

## 유통 한약재 중 벤조피렌 함량 모니터링 및 안전성 평가

이새람\* · 김애경 · 김성단 · 이현경 · 이희진 · 류희진 · 이정미 · 유인실 · 정권  
서울시보건환경연구원 한약재검사팀

### Monitoring and Risk Assessment of Benzo(a)pyrene Content in Medicinal Herbs

Sae Ram Lee\*, Ae Kyung Kim, Sung Dan Kim, Hyun Kyung Lee, Hee Jin Lee,  
Hoe Jin Ryu, Jung Mi Lee, In Sil Yu and Kweon Jung

Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment,  
Herbal Medicine Inspection Team, Gwacheon 13813, Korea

**Abstract** – In this study, to investigate of safety for Benzo(a)pyrene in medicinal herb, 8 kinds of selected commercial herbal medicines (Rehmanniae Radix, Rehmanniae Radix Preparata, Amomi Tsao-Ko Fructus, Cimicifugae Rhizoma, Cyperi Rhizoma, Magnoliae Cortex, Scutellariae Radix, Scrophulariae Radix) were analysed using the high performance liquid chromatography with fluorescence detector and assessed the health risk. The levels of benzo(a)pyrene were from non-detection to 28.1 µg/kg, and the average was 3.6 µg/kg. Based on a nationwide survey of the consumption of medicinal herb by the Korean population, we estimated the potential risk from the ingestion of benzo(a)pyrene. The estimated daily intake of benzo(a)pyrene was 1.6 ng/kg b.w./day for group only know the daily average intake of medicinal herb. The MOE (margin of exposure) of benzo(a)pyrene for estimate of health risk was  $1.93 \times 10^5$ . Therefore, health risk from benzo(a)pyrene through intake of herbal medicine was considered negligible.

**Keywords** – Benzo(a)pyrene, Medicinal herbs, Risk assessment, Margin of exposure

벤조피렌(benzo(a)pyrene)은 다환방향족탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)의 일종으로 석탄, 기름, 목재 및 숯불로 구운 육류와 같은 유기물의 불완전연소 중 생성된다.<sup>1)</sup> 이러한 벤조피렌은 환경오염물질로 대기, 수질, 토양 등에 널리 존재하거나<sup>1,2)</sup> 식품의 조리 가공 시 주성분의 열분해로 생성되거나<sup>3)</sup> 조리·가공하지 않은 식품에도 존재한다.<sup>4,5)</sup> 이에 따른 인체노출경로는 대기오염에 의한 호흡 또는 가열조리 식품의 경구 섭취이다.<sup>6,7)</sup> 하지만 벤조피렌은 발암성과 내분비계 장애를 나타내는 것으로 알려져<sup>8)</sup> 국제암 연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 벤조피렌을 Group 1(발암물질)으로,<sup>9)</sup> US EPA에서는 B2(인간에게 발암성이 있을 것)로 분류하였다.<sup>10)</sup>

한의학은 국민들의 천연품에 대한 선호와 의학을 통한 치료의 한계로 이용도가 높으며 이와 함께 식품, 화장품, 농약 등에서 광범위하게 이용되고 있어 수요가 증가하고 있다.<sup>11)</sup> 이에 따라 우리나라에서도 식품의약품안전처에서 2001

년부터 수행된 PAHs 모니터링 및 위해평가를 통해 한약재 중 벤조피렌의 기준 및 시험법(식품의약품안전처, 2009-13호)<sup>12)</sup>이 설정되었고, 광물성 생약을 제외한 모든 한약재에 벤조피렌 기준을 규정하는 고시(식품의약품안전처, 2009-302호)<sup>13)</sup>를 행정예고 하였지만 이 후 행정조치가 이루어지지 않은 상태이다. 이에 현재까지 한약재 중에서는 지황과 숙지황만이 제한적으로 관리되고 있다(식품의약품안전처, 2011-27호).<sup>14)</sup> 이러한 배경을 바탕으로 지황과 숙지황을 비롯한 다른 한약재 및 가공 제품에 대해서도 벤조피렌 모니터링 및 연구가 이루어지고 있다.<sup>15-20)</sup>

따라서 본 연구에서는 시중에 유통중인 한약재 중 기준에 관리되고 있는 지황, 숙지황과 식품의약품안전처<sup>16)</sup> 및 서울시보건환경연구원<sup>18)</sup>의 모니터링에서 다량 다빈도로 검출된 한약재인 초과, 향부자, 현삼, 황금, 후박, 승마를 대상으로 벤조피렌의 함량을 모니터링 한 후 그 결과를 토대로 한약재 섭취로 인한 벤조피렌의 만성 1일 인체노출량을 추정하였다. 또한 벤조피렌의 발암력을 고려한 Margin of Exposure(MOE)를 산출하여 한약재 섭취에 따른 벤조피렌

\*교신저자(E-mail): saeramlee@seoul.go.kr  
(Tel): +82-2-570-3287

의 인체 안전성을 파악하여 한약재 안전관리를 위한 기초 자료로 보고하고자 한다.

### 재료 및 방법

**재료** - 2016년 서울 지역에서 유통되고 있는 한약재 8품목 87건을 대상으로 하였다. 벤조피렌의 기준이 설정되어 있는 지황, 숙지황과 식품의약품안전처<sup>16)</sup> 및 서울시보건환경연구원<sup>18)</sup>의 모니터링 자료를 참고로 다량 다빈도로 검출된 한약재인 초과, 향부자, 현삼, 황금, 후박, 승마를 대상시료로 하였다. 각 한약재는 구입 후 서울시 보건환경연구원 강북농수산물검사소 한약재 정상검사 전문위원에게 감별검사된 후 실험에 사용하였다. 본 실험에 사용된 한약재(16011829~16102523)는 서울시 보건환경연구원 강북농수산물검사소 한약재검사팀에 보관하였다. 식품의약품안전처에서 발간한 한약재 진위감별 도감<sup>21)</sup>의 한약재 약용부위에 따라 시료를 분류하였다(Table I).

**시약** - 분석에 사용한 시약인 헥산, 디클로로메탄, 메탄올은 Fisher scientific(USA)사의 HPLC급을, 아세토니트릴은 J.T Baker사의 HPLC급을 사용하였다. 표준물질인 벤조피렌(CAS No.50-32-8)과 내부 표준물질인 3-메틸콜란트렌(3-methylcholanthrene) (CAS No.56-49-5)은 SUPELCO(USA)사에서 구입하여 사용하였다. 시료정제과정 중 카트리지는 Waters(Ireland)사에서 구매하여 사용하였다.

**추출 및 정제** - 시료의 전처리 과정은 식품의약품안전처 고시 2011-27호 생약의 벤조피렌 시험방법에 따라 다음과 같이 실험하였다.<sup>14)</sup> 균질하게 혼합된 시료 약 5.0 g을 정밀하게 달아 물 100 mL를 넣어 90분간 초음파 추출한다. 여기에 헥산 100 mL 및 내부표준액 1 mL을 넣어 균질하게 섞은 다음 30분간 초음파 추출한다. 헥산층을 분액깔대기에 옮기고 다시 물층에 헥산 약 50 mL씩을 넣고 2회 반복하여 진탕 추출하여 헥산층을 분액깔대기에 합한다. 합한 헥산층에 물 50 mL를 넣어 세척하고, 이 헥산층을 무수황산나트륨을 넣은 여과지를 사용하여 탈수 여과한다. 그 후 45°C의 수욕상에서 감압하여 헥산 약 2 mL가 될 때까지 농축한다. 플로리실카트리지는 미리 디클로로메탄 10 mL 및 헥산 20 mL를 순서대로 초당 2-3 방울의 속도로 유출시켜 활성화시킨 후 사용하였다. 활성화된 카트리지에 위의 추출용액

**Table II.** Analytical conditions of HPLC-FLD for the analysis of benzo(a)pyrene

Parameter	Value
Instrument	Waters 2695 Separations Module
Column	SunFire® C18 (4.6×150 mm)
Mobile phase	A: Acetonitrile 80% B: Water 20%
Column temp.	37°C
Flow rate	1 mL/min
Injection volumn	10 µL
Detector	Florescence Detector (Ex/Em) 294 nm/404 nm

을 넣어 헥산·디클로로메탄 혼합액(3:1) 20 mL를 초당 2-3방울의 속도로 용출시킨다. 이 용출액을 35°C 수욕상에서 질소가스 하에 날려 보낸 후 잔류물을 아세토니트릴 1 mL에 용해시켜 0.45 µm 멤브레인필터로 여과하여 기기분석에 사용하였다.

**기기분석** - 벤조피렌 분석은 액체크로마토그래프/형광검출기(HPLC/FLD)를 사용하여 이루어졌으며 분석 조건은 Table II와 같다.

**유효성 검증** - 직선성(linearity), 정확성(accuracy), 정밀성(precision), 검출한계(limit of detection) 및 정량한계(limit of quantification)를 본 실험의 유효성 검증을 위해 측정하였다. 직선성은 3, 5, 10, 20, 40 µg/kg 농도가 되도록 표준용액을 희석하여 사용하였으며, 내부표준물질인 3-메틸콜란트렌이 각각 50 µg/kg가 되도록 첨가한 후 분석기기에 주입하여 얻어진 피크면적으로부터 검량선을 작성하였다. 정확성과 정밀성은 벤조피렌이 검출되지 않는 시료에 표준용액을 10 µg/kg으로, 내부표준물질의 농도가 50 µg/kg가 되도록 첨가하여 회수율과 CV(coefficient of variation)값으로 측정하였고, 검출한계와 정량한계는 ICH Q2B 가이드라인에 따라 다음과 같은 식으로 산출하였다.<sup>22)</sup>

$$\text{검출한계(LOD)}=3.3 \times \sigma/S \quad (1)$$

$$\text{정량한계(LOQ)}=10 \times \sigma/S \quad (2)$$

이때  $\sigma$ 는 절편의 평균표준편차이며 S는 기울기의 평균을 의미한다.

**Table I.** List of the medicinal herbs used for monitoring

Classification by used part	Main material
Rhizoma (2)	Cimicifugae Rhizoma(승마), Cyperi Rhizoma(향부자)
Radix (4)	Rehmanniae Radix(지황), Rehmanniae Radix Preparata(숙지황), Scutellariae Radix(황금), Scrophulariae Radix(현삼)
Fructus (1)	Amomi Tsao-Ko Fructus(초과)
Cortex (1)	Magnoliae Cortex(후박)

**인체노출량 평가** - 한약재 벤조피렌 섭취로 인한 벤조피렌의 인체 노출량 평가에 사용된 1일 인체노출량 계산식은 다음과 같다.

$$\text{만성식이노출량(ng/kg b.w./day)} = \frac{Ci \times IRi}{BW} \quad (3)$$

Ci: 한약재(i) 중 benzo(a)pyrene 농도(ng/g)

IRi: 일일 한약재(i) 섭취량(intake rate, g/day)

BW: 체중(Body weight, kg)

본 연구에서는 대상 한약재 8종 중 한양대학교(2006) 연구<sup>23)</sup>를 통해 한약재 일평균 섭취량을 알 수 있는 지황, 숙지황, 승마, 향부자, 현삼, 후박 6종에 대하여 인체노출량을 평가하였다. 이 연구에서는 전 국민을 대상으로 설문조사를 수행하여 인구특성 및 계절별 다소비 한약재에 대한 섭취량을 실측하였으며, Intake rate 즉 일일 한약재 섭취량(g/day)은 1첩당 평균 처방용량에 1일 2첩을 3회에 걸쳐 복용하는 본초학에서 제시된 용량을 가정하였다. 한약재별 벤조피렌 평균 함량만을 사용하였으며 평균체중은 60 kg을 사용하였다.

**Margin of exposure 산출** - 한약재 섭취로 인한 벤조피렌의 인체노출을 통해 생길 수 있는 인체위해영향 발생의 평가는 발암물질 위해평가에 사용되는 margin of exposure (MOE)를 이용하였으며 식(4)와 같다.

$$MOE = \frac{\text{Reference point (BMD)}(\text{mg/kg b.w./day})}{\text{인체노출량 (mg/kg b.w./day)}} \quad (4)$$

MOE는 독성시험 결과에서 계산된 Reference point인 benchmark dose(BMD)를 한약재 중 벤조피렌 검출수준과 한약재 일평균 섭취량을 통해 계산된 일일인체노출량으로 나눈 값으로, MOE banding이 <10,000이면 possible concern, 10,000~1,000,000이면 low concern, >100,000이면 negligible concern with action minimizing future exposure, >1,000,000이면 negligible concern으로 간주한다.<sup>24)</sup>

Reference point(BMD)는 mouse를 대상으로 한 실험에서 위상부암이 관찰된 자료를 근거로 한 benchmark dose lower limit(BMDL)의 범위(0.31-0.74 mg/kg b.w./day)에서 보수적인 평가를 위하여 하한치인 0.31 mg/kg b.w./day를 한약재 중 벤조피렌을 평가하기 위한 값으로 사용하였다.<sup>25)</sup>

### 결과 및 고찰

**유효성 검증** - 본 실험의 유효성 검증에 대한 결과는 다음과 같다(Table III). 벤조피렌 표준용액을 내부표준법으로 검량선을 작성한 결과 상관관계수(R<sup>2</sup>)는 0.9999 이상의 직선성을 나타내었다. 검출한계(LOD)는 0.1 µg/kg, 정량한계(LOQ)는 0.3 µg/kg이었으며 벤조피렌이 검출되지 않는 시료를 통해 얻어진 회수율은 103.4±2.8%이었다. 정밀성 파악을 위한 변동계수(Coefficient of variation, %)는 2.7%로 본 실험이 한약재의 벤조피렌 분석에 적합함을 나타내었다.

**벤조피렌 함량** - 서울에서 유통되고 있는 한약재 8품목 87건을 대상으로 벤조피렌을 분석한 결과는 다음과 같다(Table IV). 정량한계 0.3 µg/kg 미만의 수치인 경우 불검출

**Table III.** Correlation coefficient, LOD, LOQ, recovery and coefficient of variation for the benzo(a)pyrene analysed

	Correlation coefficient (R <sup>2</sup> )	LOD <sup>1)</sup> (µg/kg)	LOQ <sup>2)</sup> (µg/kg)	Recovery±SD <sup>3)</sup> (%)	CV <sup>4)</sup> (%)
Benzo(a)pyrene	0.9999	0.1	0.3	103.4±2.8	2.7

<sup>1)</sup>LOD: limit of detection, <sup>2)</sup>LOQ: limit of quantitation, <sup>3)</sup>SD: standard deviation, <sup>4)</sup>CV: coefficient of variation

**Table IV.** Contents of benzo(a)pyrene in medicinal herbs

Main material	No. of samples	Detection of samples	Detection range (µg/kg)
Rehmanniae Radix(지황)	4	2	ND <sup>1)</sup> -1.0 (0.6±0.5) <sup>2)</sup>
Rehmanniae Radix Preparata(숙지황)	33	3	ND-4.0 (2.4±1.7)
Cimicifugae Rhizoma(승마)	11	6	ND-2.9 (0.8±1.0)
Amomi Tsao-Ko Fructus(초과)	6	4	ND-28.1 (15.8±11.7)
Cyperi Rhizoma(향부자)	9	4	ND-2.5 (1.1±0.9)
Magnoliae Cortex(후박)	11	6	ND-7.3 (2.3±2.6)
Scutellariae Radix(황금)	6	1	ND-1.3 (1.3)
Scrophulariae Radix(현삼)	7	1	ND-1.8 (1.8)
Total	87	27	ND-28.1 (3.6±6.7)

<sup>1)</sup>ND: not detected

<sup>2)</sup>The values indicate min~max (mean±standard deviation) of data

처리하였으며 검출된 값만을 이용해 평균값을 구하였다. 벤조피렌은 모든 종류의 한약재에서 검출되었으며, 검출범위는 ND~28.1 µg/kg, 평균함량은 3.6 µg/kg이었다. 대한민국 약전의 벤조피렌 기준규격인 5 µg/kg을 초과한 한약재는 초과 3건과 후박 1건이었다. Jo 등<sup>18)</sup>의 연구에서 후박 89.27 µg/kg, 초과 10.97 µg/kg이 검출되었으며, 식품의약품안전처 2009년 모니터링 결과에서도 후박 21.73 µg/kg, 초과 38.58 µg/kg 이 검출되었다. 그 외 황금, 현삼 등에서도 10 µg/kg이 넘는 벤조피렌이 검출되었다.<sup>16)</sup> 이는 본 연구에서 기준이 존재하는 지황과 숙지황뿐 아니라 그 외의 한약재에서 벤조피렌이 검출되는 것과 일치하였다. 이에 향후 한약재 벤조피렌 기준 설정에 있어 적용 품목의 확대를 통한 엄격한 관리가 필요하다 여겨진다.

한약은 동·식물 및 광물을 주로 사용하며, 이 중 90% 이상을 차지하는 식물은 야생에서 채취하거나 일반 농산물과 같이 재배되어 유통되고 있다.<sup>11)</sup> 이러한 특성상 식물한약재의 경우 자연환경을 기반으로 자라기 때문에 주변 환경오염에 많은 영향을 받는다.<sup>26)</sup> 본 연구에서 벤조피렌이 검출된 27건 한약재의 원산지를 살펴보면 24건이 수입(중국 22건, 베트남 2건), 3건이 국내인 것을 감안할 때 한약재를 수입하는 과정에서 유통구조 개선 및 안전을 위한 품질관리가 필요하다 생각된다. 또한 후박과 초과에서 벤조피렌이 다량 검출되었는데 이는 후박과 초과 모두 한약재 표준제조공정지침<sup>26)</sup>에서 볼 수 있듯이 제조·가공 시 고온의 건조 과정이나 볶는 과정을 거치게 되기 때문인 것으로 보인다. 식품의약품안전처<sup>16)</sup>의 연구에 따르면 생지황을 한약재 표준제조공정지침의 건조온도인 50°C와 더 올린 70°C에서 건조하는 과정에서 벤조피렌의 농도가 유사한 결과를 보인 것으로, 제조시설에서 과도한 온도나 장시간 가공을 하지 않고 규정을 준수한다면 가공 중 발생하는 벤조피렌의 저감화 및 한약재의 품질확보를 이룰 수 있을 것으로 보인다.

의도적으로 사용되는 유해화학물질의 경우 기준을 통해

관리하고 있으나 식품 중 비의도적으로 생성될 수 있는 벤조피렌은 CODEX(국제식품규격위원회)에서도 최대한 발생하지 않도록 저감화 사업을 통해 권고하고 있다.<sup>27)</sup> 최근 식품의약품안전처에서도 벤조피렌을 포함한 식품 중 제조·가공·조리 중에 자연 발생하는 유해물질의 연구 및 저감화 사업을 추진하고 있으며 생약 제조업체를 대상으로 완제품 및 사용되는 생약원료에 대한 검사를 실시 중에 있다.<sup>28)</sup> 기존의 모니터링 및 이번 연구 결과를 토대로 저감화 사업 내에서 현재 기준이 설정되어 있는 지황, 숙지황 외에도 고온의 건조과정을 거치는 등의 우려되는 한약재에 대한 검사 확대를 고려해 보아야 할 것으로 사료된다.

**안전성 평가** - 본 연구에서 일일섭취량 자료를 얻을 수 있는 지황, 숙지황, 승마, 향부자, 현삼, 후박 6종의 한약재 섭취로 인한 벤조피렌의 노출량을 평가한 결과는 Table V와 같다. 벤조피렌의 함량이 높은 숙지황과 후박의 경우 인체 노출량은 각각 0.7 ng/kg b.w./day, 0.3 ng/kg b.w./day이었다. 이번 연구결과 6종 한약재를 섭취하는 경우 벤조피렌의 일일 예상 섭취량은 1.6 ng/kg b.w./day로 나타났다. 이는 60 kg의 성인이 하루 6종의 한약재를 본초학에서 제시된 용량만큼 섭취한다면 0.096 µg의 벤조피렌을 섭취한다고 할 수 있다. Jang 등<sup>29)</sup>은 식용유지 중 0.00425 ng/kg b.w./day로 본 연구결과보다 낮은 수준을 보이지만 이는 식용유지와 한약재의 섭취량 차이에 의한 것으로 보인다. Lee 등<sup>30)</sup>은 가열식품 중 1.965 ng/kg b.w./day로 본 연구결과와 유사한 벤조피렌 인체노출량 결과를 도출하였다.

한약재 섭취로 인한 벤조피렌의 발암 위험도 추정을 위한 MOE는 reference point로 mouse의 위상부암에 대한 BMDL<sub>10</sub> 값인 0.31 mg/kg b.w./day를 설정하고 만성 일일 인체노출량 1.6 ng/kg b.w./day를 이용하여 구하였다. 산출된 MOE 값은 1.93×10<sup>5</sup> 수준으로 한약재 섭취를 통한 벤조피렌 노출 시 low concern으로 간주되어 인체 위해 영향이 매우 낮은 것으로 나타났다. Jeong 등<sup>31)</sup>의 연구에서도 벤조

**Table V.** Estimation of benzo(a)pyrene levels in herbs and expected daily intake in Koreans

Source of exposure	Benzo(a)pyrene levels (µg/kg)	Consumption of medicinal herb (g/day)	Estimated human daily exposure of benzo(a)pyrene (ng/day)	Estimated human daily intake of benzo(a)pyrene <sup>1)</sup> (ng/kg b.w./day)
Rehmanniae Radix(지황)	0.6	9.1	5.5	0.1
Rehmanniae Radix Preparata(숙지황)	2.4	16.8	40.3	0.7
Cimicifugae Rhizoma(승마)	0.8	6.1	4.9	0.1
Cyperi Rhizoma(향부자)	1.1	11.0	12.1	0.2
Magnoliae Cortex(후박)	2.3	8.1	18.6	0.3
Scrophulariae Radix(현삼)	1.8	7.9	14.2	0.2
Total			95.5	1.6

<sup>1)</sup>The values indicate mean of data

<sup>2)</sup>Estimated for adults (60 kg body weight)

피렌의 MOE는  $2.48 \times 10^5$ - $8.91 \times 10^8$ 로 본 연구 결과와 유사하게 나왔으며 Jang 등<sup>29)</sup>의 연구에서는  $7.28 \times 10^7$ - $1.74 \times 10^8$  수준의 안전성 평가 결과가 나왔다.

하지만 본 연구는 한약재 일일섭취량을 알 수 있는 6가지 한약재에 대해서만 이루어졌다는 것, 실제 한약재의 복용은 장기적으로 이루어 지지 않는다는 점과 한약재 섭취집단이 연령대별로 차이가 있을 수 있다는 점을 고려한다면 실제 한약재 섭취를 통한 위해수준은 본 연구 결과와 차이가 있을 수 있다. 이에 안전한 한약재 유통을 위해서는 현재 기준이 설정되어 있는 지황과 숙지황에 국한되지 않고, 지속적인 모니터링을 통해 위해성 평가를 수행하고 우려되는 품목에 대한 벤조피렌 저감화가 이루어져야 할 것이다.

## 결론

본 연구에서는 한약재 중 벤조피렌의 안전성을 알기 위해 시중에 유통되는 한약재 8품목(지황, 숙지황, 향부자, 현삼, 황금, 후박, 승마, 초과) 중 벤조피렌의 함량을 모니터링 한 후 안전성평가를 실시하였다. 한약재 중 벤조피렌의 검출범위는 ND-28.1  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었고 평균 농도는 3.6  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었다. 검출된 한약재 중 대한민국약전의 벤조피렌 기준규격인 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 을 초과한 품목은 초과 3건과 후박 1건으로 총 4건이었다. 또한 벤조피렌이 검출된 27건 한약재의 원산지를 살펴보면 24건이 수입(중국 22건, 베트남2건), 3건이 국내인 것을 확인할 수 있다. 그 후 전 국민을 대상으로 설문조사를 통해 산출된 한약재섭취량을 이용하여 벤조피렌의 섭취로 인한 잠재적 위해성을 평가하였다. 한약재 일평균 섭취량을 알 수 있는 지황, 숙지황, 승마, 향부자, 현삼, 후박 6종에 대하여 인체노출량을 평가한 결과 벤조피렌의 만성 일일 인체노출량은 1.6  $\text{ng}/\text{kg b.w./day}$ 로 나타났다. 그 후 인체 발암 위해도 추정을 위한 MOE 값은 mouse의 위상부암에 대한 BMDL<sub>10</sub> 값과 앞서 산출된 만성 일일 인체노출량을 이용하여  $1.93 \times 10^5$  수준으로 나타났다. 이에 한약재 섭취로 인한 벤조피렌의 인체 노출 시 인체 위해 영향은 매우 낮은 것으로 판단된다. 하지만 현재까지 한약재 중 지황과 숙지황만이 제한적으로 관리되고 있으므로 향후 지속적 모니터링을 통해 위해성을 평가하고 우려되는 품목에 대한 벤조피렌 저감화가 이루어져야 할 것이다.

## 인용문헌

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR): Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). (1995) U. S. Department of Health and Human Service, Public Health Service, p. 1.
- Nielsen, T., Jørgensen, H. E., Larsen, J. C. and Poulsen, M. (1996) City air pollution of polycyclic aromatic hydrocarbons and other mutagens: occurrence, sources and health effects. *Science of the Total Environment* **189**: 41-49.
- Guillen, M. D. (1994) Polycyclic aromatic compounds: extraction and determination in food. *Food Additives & Contaminants* **11**: 669-684.
- Djinovic, J., Popovic, A. and Jira, W. (2008) Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different types of smoked meat products from Serbia. *Meat Science* **80**: 449-456.
- Dost, K. and Ídeli, C. (2012) Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in edible oils and barbecued food by HPLC/UV-Vis detection. *Food Chemistry* **133**: 193-199.
- Ramesh, A., Walker, S. A., Hood, D. B., Guillén, M. D., Schneider, K. and Weyand, E. H. (2004) Bioavailability and risk assessment of orally ingested polycyclic aromatic hydrocarbons. *International Journal of Toxicology* **23**: 301-333.
- Chung, S. Y., Yettella, R. R., Kim, J. S., Kwon, K., Kim, M. C. and Min, D. B. (2011) Effects of grilling and roasting on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in beef and pork. *Food Chemistry* **129**: 1420-1426.
- Anderson, K. E., Kadlubar, F. F., Kulldorff, M., Harnack, L., Gross, M., Lang, N. P., Barber, C., Rothman, N. and Sinha, R. (2005) Dietary intake of heterocyclic amines and benzo(a)pyrene: associations with pancreatic cancer. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention* **14**: 2261-2265.
- IARC (2006) IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans 92.
- US EPA (2002) Polycyclic Organic Matter. Environmental Protection Agency, Washington, DC. Available at: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/polycycl.html>.
- 홍남두, 김남재(2013) 한약의 품질관리, 2. 신일북스, 서울.
- 식품의약품안전처(2009) 식품의약품안전처 고시 제2009-13호: 생약의 벤조피렌 기준 및 시험방법 제정 고시.
- 식품의약품안전처(2009) 식품의약품안전처 공고 제2009-302호: 생약의 벤조피렌 기준 및 시험방법 일부개정고시안.
- 식품의약품안전처(2011) 식품의약품안전처 고시 제2011-27호: 생약 등의 잔류. 오염물질 기준 및 시험방법 일부개정고시.
- Hu, S. J., Jin, S. H. and Choi, D. M. (2008) Analysis of benzo(a)pyrene in red ginseng beverage. *Journal of Food Hygiene and Safety* **23**: 26-30.
- 식품의약품안전처(2009) 한약재 중 벤조피렌 함유량 모니터링 연구 보고서.
- 식품의약품안전처(2010) 한약재별 생약의 벤조피렌 시험법 검증 및 개선방안 연구 보고서.
- Jo, S. A., Kim, S. J., Kim, N. H., Jung, S. J., Kim, H. S., Kim, K. S., Han, K. Y. and Chae, Y. J. (2011) Analysis of benzo(a)pyrene content in medicinal herbs. *Report of S. I. H. E.* **47**: 94-102.
- Lee, M. Y., Jung, S. M. and Lee, G. W. (2012) Monitoring on benzo(a)pyrene content in oriental medicine. *Journal of Digital Convergence* **10**: 201-206.
- Cho, Y. H., Song, K. Y., Baek, M. K., Lee, J. W. and Lee,

- G. W. (2012) Study on extraction condition and analysis methods of benzopyrene in black ginseng. *Archives of Pharmacal Research* **56**: 145-151.
21. 식품의약품안전처(2003) 한약재 진위감별도감, 호미출판사, 대전.
  22. Simon, R., Palme, S. and Anklam, E. (2006) Single-laboratory validation of a gas chromatography-mass spectrometry method for quantitation of 15 European priority polycyclic aromatic hydrocarbons in spiked smoke flavourings. *Journal of chromatography A* **1103**: 307-313.
  23. 한양대학교: 한국인의 한약재 복용실태 조사 연구(2005) *식품의약품안전처* 91-4.
  24. Committee on the Carcinogenicity of Chemicals in Food (2007) Consumer Products and the Environment. Annual report.
  25. Additives, F. (2006) Evaluation of certain food contaminants.
  26. 식품의약품안전처(2008) 한약재 표준제조공정지침.
  27. Codex Alimentarius Commission (2009) Code of practice for the reduction of contamination of food with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from smoking and direct drying processes. CAC/RCP, 68-2009.
  28. Kim, S. (2014) Policy of reducing benzopyrene in foods. *Food Industry and Nutrition* **19**: 13-14.
  29. Jang, M. R., Hong, M. S., Jung, S. Y., Choi, B. C., Lee, K. A., Kum, J. Y., Kim, I. Y., Kim, J. H. and Chae, Y. J. (2014) Analysis and risk assessment of benzo(a)pyrene in edible oils. *Journal of Food Hygiene and Safety* **29**: 141-145.
  30. Lee, B. M. and Choi, O. K. (1994) Original articles : Pyrolytic formation of benzo[a]pyrene in foods during heating and cancer risk assessment in Koreans. *Journal of Food Hygiene and Safety* **9**: 133-139.
  31. Jeong, J. Y., Jung, Y. K., Hwang, M. S., Jung, K. K. and Yoon, H. J. (2012). Prioritizing management ranking for hazardous chemicals reflecting aggregate exposure. *Journal of Food Hygiene and Safety* **27**: 349-355.

(2017. 7. 4 접수; 2017. 8. 7 심사; 2017. 9. 1 게재확정)