

원산지가 다른 참깨로 제조한 참기름에서의 polycyclic aromatic hydrocarbons 함량 분석

서일원 · 남혜정 · 신한승*

동국대학교 식품공학과 및 Lotus기능성식품소재연구소

Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sesame Oils Derived from Sesame Seeds of Different Places of Origins

Ilwon Seo, Hejung Nam, and Han-Seung Shin*

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

Abstract Polycyclic aromatic hydrocarbon(PAH) contents were evaluated in sesame oils from sesame seeds of different origins and in commercial samples using HPLC with fluorescence detection. The sesame seeds, which had been harvested from India, China, and Korea, were roasted at 250°C for 25 min, and the commercial sesame oils were purchased from a local market. The recoveries for eight PAHs spiked into the sesame oils ranged from 80.2 to 99.2%. The mean levels of total PAHs in the sesame oils harvested from China, Korea, and India were 3.97, 1.57, and 1.20 µg/kg, respectively. The PAH contents in the commercial sesame oils ranged from 0.79 to 2.15 µg/kg.

Key words : polycyclic aromatic hydrocarbon, benzo[a]pyrene, sesame oils, harvest origin

서 론

산업이 발달함에 따라 자동차 매연, 배기가스 배출량, 공장 매연의 증가와 화석연료의 불완전연소 등으로 인해 유기화합물의 배출량이 증가하고 있다. 이들 화합물 중 특히 PAHs는 인체에 유해한 내분비계 장애물질로 알려져있다. PAHs 오염은 토양, 수질, 대기와 같은 환경에 존재하는 인자로 인해 오염되거나 담배연기, 식품의 가열, 훈연과정과 같은 인자로 인해 오염될 수 있다(1-3).

PAHs는 2개 이상의 벤젠 링을 갖고 있는 다환방향족 탄화수소로 200여종의 유도체 화합물로 구성되어 있다(3,4). 이들 중 일부는 돌연변이원성과 발암성이 있는 것으로 알려져 있어 각국에서는 기준 규격을 마련하여 관리하고 있다. USEPA(United States Environmental Protection)에서는 PAHs 중 우선 대상물질로 16종의 PAHs를 선정하였으며(5), EU에서는 15종의 PAHs(benzo[a]anthracene, cyclopenta[cd]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)를 발암성이 있는 것으로 밝혀내고 관리하고 있다(6). PAHs에 관한 위해성 평가는 IARC(International Agency for Research on Cancer)에서 PAHs의 독성에 대한 분류와 상대독

성계수(Toxic Equivalency Factors, TEFs)를 통해 이뤄질 수 있다(7). PAHs와 같은 이성체 화합물의 위해성 평가는 대표물질의 독성을 기준으로 상대독성계수를 정하여 실시하고 있는데 PAHs의 경우 Benzo[a]pyrene의 발암력을 기준으로 상대독성계수를 나타내고 있다(8-11).

식품의약품안전청에서는 2001년부터 국내 유통되고 있는 식품에 대한 PAHs 모니터링 연구를 시행해 왔다. 국내 유통되는 육류 및 그 가공품, 식용유지류, 곡류, 두류, 서류 및 그 가공품, 어패류 및 그 가공품, 채소류 및 과일류에 대한 PAHs 오염실태를 조사하였는데 모니터링 결과 인간은 주로 육류, 식용유지류, 어류등과 같은 지방성 식품에 의해 PAHs에 노출되었다(12-15). 이러한 유지식품에 대한 PAHs 오염은 환경인자와 가공과정을 통해 이뤄질 수 있다. 특히 인위적인 가열작업과 건조작업을 필요로 하는 식용유지류에 대한 PAHs 오염은 다른 식품에 비해 높게 나타났다. 이러한 식용유지에는 옥수수기름, 대두유, 참기름, 들기름, 올리브유, 포도씨유, 해바라기씨유, 쇼트닝 등이 있다. 특히 참기름은 고소한 향미를 갖고 있기 때문에 조미료 및 식품에 많이 쓰이고 있다.

참기름 제조의 원료가 되는 참깨(*Sesamum indicum* L.)는 쌍떡잎식물 통화식물목 참깨과의 한해살이 풀로서 참기름 제조시에는 종자를 이용하여 가열 압착 방법으로 채유하여 생산한다. 참깨의 대표적인 페놀성 성분인 리그난류는 지질산화방지 작용(16), 간의 해독작용(17), 장내 콜레스테롤 흡수 억제작용(18) 등과 같은 생리활성 기능을 갖고 있는 것으로 알려졌다. 현재 국내에 수입되고 있는 참깨는 주로 중국산, 인도산, 수단산 등이 있으며 국내산 참깨와 함께 참기름 제조원료로 사용되고 있다.

지금까지 원산지가 다른 참깨를 이용하여 제조한 참기름의 물리화학적 특성의 변화, 향미의 변화, 지방산 조성의 변화에 대한 연구는 활발하게 진행되었으나 원산지가 다른 참깨로 제조한 참

*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 December 23, 2008; revised January 18, 2009;
accepted January 23, 2009

기름의 PAHs 생성량에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다(19-21). 이에 본 연구에서는 원산지가 다른 참깨를 볶지 않고 제조한 경우와 고온에서 볶은 경우 PAHs 생성량의 변화를 분석하였다. 또한 시중에 유통되고 있는 참기름의 PAHs 함량 모니터링을 통해 PAHs의 잔류실태를 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용되는 참깨는 시중에 유통되는 중국산, 인도산, 국내산을 사용하였다. 국내산 참깨는 충청북도 충주산 종실로서 농협(Seoul, Korea)에서 구입하였으며, 중국산, 인도산 참깨는 가락동 농수산물 도매시장(Seoul, Korea)에서 구입하였다. 모든 참깨는 수세한 다음 그늘에 건조한 후 분석시료로 사용하였다. 시중에서 판매되는 참기름 중 PAHs 함량을 모니터링하기 위해 대형마트에서 4종을 구입하여 분석시료로 사용하였다.

시약 및 표준용액

분석에 사용한 시약은 *n*-hexane, dichloromethane, acetonitrile, N,N-dimethylformamide, water 등으로 HPLC용(Burdick & Jackson, Muskegon, MI, USA) 시약을 사용하였으며, sodium sulfate anhydrous는 Merck사 제품(Darmstadt, Germany)을 사용하였다. 정제 과정에 사용되는 cartridge는 Sep-Pak Florisil Vac Cartridge (Waters, Milford, MA, USA)를 구입하여 사용하였다. PAHs의 분석표준용액은 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 선정하였다(Fig. 1). 내부 표준 물질로 3-methylcholanthrene(Supelco, Bellefonte, PA, USA)을 사용하였다.

원산지가 다른 참기름 제조

중국산, 인도산, 국내산 참깨를 깨끗이 수세한 후 열풍 로스터기(Gene cafe, Seoul, Korea)를 이용하여 250°C에서 25분간 볶아 착유용 시료로 사용하였다. 볶은 시료를 대상으로 소형 착유기(NEH-404K, National En., Tokyo, Japan)를 사용해 참기름을 제조하여 분석시료로 사용하였다. 환경인자로부터의 생성된 PAHs 함량을 알아 보고자 볶지 않은 참기름은 바로 소형 착유기를 통해 제조하여 분석시료로 사용하였다.

색도 분석

원산지가 다른 참기름과 시중에 판매되고 있는 참기름의 색도는 투명한 유리원통용기(16 mL, 21×73 mm)에 담아 분광색차계(Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter color value인 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 측정하였다. 시료는 볶지 않고 착유한 인도산, 중국산, 국내산 참기름 3종, 250°C에서 25분간 볶은 후 착유한 인도산, 중국산, 국내산 참기름 3종, 모니터링을 위해 대형마트에서 구입한 참기름 4종을 각각 3개씩 준비하여 3회 반복 측정하였고, 그 평균과 표준 편차로 나타내었다.

HPLC분석조건

PAHs 분석을 위해 fluorescence detector(Waters, Milford, MA, USA)를 장착한 HPLC(P680, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)를 사용하여 형광검출 하였다. 컬럼은 Supelguard LC-18(Supelco, Bellefonte, PA, USA)을 장착시킨 LC-PAH column(25 cm × 4.6 mm, ID, particle size 5 μm, Supelco, Bellefonte, PA, USA)을 사용하였으며 분석 조건은 Table 1에 나타내었다.

시료의 전처리 방법

시료의 전처리는 식품의약품안전청에서 고시한 방법과 Hu 등(13,14)의 방법을 응용하였다(Fig. 2). 약 10 g의 시료를 전자저울

Table 1. Condition for HPLC/FLD analysis of PAHs in roasted sesame oils

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
	Excitation(nm)	Emission(nm)	
Wavelength (Ex/Em)	0-22 min	254	390
	22-40 min	254	420
	40-50 min	269	498
Flow rate	0.8 mL/min		
Injection Vol.	20 μL		

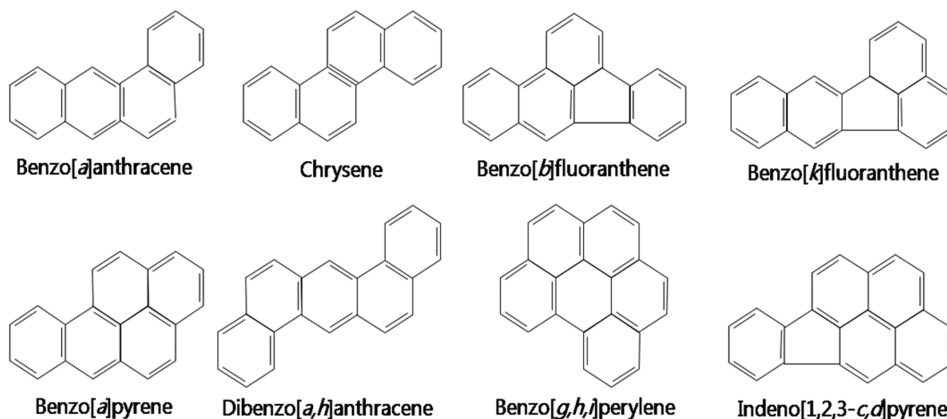


Fig. 1. Structures of 8PAHs found in roasted sesame oils.

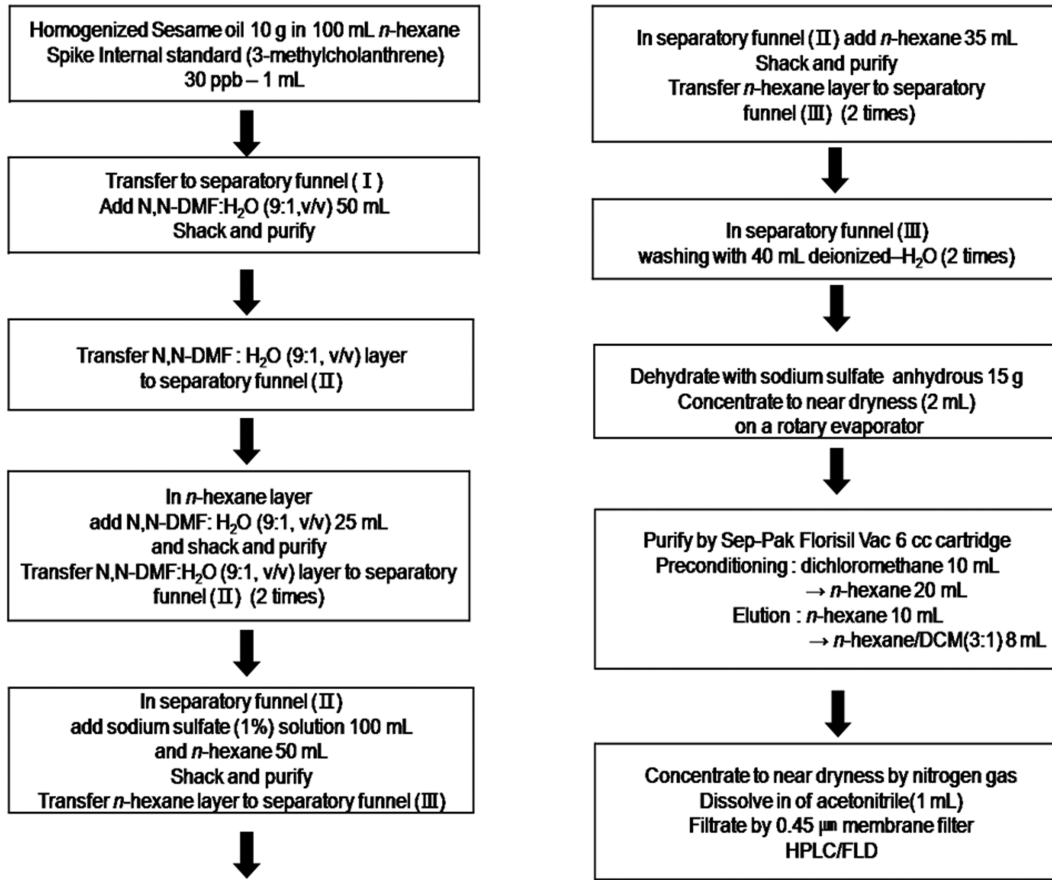


Fig. 2. Diagram of 8PAHs analysis in sesame oils.

(Ohaus, Pine Brook, NJ, USA)을 사용하여 정밀히 달아 내부표준 용액 30 µg/kg을 1 mL 첨가하고 n-hexane 100 mL에 녹여 분액깔대기(I)에 옮겼다. 분액깔대기(I)에 N,N-dimethylformamide(DMF): water(9:1) 50 mL를 넣어 흔들어 섞은 후 정치하여 DMF:water (9:1)층을 분해하여 다른 분액깔대기(II)에 옮겼다. n-hexane에 DMF:water(9:1) 25 mL씩을 넣고 위와 같이 2회 되풀이하여 DMF: water(9:1)층을 분액깔대기(II)에 합쳤다. 여기에 1% 황산나트륨 용액 100 mL를 넣어 섞고 n-hexane 50 mL를 넣어 흔들어 섞은 후 정치하여 n-hexane 층을 분액깔대기(III)에 옮겼다. DMF: water(9:1)층에 n-hexane 35 mL씩을 넣고 위와 같이 2회 되풀이하여 n-hexane층을 위의 분액깔대기(III)에 합쳤다. 물 40 mL씩을 넣고 흔들어 섞은 후 정치하여 하층액을 버리는 조작을 2회 되풀이하였다. 층 분리가 잘 안될 경우 1시간 정도 방치한 후에 층 분리를 하였다. n-hexane층을 무수황산나트륨 약 15 g을 넣은 여과지를 사용하여 탈수여과 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 cartridge에 위의 농축액을 1 mL/min의 속도로 가하였다. 이어서 n-hexane 10 mL와 n-hexane: dichloromethane(3:1) 8 mL로 각각 용출시킨 후 n-hexane과 n-hexane : dichloromethane(3:1)의 용출액을 40°C 이하의 수욕 상에서 질소가스 하에 날려 보낸 후 잔류물을 acetonitrile에 녹여 전량은 1 mL로 하고 이를 0.45 µm membrane filter로 여과하여 시험용액으로 사용하였다. 이 시험용액은 fluorescence detector를 장착한 HPLC에 주입하여 얻은 크로마토그램의 농도-면적비를 통

해 검량선을 작성하여 시험용액 중 8가지 PAHs의 함량을 구하였다.

통계분석

모든 결과는 3회 반복한 실험에 대한 평균과 표준편차로 나타내었다. 실험군 간의 통계학적인 분석은 Sigma-Stat 2.0(Jandel Co., San Rafael, CA, USA)를 이용하여 one-way analysis of variance (ANOVA)분석을 실시하였으며 유의성 검정은 신뢰구간 p<0.05에서 의미를 분석하였다.

결과 및 고찰

검량선 작성 및 회수율 측정

내부표준물질로 정성·정량 분석한 대상물질인 8종 PAHs에 대한 HPLC/FLD 상의 크로마토그램은 Fig. 3과 같았다. 각각의 PAHs에 대한 회수율은 81.19-99.15%로 만족할 수준이었으며, 검출한계(LOD)는 0.012-0.382 µg/kg, 검량한계(LOQ)는 0.042-1.273 µg/kg 수준이었다. 검량선 작성시 직선성을 나타내는 상관 계수(r²)는 0.997-0.999로 만족할만한 수준이었다(Table 2).

원산지가 다른 참기름의 PAHs 함량

인도산, 중국산, 국내산 참깨를 열풍건조 시킨 후 착유한 참기름의 PAHs 함량에 대해 조사하였다(Table 3). 인도산 참깨인 경우 볶지 않고 착유한 참기름에서 PAHs 함량은 0.95 µg/kg에서 250°C에서 25분간 볶은 후 착유했을 때 1.20 µg/kg 다소 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다. 중국산 참깨인 경우 볶지 않았

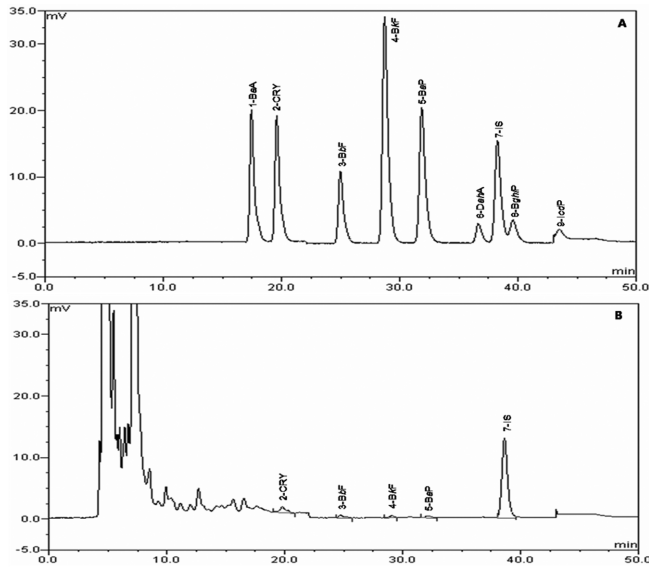


Fig. 3. HPLC/FLD chromatograms of 8 PAHs. (A, standard, B, sample); benzo[*a*]anthracene(BaA), chrysene(CRY), benzo[*b*]fluoranthene(BbF), benzo[*k*]fluoranthene(BkF), benzo[*a*]pyrene(BaP), dibenzo[*a,h*]anthracene(DahA), benzo[*g,h,i*]perylene(BghiP), indeno[1,2,3-*c,d*]pyrene(IcdP), 3-methylcholanthrene(1S: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

Table 2. Limits of detection(LOD), limits of quantification(LOQ), and recovery of each PAHs from roasted sesame oils¹⁾

PAHs	Recovery(%)	R ²	LOD(μg/kg)	LOQ(μg/kg)
BaA	99.15	0.999	0.012	0.042
CRY	97.63	0.999	0.021	0.071
BbF	93.33	0.999	0.023	0.078
BkF	89.22	0.999	0.032	0.108
BaP	92.52	0.999	0.024	0.080
DahA	87.06	0.997	0.312	1.052
BghiP	97.50	0.997	0.382	1.273
IcdP	81.19	0.999	0.240	0.802

¹⁾Values are mean of triplicate determinations.

을 경우 PAHs 함량은 0.84 μg/kg 이었고 250°C에서 25분간 볶은 후 착유했을 때 3.97 μg/kg으로 가장 많이 생성되었다. 국내산 참깨는 볶지 않았을 경우 검출한계 이하로 검출되어 가장 적은 PAHs 함량을 보였으며 250°C에서 25분간 볶은 후 착유한 참기름에서는 1.57 μg/kg이 생성 되었다. Benzo[*a*]pyrene의 함량은 중국산 참깨를 250°C에서 25분간 볶았을 때 0.21 μg/kg으로 가장 많이 생성 되었으나 국내 기준치인 2 μg/kg 보다 훨씬 적은 양이 검출 되었다. 볶지 않고 착유한 참기름에서 PAHs 함량을 비교해 보았을 때, PAHs 생성량은 인도산, 중국산, 국내산 순 이었다. 인도산 참깨가 가장 많은 PAHs 함량을 보여 환경인자에 기인한 PAHs가 많이 함유되어 있음을 알 수 있었다. 이는 인도산 참깨가 자생하는 주변의 대기, 수질환경에 의해 PAHs가 생성되었거나, 인공건조 과정 중에 사용한 석화연료에 의해 PAHs가 생성되었을 것으로 추측된다.

250°C에서 25분간 볶은 후 착유한 참기름에서 PAHs 함량을 비교해 보았을 때 중국산, 국내산, 인도산 순으로 검출 되었다. PAHs가 가장 많이 검출된 중국산 참깨가 제조과정 중 PAHs 생성에 가장 많이 영향 받는다는 것을 추측할 수 있었다. 이 때 영향을 미치는 인자는 볶음 온도와 시간, 볶음 방식에 따라 달라질 수 있는데, Lee 등(22)은 식품의 가열시간이 증가함에 따라 benzo[*a*]pyrene 생성량이 증가하였고, 직접가열 조리방식이 benzo[*a*]pyrene 에 대한 발암 위해성이 높은 것으로 보고 하였다.

시중에 판매되는 참기름의 PAHs 함량

일반 대형 마트에서 판매하는 4종의 참기름에서 PAHs 함량 모니터링 결과를 Table 4에 나타내었다. PAHs 총 함량은 A제품이 0.79 μg/kg, B제품이 2.15 μg/kg, C제품이 1.77 μg/kg, D제품이 1.15 μg/kg으로 검출 되었다. BaA, CRY, BbF는 4개의 제품에서 모두 검출 되었으며, 특히 BaA, CRY 함량이 다른 PAHs 화합물에 비해 많이 검출 되었다. BaP인 경우 4개중 3개의 제품에서 0.19, 0.16, 0.10 μg/kg이 검출되었으나 모두 기준치 이하였다. DahA, BghiP, IcdP는 4개의 제품에서 검출한계 이하로 검출되거나 검출되지 않았다. Chung 등(12)이 보고한 연구에 의하면 참기름 중 PAHs 함량은 5.03 μg/kg으로 나타나 본 실험보다 많은 양이 검출되었다. 본 실험에서는 적은 양이 검출 되었는데 이는 최근 참기름에서 BaP 함량이 기준치 이상으로 검출되었다는 식약

Table 3. Concentration of PAHs in sesame oil derived from different place origins

(Unit : μg/kg)

PAHs	Harvested country					
	India		China		Korea	
	Roasting temperature (°C)					
	0	250	0	250	0	250
BaA	0.40±0.06 ¹⁾	0.66±0.14	0.28±0.03	1.47±0.15	traces	0.35±0.04
CRY	0.32±0.08	0.27±0.03	0.14±0.02	0.62±0.05	traces	traces
BbF	0.24±0.05	0.15±0.05	0.30±0.02	0.54±0.17	traces	0.21±0.03
BkF	traces	traces ³⁾	0.12±0.01	traces	traces	traces
BaP	traces	0.11±0.03	traces	0.21±0.07	traces	traces
DahA	N.D. ²⁾	traces	N.D.	traces	N.D.	traces
BghiP	N.D.	traces	N.D.	traces	N.D.	traces
IcdP	N.D.	traces	N.D.	1.12±0.22	N.D.	1.00±0.06
Total	0.95±0.04 ^a	1.20±0.26 ^a	0.84±0.01 ^a	3.97±0.59 ^b	traces ^a	1.57±0.29 ^b

^{a-b} Means in the same columns bearing different superscripts are significantly different (*p*<0.05) by Student-Newman-Keuls methods.

¹⁾Values are mean±S.D. of triplicate determinations.

²⁾N.D., Not detected ³⁾traces, Below limit of quantification.

Table 4. Concentration of PAHs in commercial sesame oil products

(Unit : µg/kg)

PAHs	Commercial products			
	A	B	C	D
BaA	0.36±0.17 ¹⁾	0.76±0.05	0.51±0.10	0.42±0.22
CRY	0.31±0.12	0.88±0.30	0.94±0.09	0.47±0.06
BbF	0.12±0.06	0.16±0.04	0.16±0.03	0.17±0.06
BkF	N.D. ²⁾	0.17±0.04	traces	traces
BaP	N.D.	0.19±0.03	0.16±0.03	0.10±0.02
DahA	N.D.	N.D.	traces	traces
BghiP	N.D.	traces ³⁾	traces	traces
IcdP	N.D.	traces	traces	N.D.
Total	0.79±0.29	2.15±0.28	1.77±0.07	1.15±0.30

¹⁾Values are mean±S.D. of triplicate determinations, ²⁾N.D., Not detected, ³⁾traces : Below limit of quantification.

청의 연구보고가 있는 후에 많은 기업에서 PAHs 저감화에 대한 연구를 통해 감소되었으리라 생각된다. 본 실험에서는 열풍에 의한 간접가열 방법이 PAHs 저감화에 영향을 미쳤을 것이라고 추측할 수 있다. PAHs 저감화에 대한 연구는 여러 보고에 의해서 이뤄지고 있는데 Vitor 등(23-25)에 의하면 참기름의 제조과정 중 deodorizing, bleaching, neutralizing 과정은 PAHs 저감화에 상당한 효과가 있는 것으로 고찰되었다.

원산지가 다른 참기름의 색도 비교

원산지가 다른 참깨를 이용하여 제조한 참기름의 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 색차계를 이용하여 측정한 결과를 Table 5에 나타내었다. 명도를 나타내는 L값은 한국산 참깨인 경우 볶지 않았을 때 62.63에서 250°C에서 25분간 볶았을 때 41.64가 되었다. 인도산인 경우 62.52에서 43.31이 되었고, 중국산인 경우 61.31에서 41.15가 되었다. 볶은 참기름에서 원산지별 명도를 비교했을 때 중국산이 가장 어두웠으며 한국산, 인도산 순이었다. 참기름의 명도와 PAHs 생성량을 비교했을 때, 볶은 후 착유한 참기름이 볶지 않고 착유한 참기름보다 PAHs 생성량이 증가하였고 명도는 감소하였다. 이는 볶음 과정이 진행될수록 참깨가 타게 되므로 착유했을 때 명도가 낮아지게 되고 온도와 시간에 영향을 받는 PAHs 생성량은 늘어나는 것으로 사료된다. 적색도를 나타내는 a값을 비교해 보았을 때, 볶은 참깨에서 a값은 증가하여 적색을 띄었다. 인도산이 -4.67이었던 것이 볶은 후 13.11로 가장 크게 증가하였다. 한국산은 -4.23에서 12.48로 증가하였고 중국산은 -3.35에서 13.12로 증가하였다. 황색도를 나타내는 b값을 비교해 보았을 때, 볶은 참깨에서 b값은 모두 감소하였다. 한국산이 볶지 않았을 때 32.45이었던 것이 볶은 후 11.95로 가장 크게 감소하였다. 중국산은 30.60에서 11.87로 감소하였고, 인

도산은 30.09에서 15.24로 가장 적게 감소하였다. 결과적으로 모든 참기름의 색도는 볶지 않고 착유한 참기름보다 볶은 후 착유한 참기름이 낮게 나타나 어둡고 탁한 색을 띄었지만 원산지 별 큰 차이는 보이지 않았다. 원산지 별 참기름의 색도변화는 Kim 등(26)의 보고한 연구에서 인도산, 한국산, 중국산으로 낮은 명도를 나타내어 본 실험과는 약간의 차이를 보였다. 또한 Shin 등(27)의 보고에서 국내산 참기름의 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)는 25.44, 0.86, 2.47로 본 실험보다 낮은 값을 나타내었다. 이는 실험재료 및 볶음 조건의 차이에 의한 것으로 추측할 수 있다.

시중에 판매되는 참기름의 색도 비교

시중에 판매되고 있는 참기름 4종에 대한 색도비교를 Table 6에 나타내었다. 명도를 나타내는 L값은 3개의 제품이 40.22-41.92로 비슷한 값을 나타내었고 D제품이 43.55로 다른 제품에 비해 높아 밝게 보였다. 적색도를 나타내는 a값은 3개의 제품이 11.64-12.05로 비슷한 값을 나타내었고 D제품이 11.58로 다른 제품에 비해 낮은 값을 보였다. 황색도를 나타내는 b값은 D제품이 15.43로 가장 높은 값을 나타냈으며 다른 3개의 제품은 10.20-12.59을 나타내었다. 4개의 제품을 비교했을 때 D를 제외한 3개의 제품은 모두 비슷한 색도를 나타냈으며, D제품은 다른 제품에 비해 좀더 밝은색을 띄고 있음을 알 수 있었다. 본 연구에서 제조한 참기름과 시중에 판매되는 참기름과 색도를 비교해보면 250°C에서 25분간 볶은 인도산, 중국산, 국내산 참기름 모두 시중에 판매되는 참기름과 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)가 비슷하게 나타났다.

요 약

본 연구는 인도산, 중국산, 국내산 참깨를 열풍 건조 후 착유

Table 5. Hunter color values of sesame oil derived from different places of origin

Country of origin	Roasting temperature(°C)	Color ¹⁾		
		L	a	b
Korea	0	62.63±0.30 ^b	-4.23±0.05 ^a	32.45±0.25 ^b
	250	41.64±0.35 ^a	12.48±0.21 ^b	11.95±0.24 ^a
India	0	62.62±0.39 ^b	-4.67±0.07 ^a	30.09±0.14 ^b
	250	43.31±0.11 ^a	13.11±0.39 ^b	15.24±0.69 ^a
China	0	61.31±0.93 ^b	-3.35±0.07 ^a	30.60±0.76 ^b
	250	41.15±0.28 ^a	13.12±0.15 ^b	11.87±0.23 ^a

^{a-b}Means in the same columns bearing different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) by Student-Newman-Keuls methods.

¹⁾Values are mean ± S.D. of triplicate determinations.

Table 6. Hunter color values of commercial sesame oils

Commercial products	Color ¹⁾		
	L	a	b
A	41.41±0.10	11.85±0.08	11.75±0.08
B	40.22±0.07	11.64±0.15	10.20±0.18
C	41.92±0.16	12.05±0.28	12.59±0.19
D	43.55±0.15	11.58±0.15	15.43±0.22

¹⁾Values are mean ± S.D. of triplicate determinations.

기를 통해 제조한 참기름에서의 PAHs 함량변화와 대형 마트에서 판매되고 있는 참기름에서의 PAHs 함량을 분석하기 위하여 실시하였다. 분석표준물질은 돌연변이원성과 발암성이 있는 것으로 알려진 8가지 PAHs를 선정하여 HPLC/FLD를 이용하여 정성·정량분석을 하였고, 색차계를 이용하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 측정하였다. 분석결과 원산지 별 볶은 후 착유한 참기름에서 PAHs 함량은 볶지 않았을 때보다 유의적으로 증가하였다. 볶지 않은 참기름인 경우 PAHs 함량은 인도산, 중국산, 국내산 순이었다. 인도산 참깨에서 0.95 µg/kg의 PAHs 가 검출되었는데 이는 환경으로부터 PAHs가 생성될 수 있다는 점을 추측할 수 있었다. 250°C에서 25분간 볶은 참기름인 경우 중국산, 국내산, 인도산 순으로 PAHs가 검출되었다. 중국산 참깨에서 PAHs 함량은 3.97 µg/kg으로 볶지 않았을 때보다 약 4배 이상 증가하였다. 중국산 참깨는 다른 원산지 참깨에 비해 볶는 온도와 시간에 영향을 많이 받는 것으로 사료된다. 국내에서 판매되고 있는 참기름 중 PAHs 함량 분석한 결과, PAHs 총 함량은 0.79-2.15 µg/kg으로 검출 되었다. 국내 기준 규격으로 설정되어 있는 Benzo[a]pyrene 함량은 0-0.19 µg/kg으로 기준치인 2 µg/kg 이하로 검출되었다. 이는 제조회사에서 PAHs 저감화를 위해 제조과정을 변화시킨 결과로 추측할 수 있다. 원산지 별 참기름과 시중에 판매되는 참기름과의 색도를 비교해 본 결과 250°C에서 25분 볶은 후 착유한 인도산, 중국산, 국내산 참기름의 명도(L)는 43.31, 41.15, 41.64이었고, 적색도(a)는 13.11, 13.12, 12.48이었고, 황색도(b)는 15.24, 11.87, 11.95이었다. 이는 시중에 판매되는 4종의 참기름과 유사한 색도를 나타내었다. 또한 참기름의 품질평가는 수율, 색도, 향미성분, 지방산 조성 변화를 통해 이뤄지고 있는데, 연구결과를 종합해보면 원산지 별로 큰 차이를 보이지 않았다. 이에 따라 PAHs 생성량이 적은 국내산과 인도산의 참깨가 참기름원료로 적당하며, PAHs의 생성량이 많은 중국산 참깨에 대한 보다 많은 모니터링 연구가 필요할 것으로 생각된다.

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, Fetzer 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)
- 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)
- Ledicia RS, Mercedes SGF, Elena MC, Jesus SG. Effect of toasting procedures on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in toasted bread. *Food Chem.* 108: 607-615 (2008)
- IARC. IARC Monographs in the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Suppl. 7. International Agency for Research on Cancer, Lyon, France (1987)
- 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, (1995)
- Douglass JS, Tennant DR. Estimations of dietary intake of food chemicals. pp. 195-218. In: *Food Chemical Risk Analysis*. Tennant DR (Ed). Springer, 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)
- Petry T, Schmid P, Schlatter C. The use toxic equivalency factors in assessing occupational and environmental health risk associated with exposure to airborne mixtures of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Chemosphere* 32: 639-648 (1996)
- 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)
- Fukuda Y. History and science of sesame. *Study of Traditional Food* 17: 9-14 (1996)
- Kang MH, Naito M, Kawai Y, Osawa T. Antioxidative effects of dietary defatted sesame flour in hypercholesterolemia rabbits. *J. Nutr.* 129: 1111-1119 (1999)
- Hirata F, Fujaita K, Ishikura Y, Hosoda K, Ishikawa T, Nakamura H. Hypocholesterolemic effect of sesame lignan in humans. *Atherosclerosis* 122: 135-136 (1996)
- Kim HW, Jeong SY, Woo SJ. Studies on the physicochemical characteristics of sesame with roasting temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1137-1143 (1999)
- Kim HW, Choi CU, Woo SJ. Changes of volatile flavor compounds in sesame oils during industrial process. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 739-744 (1998)
- Kang CH, Park JK, Park JU, Chun SS, Lee SC, Ha JU, Hwang YI. Comparative studies on the fatty acid composition of Korean and Chinese sesame oils and adulterated sesame oils with commercial edible oils. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31: 17-20 (2002)
- Lee BM, Choi OK. Pyrolytic formation of benzo(a)pyrene in foods during heating and cancer risk assessment in Koreans. *J. Food Hyg. Saf.* 9: 133-139 (1994)
- Pulpin A, Toledo M. Benzo[a]pyrene in olive oils on the Brazilian market. *Food Chem.* 55: 185-188 (1996)
- 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)
- Vitor HT, Susana CM, Beatriz PPO. PAHs content in sunflower, soybean, and virgin olive oils: Evaluation in commercial samples and during refining process. *Food Chem.* 104: 106-112 (2007)
- Kim SH, Kim IH, Kim JO, Lee GD. Comparison of components of sesame oil extracted from sesame flour and whole sesame. *Korea J. Food Preserv.* 9: 67-73 (2002)
- Shin SR, Kim KT, Song JH. Physical and chemical characteristics of sesame oils by kind of sesame. *Korean Postharv. Sci. Technol.* 4: 287-293 (1997)