission regulation (EC) (2005) Amending Regulation (EC) No 466/2001 as regards polycyclic aromatic hydrocarbons. *Official J. EU* **208**, 3-5.
4. Committee on carcinogenicity of chemicals in food, consumer products and the environment. Annual report 2007. Available from: <http://cot.food.gov.uk/pdfs/cocsection07.pdf>. Accessed Sep. 10, 2011.
5. Djinovic, J., Popovic, A., and Jira, W. (2008) Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different types of smoked meat products from Serbia. *Meat Sci.* **80**, 449-456.
6. Garca Falcn, M. S., Gonzlez Amigo, S., Lage Yusty, M. A., Lpez de Alda Villaizn, M. J., and Simal Lozano, J. (1996) Enrichment of benzo[a]pyrene in smoked food products and determination by high-performance liquid chromatography-

- fluorescence detection. *J. Chromatogr. A.* **753**, 207-215.
7. 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.
  8. Guillén, M. D., Sopelana, P., and Partearroyo, M. A. (1997) Food as a source of polycyclic aromatic carcinogens. *Rev. Environ. Health* **12**, 133-146.
  9. Hecht, S. S. (1999) Tobacco smoke carcinogens and lung cancer. *J. Natl. Cancer I.* **91**, 1194-1210.
  10. Howsam, M., Jones, K. C., and Ineson, P. (2000) PAHs associated with the leaves of three deciduous tree species. I - Concentrations and profiles. *Environ. Pollut.* **108**, 413-424.
  11. Hu, S., Jin, S., Lee, K., and Choi, D. (2010) Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in processed foods. *Anal. Sci. Technol.* **23**, 196-204.
  12. International Agency for Research Agency for Cancer (2007) Smokeless tobacco and some tobacco-specific N-Nitrosamines. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans Vol. 89, Lyon, France.
  13. Ilze, S., Vadims, B., Agnese, K., and Andris, M. (2008) Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood. *Food Chem.* **110**, 794-797.
  14. Jira, W. (2010) Polycyclic aromatic hydrocarbons in German smoked meat products. *Eur. Food Res. Technol.* **230**, 447-455.
  15. Joint FAO/WHO Expert committee on Food Additives. Safety evaluation of certain contaminants in food. Food Additive Series 55. Available from: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241660554\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241660554_eng.pdf). Accessed Sep. 10, 2011.
  16. Karl, H. and Leinemann, M. (1996) Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fishery products from different smoking kilns. *Z. Lebensm. Unters. For.* **202**, 458-464.
  17. Korea Food and Drug Administration (2010) Korean Food Standards Codex 2010, Seoul, Korea.
  18. Lorenzo, J. M., Purrios, L., Fontn, M. C. G., and Franco, D. (2010) Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in two Spanish traditional smoked sausage varieties: "Androlla" and "Botillo". *Meat Sci.* **86**, 660-664.
  19. Ministry of Health & Welfare (2006) The Third Korea National Health & Nutrition Examination Survey (KNHANES III), 2005 - Nutrition Survey (II), Seoul, Korea.
  20. Ova, G. and Onaran, S. (1998) Polycyclic aromatic hydrocarbons contamination in salmon-trout and eel smoked by two different methods. *Adv. Food Sci.* **20**, 168-172.
  21. Panel on Contaminants in the Food Chain (2008) Polycyclic aromatic hydrocarbons in food. Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA J.* **724**, 1-114.
  22. Phillips, D. H. (1999) Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet. *Mutat. Res.* **443**, 139-147.
  23. Reinik, M., Tamme, T., Roasto, M., Juhkam, K., Tenno T., and Kiis, A. (2007) Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in meat products and estimated PAH intake by children and the general population in Estonia. *Food Addit. Contam.* **24**, 429-437.
  24. Scientific Committee on Food (2002) Opinion of the scientific committee on food on the risks to human health of polycyclic aromatic hydrocarbons in food. SCF/CS/CNTM/PAH/29 Final, Brussels, Belgium.
  25. Seo, I., Nam, H., Lee, S., Lee, K., and Shin, H. S. (2009) Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked food products. *Food Eng. Progr.* **13**, 195-202.
  26. Simko, P. (2005) Factors affecting elimination of polycyclic aromatic hydrocarbons from smoked meat foods and liquid smoke flavorings. *Mol. Nutr. Food Res.* **49**, 637-647.
  27. United States Environmental Protection Agency. International Risk Information System (IRIS) : Benzo[a]pyrene (BaP) CASRN 50-32-8. Available from: <http://www.epa.gov/iris/subst/0136.htm>. Accessed Sep. 10, 2011.
  28. Varlet, V., Serot, T., Monteau, F., Le Bizec, B., and Prost, C. (2007) Determination of PAH profile by GC-MS/MS in salmon by processed by four cold-smoking techniques. *Food Addit. Contam.* **24**, 744-757.
  29. World Health Organization. Evaluation of certain food contaminants. Available from : [http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_930\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_930_eng.pdf). Accessed Sep. 10, 2011.

---

(Received 2011.11.13/Accepted 2011.12.13)