

국내유통 채소류 및 과일류 중 다환방향족탄화수소 분석

허수정* · 오남수 · 김수연 · 이호민

식품의약품안전청 국립독성연구원 식의약품위해성팀

(2006. 5. 3. 접수, 2006. 9. 18. 승인)

Determining of polycyclic aromatic hydrocarbons in domestic vegetables and fruits

Soojung Hu, Nam Su Oh, Soo Yeon Kim and Hyomin Lee

Food & Drug Exposure Assessment Team, National Institute of Toxicological Research, Korea Food & Drug Administration #231 Jinheung-Ro, Eunpyung-Gu, Seoul 122-704, Korea

(Received May 3, 2006; Accepted September 18, 2006)

요 약: 채소류 및 과일류 중 PAHs 분석방법을 확립하고 오염실태 파악을 위하여 서울, 춘천, 대전, 광주, 부산의 5대 도시 시장에서 채소류 13종, 과일류 5종 총 210건을 채취하였다. 균질화된 시료를 dichloromethane으로 초음파추출하고 탈수한 후 Sep-Pak Florisil Cartridge로 정제하여 HPLC/FLD로 동시 정량 분석하였다. 시료에 표준물질을 spike하여 전처리 후 기기분석한 결과, 각각의 PAH에 대한 회수율은 약 95~102%였으며, 검출한계는 PAH에 따라 차이는 있으나 0.002~0.5 ng/g 수준이었다. 채소류 및 과일류 중 8가지 총 PAHs의 평균 함량은 0.19 ng/g이었으며 개별 평균 PAH 함량은 benzo(a)anthracene 불검출, chrysene 0.014 ng/g, benzo(b)fluoranthene 0.031 ng/g, benzo(k)fluoranthene 0.016 ng/g, benzo(a)pyrene 0.019 ng/g, dibenzo(a,h)anthracene 0.091 ng/g, benzo(g,h,i)perylene 0.016 ng/g, indeno(1,2,3-c,d)pyrene 불검출 수준이었다.

Abstract: The following concentrations of some PAHs were investigated; [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 vegetables(n=160) and fruits(n=50). The food samples were purchased at the local markets in Seoul, Chuncheon, Daejeon, Kwangju and Pusan. The samples were radish, onion, bean sprouts, welsh onion, chinese cabbage, spinach, young pumpkin, garlic, cucumber, carrot, lettuce, sesame leaf, tangerine, persimmon, apple, pear and banana. The methodology involved ultrasonic extraction with dichloromethane, clean-up on Sep-Pak florisil cartridges and determination by HPLC/FLD (High Performance Liquid Chromatography/Fluorescence Detector). Overall method recoveries for 8 PAHs spiked into these products ranged from 95 to 102%. The mean level of the following PAHs were determined; 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 vegetables and fruits was N.D., 0.014 ng/g, 0.031 ng/g, 0.016 ng/g, 0.019 ng/g, 0.091 ng/g, 0.016 ng/g and N.D., respectively.

Key words: PAHs, benzo(a)pyrene, vegetables, fruits, HPLC/FLD

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)2-380-1783,4 Fax : +82-(0)2-380-1786

E-mail: sjhu@kfd.go.kr

1. 서 론

산업이 발달함에 따라 많은 종류의 유기화합물이 주변 환경을 통해 배출되고 있으며, 이들 화합물 중 다환방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)는 인체위해성이 큰 물질로 알려져 있다.¹⁻⁵

PAHs의 오염원은 매우 다양하며 모든 탄수화합물의 연소 과정에서 나타날 수 있다. 이러한 환경오염 등으로 인해 농산물, 어패류 등 조리가공하지 않은 식품에도 PAHs가 존재하며 식품의 조리가공 시 식품의 주성분인 탄수화물, 단백질, 지질 등이 분해되어 생성되기도 한다.⁶⁻⁸ 특히 국제암연구소(IARC: International Agency for Research on Cancer)에서는 PAHs 화합물 중 Benzo(a)anthracene, Benzo(a)pyrene, Dibenzo(a,h)anthracene을 Group 2A의 유력한 인체 발암물질 (probably carcinogenic to humans)로 분류하고 있으며 캐나다(8종) 및 미국 EPA(16종) 등에서는 PAHs 중 우선순위대상을 선정하여 관리하고 있다.

PAHs에 대한 대부분의 모니터링 자료가 대기, 수질 등 환경 분야에 집중되어 있으며 식품에 대한 발표 자료가 거의 없는 실정 하에 식품의약품안전청에서는 2001년도부터 국내유통 식품에 대한 PAHs 모니터링을 수행하였다. 2001년도에 육류 및 그 가공품, 2002년도에 식용유지류, 2003년도에 곡류, 두류, 서류 및 그 가공품, 2004년도에 어패류 및 그 가공품에 대한 오염실태조사를 수행하였다.

국외 동향을 보면 주로 공단지역 등 오염된 지역에서 재배된 채소류에 대한 PAHs 모니터링 연구가 다수를 차지하고 있다. Tao⁹ 등의 연구결과를 보면 중국의 많이 오염된 지역에서 재배된 채소류의 PAHs 농도는 보다 적게 오염된 지역의 채소류에 비해 2~3배 정도 높게 검출되었으며 양배추에서 높은 농도로 검출되었다. Camargo¹⁰ 등은 브라질의 고속도로 인접지역과 농업지역에서 재배한 채소류와 과일류 중 PAHs 농도를 비교 분석하였으며 채소류에서는 고속도로와 인접한 지역에서 재배된 상추에서 17.93 ng/g으로 가장 높게 검출되었다. 과일류에서는 시료 간 PAHs 검출 농도에 차이가 별로 없는 것으로 볼 때, 채소류의 경우만 PAHs 오염이 재배지역에 영향을 받는다고 고찰하였다. 농업지역에서 재배한 채소류와 과일류의 오염도 자료는 본 연구 결과에 비해 다소 높거나 비슷한 수준이었다.

외국에서는 주요 급원인 곡류, 채소류, 어류 등 모든 식품의 PAHs 오염도를 조사하여 식품을 통한 노

출수준을 평가하고 있으며 독일, 오스트리아, 폴란드 같은 일부 유럽 국가에서는 smoking agents를 사용한 식품 및 훈연식품 중 benzo(a)pyrene 기준을 설정하여 관리하고 있으나¹¹⁻¹⁵ 우리나라에서는 식품 중 benzo(a)pyrene 등 PAHs에 대한 분석법 및 모니터링 자료가 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 채소류 및 과일류 중의 PAHs 분석 방법을 확립, 오염실태를 파악하여 국내에서 유통되고 있는 이들 식품에 대한 PAHs 자료 축적 및 오염도를 파악하고자 하였다.

2. 실험

2.1. 시약

개별 표준용액 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)pyrene과 내부표준용액인 3-methylcholanthrene을 Chem Service(USA)에서 구입하여 희석한 후 사용하였으며 혼합표준용액은 이들 개별 표준용액을 혼합, 조제한 후 희석하여 사용하였다. n-hexane, ethanol, dichloromethane, acetonitrile 등은 HPLC용(Merck, Germany)을 사용하였으며 수산화칼륨은 Wako사 제

Table 1. List & average consumption of food samples.

Food group	Food item	Daily intake (g/day)
Vegetables	Radish (무)	30.4
	Onion (양파)	17.0
	Bean sprouts (콩나물)	15.8
	Welsh onion (파)	12.1
	Chinese cabbage (배추)	11.8
	Spinach (시금치)	10.5
	Young pumpkin (애호박)	7.8
	Garlic (마늘)	6.0
	Cucumber (오이)	5.1
	Cabbage (양배추)	4.8
	Carrot (당근)	4.8
	Lettuce (상추)	3.4
	Sesame leaf (깻잎)	2.1
Fruits	Tangerine (귤)	83.2
	Persimmon (감)	50.4
	Apple (사과)	31.8
	Pear (배)	24.2
	Banana (바나나)	2.4
Total	18종	323.8

품을 사용하였다. 또한, 증류수는 Milli-Q 및 Milli-RO System을 통과한 3차 증류수를 사용하였으며 시료 전처리 과정에서 수분 제거를 목적으로 사용한 무수황산나트륨은 Sigma사의 assay > 99 %를 사용하였다.

2.2. 기구

추출가열기는 EME series(Barnsted, USA), 회전감압농축기는 EYELA(Tokyo Rikakikai Co. Ltd., Japan)를 사용하였으며 질소농축기는 TurboVap(Zymark, USA)을 사용하였다. 또한, 시료의 정제과정에서는 Supelco의 Visiprep Solid Phase Extraction Vacuum Manifold를 사용하였고 florisil cartridge는 6 cc, 1 g을 사용하였다.

2.3. 기기

고속액체크로마토그래피(High Performance Liquid Chromatography) 및 형광검출기(Fluorescence detector)는 1100 series(Agilent, USA)를 사용하였으며, 컬럼은 Supelguard LC-18(Supelco, USA)을 장착시킨 LC-PAH column(25 cm×4.6 mm, I.D. 5 μm, Supelco, USA)을 사용하였다.

2.4. 실험방법

국민 다소비식품 중 섭취량이 많은 채소류 13종, 과일류 5종(Table 1)¹⁶을 서울, 춘천, 대전, 광주, 부산의 5대 도시 두 지역에서 각각 채취하여 총 210시료를 대상으로 하였다.

채소류 중 시금치, 콩나물, 애호박은 다듬고 깨끗

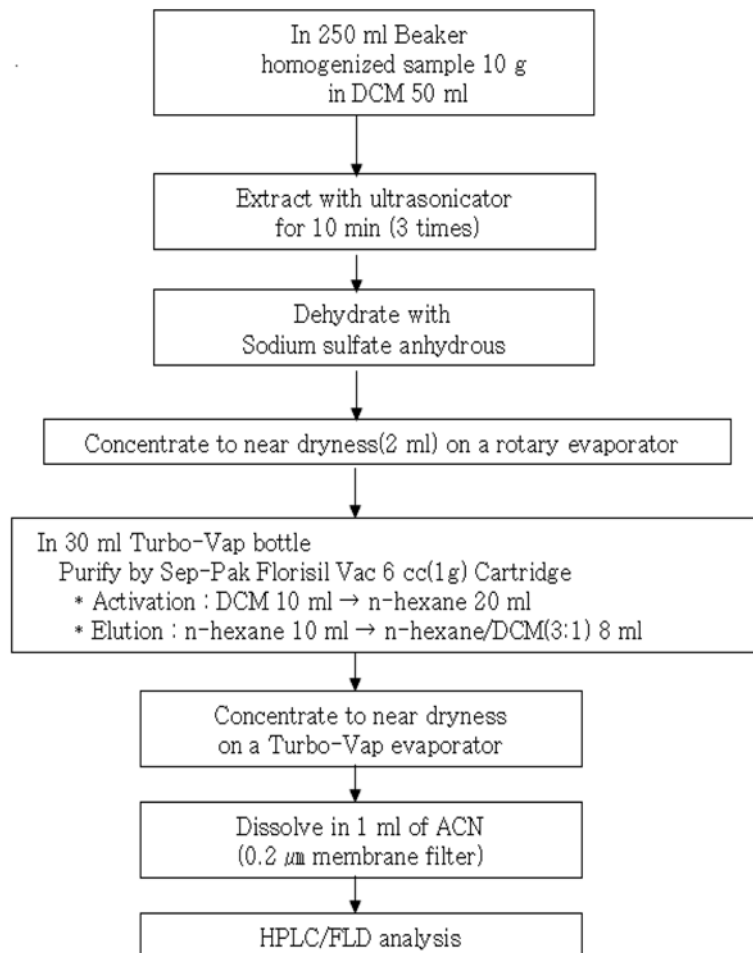


Fig. 1. Flow diagram of PAHs analysis in vegetables and fruits.

하게 세척한 후 조리하였으며 그 외 다른 채소류는 흐르는 물에 깨끗하게 세척하여 blender로 분쇄하였다. 과일류는 껍질을 제거하여 채소류와 같은 방법인 blender로 분쇄하였다. 모든 시료는 해당 지역 당 두 곳에서 채취하여 혼합균질화하여 하나의 composite 시료로 조제하였으며 10 g씩 정확히 칭량하여 분석 전까지 냉동 보관(-30°C)하였다. 전처리 과정은 Fig. 1과 같으며 냉동 보관한 시료를 실온으로 해동한 후 dichloromethane 50 ml와 함께 250 ml 비이커에 넣고 내부표준물질(100 ng/g) 1 ml를 첨가하였다. 이 때 공시료(blank)와 대조시료(QC)에도 dichloromethane 50 ml와 내부표준물질(100 ng/g) 1 ml를 넣었으며, 대조시료에는 혼합표준용액(1 µg/g) 100 µl를 첨가하였다. 초음파기를 사용하여 10분 동안 초음파추출하고 이 추출액을 무수 Na₂SO₄를 통과 시켰으며, 이와 같은 초음파추출과정을 두 번 반복하여 dichloromethane을 모두 합한 후 회전감압 농축기(35°C, 수욕조)를 사용하여 약 2 ml까지 농축하였다. Sep-Pak Florisil Cartridge(Waters, USA)를 dichloromethane 10 ml와 n-hexane 20 ml로 활성화한 후 사용하였다. 활성화시킨 Sep-Pak Florisil Cartridge에 농축액을 가하여 n-hexane 10 ml와 n-hexane : dichloromethane(3:1) 8 ml로 차례로 용출시켰다. 정제가 끝난 용출액은 수욕조(35°C)에서 질소가스로 농축한 후 잔사를 acetonitrile로 녹여서 전량을 1 ml로 하여 이를 0.45 µm membrane filter를 통과시켜 HPLC/FLD용 시험용액으로 사용하였으며 Table 2의 조건으로 분석하였다.

Table 2. Operating condition of HPLC/FLD

Column	Supelcosil LC-PAH column (25 cm × 4.6 mm) with Supelguard LC-18		
	Flow rate 1 ml/min		
Solvent system		ACN	H ₂ O
	0 min	80%	20%
	20 min	100%	0%
	25 min	100%	0%
	27 min	80%	20%
40 min	80%	20%	
Injection volume	20 µl		
Wavelength (Ex/Em)	0-15 min	254 nm/390 nm	
	15-26 min	260 nm/420 nm	
	26-40 min	293 nm/498 nm	

3. 결과 및 고찰

내부표준물질로 정성·정량 분석한 대상물질인 8종 PAHs에 대한 HPLC/FLD 상의 크로마토그램은 Fig. 2와 같았다. 검출한계는 PAH에 따라 0.002~0.5 ng/g이었고 PAHs의 현광스펙트럼에 대한 민감성 때문에 GC/MSD보다 약 1000배 정도의 낮은 검출한계를 나타내었으며, 분석방법의 정확도와 정밀도를 알 수 있는 회수율과 변동계수는 각각 약 95~102%와 5.1% 이하로 만족할만한 수준이었다. 또한 이들 모두 내부표준물질을 사용한 검량선 작성 시 0.999 이상의 상관계수를 나타내었다.

총 210건의 채소류 및 과일류에 대한 8가지 PAHs

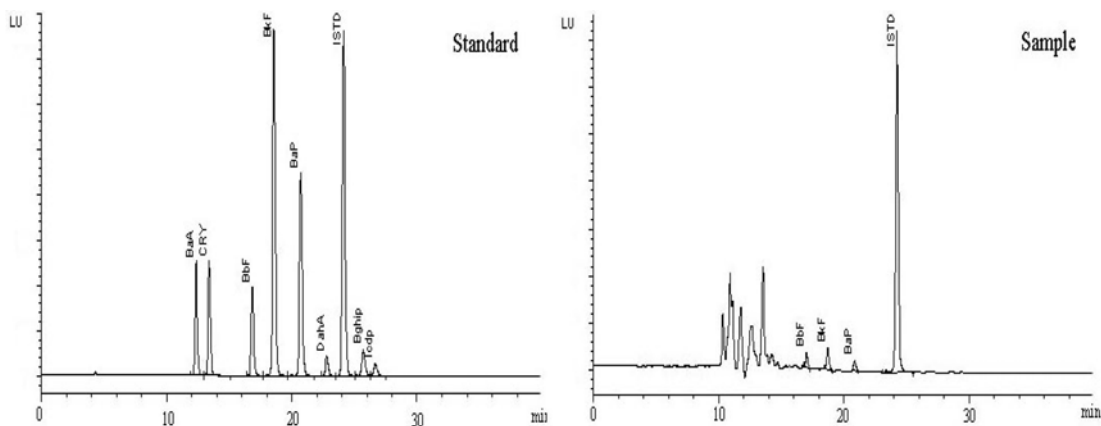


Fig. 2. HPLC/FLD Chromatogram of PAHs. BaA: benzo (a)anthracene, CRY: chrysene, BbF: benzo(b) fluoranthene, BkF: benzo(k)fluoranthene, BaP: benzo (a)pyrene, DahA: dibenzo(a,h) anthracene, ISTD: 3-methylcholanthrene BghiP: benzo(g,h,i)perylene, IcdP: indeno(1,2,3-c,d)pyrene

Table 3. Concentration of PAHs in vegetables and fruits

(unit : ng/g)

	BaA	Chry	BbF	BkF	BaP	DahA	BghiP	IcdP	Total
Radish	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.02 (N.D.-0.14)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.02 (N.D.-0.19)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.04 (N.D.-0.33)
Onion	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)
Bean sprouts (cooked)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.32 (N.D.-1.38)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.32 (N.D.-1.38)
Welsh onion	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.004 (N.D.-0.04)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.014 (N.D.-0.078)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.02 (N.D.-0.078)
Chinese cabbage	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)
Spinach (cooked)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.20 (N.D.-N.D.)	0.05 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.25 (N.D.-0.05)
Young pump- kin (cooked)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.24 (N.D.-1.61)	0.06 (N.D.-0.35)	0.09 (N.D.-0.58)	0.95 (N.D.-1.91)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	1.34 (N.D.-4.45)
Garlic	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.008 (N.D.-0.08)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.05 (N.D.-0.5)	0.11 (N.D.-0.49)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.17 (N.D.-0.76)
Cucumber	0.00 (N.D.-N.D.)	0.19 (N.D.-0.47)	0.07 (N.D.-0.22)	0.06 (N.D.-0.12)	0.027 (N.D.-0.13)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.35 (N.D.-0.75)
Cabbage	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)
Carrot	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)
Lettuce	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.08 (N.D.-0.14)	0.054 (N.D.-0.14)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.13 (N.D.-0.28)
Sesame leaf	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.02 (N.D.-0.22)	0.04 (N.D.-0.14)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.06 (N.D.-0.34)
Sub Total	0.00 (N.D.-N.D.)	0.014 (N.D.-0.19)	0.026 (N.D.-0.24)	0.018 (N.D.-0.08)	0.015 (N.D.-0.09)	0.117 (N.D.-0.95)	0.015 (N.D.-0.11)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.21 (N.D.-1.34)
Tangerine	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.004 (N.D.-0.032)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.004 (N.D.-0.032)
Persimmon	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.07 (N.D.-0.52)	0.01 (N.D.-0.052)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.03 (N.D.-0.32)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.12 (N.D.-0.57)
Apple	0.00 (N.D.-N.D.)	0.07 (N.D.-0.68)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.006 (N.D.-0.06)	0.009 (N.D.-0.07)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.07 (N.D.-0.7)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.15 (N.D.-1.42)
Pear	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.10 (N.D.-0.68)	0.03 (N.D.-0.13)	0.137 (N.D.-0.74)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.26 (N.D.-1.55)
Banana	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.05 (N.D.-0.23)	0.005 (N.D.-0.02)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.12 (N.D.-1.19)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.17 (N.D.-1.37)
Sub Total	0.00 (N.D.-N.D.)	0.014 (N.D.-0.07)	0.044 (N.D.-0.1)	0.014 (N.D.-0.03)	0.01 (N.D.-0.14)	0.024 (N.D.-0.12)	0.02 (N.D.-0.07)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.14 (N.D.-N.D.)
Total	0.00 (N.D.-N.D.)	0.014 (N.D.-0.19)	0.031 (N.D.-0.24)	0.016 (N.D.-0.06)	0.019 (N.D.-0.14)	0.091 (N.D.-0.95)	0.016 (N.D.-0.11)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.19 (N.D.-1.34)

의 개별 및 총 농도는 Table 3, Fig. 3~4와 같다. 채소류 및 과일류 중 8가지 총 PAHs의 평균 농도는 0.19 ng/g이었으며, 채소류 0.21 ng/g, 과일류 0.14 ng/g으로 Kazerouni 등¹⁷의 연구 결과와 비슷하거나 낮은 수준이었다. 또한, 채소류 및 과일류의 개별 PAH 평균 농

도는 benzo(a)anthracene 불검출, chrysene 0.014 ng/g, benzo(b)fluoranthene 0.031 ng/g, benzo(k)fluoranthene 0.016 ng/g, benzo(a)pyrene 0.019 ng/g, dibenzo(a,h)anthracene 0.091 ng/g, benzo(g,h,i)perylene 0.016ng/g, indeno(1,2,3-c,d)pyrene 불검출이었다.

Table 4. Concentration of PAHs in raw and cooked vegetables.

(unit : ng/g)

	BaA	Chry	BbF	BkF	BaP	DahA	BghiP	IcdP	Total
Bean sprouts (raw)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)
Bean sprouts (cooked)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.32 (N.D.-1.38)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.32 (N.D.-1.38)
Spinach (raw)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.005 (N.D.-0.05)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.005 (N.D.-0.05)
Spinach (cooked)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.20 (N.D.-2.54)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.05 (N.D.-0.58)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.25 (N.D.-2.54)
Young pumpkin (raw)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.007 (N.D.-0.08)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.007 (N.D.-0.07)
Young pumpkin (cooked)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.24 (N.D.-1.61)	0.06 (N.D.-0.35)	0.09 (N.D.-0.58)	0.95 (N.D.-1.91)	0.00 (N.D.-N.D.)	0.00 (N.D.-N.D.)	1.34 (N.D.-4.45)

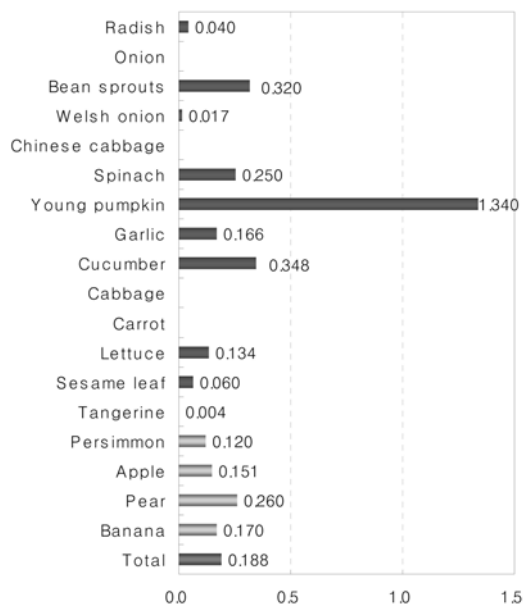


Fig. 3. Levels of total PAHs in vegetables and fruits.

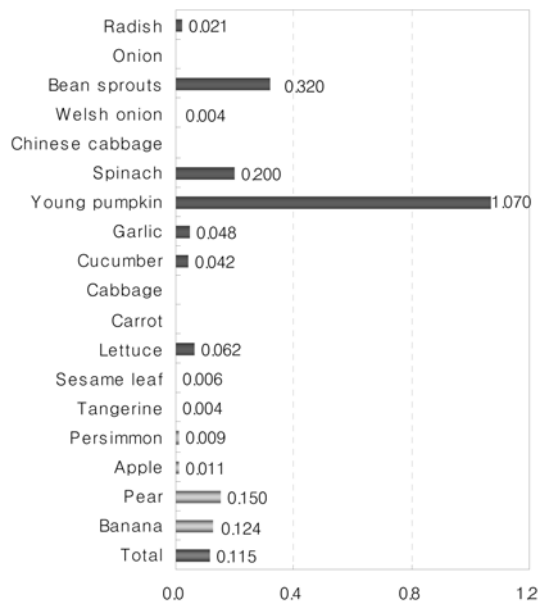


Fig. 4. Levels of total PAHs TEQ in vegetables and fruits.

채소류의 개별 PAH 농도는 benzo(a)anthracene 불검출, chrysene 0.014 ng/g, benzo(b)fluoranthene 0.026 ng/g, benzo(k)fluoranthene 0.018 ng/g, benzo(a)pyrene 0.015 ng/g, dibenzo(a,h)anthracene 0.117 ng/g, benzo(g,h,i)perylene 0.015 ng/g, indeno(1,2,3-c,d)pyrene 불검출이었으며, 과일류의 개별 PAH 농도는 benzo(a)anthracene 불검출, chrysene 0.014 ng/g, benzo(b)fluoranthene 0.044 ng/g, benzo(k)fluoranthene 0.014 ng/g, benzo(a)pyrene 0.01 ng/g, dibenzo(a,h)anthracene 0.024 ng/g, benzo(g,h,i)perylene 0.02 ng/g, indeno(1,2,3-c,d)pyrene 불검출이었다.

채소류와 과일류 모두 benzo(a)anthracene, indeno(1,2,3-c,d)pyrene의 4, 6고리PAHs가 불검출이었으며 주로 benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, 등과 같은 5고리 PAHs가 검출되었다. 총 PAHs의 평균 함량이 0.004 ng/g인 귤을 제외한 다른 과일에서는 0.12~0.26 ng/g 으로 검출되어 시료 간 매우 유사한 수준의 PAHs가 검출되었다.

조리하지 않고 섭취하는 채소류의 총 PAHs의 평균 농도는 불검출~0.35 ng/g으로 시료 간 함량차이가 과일류에 비하여 컸으며, 이러한 경향은 Camargo¹⁰ 등의 연구 결과에서도 볼 수 있었으며 과일류에서의 PAHs

오염은 특별한 경로가 없는 반면 채소류의 PAHs 오염은 재배지역에 영향을 받는다고 언급하였다. Table 4는 조리전후 채소류의 오염도 자료로 총 PAHs의 평균 함량이 조리 전(raw)에는 불검출~0.007 ng/g, 조리 후(cooked)에는 0.25~1.34 ng/g으로 나타났고 조리에 의한 PAHs 오염도 증가를 볼 수 있었으며 이는 조리과정 중 테치기 등에 의한 수분함량의 감소와 첨가되는 참기름, 들기름 등의 유지류에 의한 것으로 사료된다. 특히 조리된 애호박의 경우 1.34 ng/g으로 가장 높게 나타났는데 이는 콩나물이나 시금치와 같이 물에 데쳐서 양념하는 조리방법과 달리, 애호박은 기름과 함께 볶는 조리방법으로 조리과정에서 유지류에 의한 PAHs 생성을 추측할 수 있었다.

참고문헌

1. U. S. EPA, U. S. EPA METHOD 610-Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (1999).
2. R. Dabestani, I. N. Ivanov, *Photochem. Photobiol.*, **41**, 10 (1999).
3. T. Vo-Dinh, J. Fetzer, A.D. Campiglia, *Talanta*, **47**, 943 (1998).
4. European Commission, Opinion of the scientific committee on food in the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food, SCF/CS/CNTM/PAH/29 Final, 4 December (2002).
5. IARC, IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to human (1984).
6. IARC, IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to human (1985).
7. IARC, IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to human (1987).
8. Tomes plus 1998-1999 CD, Micro Medex, Inc.
9. S. Tao, Y. H. Cui, F. L. Xu, B. G. Li, J. Cao, W. X. Liu, G. Schmitt, X. J. Wang, W. R. Shen, B. P. Qing, R. Sun, *Sci. Total Environ.*, **320**, 11 (2004).
10. M. C. R. Camargo, M. C. F. Toledo, *Food Control*, **14**, 49 (2003).
11. M. S. Garcia Falcon, S. Gonzalez Amigo, M. A. Large Yusty, J. Simal Lazano, *Food Addit. contam.*, **16**(1), 9(1999).
12. P. Simko, *J. Chromatogr. B*, **770**, 3 (2002).
13. A. Barranco, R. M. Alonso-Salces, A. Bakkali, L. A. Berrueta, B. Gallo, F. Vicente, M. Sarobe, *J. Chromatogr. A*, **988**, 33 (2003).
14. <http://www.inspection.gc.ca/english/fssa/invenq/inform/20011005apple.shtm> Canada, Information to importers of olive pomace oil (2004).
15. Korea Food & Drug Administration, Korea Food Additives Code, Seoul, Korea (2004).
16. Ministry of Health and Welfare, Report on 2001 National Health and Nutrition Survey, Seoul, Korea (2002).
17. N. Kazerouni, R. Shinha, C. Han, A. Greenberg, N. Rothman, *Food Chem. Toxicol.*, **39**, 423 (2004).