

곡류, 두류, 서류 및 그 가공품 중 다환 방향족 탄화수소 (polycyclic aromatic hydrocarbons) 화합물 함량

김희연* · 정소영 · 소유섭 · 박성수 · 이은주 · 서정혁 · 이윤동 · 최우정 ·
김정수¹ · 엄지윤 · 박희옥² · 진명식² · 김동술³ · 하상철⁴ · 이종욱⁵

식품의약품안전청 식품안전평가부 식품오염물질과, ¹두산 R&D센터 식품안전연구팀,
²조선대학교 식품의약학과, ³식품의약품안전청 연구기획조정담당관실,
⁴대구미래대학 제과제과학과, ⁵경인지방식품의약품안전청 시험분석실

Concentration of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Cereals, Pulses, Potatoes, and their Products

Hee-Yun Kim*, So-Young Chung, Yo-Sub Sho, SeongSoo Park, Eun-Ju Lee, Jung-Hyuk Suh,
Yun-Dong Lee, Woo-Jeong Choi, Jung-Soo Kim¹, Ji-Yoon Eom, Hui-Og Park²,
Myeong-Sig Jin², Dong-Sul Kim³, Sang-Chul Ha⁴, and Jong-Ok Lee⁵

Food Contaminant Division, Food Safety Evaluation Department, Korea Food and Drug Administration

¹Doosan R&D Center, Food Safety Research Team

²Department of Food and Drug, Chosun University

³Research Planning and Management Office, KFDA

⁴Department of Confectionary Decoration, Daegu Mirae College

⁵Test & Analytical Lab. Gyungin Regional KFDA

Estimation of concentrations of PAHs [benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, dibenzo(a,h)anthracene, benzo(g,h,i)perylene, indeno(1,2,3-c,d)pyrene] in cereals, pulses, potatoes, and their products available in Korean markets gave mean levels of 0.13, 0.08, 0.06, 0.03, 0.08, 0.15, 0.45, and 0.14 µg/kg, respectively, with recoveries between 82.6-106.6%. Methodology involved saponification and extraction with *n*-hexane, purification on Sep-Pak Florisil cartridges, and high performance liquid chromatography using a fluorescence detector.

Key words: PAHs, cereals, pulses, potatoes, contaminants

서 론

도시의 산업화가 급격히 진행됨에 따라 다양한 오염물질이 대기 중으로 방출되고 있으며 오염물질의 배출농도가 증가할수록 대기 침적에 의한 토양, 수질오염이 심화될 수 있다. 따라서 농산물, 어패류 등 각종 식품 등에 이행될 가능성이 매우 높아지고 있는 실정이다.

다양한 오염물질 중 다환방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)는 석탄, 석유 등과 같은 화석연료의 사용, 쓰레기 등의 불완전 연소 및 자동차 매연 등에 의해 생성하게 되어 공기, 물, 토양 및 먹이사슬에 상당량 존재한다(1). PAHs

는 지방 함량이 높은 식품에 많이 축적되며 생식품에는 일반적으로 함량이 낮고 굵기, 튀김, 볶음 등의 조리·가공과정, 식품첨가제 및 포장재에 의해 그 함량이 증가할 수 있다(2). 특히 PAHs중 benzo(a)pyrene은 단일종으로도 발암성을 일으킬 수 있는 대표적인 물질 중의 하나로 거의 모든 실험동물에서 가능한 모든 경로를 통해 암을 일으키는 물질로 주목되고 있다.

한편, 식품 중의 PAHs에 대한 국가별 기준 및 규격을 보면, EU에서는 식품에 사용하는 유제품, 어류 및 훈연된 어류에 대하여 최대 허용치를 benzo(a)pyrene으로 2.0 µg/kg, 영유아 식품에 대하여 1.0 µg/kg, 훈연 육류 및 훈연 육가공품, 이매패류를 제외한 훈연 어류, 연체류, 두족류 및 관련 훈연제품 등에 대하여 5.0 µg/kg, 이매패류에 대하여 10.0 µg/kg 등으로 설정하여 운영하고 있으며(3), 오스트리아, 체코, 스위스, 이태리, 슬로바키아 등에서도 같은 기준을 설정하고 있다. FAO/WHO 합동 식품첨가물 전문가위원회(The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)에서는 smoking flavoring agent에 대하여 10 µg/kg을 초과하지 않도록 규격을 정하고 있다.

*Corresponding author: Hee-Yun Kim, Food Safety Evaluation Department, Korea Food and Drug Administration, 5 Nokbun-dong, Eunpyung-gu, Seoul 122-704, Korea
Tel: 82-2-380-1669
Fax: 82-2-380-1359
E-mail: pmheekim@kfda.go.kr

한편, 식품에 들어 있는 PAHs의 추출을 위해서는 saponification, sonication, soxhlet, SFE(supercritical fluid extraction) 및 SPE(solid phase extraction)등의 방법이, 정제를 위해서는 LLE(liquid-liquid extraction), column chromatography, TLC(thin layer chromatography), GPC(gel permeation chromatography) 및 Sep-Pak Florisil cartridge 등의 방법이 사용되며, 정량을 위해서는 HPLC(UV 혹은 fluorescence), GC(MS 혹은 FID) 등의 방법이 제시되고 있다(4-7).

현재 우리나라의 경우에는 PAHs에 대한 기준 및 규격이 없는 실정으로 국제적 조화를 위하여 식품 중 benzo(a)pyrene의 기준 및 규격을 설정할 필요성이 제기될 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 우리나라에서 유통되는 곡류, 두류, 서류 및 그 가공품에 함유된 PAHs의 함량을 조사하여 향후 정책자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 시약

전국 대도시에서 생산, 유통되고 있는 곡류, 두류, 서류 및 그 가공품 총 200건을 대상 시료로 하였다. 8종의 PAHs 각각의 표준원액과 혼합표준원액은 Chem. Service(USA)에서 구입하여 조제 및 희석하여 사용하였다. 시약 *n*-hexane, dichloromethane, methanol, acetonitrile, N,N-dimethylformamide 등은 HPLC용 또는 잔류농약용(Merck Co., Germany)을 사용하였으며, potassium hydroxide(Wako Co., Japan)와 sodium sulfide nonahydrate(Sigma Co., USA)를 사용하였다. 또한 Sep-Pak Florisil Vac Cartridge 3 cc/500 mg(Waters Co., USA)은 dichloromethane 10 mL와 *n*-hexane 20 mL로 활성화시킨 후 사용하였다.

분석 대상 물질

PAHs의 분석 대상 물질은 benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, dibenzo(a,h)anthracene, benzo(g,h,i)perylene, indeno(1,2,3-c,d)pyrene의 8 종이었다.

PAHs 정량을 위한 표준 검량 곡선 작성

표준용액의 조제: HPLC-FL의 검량선 작성에 사용된 표준용액은 200 mL 정용플라스크에 PAHs 혼합표준원액(200 mg/kg)을 취하여 acetonitrile로 정용하여 1 mg/L 농도로 조제하였다. 이를 단계별로 희석하여 0.01, 0.1, 1, 10, 50, 100, 200 µg/kg의 혼합표준용액을 조제하고 농도별로 분석하여 검량선을 작성하였다.

시료 중 PAHs 함량 분석

시료 중 PAHs 추출 및 정제: 시료 30 g을 칭량하고 2 M KOH 용액(KOH in methanol/water = 9 : 1, v/v) 100 mL과 sodium sulfate 2 g을 가하여 2시간 동안 환류냉각장치를 연결한 수조(70°C)에서 가열한 후 *n*-hexane 100 mL를 넣어 추출하여 증류수 100 mL로 냉각하였다. 이를 하루 정치한 후 *n*-hexane 층을 취하여 회전감압농축기(35°C, 수욕상)를 사용하여 용매를 거의 제거하였다. 농축액을 Sep-Pak Florisil Cartridge로 정제하고 *n*-hexane 10 mL와 *n*-hexane/dichloromethane(3 : 1, v/v) 8 mL로 차례로 용출시켰다(8,9,10). 정제가 끝난 용출액은 질소가스(35°C, 수욕상)로 농축한 후 잔사를 acetonitrile로 녹여 전량을 1 mL로 하여 이를 0.45 µm membrane filter를 통과시켜 HPLC용 시험용액으로 사용하고 GC/MSD용 시험용액

Table 1. Operating conditions for analysis of PAHs by GC/MSD

Column	DB-5MS (0.25 mm×60 m×0.25 µm)
Carrier gas	He 1.0 mL/min, constant flow
Injector	Autosampler at 250°C, splitless
Injection Volume	2 µL
Oven temp	180°C (5 min) → 2°C/min → 220°C (5 min) → 5°C/min → 270°C (5 min) → 10°C/min → 300°C (15 min)
Ionization Mode	EI
Source Temp	130
Ionization Energy	70 eV

Table 2. Detection limits of each PAHs in samples

PAHs(Abbreviation)	Detection limit (µg/kg)	Coefficient correlation
Benzo(a)anthracene (BaA)	0.1	0.9993
Chrysene (Chry)	0.02	0.9993
Benzo(b)fluoranthene (BbF)	0.01	0.9993
Benzo(k)fluoranthene (BkF)	0.01	0.9991
Benzo(a)pyrene (BaP)	0.02	0.9992
Dibenzo(a,h)anthracene (DBahA)	0.01	0.9989
Benzo(g,h,i)perylene (BghiPer)	0.10	0.9993
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene (IP)	0.30	0.9996

은 동일한 과정을 거쳐 정제한 후 잔사를 *n*-hexane으로 녹여 사용하였다.

식품에 대한 첨가 회수율 시험: 식품 30 g을 취하여 100 µg/L의 혼합표준용액 1 mL를 가한 뒤 시료와 동일한 과정으로 추출, 정제, 농축하여 시험하였다.

시료 중 PAHs 함량 분석: 시료 중 PAHs 함량은 HPLC(Waters 510, USA)로 분석하였다. 사용한 column은 Supelcosil LC-PAH(25 cm×4.6 mm)이었고 fluorescence detector(Waters 470, USA)를 사용하여 254 nm/390 nm(Ex/Em)에서 18분간 측정 한 후 260 nm/420 nm에서 12분간, 293 nm/498 nm에서 5분간 PAHs 함량을 측정하였다. 이동상은 gradient systems으로 80% acetonitrile에서 20분 후 100% acetonitrile이 되도록 하였고 flow rate는 1 mL/min이었다. PAHs의 확인은 GC/MS(HP6890-5973 MSD)를 사용하여 Table 1의 조건에서 하였다(11,12).

결과 및 고찰

대상식품에서 검출된 8가지 PAHs의 머무름시간은 표준물질의 머무름시간과 일치하였으며 각각의 PAHs에 대한 회수율은 82.6-106.6%(평균 95.9%)이었으며, 검출한계는 PAHs에 따라 차이는 있으나 0.007-0.2 µg/kg 수준이었다. 또한 이들 모두 검량선 작성시 0.999 이상의 상관계수를 나타내었다(Table 2).

곡류, 두류, 서류 및 그 가공품 중 PAHs 함량

연구 조사된 총 200건의 시료에 대한 8가지 PAHs의 개별 및 총함량은 Table 3에 나타내었으며 HPLC 분석결과 크로마토그램과 이들을 GC-MS로 확인한 크로마토그램은 Fig 1, 2에서 보는 바와 같다.

이들 식품 중 8가지 총 PAHs의 평균 함량은 1.11 µg/kg이었으며 개별 PAHs 함량은 benzo(a)anthracene 0.13 µg/kg, chrysene

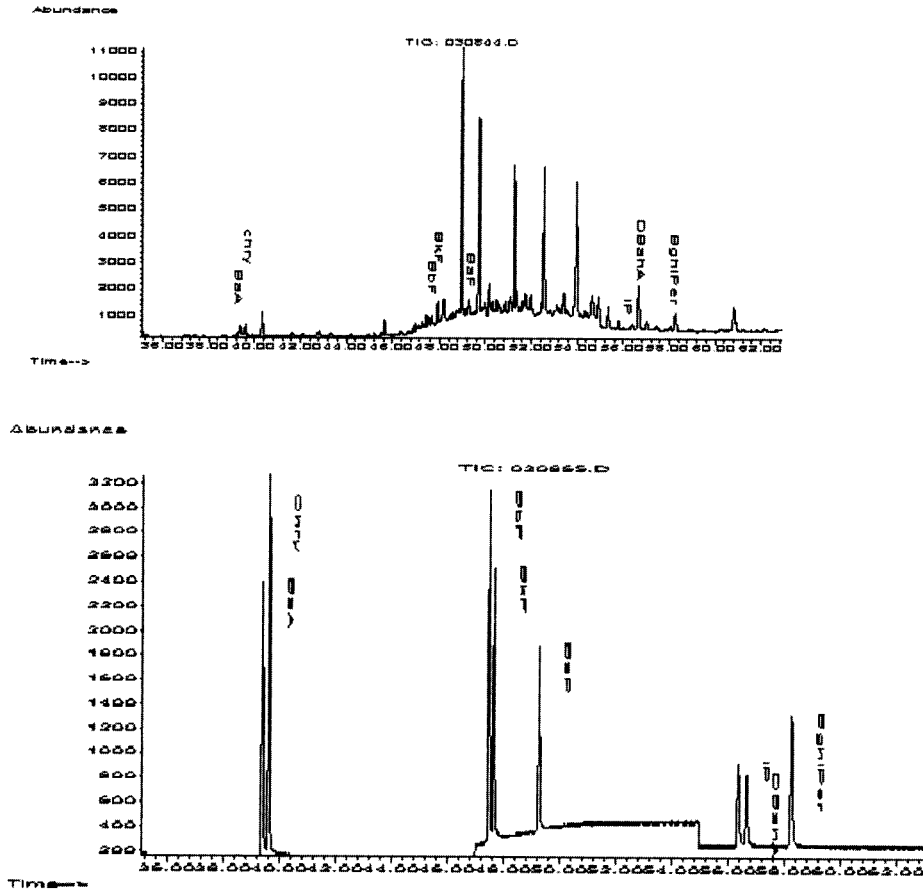


Fig 1. HPLC chromatograms of PAHs in french fries.

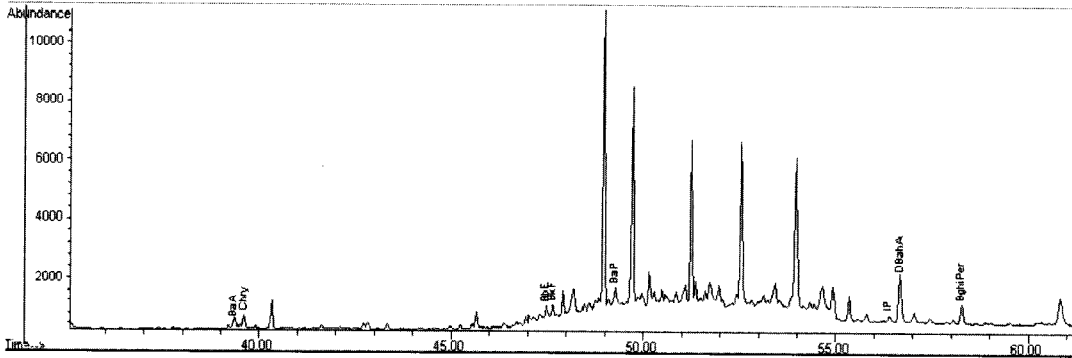


Fig 2. GC chromatograms of PAHs in french fries.

0.08 $\mu\text{g}/\text{kg}$, benzo(b)fluoranthene 0.06 $\mu\text{g}/\text{kg}$, benzo(k)fluoranthene 0.03 $\mu\text{g}/\text{kg}$, benzo(a)pyrene 0.08 $\mu\text{g}/\text{kg}$, dibenzo(a,h)anthracene 0.15 $\mu\text{g}/\text{kg}$, benzo(g,h,i)perylene 0.45 $\mu\text{g}/\text{kg}$, indeno(1,2,3-c,d)pyrene 0.14 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었다. 식품별 총 PAHs의 평균 함량을 비교해 보면 아침식사용 씨리얼, 과자류, 국수, 감자칩 순으로 높게 나타났으며, 이 중 총 PAHs 함량이 가장 높게 나타난 아침식사용 씨리얼의 경우 총 PAHs 함량 6.10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 중 benzo(g,h,i)perylene의 함량이 4.94 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 높은 분포를 보였다. 아침식사용 씨리얼은 사용한 원재료의 도정도가 낮은 경우 PAHs 함량이 높게 나타나는 것으로 보고되고 있어(13,14) 이에 대한 추후 연구가 필요한 것으로 사료된다. 반면 쌀이나 찹쌀, 보리, 포장밥, 밀가루, 감자 등에서는 PAHs 함량이 낮게 나타났다. Dennis 등 (13)은 밀가루와 빵에서의 PAHs 함량이 유사하고 빵의 부위에

따른 PAH 함량 차이가 없어 빵을 오븐에서 굽는 등 조리과정에서 PAHs가 생성되지 않는 것으로 사료된다고 보고하였다. 우리나라의 빵 및 과자류 중 PAHs 함량은 각각 0.63 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 3.25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 영국의 결과(빵 0.82 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 과자류 4.30 $\mu\text{g}/\text{kg}$)와 비교해 볼 때 다소 낮은 수준이었으며 과자류가 식빵 등에 비해 PAHs 함량이 더 높게 나타나는 것은 식물성 식용유가 PAHs 함량을 증가시키기 때문으로 사료된다(13,15).

곡류, 두류, 서류 및 그 가공품 중 벤조피렌 함량

이들 식품 중 벤조피렌 함량은 전체 평균 0.08 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 햄버거(0.50 $\mu\text{g}/\text{kg}$), 국수(0.47 $\mu\text{g}/\text{kg}$), 과자류(0.27 $\mu\text{g}/\text{kg}$) 중 벤조피렌 함량이 높게 나타났다. 감자칩, 라면, 고구마, 감자튀김, 아침식사용 씨리얼, 보리에서 소량의 벤조피렌이 검출되었으나

Table 3. Concentrations of PAHs in cereals, pulses, potatoes, and their products

(Unit: µg/kg)

Food Category	Commodity	No. of sample	BaA	Chry	BbF	BkF	BaP	DBahA	BghiPer	IP	Total
Cereals and their products	Rice	10	0.23 (ND) ¹⁾ -2.28)	1.19 (ND-1.86)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.41 (ND-4.14)
	Glutinous rice	10	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)
	Barley	11	0.08 (ND-0.89)	0.00 (ND-ND)	0.02 (ND-0.19)	0.00 (ND-0.02)	0.02 (ND-0.09)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.13 (ND-0.89)
	Corn	5	0.06 (ND-0.28)	0.11 (ND-0.56)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.17 (ND-0.84)
	Wheat flour	5	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)
	Instant boiled rice	5	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)
	Breakfast cereals	10	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.02 (ND-0.19)	0.00 (ND-0.03)	0.05 (ND-0.46)	0.00 (ND-ND)	4.94 (ND-21.54)	1.10 (ND-8.92)	6.10 (ND-21.54)
	Dried confectioneries	9	0.45 (ND-2.06)	0.19 (ND-0.75)	0.12 (ND-0.35)	0.03 (ND-0.12)	0.27 (ND-1.74)	0.86 (ND-2.86)	1.08 (ND-4.50)	0.27 (ND-1.55)	3.25 (ND-9.69)
Potatoes and their products	Sweet potatoes	10	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.06 (ND-0.55)	0.74 (ND-7.40)	0.00 (ND-ND)	0.20 (ND-1.97)	0.99 (ND-9.92)
	Potatoes	10	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)
	French fries	9	0.09 (ND-0.51)	0.23 (ND-0.81)	0.09 (ND-0.59)	0.00 (ND-0.04)	0.05 (ND-0.25)	0.11 (ND-1.03)	0.16 (ND-1.25)	0.19 (ND-1.44)	0.93 (ND-3.81)
	Potato chips	12	0.05 (ND-0.33)	0.08 (ND-0.69)	0.03 (ND-0.20)	0.01 (ND-0.06)	0.08 (ND-0.46)	0.53 (ND-3.62)	1.15 (ND-5.75)	0.31 (ND-1.03)	2.25 (ND-7.39)
Beans and their products	Pulses	10	0.07 (ND-0.70)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.04 (ND-0.35)	0.15 (ND-1.48)	0.25 (ND-1.48)
	Bean curd (Tofu)	11	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)
Cakes and Breads	Rice cakes	9	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)
	Cakes	5	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.01 (ND-0.05)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.01 (ND-0.05)
	Loaf bread	5	0.08 (ND-0.39)	0.28 (ND-1.42)	0.19 (ND-0.93)	0.08 (ND-0.40)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.63 (ND-3.15)
Noodles	Noodles	10	0.87 (ND-4.33)	0.59 (ND-3.22)	0.41 (ND-2.09)	0.25 (ND-1.25)	0.47 (ND-2.44)	0.07 (ND-0.66)	0.08 (ND-0.78)	0.08 (ND-0.75)	2.80 (ND-14.61)
	Instant noodles	12	0.01 (ND-0.11)	0.00 (ND-ND)	0.05 (ND-0.42)	0.01 (ND-0.06)	0.08 (ND-0.58)	0.44 (ND-2.77)	1.09 (ND-9.62)	0.30 (ND-1.34)	1.98 (ND-13.53)
	Chinese noodles	5	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.02 (ND-0.05)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.02 (ND-0.05)
	Pasta	5	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)
Fast foods	Pizza	5	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)
	Frozen pizza	5	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.03 (ND-0.17)	0.02 (ND-0.10)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.00 (ND-ND)	0.05 (ND-0.27)
	Hamburger	12	0.63 (ND-5.77)	0.12 (ND-1.15)	0.23 (ND-2.35)	0.12 (ND-1.18)	0.50 (ND-5.18)	0.10 (ND-1.19)	0.04 (ND-0.49)	0.08 (ND-0.93)	1.81 (ND-18.25)
Total	200	0.13 (ND-5.77)	0.08 (ND-3.22)	0.06 (ND-2.35)	0.03 (ND-1.25)	0.08 (ND-5.18)	0.15 (ND-7.40)	0.45 (ND-21.54)	0.14 (ND-8.92)	1.11 (ND-21.54)	

¹⁾ND: Not detected.

쌀, 찰쌀, 포장밥, 떡, 옥수수, 밀가루, 스파게티, 빵, 케익, 냉동 피자, 피자, 두류 및 두부, 감자, 당면등에서는 벤조피렌이 검출되지 않았다. 한편, 외국의 연구결과 쌀, 밀가루에서 벤조피렌이 다소 검출되기도 하였다(13,19,20). 아침식사용 씨리얼의

경우 불검출-0.46 µg/kg(평균 0.05 µg/kg)으로 조사되어 미국(0.02-0.30 µg/kg)(13), 영국(0.04-0.32 µg/kg)(13,21), 캐나다(불검출-0.80 µg/kg)(19)와 유사한 것으로 나타났다. 고구마 중 벤조피렌 평균 함량은 0.06 µg/kg으로 미국(0.17 µg/kg)(16)보다 다소 낮았다.

후렌치후라이의 경우 불검출-0.25 µg/kg(평균 0.05 µg/kg)으로 미국(0.22 µg/kg)(16)보다 다소 낮게 나타났다.

PAHs 섭취량

2001 국민건강·영양조사(22)에 의하면 우리나라 국민의 1인 1일 곡류, 두류, 서류 및 그 가공품의 평균 섭취량은 364.5 g으로 조사되었다. 이들 식품 중 벤조피렌 등 총 PAHs 함량 결과와 1인 1일 평균 섭취량을 토대로 산출한 우리나라국민이 이들 식품을 통해 섭취하는 1일 PAHs 섭취량은 404.6 ng, 벤조피렌 섭취량은 29.2 ng으로 이는 네덜란드(PAHs 1870 ng, 벤조피렌 120 ng)(17)나 영국(PAHs 490 ng, 벤조피렌 75 ng)(21) 국민이 이들 식품을 통해 섭취하는 1일 PAHs 섭취량에 비해 낮은 수준이었다. 다른 나라의 결과에 의하면, 곡류와 식물성 식용유가 벤조피렌 및 PAHs 섭취의 주요 급원이며 개별 PAHs 함량이 가장 높은 것은 식물성 식용유지인 반면, 곡류 및 가공품은 개별 PAHs 함량이 높지는 않지만 식품 섭취량이 많으므로 PAHs의 주요 급원으로 알려져 있다(15,17,21). 국내 유통되는 식품 중 PAHs 함량 자료가 아직 미비하여 전체 식이로 인한 PAHs 섭취량 중 본 조사의 대상시료로 인한 PAHs 섭취량이 차지하는 비율을 정확히 추정하지는 못하였으나 식품 섭취량을 살펴보면 이들 식품의 섭취량이 전체 식품 섭취량의 약 28%를 차지하므로 PAHs 섭취비율은 상당할 것으로 사료된다.

요 약

곡류, 서류, 두류 및 그 가공품 총 200건을 대상으로 benzo(a)pyrene 등 8개 PAHs 화합물에 대하여 분석하였다. 시료 중 PAHs 화합물을 *n*-hexane으로 추출한 후 Sep-Pak Florisil cartridge로 정제한 후 HPLC-fluorescence로 분석하였다. 분석한 대상식품 중 PAHs 평균 함량은 각각 benzo(a)anthracene 0.13 µg/kg, chrysene 0.08 µg/kg, benzo(b)fluoranthene 0.06 µg/kg, benzo(k)fluoranthene 0.03 µg/kg, benzo(a)pyrene 0.08 µg/kg, dibenzo(a,h)anthracene 0.15 µg/kg, benzo(g,h,i)perylene 0.45 µg/kg, indeno(1,2,3-c,d)pyrene 0.14 µg/kg이었다.

문 헌

1. Rojo Camargo MC, Toledo MCF. Polycyclic aromatic hydrocarbons in Brazilian vegetables and fruits. *Food Cont.* 14: 49-53 (2003)
2. Phillips DH. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet. *Mutat. Res.* 443: 139-147 (1999)
3. OJEU. Commission Regulation(EC) No 208/2005, Amending Regulation (EC) No 466/2001 as regards polycyclic aromatic hydrocarbons, Official Journal of the European Union.
4. Simko P. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *J. Chromatogr. B.* 770: 3-18 (2002)
5. Garcia-Falcon MS, Grande BC, Simal-Gandara J. Minimal clean-up and rapid determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in instant coffee. *Food Chem.* 90: 643-647 (2005)
6. Lage Yusty MA, Cortizo Davina JL. Supercritical fluid extraction and high-performance liquid chromatography-fluorescence detection method for polycyclic aromatic hydrocarbons investigation in vegetable oil. *Food Cont.* 16: 59-64 (2005)
7. Diletti G, Scortichini G, Scarpone R, Gatti G, Torreti L, Migliorati G. Isotope dilution determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in olive pomace oil by gas chromatography-mass spectrometry. *J. Chromatogr. A.* 1062: 247-254 (2005)
8. Chen BH, Wang CY, Chiu CP. Evaluation of analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in meat products by liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 44: 2244-2251 (1996)
9. Husain A, Nacemi E, Dashti B, Al-Omirah H, Al-Zenki SK. Polycyclic aromatic hydrocarbons in food products originating from locally reared animals in Kuwait. *Food Addit. Contam.* 14: 295-299 (1997)
10. Takatsuki K, Suzuki S, Sato N, Ushizawa I. Liquid chromatographic determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in fish and shellfish. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 68: 945-949 (1985)
11. Chen BH, Wang CY, Chiu CP. Evaluation of analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in meat products by liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 44: 2244-2251 (1996)
12. Dennis MJ, Massey RC, Cripps G, Venn I, Howarth N, Lee G. Factors affecting the polycyclic aromatic hydrocarbon content of cereals, fats and other food products. *Food Addit. Contam.* 8: 517-530 (1991)
13. Lawrence JF, Weber DF. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in some Canadian commercial fish, shellfish, and meat products by liquid chromatography-mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 32: 789-794 (1984)
14. Vaessen H, Jekel A, Wilbers A. Dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Toxicol. Environ. Chem.* 16: 281-294 (1988)
15. Kazerouni N, Sinha R, Hsu CH, Greenberg A, Rothman N. Analysis of 200 food items for benzo(a)pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study. *Food Chem. Toxicol.* 39: 423-436 (2001)
16. de Vos RH, van Dokkum W, Schouten A, Jong-Berkhout P. Polycyclic aromatic hydrocarbons in Dutch total diet samples. *Food Chem. Toxicol.* 28: 263-268 (1990)
17. Lodovici M, Dolara P, Casalini C, Ciappellano S, Testolin G. Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in the Italian diet. *Food Addit. Contam.* 12: 703-713 (1995)
18. Lawrence JF, Weber DF. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in Canadian samples of processed vegetable and dairy products by liquid chromatography with fluorescence detection. *J. Agric. Food Chem.* 32: 794-797 (1984)
19. Tuominen JP, Pisalo HS, Sauri M. Cereal products as a source of polycyclic aromatic hydrocarbons. *J. Agric. Food Chem.* 36: 118-120 (1988)
20. Dennis MJ, Massey RC, McWeeny DJ, Knowles ME, Watson D. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in UK total diets. *Food Chem. Toxicol.* 21: 569-574 (1983)
21. MOHW. Report on 2001 National Health and Nutrition Survey. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea (2003)

(2005년 4월 15일 접수; 2005년 6월 30일 채택)