

농축물의 Benzo(a)pyrene 함량 측정을 위한 전처리 방법의 개선

*구 본 순

서일대학 식품생명과학과

Improving Method of Pre-treatment for Detection Benzo(a)pyrene Contents in Concentrates

*Bon-Soon Koo

Dept. of Food and Life Science, Seoil College, Seoul 131-702, Korea

Abstract

I assessed the B(a)P content from the Ginseng extract, Red ginseng extract, and Ssangwha extract which have high viscosities. It wasn't easy to extract oil from these samples, consequently measuring of B(a)P was difficult. In order to know the exact detecting contents, I injected standard material of B(a)P to the above extractions and pre-treated for measurement but it was also difficult to measure of contents exactly. To improve of detecting method, I removed mucinous materials using a 85% phosphoric acid solution or 10% citric acid solution and then processed continuously with 60°C hot water. The analysis revealed that extracting the samples contained B(a)P determined the rate of each 70%, 55%, 67% could increase. As a result the detecting method of B(a)P contents could be improved.

Key words: B(a)P, extract, hot water, phosphoric acid solution, citric acid solution

서 론

최근 인체 발암 물질로 밝혀진 바 있는 식품 내 다환방향족탄화수소의 일종인 벤조피렌의 잔류함량은 누구나 관심을 갖는 중요한 사회적 이슈로 자리잡고 있다. 다환방향족탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)는 내분비계 장애 물질로 환경에 존재할 뿐만 아니라 식품의 가공 공정 중에서도 생성되는 것으로 알려져 관심의 대상이 되고 있다(Phillips DH 1999). 이 중에서도 benzo(a)pyrene[B(a)P:3,4-benzopyrene; 1,2-benzopyrene]은 특히 발암성이 강한 것으로 밝혀져 있다. 이 B(a)P에 관한 최근의 연구결과를 보면, 참기름과 들기름에서 B(a)P의 생성경로 및 감소화를 위한 연구(Kim & Song 2008)에서 참깨, 들깨의 산지 및 종류에 따라 다소간의 차이는 있었으나, 기본적으로 국내산 및 수입산 참깨, 들깨에는 각각 0.06~0.31 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 및 0.12~0.47 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이 함유되어 있었

다. 이들을 밀폐형 공정과 개방형 공정으로 구분하여 착유를 한 결과, 밀폐형 공정에서 압착하여 얻어진 기름 중에서는 각각 3.68 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 및 4.64 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이 검출되었다. 그러나 동일한 공정을 개방형으로 수행할 경우에는 각각 0.63 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 및 0.56 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이 검출되어 획기적인 저감화 방안을 확립한 바 있다. 이러한 압착식용유가 아닌 정제유인 옥수수기름에서도 B(a)P가 다량 검출된 바 있으며, 이의 원인 및 해결책이 밝혀진 바 있다(Kim & Lee 2009). 즉, 다른 식물성 기름과 다르게 옥수수기름에서 높은 수준의 B(a)P가 검출되는 원인은 옥수수에 함유되어 있는 B(a)P의 80% 이상이 옥수수기름의 원료인 옥수수 배아에 집중적으로 분포하는데 따른 현상인 것으로 밝혀진 바 있다. 이는 B(a)P가 지용성 물질이기 때문이며, 이로부터 얻어진 원유를 일반적인 정제과정을 거칠 경우 2.15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이 검출되었다.

한편, 일부 식용유를 제외한 나머지 식용유에서는 이 B(a)P

* Corresponding author: Bon-Soon Koo, Dept. of Food and Life Science, Seoil College, Seoul 132-701, Korea. Tel: +82-2-490-7460, Fax: +82-2-490-7811, E-mail: bskoo@seoil.ac.kr

함량이 규격기준 이하로 검출되는 원인이 명확히 밝혀졌다(Koo & Lee 2009). 즉, 직화에 의한 열처리-압착과정을 거치는 참기름 등에서는 원료보다는 공정조건에 문제가 있었으며, 옥수수기름 등에서는 근본적으로 원료에 문제가 있었음을 규명하였다. 이러한 연구들 외에도 식용유지에 관한 연구동향을 살펴 보면, 식용유지 중 다환방향족 탄화수소(PAHs) 함량 모니터링, 올리브유 중 B(a)P 함량 분석(Kim 등 2006), 포도씨유 제조과정 중 PAHs 함량 변화(Conte 등 2000) 등의 다양한 연구가 수행된 바 있다. Chung 등(2004)의 연구에서 국내에 유통되는 대두유, 참기름, 올리브유, 마가린 등 식용유지 총 250건을 대상으로 대표적 PAHs 화합물인 B(a)P 등 8개 PAHs 화합물에 대하여 분석하였다. 시판 홍삼음료 제품에 대한 오염도를 측정할 결과 거의 기준치 이내였으며, 전혀 검출되지 않는 시료도 많아 상대적으로 안전한 수준임이 확인된 바 있다(Choi 등 2008). 또한, 시중 유통 밤 가공품에 함유되어 있는 PAHs를 분석한 바 있는데, 일부에서는 검출되었으나 모두 정량한계 이하로 나타났고, 대부분의 시료에서는 검출되지 않았다(Kim 등 2009). 곡류, 서류, 두류 및 그 가공품 총 200건을 대상으로 B(a)P 등 8개 PAHs 화합물에 대하여 분석한 바 있다. 상대적으로 국내 유통 어패류 및 그 가공품 8종에 대한 분석 결과, 총 PAHs의 평균 함량은 0.23 ng/g이었다(Kim 등 2005). 또한, 우리나라 국민이 이들 식품을 통해 섭취하는 1일 PAHs 섭취량은 약 9 ng, B(a)P 섭취량은 약 2 ng이었으며, 이 수준은 다른 나라에서 보고된 결과에 비해 낮은 수준이었다고 보고된 바 있다(Hu 등 2005). 이상에서 살펴 본 바와 같이 식용유지, 일반식품 등에 함유되어 있는 B(a)P 함량은 기존의 B(a)P 분석법에 의하여 정확한 분석이 가능하다. 그러나 점조성 물질을 다량 함유하고 있는 각종 추출물 즉, 인삼엑기스, 홍삼엑기스, 한방추출물 등의 경우 이들에 다량 함유되어 있는 각종 수용성 물질 즉, 단백질, 탄수화물 등이 지방질의 추출을 방해함에 따라 전처리 과정에 많은 어려움이 따른다. 이에 본 연구에서는 이러한 식품들에 함유되어 있는 지방질 성분을 효과적으로 추출하여 지방질에 용해되는 특성을 갖고 있는 B(a)P의 정확한 함량을 측정하고자 하였다.

연구내용 및 방법

1. 재료

본 연구에서 시료로 사용한 엑기스 형태의 추출농축물은 인삼엑기스(Ginger extract, GE, 정관장), 홍삼엑기스(Red ginger extract, RE, 정관장), 쌍화추출물(Ssang-wha extract, SE, 세계에프엘㈜)을 시중에서 구입 및 제조업체에서 직접 제공받아 사용하였다. 측정에 사용한 모든 시약은 HPLC용 특급시약을 사용하였다.

2. 추출농축물로부터 기름성분의 추출

각각의 추출농축물에 함유되어 있는 B(a)P 함량 측정을 위한 시료의 전처리는 시료각 100 g에 물과 에틸에테르(J. T. Baker, USA)를 각각 500 ml 씩 가하고 12시간 동안 일체의 열처리 없이 기름성분을 추출하였다. 에틸에테르-기름 혼합물을 진공 감압 농축하여 얻어진 기름성분을 시료로 사용하였다.

3. 분석시료의 추출

물(J. T. Baker, USA)과 에틸에테르(J. T. Baker, USA)를 이용하여 추출한 3종의 기름성분 10 g을 정량하고 n-헥산(J. T. Baker, USA) 100 ml에 녹여 분액깔때기(I)에 옮겨 N,N-다이메틸휘마미드(Wako, Pure Chemical Ind., Ltd., Japan)-물(9:1, v/v) 50 ml를 넣어 흔들어 섞은 후 정치하여 N,N-다이메틸휘마미드-물 층을 다른 분액깔때기(II)에 옮겼다. n-헥산층에 N,N-다이메틸휘마미드-물 25 ml씩을 넣고 위와 같이 2회 반복하여 N,N-다이메틸휘마미드-물층을 위의 분액깔때기(II)에 합하였다.

이 층을 1% 소듐셀레이트(Wako, Pure Chemical Ind., Ltd., Japan) 용액 100 ml로 희석한 후 n-헥산 50 ml를 넣고 흔들어 섞은 후 정치하여 n-헥산층을 분액깔때기(III)에 옮겼다. N,N-다이메틸휘마미드-물층에 n-헥산 35 ml 씩을 넣고 위와 같이 2회 반복하여 n-헥산 층을 위의 분액깔때기(III)에 합하였다. 여기에 물 40 ml 씩을 넣고 흔들어 섞은 후 정치하여 물 층을 버리는 조작을 2회 반복하였다.

n-헥산층을 무수황산나트륨(Wako, Pure Chemical Ind., Ltd., Japan)을 넣은 IPS여과지(Wako, Pure Chemical Ind., Ltd., Japan)로 여과하였다. 다시 n-헥산 20 ml로 분액깔때기(III)를 씻고, 이 액으로 여과지의 잔류물을 씻는 조작을 2회 반복하여 여과하였다. 여과액을 합쳐 40°C 이하의 수욕상에서 감압하여 약 2 ml로 농축하였다.

4. 분석시료의 정제

활성화시킨 Sep-Pak Florisil 카트리지(Waters Co., USA)에 시험용액을 1 ml/min의 속도로 가하였다. 이어서 n-헥산 10 ml와 n-헥산/다이클로로메탄(J. T. Baker, USA)(3:1, v/v) 8 ml로 용출시켜 전량을 40°C 이하의 수욕상에서 질소가스 하에 거의 날려 보낸 후 잔사를 아세토니트릴(J. T. Baker, USA)에 녹여 전량을 10 ml로 하여 이를 0.45 µm의 막 필터로 여과한 것을 시험용액으로 하였다.

5. Benzo(a)pyrene 함량의 정량

시료용액 50 µl를 형광검출기가 내장된 HPLC(Agilent Technologies, 1200 Series, Germany)를 이용하여 C₁₈(4.6×250 mm, 5 µm)칼럼(Sigma, USA)에 주입하고, 아세토니트릴-물(80:20,

w/w) 혼합용매를 이동상으로 하여 0 ml/min의 속도로 검출기 파장 294 nm, 형광파장 404 nm에서 분석하였다. 분석에 사용한 시약은 전량특급 HPLC용 시약으로, B(a)P 표준품은 Benzo(a)pyrene Standard(Wako Pure Chemical Ind., Ltd.)를 구입하여 냉장보관하며 사용하였다. 이 때, B(a)P의 양은 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{Benzo(a)pyrene(ng/g)} = \text{표준용액의 농도(ng/ml)} \times \text{PA/PS} \times 1/S$$

PS: 표준용액의 피크 면적

PA: 시험용액의 피크 면적

S : 시료채취량(g)

6. 통계적 분석

본 연구에서 얻어진 데이터는 각각의 전처리에서부터 HPLC를 이용한 B(a)P 함량 전체를 3 반복 실험한 후 상호간에 편차가 크게 발생하여 그 범위를 별도로 표시한 후 SPSS 통계 프로그램(version 10.0)을 이용하여 분석하였다. 그 처리의 결과는 평균과 표준편차로써 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 기존 방법에 의한 전처리 및 B(a)P 함량 측정

일반적인 시료의 추출-정제 및 B(a)P 함량 정량법에 의하여 3종의 시료에 대한 B(a)P 함량을 측정된 결과는 Table 1에 나타낸 바와 같다. 즉, 3종의 시료 모두에서 B(a)P가 검출되지 않았다. 이러한 불검출의 결과가 실제 이들 시료에 B(a)P가 전혀 함유되어 있지 않은데 따른 결과인지, 아니면 분석방법의 오류에 따른 것인지는 확인할 수 없었다. 시료로부터 기름성분의 추출 및 농축과정에서 이들 시료는 강한 고유의 점성을 나타내어 추출용매인 다이 에틸에테르에 의한 용출이 어려워 근본적으로 기름성분을 추출하는 것 자체가 불가능하였다. 식품에 함유되어 있는 B(a)P 함량을 측정함에 있어 식용유지 제품의 경우는 그 자체가 시료이기 때문에 단순하지만 그 이외의 가공식품에서는 기본 시료인 기름성분을 추출하는 방법에 따라 많은 편차가 발생할 수 있다. 즉, 지방질을 구성하고 있는 구성성분 중 단순지방질, 결합지방질, 유도지방질은 그 추출용매 및 추출방법에 따라 추출수율 및 추출성분에 차이(Lee MS 2010)가 있기 때문이다. 특히, 추출농축

물(extraction-concentrate, EC)은 이의 구성성분인 탄수화물, 단백질, 수분 등이 단독으로 존재하기 보다는 대부분 가교를 형성하거나 에멀전을 형성하고 있어 기름성분의 추출 자체가 어려웠다. 참기름, 들기름 등의 압착식용유(Kim 등 2008)는 그 제조과정상 고온에서 볶음과정을 거치고, 이 과정에서 발생한 연기가 착유과정에서 채유된 기름성분과 직접 접촉하여 쉽게 B(a)P가 발생할 수 있다. 상대적으로 본 연구에서 시료로 사용한 EC들은 단순히 열수추출 또는 주정추출을 단독 혹은 복합 처리하여 추출물을 얻은 후 농축하여 제조하는 그 제조과정 특성상 이 과정에서 B(a)P가 생성될 가능성은 거의 없는 것으로 판단된다. 하지만 Kim 등(2009)과 Koo 등(2009)의 연구에서 볼 수 있듯이 옥수수기름 등 각종 식물성 식용유의 경우 그 제조과정에서 보다는 원료에 함유되어 있는 B(a)P가 식용유로 이행되는 것으로 밝혀진 바 있다. 이러한 기존 연구결과들을 볼 때, 이들 EC에서 B(a)P가 미량만 측정된 Table 1의 결과는 B(a)P 함유량의 문제보다는 측정방법에 문제점이 있는 것으로 판단된다.

2. 추출 농축물로부터 B(a)P 함량 측정용 시료인 기름성분을 추출하는 과정에서의 문제점

EC 3종은 60~70 Brix의 농도를 갖는 강한 점도를 가진 물질로 상온에서는 반고체의 성상을 나타내었다. 이들 3종의 EC로부터 B(a)P 측정용 시료인 기름성분을 추출하고자 위의 실험방법에서 밝힌 바와 같이 시료 각 100 g에 물과 에틸에테르를 각각 500 ml씩 동시에 가하고, 12시간 동안 일체의 열처리 없이 기름성분을 추출하여 에틸에테르-기름 혼합물을 진공 감압농축하여 기름성분을 얻었다. 이 과정에서 이들 시료는 공통적으로 강한 점성을 나타내어 기름성분의 추출 자체가 어려웠으며, 그 결과는 Table 1에 나타낸 바와 같이 0.01~0.03%를 나타내었다. 이러한 결과는 기름성분의 분리를 위한 추출용매로 물 단독 처리를 시도해 보았으나, 이 경우는 근본적으로 분리 자체가 불가능하였다. 이는 시료 자체가 열수추출물인 관계로 물에서는 거의 전량이 용해되는 특성을 나타내었다. 이러한 문제는 B(a)P가 물에는 용해되지 않는 지용성 물질(Kim 등 2009)임을 감안할 때, 시료에 함유되어 있는 정확한 B(a)P 함량의 측정을 불가능하게 하는 직접적인 원인으로 작용할 수 있다. 따라서, 기름성분의 정확한 추출이 불가능한 상태이므로 이들 EC에 함유되어 있는 기름성분의 정확한 추출을 위하여 다음과 같은 방법을 적용하였

Table 1. Yield obtained of oil components from extraction-concentrates

(%)

	Ginseng ext.	Red ginseng ext.	Ssangwa ext.
Recovery amount of oil component	0.03±0.01 ¹⁾	0.02±0.01	0.01±0.01

¹⁾ Values are Mean±S.D.

Table 2. Relationship between temperature of water as extraction solvent and B(a)P content detected in 3 kinds extracts after adding to B(a)P standard material

Treating amount of B(a)P standard (ppb)	Ginseng ext.	Red ginseng ext.	Ssangwa ext.
0	0.34±0.28 ¹⁾	0.61±0.42	0.35±0.19
1	0.95±0.31	1.36±0.39	0.86±0.23
2	1.30±0.45	1.57±0.29	1.08±0.21
3	1.93±0.36	2.04±0.53	1.74±0.40

¹⁾ Values are Mean±S.D.

다. 즉, EC를 형성하고 있는 물질의 대부분은 수용성 성분인 단백질, 탄수화물(Han 등 2004)로 높은 점성을 갖고, 이에 따라 기름성분의 추출이 방해 받고 있는 것으로 판단할 수 있었다.

이에 이들 3종의 EC에 인위적으로 B(a)P 표준물질 0~3 ppb를 투입하고, 이를 시료로 하여 동일한 방법으로 이들 시료에 함유된 B(a)P 함량을 측정해 본 결과는 Table 2에 나타낸 바와 같다. 즉, 시료의 종류에 따라 차이는 있지만 전체적으로 투입한 B(a)P 표준물질 이하로 적은 양의 B(a)P가 측정되었다.

3. 추출 농축물로부터 기름성분을 추출하기 위한 각각의 전처리가 B(a)P 측정량에 미치는 영향

EC로부터 정확한 기름성분의 추출을 위하여 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 EC 100 g을 분액깔때기에 넣고 여기에 물과 다이에틸에테르를 각각 500 ml씩 동시에 가하여 충분히 흔들어 준 다음 정치하여 하단 물 층을 분리하였다. 본 작업을 3회 반복하여 상단의 다이에틸에테르-기름층을 분리하였으며, 본 작업을 3회 반복하였다. 여기서 모은 다이에틸에테르-기름 혼합물을 50°C에서 감압 농축하여 조지방 성분을 얻었다. 이와 같이 물을 이용하여 EC 중 가용성 성분인 단백질, 탄수화물 등을 제거한 것은 이들의 제거에 따라 EC가 갖고 있는 고유의 점성을 낮추고, 이에 따라 해리될 수 있는 기름성분을 쉽게 다이에틸에테르 층으로 이행시켜 분리하기 위한 작업이었다.

이에 처리하는 물의 온도가 중요한 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되어 온도에 따른 차이를 측정해 보았다. 기름성분의 회수량뿐만 아니라 이를 이용한 정확한 B(a)P 함량

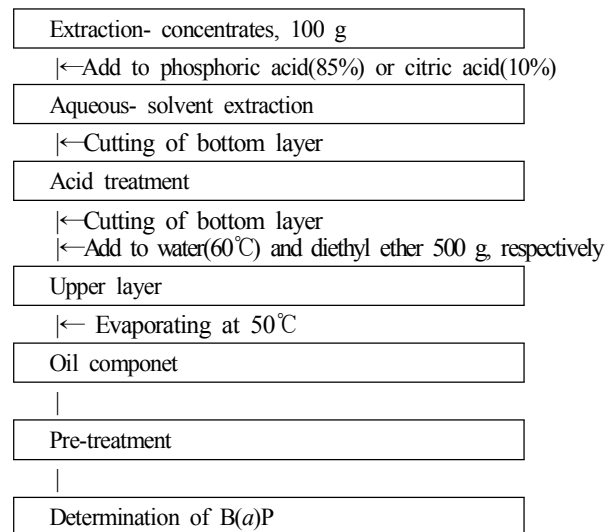


Fig. 1. Schematic diagram for determination of B(a)P from extraction concentrate.

의 측정이 30°C의 낮은 온도에서 처리하거나, 90°C의 높은 온도에서 처리한 경우에 비하여 60°C의 물을 처리한 경우 Table 3에 나타낸 바와 같이 가장 높은 B(a)P 함량을 나타내었다. 즉, GE, RE, SE에서 공통적으로 30°C, 90°C 처리군보다 60°C 처리군에서 가장 높은 0.86, 1.03, 0.75 ppb가 검출되었다. 이러한 결과로부터 이들 EC에서 각종 가용성 성분의 제거와 처리하는 물의 온도가 깊은 상관관계가 있음을 확인할 수 있었다. EC에 함유되어 있는 구성물질의 용해도와도 상관관계가 있겠지만 일반적으로 식용유지에 함유되어 있는 수용성검질 성분을 제거하는 수화 탈검의 적정 온도가 60°C(Lee 등 1998)

Table 3. Relationship between temperature of water as extraction solvent and B(a)P content detected in 3 kinds extracts

Temperature of water(°C)	Ginseng ext.	Red ginseng ext.	Ssanghwa ext.
30±2	0.31±0.23 ¹⁾	0.68±0.45	0.37±0.11
60±2	0.86±0.11	1.03±0.09	0.75±0.06
90±2	0.78±0.31	0.87±0.31	0.62±0.25

¹⁾ Values of Mean±S.D.

Table 4. Chang of B(a)P content according to acid treatment in 3 kind extracts

Acid	Ginseng ext.	Red ginseng ext.	Ssangwha ext.
Phosphoric acid, 85%	0.91±0.14 ¹⁾	1.03±0.18	0.80±0.10
Citric acid, 10%	0.84±0.22	0.81±0.24	0.64±0.27

¹⁾ Values are Mean±S.D.

임을 고려해 볼 때, 이 수용성 검질 성분의 효과적인 제거가 B(a)P 함량 측정에 직접적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

이러한 전처리 과정을 거친 후에도 점액성 물질이 쉽게 분리되지 않아 EC의 품온을 60℃가 될 때까지 가온한 후 일반적으로 식용유지 정제과정에서 기름 중에 함유되어 있는 검질을 제거하기 위하여 사용하는 85% 인산용액 0.2~0.5%(w/w) 및 10% 수산용액 5~10%(w/w)(Han 등 1998)를 처리하여 하단 침전물을 제거하였다. 여기서 제거된 물질은 높은 점성을 갖는 검은색 물질이었다. 이는 좀 더 정확한 분석이 필요하겠지만 검질, 왁스성분 등이 포함된 것으로 추정된다. 산 처리 이후 측정된 B(a)P 함량은 Table 4에 나타난 바와 같이 0.64~1.03 ppb로 처리한 산 및 시료의 종류에 따라 차이를 나타내었으며, 전체적으로 수산처리군보다 인산처리군에서 높은 결과를 나타내었다.

4. B(a)P 함량의 측정 결과

열수처리와 산 처리를 동시에 행한 후 3종의 시료에서 측정된 B(a)P 함량은 Table 5에 나타난 바와 같다. 즉, 인산처리군과 수산처리군에서 각각 GE는 1.13, 1.02 ppb, RE는 1.36, 1.24 ppb, SE는 1.05, 0.81 ppb를 나타내었다. 이러한 결과는 Table 2에서 나타난 열수처리 및 산 처리를 행하지 않고 일반적인 전처리만 행하여 측정된 결과인 GE 0.34 ppb, RE 0.61 ppb, SE 0.35 ppb에 비하여 그 검출율이 각각 70%, 55%, 67% 증가한 것으로 나타났다. 여기서 각각의 시료에 따라 전처리에 따른 검출율 향상 수준이 서로 차이를 보이는 것은 각 시료에 함유되어 있는 점액성 물질의 차이에 따라 전처리 과정에서 제거된 물질의 종류 및 양의 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 이와 같은 결과로 볼 때 높은 점도와 함께 소량의 기름성분을 함유하고 있는 이들이 EC에서 좀 더 정확한 B(a)P 함량을 측정하기 위하여는 반드시 이와 같은 적절한 전처리를 하여야 함을 확인할 수 있었다.

Table 5. Changs of B(a)P content according to hot water and acid treatment in 3 kinds

Acid	Ginseng ext.	Red ginseng ext.	Ssangwa ext.
Phosphoric acid, 85%	1.13±0.08 ¹⁾	1.36±0.06	1.05±0.04
Citric acid, 10%	1.02±0.06	1.24±0.05	0.81±0.07

¹⁾ Values are Mean±S.D.

요약 및 결론

고유의 강한 점성을 갖는 인삼엑기스, 홍삼엑기스 및 쌍화추출물에 대한 B(a)P 함량을 측정하고자 하였다. 이러한 전처리 과정의 차질에 기인하여 인위적으로 B(a)P 표준물질을 투입한 후 전처리를 행하고 이의 함량을 측정해 본 결과, 실제 함유되어 있는 B(a)P 함량을 정확히 측정하기는 거의 불가능한 수준임을 확인할 수 있었다. 이에 85% 인산용액, 10% 수산용액을 이용하여 점액성 물질을 1차 제거한 후 연속과정으로 60℃의 온수를 처리하여 전처리를 행한 후 분석시료를 추출함으로써 시료에 함유되어 있는 B(a)P 측정률을 각각 70%, 55%, 67% 증가시킬 수 있었다.

참고문헌

- Choi DM, Hu SJ, Jin SH. 2008. Analysis of benzo(a)pyrene in red ginger beverage. *J Food Hyg Safety* 23:26-30
- Chung SY, Sho YS, Park SK, Lee EJ, Suh JH, Choi WJ, Kim JS, Kim MH, Kwon KS, Lee JO, Kim HY, Lee CW. 2004. Concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetable oils and fats. *Korean J Food Sci Technol* 36:688-691
- Conte LS, Moret S, Dudine A. 2000. Processing effects on the polycyclic aromatic hydrocarbon content of grape seed oil. *J Am Chem Soc* 77:1289-1292
- Han MK, Lee KB, Lee MS. 1998. Effect of deodorizing temperature on physicochemical characteristics in corn oil. 3. Effect of deodorizing temperature on trans fatty acid formation in corn oil. *Korean J Food Nutr* 11:26-30
- Han MK, Park SS, Lee KB. 2004. Quality characteristics of Ssangwha extract according to extraction conditions. *Korean J Food Nutr* 17:378-383

- Hu SJ, Kim MH, Oh NS, Ha J, Choi KS, Kwon KS. 2005. Levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in fish, shellfish and their processed products. *Korean J Food Sci Technol* 37:866-872
- Kim DH, Seo IW, Nam HJ, Shin HS. 2009. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in processed chestnut products. *Korean J Food Sci Technol* 41:339-344
- Kim HR, Song DS. 2008. Minimizing benzo(a)pyrene content in the manufacturing of sesame oil and perilla oil. *Korean J Food Preserve* 15:556-561
- 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. 2005. Concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons in cereals, pulses, potatoes, and their products. *Korean J Food Sci Technol* 37:537-541
- Kim SY, Hu SJ, Oh NS, Lee HM. 2006. Determining of the polycyclic aromatic hydrocarbons in domestic vegetables and fruits. *Anal Sci Technol* 19:415-421
- Kim DS, Lee KB. 2009. Changes in benzo(a)pyrene content during processing of corn oil. *Korean J Food Preserve* 16:75-81
- Koo BS, Lee KB. 2009. Pattern of benzo(a)pyrene content in various. *Journal of College Education* 10:193-198
- Lee MS. 2010. Lipid composition and differences in crude fat contents in wheat flour and dry noodles according to determination methods. *Korean J Food Nutr* 23:381-385
- Phillips DH. 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet. *Mutat Res* 443:139-147
- Tilgner DJ. 1970. Food in a carcinogenic environment. *Food Manuf* 87:47-50
- Tilgner DJ. 1970. Vegetable oils and oil seeds. *Journal of College Education* 10:193-198

접 수 : 2011년 11월 28일
최종수정 : 2011년 12월 23일
채 택 : 2011년 12월 26일