

식용유지 중 polycyclic aromatic hydrocarbons 화합물 함량

정소영* · 소유섭 · 박성국 · 이은주 · 서정혁 · 최우정 · 김정수
김미혜 · 권기성 · 이종옥 · 김희연 · 이철원
식품의약품안전청 식품안전평가부

Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Vegetable Oils and Fats

So-Young Chung*, You-Sub Sho, Sung-Kug Park, Eun-Ju Lee, Jung-Hyuck Suh,
Woo-Jeong Choi, Jung-Soo Kim, Meehye Kim, Kisung Kwon,
Jong-Ok Lee, Hee-Yun Kim, and Chul-Won Lee
Center for Food Safety Evaluation, Korea Food and Drug Administration

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 vegetable oils and fats available in Korean market were estimated. Involved methodology were liquid-liquid partition, purification on Sep-Pak Florisil Cartridges, and high performance liquid chromatography using fluorescence detector. Overall recoveries for eight PAHs spiked into vegetable oils and fats ranged from 68.2 to 101.5%, averaging 85.4%. Mean levels of benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, dibenzo(a,h)anthracene, benzo(g,h,i)perylene, and indeno(1,2,3-c,d)pyrene in vegetable oils and fats were 0.53, 0.82, 0.50, 0.18, 0.35, 0.16, 0.31, and 0.44 µg/kg, respectively.

Key words: PAHs, vegetable oils and fats, benzo(a)pyrene, contaminants

서 론

PAHs는 휘발유, 쓰레기 등의 불완전 연소나 자동차 매연에 의해 대기, 토양, 물 등에 존재한다. 따라서 농산물, 어패류 등 조리·가공하지 않은 식품에도 존재하며, 식품을 조리, 가공할 때는 식품중의 주성분인 탄화수소, 단백질, 지질 등이 분해되어 생성되기도 한다. 특히 PAHs 화합물 중 벤조피렌은 내분비계장애물질로 알려져 있으며, 외국에서는 주요 급원인 곡류, 채소류, 육류 등 모든 식품에 함유된 PAHs 함량을 조사하여 식품을 통한 노출수준을 평가하고 있다. 특히 식용유지는 친유성을 갖고 있어서 PAHs에 가장 많이 오염될 수 있으며 주로 토양이나 대기에 의한 원재료 오염 및 건조과정이나 용매추출과정에서 오염되는 것으로 추정되어(1) 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.

독일, 오스트리아, 폴란드 같은 일부 유럽 국가에서는 훈연 식품이나 smoking agents를 사용한 식품 중 벤조피렌 기준치를 설정하여 관리하고 있으나 우리나라를 비롯한 다른 나라에서

도 식용유지에 대한 기준은 거의 없는 실정이며(1,2) 단지 올리브포마스유에 대해서 스페인에서는 총 PAHs 5 µg/kg, 개별 2 µg/kg, 캐나다에서는 총 PAHs를 벤조피렌 독성등가값으로 3 µg/kg으로 규제하고 있으며, 독일의 식품업계(German Society for Fat Science)에서 자체 기준으로 식용유지 중 총 PAHs 25 µg/kg, heavy PAHs 5 µg/kg으로 기준치를 설정하여 관리하고 있다(3-7). 2001년도에는 스페인산 포마스올리브유에서 벤조피렌이 다량 검출되어 국내외적으로 큰 문제가 된 바 있으나 우리나라에서는 식품 중 벤조피렌 등 PAHs 함량에 대한 분석법 및 모니터링 자료가 거의 없는 실정으로, 본 연구에서는 우리나라에서 생산 또는 유통되는 식용유지에 함유된 PAHs 함량을 조사하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 시약

전국 대도시에서 생산, 유통되고 있는 식용유지(대두유, 옥수수유, 채종유, 미강유, 참기름, 들기름, 홍화유, 해바라기유, 면실유, 땅콩기름, 올리브유, 팜유, 야자유, 혼합식용유, 쇼트닝, 마아가린, 고추씨기름, 기타식용유지, 식용유지가공품) 총 205건을 대상 시료로 하였다. 8종의 PAHs 각각의 표준원액과 혼합표준원액은 Chem Service(USA)에서 구입하여 조제 및 희석하여 사용하였다. 시약 n-hexane, dichloromethane, methanol,

*Corresponding author: So Young Chung, Center for Food Safety Evaluation, Korea Food and Drug Administration, 5 Nokbun-dong, Eunpyung-gu, Seoul 122-704, Korea
Tel: 82-2-380-1670
Fax: 82-2-380-1359
E-mail: sychung@kfda.go.kr

acetonitrile, *N,N*-dimethylformamide 등은 HPLC용 또는 잔류농약용(Merck, Germany)을 사용하였으며, potassium hydroxide(Wako, Japan)와 sodium sulfide nonahydrate(Sigma, USA)를 사용하였다. 또한 Sep-Pak Florisil Vac Cartridge 3 cc/500 mg(Waters, USA)은 dichloromethane 10 mL와 *n*-hexane 20 mL로 활성화시킨 후 사용하였다.

분석 대상 물질

PAHs의 분석 대상 물질은 benzo(a)anthracene(BaA), chrysene(Chry), benzo(b)fluoranthene(BbF), benzo(k)fluoranthene(BkF), benzo(a)pyrene(BaP), dibenzo(a,h)anthracene(DBahA), benzo(g,h,i)perylene(BghiPer), indeno(1,2,3-c,d)pyrene(IP)의 8종이었다.

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, 100 µg/L의 혼합표준용액을 조제하고 농도별로 분석하여 검량선을 작성하였다.

식용유지 중 PAHs 함량 분석

시료 중 PAHs 추출 및 정제: 비이커에 10 g의 시료를 칭량하여 넣고 *n*-hexane 100 mL로 분액깔때기에 옮겨 격렬히 흔들어 완전히 용해시킨 후 *N,N*-dimethylformamide : water(9 : 1, v/v) 50 mL, 25 mL, 25 mL로 추출하였다. 이 추출액에 1% sodium sulfate 용액 100 mL를 넣어 혼합한 후 다시 *n*-hexane 50 mL, 35 mL, 35 mL로 재추출한 후 distilled water 40 mL로 2회 세척하였다. Whatman No. 1PS 여과지로 여과하고 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 용출하여 질소가스(35°C, 수욕상)로 농축한 후 잔사를 acetonitrile로 녹여 전량을 1 mL로 하여 이를 0.45 µm membrane filter에 통과시켜 HPLC용 시험용액으로 하고 GC/MSD용 시험용액은 동일한 과정을 거쳐 정제한 후 잔사를 *n*-hexane으로 녹여 사용하였다(5,8).

식품에 대한 첨가 회수율 시험: 식품 10 g을 취하여 50 µg/L의 혼합표준용액 1 mL를 가한 뒤 시료와 동일한 과정으로 추출, 정제, 농축하여 시험하였다.

시료 중 PAHs 함량 분석: 식용유지 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 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 동정은 GC/MSD(HP6890-5973 MSD)를 사용하여 Table 1의 조건에서 하였다(8,9).

결과 및 고찰

대상식품에서 검출된 8가지 PAHs의 retention time은 표준물질의 retention time과 일치하였으며 각각의 PAHs에 대한 회수율은 각각 BaA 101.5%, Chry 85.8%, BbF 71.5%, BkF

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°C |
| 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) | 0.1 | 0.9993 |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyrene (IP) | 0.3 | 0.9996 |

88.8%, BaP 96.8%, DBahA 68.2%, BghiPer 94.5%, IP 75.8% (평균 85.4%)로 만족할 만한 수준이었으며, 검출한계는 PAHs에 따라 차이는 있으나 0.01-0.3 µg/kg 수준이었다. 많은 문헌에서도 검출한계 범위를 0.02-0.5 µg/kg으로 보고하고 있다(5,10,11). 또한 이들 모두 검량선 작성시 0.999 이상의 상관계수를 나타내었다(Table 2).

식용유지 중 PAHs 함량

연구조사된 총 205건의 식용유지 시료에 대한 8가지 PAHs의 개별 및 총 함량은 Table 3과 같다. 식용유지 중 8가지 총 PAHs의 평균 함량은 3.29 µg/kg이었으며 개별 PAHs 함량은 BaA 0.53 µg/kg, Chry 0.82 µg/kg, BbF 0.50 µg/kg, BkF 0.18 µg/kg, BaP 0.35 µg/kg, DBahA 0.16 µg/kg, BghiPer 0.31 µg/kg, IP 0.44 µg/kg이었다. 식품별 총 PAHs의 평균 함량을 비교해 보면 야자유(13.45 µg/kg), 고추씨기름(8.69 µg/kg) 순으로 높았으며, 홍화유는 0.22 µg/kg으로 가장 낮았다. 야자유 중 총 PAHs 함량이 다른 식용유지보다 높은 것은 야자유는 전통적으로 훈연건조를 하므로 원유(crude oil)의 PAHs 함량을 증가시키는 것으로 보인다. Dennis 등(12)에 의하면 건조야자의 총 PAHs 함량은 78.8 µg/kg으로 높게 나타났다. 건조야자는 야자 과육을 햇볕이나 가마에서 건조시켜 만드는데 야자유 원료로 적합한 수분 함량의 건조야자를 얻으려면 햇볕에서 5일 정도의 건조시간이 걸리고 가마에서는 야자 껍질이 열원으로 사용되어 연소 물질이 직접 접촉하게 되어 PAHs 함량이 증가하는 것으로 추정된다(12).

외국의 모니터링 결과를 보면, 핀란드(10)에서는 식물성 식용유지 중 총 PAHs 평균 함량이 23 µg/kg, 마아가린 중 총 PAHs 평균 함량이 12 µg/kg으로 보고하였으며 이탈리아(13)에서는 올리브유 중 총 PAHs 함량이 1.0 µg/kg으로 보고하였다. 독일(6)은 식용유지 중 총 PAHs 평균 함량이 올리브유 78.2 µg/kg, 홍화유 5.4 µg/kg, 해바라기유 16.6 µg/kg, 옥수수유 15.5 µg/kg

Table 3. Concentrations of PAHs in vegetable oils and fats

(Unit: $\mu\text{g}/\text{kg}$)

| | No. of sample | BaA | Chry | BbF | BkF | BaP | DBahA | BghiPer | IP | Total |
|--------------------------|---------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Soybean oil | 15 | 0.31 (nd ¹⁾ -1.61) | 0.11 (nd-0.55) | 0.79 (nd-2.91) | 0.02 (nd-0.18) | 0.06 (nd-0.26) | 0.03 (nd-0.52) | 0.88 (nd-2.35) | 1.79 (nd-3.06) | 4.00 (nd-6.76) |
| Corn oil | 15 | 1.01 (nd-3.25) | 1.74 (nd-5.10) | 0.64 (nd-1.59) | 0.27 (nd-0.65) | 0.72 (nd-1.66) | 0.21 (nd-0.74) | 0.17 (nd-0.77) | 1.00 (nd-2.76) | 5.78 (0.90-12.59) |
| Rape seed oil | 10 | 0.11 (nd-0.49) | 0.35 (nd-1.77) | 0.52 (nd-2.90) | 0.01 (nd-0.09) | 0.08 (nd-0.34) | 0.09 (nd-0.48) | 0.15 (nd-1.21) | 0.81 (nd-2.69) | 2.14 (nd-4.14) |
| Rice bran oil | 15 | 0.27 (nd-0.70) | 0.30 (nd-0.96) | 0.61 (nd-2.06) | 0.20 (nd-0.96) | 0.46 (nd-1.44) | 0.25 (nd-1.11) | 0.82 (nd-2.62) | 0.12 (nd-0.70) | 3.03 (0.83-4.76) |
| Sesame oil | 15 | 0.68 (nd-2.02) | 1.66 (nd-4.43) | 0.70 (nd-1.72) | 0.28 (nd-0.81) | 0.55 (nd-2.05) | 0.10 (nd-1.10) | 0.33 (nd-1.32) | 0.73 (nd-1.62) | 5.03 (0.72-9.92) |
| Perilla oil | 15 | 0.77 (nd-2.87) | 0.62 (nd-2.91) | 0.57 (nd-3.31) | 0.27 (nd-1.37) | 0.35 (nd-1.17) | 0.07 (nd-0.58) | 0.10 (nd-1.50) | 0.39 (nd-1.83) | 3.15 (nd-14.40) |
| Safflower oil | 15 | 0.10 (nd-1.38) | 0.00 (nd-nd) | 0.01 (nd-0.21) | 0.01 (nd-0.12) | 0.01 (nd-0.17) | 0.00 (nd-nd) | 0.00 (nd-nd) | 0.09 (nd-0.50) | 0.22 (nd-1.87) |
| Sunflower oil | 15 | 0.00 (nd-nd) | 0.15 (nd-0.97) | 0.03 (nd-0.19) | 0.03 (nd-0.19) | 0.05 (nd-0.16) | 0.00 (nd-nd) | 0.00 (nd-nd) | 0.00 (nd-nd) | 0.27 (nd-0.97) |
| Cottonseed oil | 5 | 0.08 (nd-0.39) | 0.60 (nd-1.48) | 0.32 (nd-0.85) | 0.10 (nd-0.21) | 0.21 (nd-0.55) | 0.00 (nd-nd) | 0.00 (nd-nd) | 0.56 (nd-0.90) | 1.87 (0.94-2.38) |
| Peanut oil | 5 | 0.18 (nd-0.32) | 0.25 (nd-0.54) | 0.14 (nd-0.33) | 0.11 (0.06-0.17) | 0.18 (nd-0.38) | 0.35 (nd-1.73) | 0.00 (nd-nd) | 0.00 (nd-nd) | 1.19 (0.22-2.10) |
| Olive oil | 30 | 0.52 (nd-2.37) | 1.00 (nd-3.40) | 0.13 (nd-1.04) | 0.08 (nd-0.46) | 0.16 (nd-1.59) | 0.09 (nd-1.44) | 0.04 (nd-0.86) | 0.01 (nd-0.36) | 2.04 (nd-10.57) |
| Palm oil | 5 | 0.24 (nd-0.63) | 0.06 (nd-0.30) | 0.19 (nd-0.42) | 0.11 (nd-0.36) | 0.16 (nd-0.29) | 0.00 (nd-nd) | 0.00 (nd-nd) | 0.00 (nd-nd) | 0.76 (0.36-1.05) |
| Coconut oil | 5 | 1.29 (nd-3.36) | 2.82 (nd-5.27) | 3.71 (1.44-7.89) | 1.60 (0.79-3.55) | 2.35 (1.43-3.40) | 1.44 (nd-3.76) | 0.20 (nd-1.01) | 0.04 (nd-0.22) | 13.45 (9.87-17.74) |
| Mixed edible oil | 5 | 0.69 (nd-3.43) | 0.72 (nd-2.49) | 0.37 (nd-1.14) | 0.19 (nd-0.48) | 0.39 (nd-1.57) | 0.00 (nd-nd) | 0.66 (nd-3.31) | 0.51 (nd-1.88) | 3.53 (0.64-9.78) |
| Shortening | 5 | 0.15 (nd-0.54) | 0.00 (nd-nd) | 0.34 (nd-0.81) | 0.00 (nd-nd) | 0.00 (nd-nd) | 0.41 (nd-2.05) | 0.59 (nd-1.52) | 0.00 (nd-nd) | 1.49 (0.19-3.57) |
| Margarine | 5 | 0.30 (nd-0.97) | 0.63 (nd-2.27) | 0.54 (nd-1.36) | 0.10 (nd-0.22) | 0.21 (nd-0.51) | 0.00 (nd-nd) | 0.18 (nd-0.89) | 0.23 (nd-0.62) | 2.17 (nd-4.49) |
| Red pepper seed oil | 10 | 1.87 (nd-5.48) | 2.64 (1.04-5.30) | 1.00 (nd-2.40) | 0.36 (nd-1.06) | 0.93 (nd-1.79) | 0.71 (nd-5.24) | 0.83 (nd-4.11) | 0.35 (nd-1.07) | 8.69 (2.07-16.08) |
| Other edible fat and oil | 10 | 0.98 (nd-6.19) | 1.38 (nd-6.73) | 0.24 (nd-1.00) | 0.12 (nd-0.34) | 0.50 (nd-2.41) | 0.03 (nd-0.29) | 0.19 (nd-1.05) | 0.18 (nd-1.46) | 3.63 (nd-10.43) |
| Processed fat and oil | 5 | 0.37 (nd-0.80) | 0.18 (nd-0.62) | 0.55 (0.23-0.93) | 0.35 (0.03-0.99) | 0.11 (nd-0.30) | 0.00 (nd-nd) | 1.46 (nd-2.39) | 1.64 (1.05-1.93) | 4.66 (3.64-6.02) |
| Total | 205 | 0.53 (nd-6.19) | 0.82 (nd-6.73) | 0.50 (nd-7.89) | 0.18 (nd-3.55) | 0.35 (nd-3.40) | 0.16 (nd-5.24) | 0.31 (nd-4.11) | 0.44 (nd-3.06) | 3.29 (nd-17.74) |

¹Not detected.

kg으로 올리브유는 함량이 높으나 다른 대부분 식물성 식용유는 낮은 것으로 보고하였다.

스웨덴(1)에서는 야자유 중 총 PAHs 함량이 2,600-3,700 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 가장 높게 나타났으며 정제 후에는 2-59 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 감소하였다. 대두유 중 총 PAHs 함량은 33-56 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 정제 대두유는 5-17 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 정제유는 원유에 비해 총 PAHs 함량이 상당히 낮았다. Oil seeds는 수확시기에는 PAHs 오염수준이 낮으나 수송, 저장, 가공과정에서 대기나 토양에 의해 오염도가 높아져 비정제유에서는 상당량의 오염도를 나타내기도 한다(12). 야자유 등 일부 식용유지는 혼연건조과정에서 PAHs 함량이 상당히 증가될 수도 있으나(7) 다행히 정제 과정에서 그 함량을 감소시킬 수 있다(1,14). PAHs를 제거하는 정제 과정은 deodorizing 과정과 bleaching 과정인데 bleaching 과정이 PAHs 제거에 상당한 효과가 있다(5,12).

본 연구결과 외국의 모니터링 결과와 비교할 때 대상시료, 분석 PAHs의 종류가 달라 직접적인 비교는 어려우나 전반적으로 유사하거나 낮은 수준이었다.

식용유지 중 벤조피렌 함량 및 외국 모니터링 결과와의 비교

벤조피렌의 전체 평균 함량은 0.35 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었고 야자유(2.35 $\mu\text{g}/\text{kg}$), 고추씨기름(0.93 $\mu\text{g}/\text{kg}$) 순으로 높았으며, 홍화유는 0.01 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 낮게 나타났으나 쇼트닝에서는 검출되지 않았다. 외국의 식용유지 중 벤조피렌 함량을 보면, 영국(12)에서는 식물성유 1.29 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 이탈리아(13)에서는 올리브유 0.10 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 네덜란드(15)에서는 마아가린 0.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 독일(6)에서는 올리브유 0.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 홍화유 0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 해바라기유 0.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 옥수수유 1.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 브라질(5)에서는 올리브유 불검출-9.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 혼합식용유 2.2-9.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 대상시료의 종류가 달라 직접적인 비교는 어려우

나 전반적으로 유사하거나 낮은 수준이었다. 스웨덴(1)에서는 야자유 중 벤조피렌 함량이 20-34 µg/kg으로 다른 식용유지 중 벤조피렌 함량보다 높은 것으로 나타났으며 정제된 야자유는 <0.1-0.3 µg/kg으로 감소하였다. Pulpin과 Toledo(5)에 의하면 브라질의 올리브유 중 벤조피렌 함량은 불검출-164 µg/kg이지만, 유럽에서 수입한 제품은 불검출-1.2 µg/kg, 유럽에서 수입하여 브라질에서 포장한 제품은 불검출-9.7 µg/kg, 대두유나 옥수수유와 혼합한 올리브유는 2.2-9.2 µg/kg으로 벤조피렌 등 PAHs로 오염된 기타 식물성유지(대두유, 옥수수유)와 혼합한 올리브유에서 벤조피렌 함량이 높아지는 것으로 추정하였다.

요 약

본 연구에서는 전국에서 유통되는 대두유, 참기름, 올리브유, 마아가린 등 식용유지 총 205건을 대상으로 대표적 PAHs 화합물인 benzo(a)pyrene 등 8개 PAHs 화합물에 대하여 분석하였다. 분석한 식용유지의 PAHs 평균 함량은 각각 benzo(a)anthracene 0.53 µg/kg, chrysene 0.82 µg/kg, benzo(b)fluoranthene 0.50 µg/kg, benzo(k)fluoranthene 0.18 µg/kg, benzo(a)pyrene 0.35 µg/kg, dibenzo(a,h)anthracene 0.16 µg/kg, benzo(g,h,i)perylene 0.31 µg/kg, indeno(1,2,3-c,d)pyrene 0.44 µg/kg이었다. 조사결과 우리나라에서 현재 유통되는 식용유지 중 benzo(a)pyrene 등 PAHs 함량은 외국의 모니터링 결과와 유사하거나 낮았다.

문 헌

1. Larsson B, Eriksson A, Cervenka M. Polycyclic aromatic hydrocarbons in crude and deodorized vegetable oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 64: 365-370 (1987)
2. Simko P. Review-Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *J. Chromatogr. B* 770: 3-18 (2002)
3. Ministry of Health and Consumption of Spain. Official Bulletin of State. No. 178, p. 27398. Ministry of Health and Consumption

- of Spain, Madrid, Spain (2001)
4. Health Canada. Canadian interim guideline for polyaromatic hydrocarbons in olive-pomace oils. Available from: <http://www.wto.org>. Accessed Sep. 28, 2001.
5. Pulpin A, Toledo M. Benzo(a)pyrene in olive oils on the Brazilian market. *Food Chem.* 55: 185-188 (1996)
6. Speer K, Steeg E, Horstmann P, Kühn T, Montag A. Determination and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in native vegetable oils, smoked fish products, mussels and oysters, and bream from the river Elbe. *J. High Resol. Chromatogr.* 13: 104-111 (1990)
7. Swetman T, Head S, Evans D. Contamination of coconut oil by PAH. *Inform* 10: 706-712 (1999)
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, Naeemi E, Dashti B, Al-Omirah H, Al-Zenki S. Polycyclic aromatic hydrocarbons in food products originating from locally reared animals in Kuwait. *Food Addit. Contam.* 14: 295-299 (1997)
10. Hopia A, Pyysalo H, Wickstrom K. Margarine, butter, and vegetable oils as sources of polycyclic aromatic hydrocarbons. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 63: 889-893 (1986)
11. Dennis M, Massey RC, McWeeny DJ, Knowles ME, Watson D. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in UK total diets. *Food Chem. Toxicol.* 21: 569-574 (1983)
12. Dennis M, Massey R, 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. 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)
14. Cejpek K, Hajslova J, Kocourek V, Tomaniova M, Cmolík J. Changes in PAH levels during production of rapeseed oil. *Food Addit. Contam.* 15: 563-574 (1998)
15. Vaessen HAMG, Jekel AA, Wilbers AAMM. Dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Toxicol. Environ. Chem.* 16: 281-294 (1988)

(2003년 12월 18일 접수; 2004년 7월 9일 채택)