

밤가공품 중 polycyclic aromatic hydrocarbons 함량 분석

서일원 · 남혜정 · 김동혁 · 신한승*

동국대학교 식품공학과 및 Lotus기능성식품소재연구소

Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Processed Chestnut Products

Ilwon Seo, Hejung Nam, Dong-Hyuk Kim, and Han-Seung Shin*

Department of food Science and Technology and Institute of Lotus Functional Food Ingredient, Dongguk University

Abstract Concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) in processed chestnut products were determined by HPLC/FLD. The methodology involved procedures of sonication with water, extraction with hexane, and clean-up on a Sep-pak florisis cartridge. The PAH limits of detection (LOD) and limits of quantitation (LOQ) ranged from 0.012 to 0.382 µg/kg and from 0.042 to 1.273 µg/kg, respectively. The coefficients of variation for intra- and inter-day assays were 0.02-4.48% and 0.37-9.83%, respectively, and the accuracies were 81.95-125.44% and 79.89-116.53%, respectively. The overall recoveries for eight PAHs spiked into the processed chestnut products ranged from 87.83 to 100.56%. As a result, PAH contents were not detected in the processed chestnut products.

Key words: polycyclic aromatic hydrocarbon, processed chestnuts, benzo[*a*]pyrene

서 론

경제성장과 산업발달에 따라 소비자들의 식품에 대한 관심이 높아지고 있으며 그에 따라 많은 연구들이 진행되고 있다. 다환 방향족 탄화수소인 PAHs(polycyclic aromatic hydrocarbons)는 내분비계 장애물질로 인간에게 노출되어 독성을 나타낸다. 인간의 PAHs에 대한 노출은 연료의 불완전 연소, 자동차 매연, 담배연기 등을 통한 토양, 수질, 대기와 같은 환경에 노출되거나 식품 조리 시 고온가열, 식품저장기간 향상과 풍미를 위한 훈연과정, 숯불을 이용한 육류 및 생선의 과다가열 과정, 유지류의 가공과정 등을 통해 우리가 섭취하는 식품에 의해 오염될 수 있으며(1-3) 이러한 노출량의 대부분이 식품과 관련되어 있다(4). 식품 중에 발생하는 PAHs는 주로 탄수화물, 지질, 단백질 등의 고온 가열시 열분해에 의해서 생성되며 이중 일부는 돌연변이원성과 발암성을 띄고 있는 것으로 알려져 있다(3,5). 이에 EPA(Environmental Protection Agency)는 PAHs 중 우선 대상물질 16종을 선정하였으며(6), IPCS(International Programme on Chemical Safety)는 EPA에서 선정된 16종의 PAHs에 발암 위험 요소를 갖고 있는 17종의 PAHs를 더하여 33종의 PAHs를 선정하였다. 이들 중 15종의 PAHs(benzo[*a*]anthracene, cyclopenta[*a*]pyrene, chrysene, 5-methylchrysene, benzo[*b*]fluoranthene, benzo[*j*]fluoranthene, benzo[*k*]fluoranthene, benzo[*a*]pyrene, indeno[1,2,3-*c,d*]pyrene, dibenzo[*ah*]

anthracene, benzo[*g,h,i*]perylene, dibenzo[*a,l*]pyrene, dibenzo[*a,e*]pyrene, dibenzo[*a,i*]pyrene, dibenzo[*a,h*]pyrene)는 돌연변이원성과 발암성을 일으키는 것으로 밝혀졌다(7). 국제암연구기구(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 4그룹으로 분류하여 발암성 물질을 관리하고 있으며 그 중 PAHs 화합물은 유력한 인체발암물질로 분류된 group 2A(benzo[*a*]pyrene, dibenzo[*a,h*]anthracene)와 인체발암가능물질로 분류된 group 2B(benzo[*a*]anthracene, benzo[*b*]fluoranthene, benzo[*k*]fluoranthene, indeno[1,2,3-*c,d*]pyrene)로 관리되고 있다(8). 이성질체 화합물인 PAHs의 위해성 평가는 대표물질의 독성을 기준으로 상대독성계수(Toxic Equivalency Factors, TEFs)를 정하여 평가하며 현재는 PAHs 화합물 중 발암성이 가장 높은 Benzo[*a*]pyrene을 기준(TEF=1)으로 상대독성계수를 정하고 있다(9-12). PAHs에 대한 독성이 밝혀지면서 각국에서는 관리감독을 위해 섭취량을 조사관리하고 있다. 이탈리아는 식품을 통해 섭취하는 총 PAHs 섭취량을 3 µg/day 이하로, 발암성 PAHs 섭취량은 1.4 µg/day로 제한하고 있으며(13), 우리나라에서 식품을 통해 섭취하는 1일 PAHs 섭취량은 9.27 µg/kg, 벤조피렌 섭취량은 2.02 µg/kg으로 조사되었다. 이러한 자료를 바탕으로 2001년부터 식품의약품안전청에서는 국내 유통되는 육류 및 그 가공품, 식용유지류, 어패류 및 그 가공품, 과채류에 대한 PAHs 오염실태를 조사하였는데 모니터링 결과 인간은 지방성 식품에 의해 PAHs에 노출되었다(14-17).

밤은 참나무과에 속하는 밤나무의 열매로서 과육의 대부분 전분이고 소량의 단백질과 지방으로 이루어져 있다. 껍질은 이중으로 되어있으며 속껍질에는 다량의 탄닌 성분이 들어있어 떫은맛을 낸다. 이러한 밤은 식품의 원료로 가공하기도 하며 직접 삶거나 구워먹는 기호식품이다. 밤은 전분을 포함한 당류들로 되어 있으나 다른 전분에 비하여 점성이 없고 단백질의 함량이 낮으며(18) 원산지 별로 그 품종에 차이가 있어 제각기 가공적성에

*Corresponding author: Han-Seung Shin, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea
Tel: 82-2-2260-8590

Fax: 82-2-2260-8740

E-mail: spartan@dongguk.edu

Received January 2, 2009; revised February 20, 2009;

accepted February 22, 2009

맞게 개발되고 있다. 밤의 종류에는 원산지를 근거로 한국밤, 유럽밤, 중국밤 및 일본밤 등으로 구분되며 주로 밤 가공품에 사용되는 중국밤은 알이 작고 단맛이 높으나 해충에 약하다. 밤에 관한 연구로는 밤 가공에 관한 연구(19)와 간밤의 전처리 방법이 저장 중 품질에 미치는 영향에 관한 연구(20) 또한 밤의 주성분인 전분 제조방법에 따른 밤전분의 이화학적 특성(21), 수분열처리에 의한 물리화학적 성질의 변화(22) 등이 보고되었다. 지금까지 밤가공품에 대한 연구는 이화화학적 특성과 물리화학적 특성, 품질에 대하여 진행되었지만 밤가공품의 가공과정 중에 생성될 수 있는 독성물질인 PAHs에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 실험은 시중에 유통되는 밤가공품의 제조과정 중 생성될 수 있는 PAHs의 함량을 알아보기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

재료 및 제조방법

본 연구에 사용되는 밤가공품은 시중에 유통되는 제품 6종, 일련으로 수출되는 제품 1종을 대형 마트에서 구입하여 사용하였

다. 모든 밤가공품은 실온에서 24시간 건조한 후 분쇄하여 대상 시료로 사용하였다. 밤가공품은 원료입고→사별 및 선별→껍질 중간흡집→로스팅→박피→품질검사 및 세정→급속냉동 및 보존→해동→질소치환포장→레토르트 살균→건조→포장의 단계를 거쳐서 제조되었다(Fig. 1).

표준 물질 및 시약

PAHs의 표준물질로 benzo[*a*]anthracene(BaA), chrysene(CRY), benzo[*b*]fluoranthene(BbF), benzo[*k*]fluoranthene(BkF), benzo[*a*]pyrene(BaP), dibenzo[*a,h*]anthracene(DahA), benzo[*g,h,i*]perylene(BghiP), indeno[1,2,3-*c,d*]pyrene(IcdP)의 8종을 선정하여 Fig. 2에 나타내었다.

내부 표준 물질로 3-methylcholanthrene(Supelco, Bellefonte, PA, USA)을 사용하였으며, 분석에 사용한 시약은 *n*-hexane, dichloromethane, acetonitrile, *N,N*-dimethylformamide, water 등으로 HPLC 용(Burdick & Jackson, Muskegon, MI, USA)특급시약을 사용하였다. 불순물 제거 및 정제 과정에 사용되는 카트리지는 Sep-pak florisil cartridge(Waters, Milford, MA, USA)를 구입하여 사용하였다.

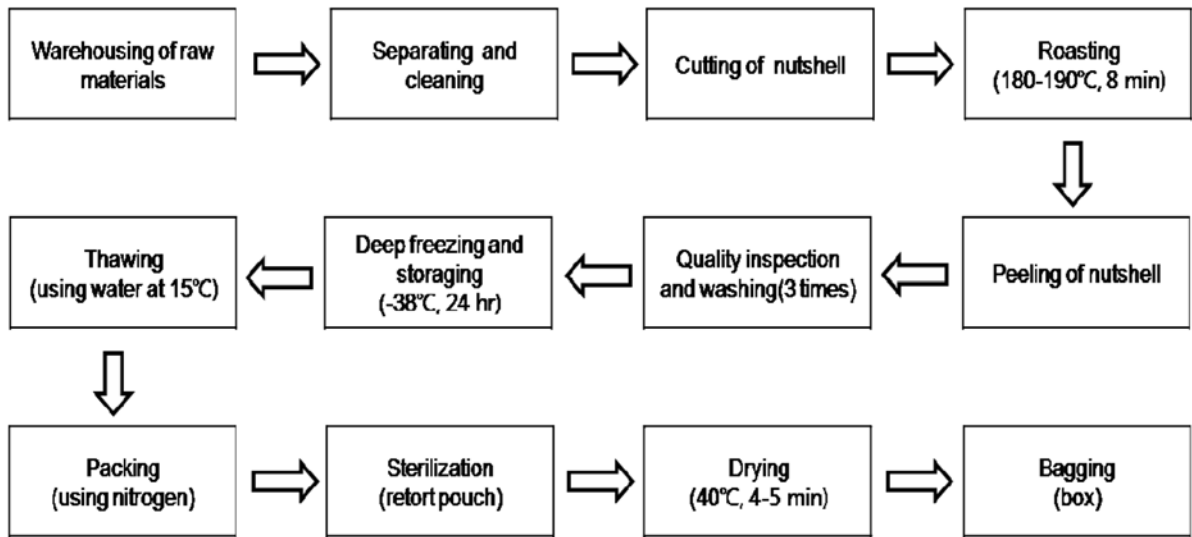


Fig. 1. Flow diagram of chestnut product process.

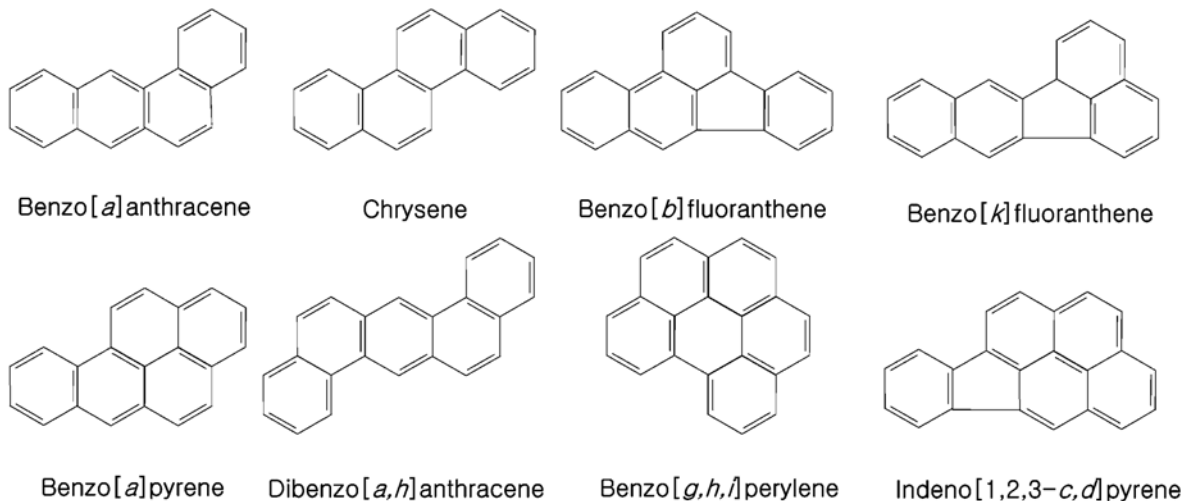


Fig. 2. Structure of 8 polycyclic aromatic hydrocarbons.

PAHs 표준용액 조제

8종류의 PAHs 표준물질을 각각 acetonitrile에 정용하여 1,000 µg/kg 농도로 조제하였다. 이들을 동일한 비율로 혼합하여 PAHs 혼합 표준용액 500 µg/kg을 조제하였다. 이를 단계별로 희석하여 0.25, 0.5, 1, 5, 10, 20, 50, 100 µg/kg의 혼합 표준용액을 조제하였다.

전처리 방법

시료를 실온에서 24시간 건조하여 잘 분쇄한 다음 약 5 g을 정밀하게 달아 물 100 mL를 넣어 90분간 초음파 추출을 하였다. 여기에 hexan 100 mL 및 내부표준용액(3-methylcholanthrene) 30 µg/kg을 1 mL 첨가하여 homogenizer로 5분간 균질화를 한 다음 30분간 초음파 추출을 하였다. 균질화 된 시료는 분액깔대기(I)에 넣고 흔들어 섞은 후 10분간 방치하여 층 분리를 하였다. 층 분리가 잘 일어나지 않고 에멀전이 생성된 경우, 소량의 메탄올을 넣은 후 저온에서 1시간 방치하였다. 분액깔대기(I)에서 hexan 층을 분액깔대기(II)에 옮기고 남아 있는 물 층에 hexan 50 mL을 넣고 2회 반복하여 진탕 추출한 후 hexan 층을 취하여 분액깔대기(II)에 합했다. 합한 hexan 층에 물 50 mL를 넣어 세척하고, 이 hexan 층을 무수황산나트륨 약 15 g을 넣은 여과지를 사용하여 탈수 여과 한 후 40°C 이하의 수욕상에서 감압하여 약 2 mL로 농축하였다. Sep-pak florisil cartridge는 미리 dichloromethane 10 mL 및 n-hexane 20 mL를 초당 2-3방울의 속도로 유출시킨 후 사용하였다. 이 카트리지에 위의 농축액을 1 mL/min의 속도로 가하

Table 1. Condition for HPLC/FLD analysis of PAHs in processed chestnut products

Instrument		Dionex P680 series HPLC	
Column		Supelcosil LC-PAH Column (25 cm×4.6 mm)	
Gradient method			
		Acetonitrile	Water
Mobile phase	0 min	80	20
	27 min	100	0
	33 min	100	0
	37 min	100	0
	39 min	80	20
Wavelength	Excitation (nm)		Emission (nm)
	0-21 min	254	390
	21-38 min	254	420
	38-45 min	269	498
Flow rate		0.8 mL/min	
Injection vol.		20 µL	

였다. 이어서 n-hexane 10 mL와 n-hexane:dichloromethane(3:1) 8 mL로 각각 용출시킨 후 이 용출액을 40°C 이하의 수욕 상에서 질소가스 하에 날려 보낸 후 잔류물을 acetonitrile에 녹여 전량을 1 mL로 하고, 이를 0.45 µm membrane filter로 여과하여 시험용액으로 사용하였다.

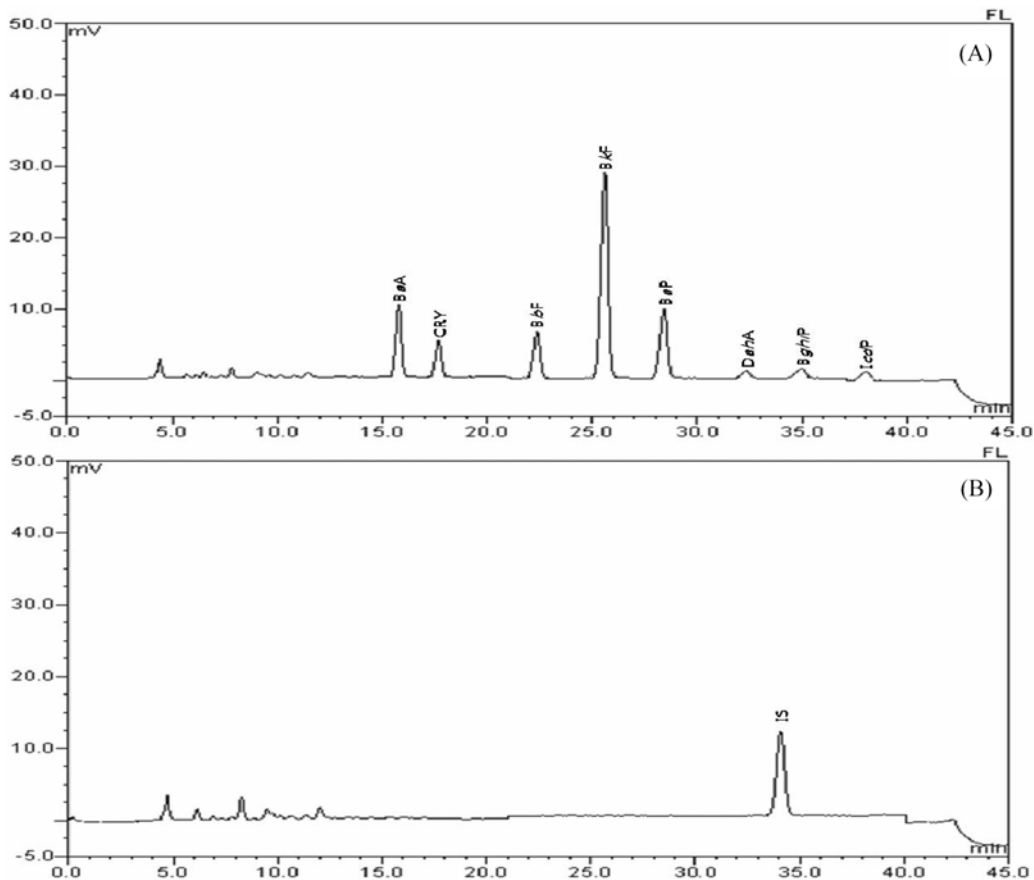


Fig. 3. HPLC/FLD chromatograms of 8PAHs for standard (A) and spiked sample (B). BaA, benzo[a]anthracene; CRY, chrysene; BbF, benzo[b]fluoranthene; BkF, benzo[k]fluoranthene; BaP, benzo[a]pyrene; DahA, dibenzo[a,h]anthracene; IS, Internal standard; 3-methylcholanthrene; BghiP, benzo[g,h,i]perylene; IcdP, indeno[1,2,3-c,d]pyrene

기기분석조건

PAHs 분석을 위한 기기는 Dionex사의 P680 pump를 장착한 HPLC(P680, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)를 사용하였고, fluorescence detector(Waters)를 통해 형광검출 하였다. 컬럼은 LC-PAH column(25 cm×4.6 mm, ID. particle size 5 µm, Supelco, Bellefonte, PA, USA)을 사용하였고 분석기기의 조건은 Table 1에 나타나었다.

밸리데이션

분석의 타당성을 검증하기 위한 밸리데이션은 검출한계, 정량한계, 직선성, 정확성 및 정밀성을 이용하여 평가하였다. 분석대상물의 검출 가능한 최소량인 검출한계(LOD)와 분석대상물의 정량 가능한 최소량인 정량한계(LOQ)는 다음과 같은 식으로 산출하였다.

검출한계(LOD)=3.3×σ/S (1)

정량한계(LOQ)=10×σ/S (2)

이때 σ는 절편의 평균표준편차이며 S는 기울기의 평균을 의미

Table 2. Limits of detection (LOD), limits of quantification (LOQ) and recovery of each PAH in processed chestnut products

PAHs	Recovery (%)	CV (%)	LOD (µg/kg)	LOQ (µg/kg)
BaA	93.87	0.97	0.012	0.042
CRY	94.94	2.67	0.021	0.071
BbF	93.26	2.01	0.023	0.078
BkF	90.90	3.41	0.032	0.108
BaP	87.83	2.04	0.024	0.080
DahA	88.35	0.60	0.312	1.052
BghiP	92.09	3.76	0.382	1.273
IcdP	100.56	2.75	0.240	0.802

BaA, benzo[a]anthracene; CRY, chrysene; BbF, benzo[b]fluoranthene; BkF, benzo[k]fluoranthene; BaP, benzo[a]pyrene; DahA, dibenzo[a,h]anthracene; IS, Internal standard; 3-methylcholanthrene; BghiP, benzo[g,h,i]perylene; IcdP, indeno[1,2,3-c,d]pyrene

한다.

직선성은 PAHs 표준용액을 주입하여 얻어진 피크의 각 농도

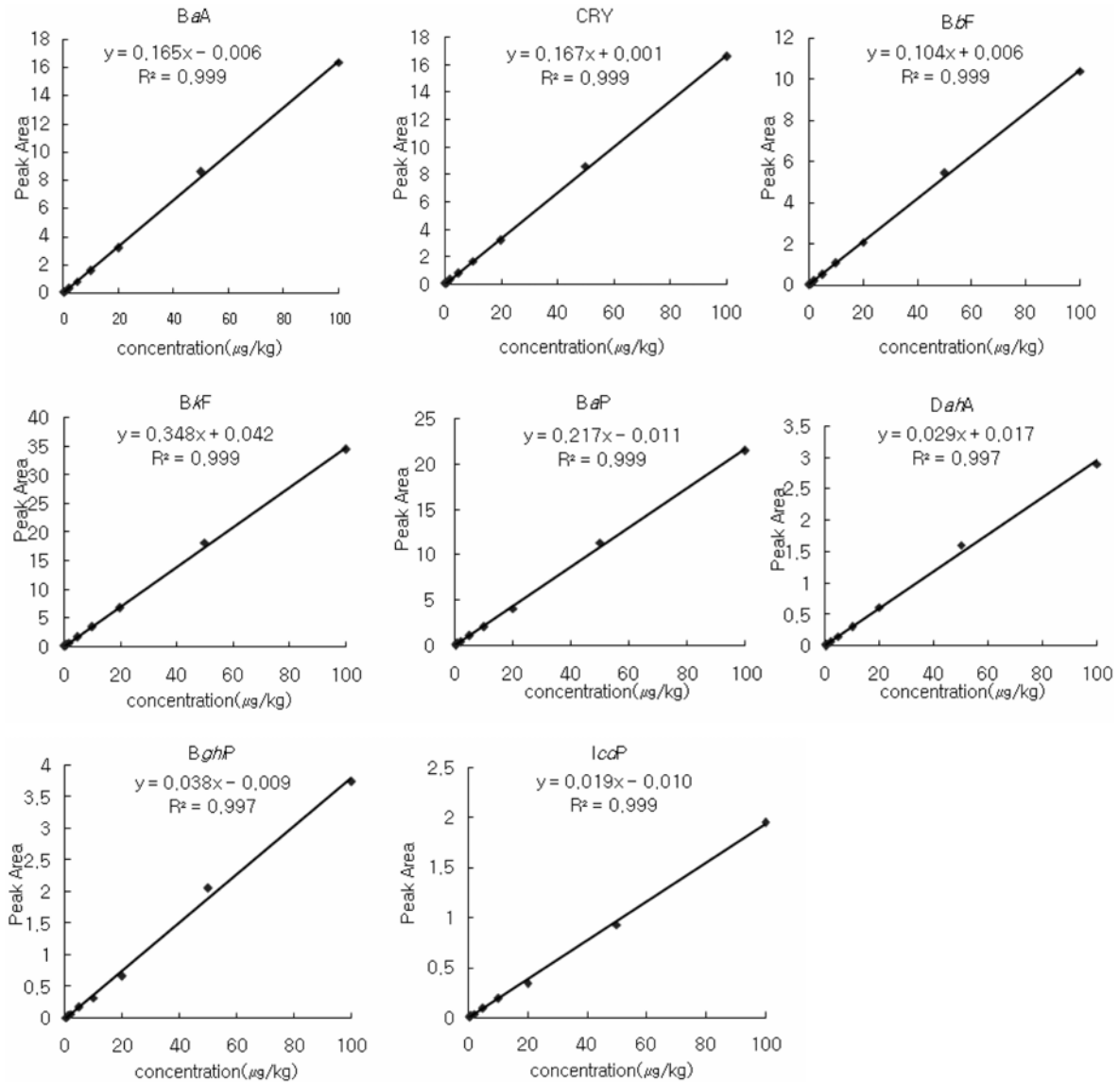


Fig. 4. Linearity of the standard calibration curve of PAHs.

별 면적 비를 구하여 얻어진 검량선으로부터 직선식의 상관계수 (R^2)를 구하여 검토하였다. 회수율은 PAHs 표준용액을 시료에 spiking한 후 전처리 과정을 거쳐 얻어진 시험용액을 주입하여 얻어진 피크와 PAHs 표준용액을 주입하였을 때 얻어진 피크의 면적비를 통해 구하였다. 또한 3가지 농도의 PAHs 표준용액을 이용하여 일내정확도 및 정밀도, 일간정확도 및 정밀도를 측정하였다.

결과 및 고찰

8종류의 PAHs 표준용액을 공시료에 첨가하고, 전처리 과정을 거친 후 HPLC/FLD를 이용하여 얻어진 크로마토그램과 대상시료에 내부표준용액(3-methylcholanthrene)을 spiking한 후 얻어진 크로마토그램은 Fig. 3과 같다. PAHs는 비극성도에 따라서 BaA, CRY, BbF, BkF, BaP, DahA, BghiP, IcdP순으로 검출되었다. 이들은 여러 농도에서도 비슷한 피크유지 시간을 보였으며, 내부표준용액도 다른 성분과 명확하게 분리되었다. 표준용액 분석 시 회수율, 감도, 정확성 및 정밀도를 높이기 위하여 지방을 완전히 제거하고, 에멀전을 완전히 분리하는 전처리 과정을 거쳤다. 또한 불순물 및 방해물질을 제거하기 위하여 SPE 정제과정을 수행하였다.

검출한계 및 정량한계

각각의 PAH에 대한 검출한계(LOD)와 정량한계(LOQ)는 Table 2에 나타내었다. 검출한계는 0.012-0.382 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었다. BghiP가 0.382 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 가장 높은 값을 보였으나, 만족할 만한 수준이었다. 정량한계는 0.042-1.273 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 검출되었고, BghiP가 1.273 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 가장 높은 값을 보였지만 만족할 만한 수준이었다.

회수율

각각의 PAH에 대한 회수율(Recovery,%)과 상대표준편차(CV, %)는 Table 2에 나타내었다. 공시료에 PAHs 혼합표준용액 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 을 첨가하여 3회 반복실험을 수행한 결과 평균회수율은 87.83-100.56%이고, 상대표준편차는 0.60-3.76%로 EU(European union)에서 제시하는 80-120%에 만족할 만한 수준의 결과였다.

직선성

검량선 작성을 위하여 8종류의 PAH 혼합표준물질을 0.25-100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 농도로 제조하여 HPLC/FLD를 통하여 분석하였다(Fig. 4). 표준물질 농도를 X축, 피크면적을 Y축으로 하여 검량선을 작성하였다. 각각의 PAH에 대하여 작성된 검량선 식은 직선을 나타

Table 3. Accuracy and precision for the determination of PAHs

Concentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Intraday (n=3)		Interday (n=3)		
	Accuracy (%) ¹⁾	CV (%) ²⁾	Accuracy (%)	CV (%)	
BaA	0.25	82.33±2.08	2.53	88.22±6.78	7.68
	10	104.50±0.45	0.43	103.20±1.97	1.91
	50	95.64±1.75	1.75	96.70±1.79	1.85
CRY	0.25	87.57±3.48	3.98	94.35±7.85	8.32
	10	100.14±0.25	0.25	99.89±0.37	0.37
	50	96.94±4.48	4.48	97.73±2.97	2.97
BbF	0.25	125.44±4.20	3.35	116.53±11.45	9.83
	10	99.95±0.38	0.38	99.59±1.79	1.80
	50	96.36±1.73	1.80	97.08±1.84	1.90
BkF	0.25	113.63±2.04	1.79	108.35±6.03	5.56
	10	102.10±3.49	3.41	101.11±2.47	2.44
	50	95.39±1.93	2.02	97.19±2.44	2.51
BaP	0.25	93.32±3.92	3.67	94.76±5.51	5.82
	10	104.69±0.02	0.02	103.38±1.47	1.42
	50	96.62±4.33	4.48	98.53±3.48	3.54
DahA	1	119.38±1.89	1.58	114.51±6.58	5.75
	10	101.70±2.22	2.18	99.68±3.03	3.04
	50	96.59±1.34	1.39	99.07±3.66	3.70
BghiP	1	93.61±4.00	4.28	96.10±3.88	4.04
	10	94.98±0.56	0.59	95.49±0.82	0.86
	50	88.33±2.84	3.22	90.41±2.92	3.23
IcdP	1	81.95±2.72	3.32	79.89±2.97	3.71
	10	96.13±3.09	3.21	96.82±2.41	2.48
	50	110.29±3.34	3.03	111.55±3.29	2.95

¹⁾Accuracy(%)=[1-(mean concentration measured-concentration spiked)/concentration spiked]×100

²⁾CV(Coefficient of variation, %)=(S.D./mean)×100

BaA, benzo[a]anthracene; CRY, chrysene; BbF, benzo[b]fluoranthene; BkF, benzo[k]fluoranthene; BaP, benzo[a]pyrene; DahA, dibenzo[a,h]anthracene; IS, Internal standard; 3-methylcholanthrene; BghiP, benzo[g,h,i]perylene; IcdP, indeno[1,2,3-c,d]pyrene

내는 상관계수(R^2)값이 0.997-0.999로 양호한 직선성을 나타내었다.

정확성 및 정밀성

8PAHs 표준용액 중 0.25, 10, 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 을 HPLC/FLD에 주입하여 얻은 크로마토그램을 통해 일내정확성과 정밀성, 일간정확성과 정밀성을 구하였다(Table 3). 일반적으로 정확성(Accuracy, %)은 85-115%(최저정량한계, 80-120%)이내이고, 정밀성(Precision, %)은 상대표준편차(CV, %)가 15%(최저정량한계, 20%)이내 이어야 한다. 하루에 반복적인 작업을 3번 시행하여 구한 일내 정확성은 81.95-125.44%이었고, 정밀성은 0.02-4.48%로 나타났다. 일주일에 간격을 두고 3일동안 반복 시행하여 구한 일간 정확성은 79.89-116.53%이었고, 정밀성은 0.37-9.83%로 나타났다. 이로부터 대부분의 PAHs 정확성 및 정밀성은 만족할 만한 수준이었다.

밤가공품 중 PAHs 함량 분석

이와 같이 타당성이 검증된 분석방법을 통하여 시중에 유통되고 있는 밤가공품 7종을 분석하였다. 분석의 정확성을 높이기 위해 실제 시료에 내부표준물질을 첨가하여 회수율을 측정하였으며, 이때 회수율은 98.21%로 만족할 만한 결과를 보였다. 분석 결과 일부 밤가공품에서 PAHs가 검출되었으나 모두 정량한계 이하였고, 대부분의 대상시료에서는 검출되지 않았다. 이러한 결과는 밤가공품 제조과정 중 로스팅 과정에서 PAHs가 생성될 수 있으리라고 생각되었으나, 밤 껍질을 제거하는 박피과정과 급냉과정, 살균작용 등이 PAHs 생성을 저해했으리라 추측할 수 있고 이에 대한 연구가 필요하겠다.

요 약

본 실험은 밤가공품의 제조과정 중에 생성될 수 있는 PAHs 함량을 분석하기 위해 실시되었다. 밤가공품은 시중에서 유통되고 있는 7종을 구입하여 초음파 추출과정과 정제과정을 거친 후 HPLC/FLD를 이용하여 분석하였다. 분석 결과 8종류의 PAHs는 정성·정량분석에 만족할만한 다음의 결과를 얻었다. 첫째 PAHs를 농도범위에서 측정된 결과 상관계수(R^2)가 0.997이상으로 분석에 양호한 직선성을 나타냈으며, 검출한계는 0.012-0.382 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 정량한계는 0.042-1.273 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 만족할 만한 수준이었다. 둘째 PAHs와 공시료를 대상으로 회수율을 측정된 결과 평균회수율은 87.83-100.56%이고, 상대표준편차는 0.60-3.76%로 나타났다. 셋째 일내, 일간 정확성은 각각 81.95-125.44%, 79.89-116.53%이었고, 정밀성은 0.02-4.48%, 0.37-9.83%이었다. 넷째, 밤가공품을 대상으로 분석한 결과 PAHs 중 일부는 검출되었으나 모두 정량한계 이하로 나타났고, 대부분의 시료에서는 검출되지 않았다.

문 헌

- Dabestani R, Lvanov IN. A comparison of physical, spectroscopic photophysical properties of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Photochem. Photobiol.* 70: 10-34 (1999)
- Vo-Dinh T, Fetzter J, Campiglia AD. Monitoring and characterization of polyaromatic compounds in the environment. *Talanta* 47: 943-969 (1998)
- Tilgner DJ, Daun H. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked foods. *Residue Rev.* 27: 19-41 (1969)
- Kluska M. Soil contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons in the vicinity of the ring road in Siedlce city. *Pol. J. Environ. Stud.* 12: 309-313 (2003)
- Gunther FA, Buzzetti F. Occurrence, isolation and identification of polynuclear hydrocarbons as residues. *Residue Rev.* 23: 90-113 (1965)
- U.S. EPA. U.S. EPA method 610-polycyclic aromatic hydrocarbons. *Methods for organic chemical analysis of municipal and industrial wastewater.* U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC, USA. (1984)
- Official Journal of the European Union. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Commission Regulation.* 19, December (2006)
- IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. *Suppl. 7.* International Agency for Research on Cancer, Lyon, France (1987)
- WHO. Recommendations for the revision of guidelines for predicting dietary intake of pesticide residues. In report of a FAO/WHO consultation (WHO/FNU/FOS), World Health Organization, Geneva, Switzerland. (1995)
- Douglass JS, Tennant DR. Estimations of dietary intake of food chemicals. pp. 195-218. In: *Food Chemical Risk Analysis.* Tennant DR (ed), Blackie Academic and Professional. Chapman and Hall, London, UK (1997)
- Tasi PJ, Shieh HY, Lee WJ, Lai SO. Health-risk assessment for workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in a carbon black manufacturing industry. *Sci. Total Environ.* 278: 137-150 (2001)
- Nisbet ICT, Lagoy PK. Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Regul. Toxicol. Pharm.* 16: 290-300 (1992)
- Houessou JK, Benac C, Delteil C, Camel V. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in coffee brew using solid-phase extraction. *J. Agr. Food Chem.* 53: 871-879 (2005)
- Chung SY, Sho YS, Park SK, Lee EJ, Suh JH, Choi WJ, Kim JS, Kim MH, Kwon KS, Lee JO, Kim HY, Lee CW. Concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetable oils and fats. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 668-691 (2004)
- Hu SJ, Kim MH, Oh NS, Ha J, Choi KS, Kwon KS. Levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in fish, shellfish and their processed products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 866-872 (2005)
- Hu SJ, Oh NS, Kim SY, Lee HM. Determining of polycyclic aromatic hydrocarbons in domestic vegetables and fruits. *Anal. Sci. Technol.* 19: 415-421 (2006)
- Kim HY, Chung SY, Sho YS, Park SS, Lee EJ, Suh JH, Lee YD, Choi WJ, Kim JS, Eom JY, Park HO, Jin MS, Kim DS, Ha SC, Lee JO. Concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons in cereals, pulses, potatoes and their products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 537-541 (2005)
- Kim SK, Jeon YJ, Kim YT, Lee BJ, Kang OJ. Physicochemical and texture properties of chestnut starches. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 24: 594-600 (1995)
- Suh KS, Han PJ, Lee SJ. Studies on the processing of chestnut, Part 1. Trials on the raw material adaptability for processing and colored products development. *Korean J. Food Sci. Technol.* 6: 98-108 (1974)
- Kim JH, Jeong JW, Kweon KH. Quality effects of various pretreatment methods on the properties of peeled chestnut during storage. *Korean J. Food Preserv.* 14: 462-468 (2007)
- Park HH, Lee KH, Kim SK. Effect of heat-moisture treatments on physico-chemical properties of chestnut starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 18: 437-442 (1986)
- Kim YD, Choi OJ, Shin KH, Cho IK. Physicochemical properties of chestnut starch according to the processing method. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 35: 366-372 (2006)