

## 원두커피 추출물의 유해성분 함량 특성 연구

권혁동<sup>†</sup> · 김병준 · 구희수 · 박소현 · 이유정 · 이미옥  
식약품분석과

### Study on the Contents of Harmful Substance in the Extractions of Coffee Bean

Hyuk-Dong Kwon<sup>†</sup>, Byung-Jun Kim, Hui-Su Ku, So-Hyeon Park, You-Jung Lee and Mi-Ok Lee

*Food and Drug Analysis Division*

#### Abstract

This study was performed to survey and evaluate the contents of caffeine, harmful metals and benzo[a]pyrene in commercial coffee bean. Total forty-one coffee samples were analysed : fifteen samples of cafeteria, thirteen of franchise coffee stores, eight of selling ground coffee and five of instant coffee. A 20 g portion of roasted ground coffee samples were extracted in coffee-maker with 300 mL of distilled water and the extractions were used in all experiments. The contents of caffeine in coffee extractions were determined by UPLC/PDA, the range of detection was 534~1,070 mg/L (mean value=752 mg/L). The samples of cafeteria in sale type, were slightly lower than another. According to increase of the roasting temperature, the contents of caffeine were shown a tendency to decrease. The contents of harmful 5 metals (Pb, Cd, As, Cu, Cr) in coffee extractions were determined by ICP. The average contents of Pb and Cd were 0.016 and 0.001 mg/L, respectively. Remarkable distinction was not shown in sale type, producing area and roasting condition. However As was not detected in all samples. The average content of Cu was 0.157 mg/L, the samples of franchise coffee stores and Kenya were higher than others. And not shown a tendency to decrease according to increase of the roasting temperature. The average content of Cr was 0.024 mg/L, the samples of cafeteria, Hawaii and medium roasting were higher than others. The contents of benzo[a]pyrene in coffee extractions were determined by UPLC/FLR, the mobile phase was a mixture of acetonitrile and water in 8:2 by the isocratic elution and the excitation wavelength of fluorescence detector was 294 nm and its emission wavelength was 404 nm. The range of detection was ND~0.103 µg/L (mean value=0.027 µg/L), the samples of cafeteria, Brazil and dark roasting were higher than others.

Key words : coffee bean, caffeine, harmful metal, benzo[a]pyrene

#### 서 론

커피는 쓴맛, 신맛, 떫은 맛 및 구수한 맛 등이 조화된 전 세계적으로 가장 널리 음용되고 있는 대표적인 기호음료로서 경제적으로도 매우 중요한 위치를 차지하고 있는 식품이며, 커피나무는 아프리카 에티오피아가 원산지이나 현재는 아프리카, 남아메리카, 인도네시아, 베트남 등지에서 널리 재배되고 있다. 커피는 *Coffea arabica* L., *Coffea canephora* L. 그리고 *Coffea liberica* 세 품종으로 나눌 수 있는데, *Coffea arabica* (Arabica종)는 에티오피아가 원산지이며 카페인 함량이 적고 부드럽고 신맛이 강하고 전 세계 총재배량의 75%를 차지하고 있으며 콜롬비아, 에티오피아, 탄자니아, 케냐, 브라질 마일드

커피 등이 대표적인 품종이다. *Coffea canephora* (Robusta종)는 아프리카 콩고가 원산지이며 아라비카종에 비해 카페인 함량이 많으며 쓴맛이 강하고 향이 부족해 인스턴트 커피의 주원료로 많이 쓰이고 전 세계 재배량의 25% 정도를 차지하고 있으며 아이보리코스트, 카메룬, 우간다, 인도네시아, 베트남, 인도, 태국 커피 등의 품종이 여기에 속한다. 마지막으로 *Coffea liberica* (Liberica종)는 아프리카 리베리아가 원산지이며 향미가 떨어지고 쓴맛이 강하여 리베리아, 수리남, 가이아나 등지에서 거의 자국 소비용으로 재배된다. 일반적으로 커피의 품질이 생산지별로 유사하기 때문에 지역이름이나 선적항 등을 마치 상품명처럼 사용하는데, 브라질의 마르고지프 커피, 콜롬비아의 콜롬비아 마일드, 에티오피아의 에티오피아 하라, 자마йка의

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : hdkwon@korea.kr

Tel : +82-51-757-6934, Fax : +82-51-757-2879

블루마운틴, 예멘의 모카커피 등이 그 예이다<sup>1-2)</sup>.

커피 고유의 향과 맛은 커피생두(green coffee beans)를 볶는 과정인 배전(roasting)과정에 의해 결정되기 때문에 배전조건(온도, 시간, 불 조절)은 생두의 산지 기후 및 특성, 크기, 가공방법 수분함량 등에 따른 생두의 선별과 함께 매우 중요한 과정이며, 이 때 색상, 향, 부피 및 무게의 변화를 겪고 생두가 가진 고유한 맛과 향을 최상의 상태로 만들게 된다<sup>2)</sup>.

커피의 가장 중요한 성분중의 하나인 카페인은 커피 외에도 차, 음료, 의약품 등에 광범위하게 함유되어 있는 xanthine계 화합물로서 세계적으로 가장 널리 소비되는 흥분제의 하나이며 1820년 스위스의 생리학자 Runge에 의해 커피콩에서 처음 발견되었다. 카페인은 중추신경계와 말초신경계를 자극하는 작용이 있어 적당량을 섭취하면 신경활동이 활발해지고 피로가 경감되는 효과가 있으나 과잉으로 섭취하면 중추신경계에 영향을 미쳐 신경과민, 흥분, 불면 등을 유발하고 위장, 소장, 결장, 내분비계에도 영향을 미친다. 또 카페인은 성인의 경우 2~6시간 만에 대사되나 신생아는 대사가 매우 늦어 적은 양의 카페인이라도 반복해서 섭취하게 되면 혈액 중에 축적되게 되고 임신 중에 있는 여성이 카페인을 섭취할 경우 태반을 통해 쉽게 전달되고 혈액으로부터 모유에 쉽게 이행되어 임신 주변기에 있는 여성에게는 카페인이 함유된 식품의 섭취를 경고하고 있다<sup>3-4)</sup>.

또한 최근 들어 식생활의 여유와 더불어 생활패턴의 변화로 카페인 함유 기호식품의 소비가 급증하고 있고 더군다나 어린이들이 즐겨 찾는 식품에 커피를 이용하는 제품이 증가하고 있어 카페인과 함께 기타 유해물질의 함유 여부가 관심의 대상이 되고 있는 실정이다<sup>4)</sup>.

다환방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)는 현재 내분비계장애물질이면서 또한 발암가능물질로 위해평가를 위한 우선순위 목록에 포함되어져 있는데, EPA에서는 이들 중 16종의 PAHs를 선정하고, IARC (International Agency for Research on Cancer)와 IRIS (Integrated Risk Information System)에서 이들에 대해 발암등급을 분류하고 있다. 또 위해성 확인평가를 위해 특정유해물질의 발암등급을 분류기관에 따라 다소 차이는 있으나 일반적으로 4등급으로 분류하고 식품 및 환경중의 PAHs를 모니터링하고 있다<sup>5)</sup>.

특히 내분비계장애물질로 알려진 대표적 PAHs 화합물 중 하나인 벤조피렌(Benzo[a]pyrene)은 최근 WHO/IARC에서 Group 1 (인체 발암물질)로 분류하고 있으며, 인체에 미치는 영향은 단기간에 걸쳐 다량으로 노출되었을 경우 적혈구가 파괴되어 빈혈을 일으키고, 면역계가 저하되는 것으로 알려져 있으며, 장기간 노출되었을 때는 발생 및 생식 독성이 있고 암 발생률을 증가시킬 수 있다고 알려져 있다. 벤조피렌은 불완전 연소의 산물 혹은 탄소와 수소가 포함된 유기물의 열분해 산물로서 어디에서나 발생될 수 있는 오염물질로서 화로,

쓰레기 소각, 금속 용해, 차량 공해와 담배 연기와 같은 환경적인 요인 외에도 주로 음식을 조리, 가공할 때 식품의 주성분인 탄수화물, 단백질, 지방 등이 열분해 되어 생성되는 물질이다. 식품에 벤조피렌 오염물질이 생기는 주된 원인은 첫째 오염된 공기나 물, 토양, 연기와 같은 환경적 요인에 식품이 노출되어 축적되는 경우이며, 둘째는 구이나 훈제 등과 같은 요리방식과 과정에 기인하는 경우인데 이 때 고기가 화로 불꽃에 직접 닿을 때 많은 양의 벤조피렌이 생성되며 고기 중 지방함량이 많을수록 증가된다고 알려져 있다<sup>5-8)</sup>.

따라서 생두(Green Coffee bean)를 볶기 위해 고온의 배전(Roasting)과정을 거치는 커피 제조공정을 감안할 때 벤조피렌의 오염 가능성을 추정 해 볼 수 있다<sup>9)</sup>.

이에 본 연구에서는 최근 기호식품으로 각광을 받고 있는 원두커피의 유해물질 모니터링을 위해 커피 생두를 직접 배전, 분쇄, 추출과정을 거쳐 소비자에게 제공하는 커피 전문점과 배전과정을 거친 커피 원두를 분쇄, 추출해서 판매하는 전문판매점, 그리고 가정에서 직접 분쇄, 추출해서 섭취할 수 있도록 판매하는 커피 원두와 인스턴트 원두커피를 대상으로 카페인과 5종의 유해 중금속, 그리고 벤조피렌의 함량을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

2009년 본 연구에 사용된 커피시료는 부산지역에 위치하는 커피전문점 1개소 15건, 커피전문 판매점 4개소 13건, 시판 원두 4개사 8건, 인스턴트 3개사 5건으로 총 41건의 시료를 대상으로 하였으며 자세한 현황은 Table 1에 나타내었다.

### 실험방법

#### 커피 시료의 분쇄 및 추출

실험에 사용하는 시료는 소비자가 섭취하는 상태와 가장 유사하게 하는 것을 원칙으로 하였으며, 원두커피의 경우 해당 업체의 판매조건과 동일한 크기로 분쇄 후 커피메이커(Braun KF600, model 3106, Czech)를 이용하여 추출하였다. 커피 분쇄시료의 추출은 일반적인 용법에 따라 분쇄시료 20 g을 취해 증류수 300 mL로 추출하였으며, 그 추출액을 이하 모든 실험에 사용하였다.

Table 1. Consist of test samples

		Producing area	Roasting conditions (L: Light, M: Medium, D: Dark)	Numbers of Sample
Cafeteria	A-1	Ethiopia	L	15
	A-2	Ethiopia	L	
	A-3	Ethiopia	M	
	A-4	Ethiopia	D	
	A-5	Brazil	L	
	A-6	Brazil	M	
	A-7	Brazil	D	
	A-8	Colombia	D	
	A-9	Honduras	M	
	A-10	Indonesia	D	
	A-11	Kenya	M	
	A-12	(blend)	D	
	A-13	Guatemala	D	
	A-14	Tanzania	M	
	A-15	Hawaii	M	
Franchise Coffee Store	B-1	Kenya	D	13
	B-2	Indonesia	D	
	C-1	Colombia	M	
	C-2	Guatemala	M	
	C-3	Kenya	M	
	D-1	Ethiopia	L	
	D-2	Kenya	L	
	D-3	Guatemala	L	
	D-4	Colombia	M	
	E-1	Colombia	M	
	E-2	Guatemala	M	
	E-3	Indonesia	D	
	E-4	Kenya	D	
Selling Ground Coffee	F-1	Colombia	M	8
	G-1	(blend)	M	
	G-2	Colombia	M	
	H-1	Nepal	M	
	H-2	Peru	M	
	I-1	Colombia	M	
	I-2	Hawaii	M	
	I-3	Jamaica	M	
Instant Coffee	J-1	(blend)	M	5
	K-1	(blend)	L	
	K-2	(blend)	D	
	L-1	(blend)	M	
	L-2	(blend)	M	

### Caffeine 함량 분석

커피 추출액 5 mL를 100 mL 메스플라스크에 취하고 20% Methanol을 가하여 5분간 초음파 처리한 다음 정용하고, 0.2  $\mu$ m membrane filter로 여과하여 최종 검체로 사용하였다. 분석기기는 Waters Acquity UPLC를 이용하였고 분석조건은 Table 2와 같다.

표준용액은 정량용 Caffeine (Sigma-Aldrich, 99.0%, USA)을 methanol에 녹여 1,000 mg/mL 농도의 stock solution을 제조하였고, 다시 10, 25, 50 mg/mL로 희석하여 검량선을 작성한 다음 시료의 농도를 측정하였다.

### 유해 중금속 함량 분석

유해 중금속 5종(Pb, Cd, As, Cu, Cr)에 대한 분석은 식품공전 제10.일반시험법 중 6.유해성중금속시험법에 따라 실시하였다. 시료의 분해는 건식회화법에 따라 커피 추출액 50 mL를 도가니에 취해 건조시키고 열판에서 가열하여 탄화시킨 다음 회화로(동일과학, 한국)에서 500 $^{\circ}$ C로 회화시켰다. 충분히 회화가 끝나면 회분을 물로 적시고 염산 3 mL를 가하여 건조시킨 다음 0.5 N 질산에 녹이고 유리여과기로 불용물을 여과한 다음 일정량으로 희석하여 시험용액으로 하였고 이러한 과정은 공시험에 대해서도 동일하게 적용하였다.

중금속 함량의 측정은 ICP (Perkin-Elmer, Optima 7000DV, USA)를 이용하여 실시하였고, 표준용액의 조제는 중금속 표준원액(ICP Multi-element Standard Solution XVI,

100 mg/L, Merck, Germany)을 0.5 N 질산으로 0.025, 0.1, 1 mg/mL 농도로 희석하여 검량선을 작성한 다음 시료의 농도를 측정하였다.

### Benzo[a]pyrene 함량 분석

벤조피렌 분석은 Mercedes Sonia Garcia-Falcon 등<sup>10)</sup>의 방법(2004)을 약간 변형하여 사용하였다. 벤조피렌 표준원액(Supelco 48665, 200 mg/L, USA)을 acetonitrile을 사용하여 100  $\mu$ g/L되도록 조제한 후 다시 acetonitrile로 희석하여 0.5, 1, 5, 20  $\mu$ g/L 농도가 되도록 조제하고 0.2  $\mu$ m membrane filter로 여과하여 검량선 작성에 사용하였다.

시료의 전처리를 위해 Florisil Cartridge (Waters WAT 043385, Sep-pak)는 미리 증류수 20 mL, methanol 20 mL 및 n-hexane 20 mL를 2~3 drops/sec 속도로 유출시켜 활성화시킨 다음, 커피 추출액 시료 20 mL를 흡착시킨 후 n-hexane 40 mL로 용출시킨다. 이 용출액을 40 $^{\circ}$ C이하의 수욕상에서 감압농축시켜 그 잔류물을 acetonitrile에 녹여 전량을 1 mL로 하고 이를 0.2  $\mu$ m membrane filter로 여과하여 시험용액으로 사용하였다.

분석기기는 Waters Acquity UPLC를 이용하였고 분석조건은 Table 3과 같다.

Table 2. UPLC condition for determination of caffeine

Instrument	UPLC Condition
Column	BEH C <sub>18</sub> (2.1 mm I.d.×100 mm, 1.7 $\mu$ m)
Mobile phase	Acetonitrile : Water (70 : 30)
Flow rate	0.08 mL/min
Column temp.	40 $^{\circ}$ C
Detector	280 nm
Injection vol.	1 $\mu$ L

Table 3. UPLC condition for determination of benzo[a]pyrene

Instrument	UPLC Condition
Column	HSS T <sub>3</sub> (2.1 mm I.d.×100 mm, 1.8 $\mu$ m)
Mobile phase	Acetonitrile : Water (80 : 20)
Flow rate	0.05 mL/min
Column temp.	35 $^{\circ}$ C aaz
Detector	$\lambda_{ex}$ at 294 nm, $\lambda_{em}$ at 404 nm
Injection vol.	1 $\mu$ L

## 결과 및 고찰

### 카페인(Caffeine) 함량

부산지역에 위치하는 커피전문점(15건), 커피전문 판매점(13건)에서 구입한 커피원두 및 시판 원두(8건)와 인스턴트 커피(5건)를 앞서 기술한 방법으로 추출하여 그 추출액에 대한 카페인 함량을 측정하였다. 총 41건 시료의 평균 카페인 함량은 752 mg/L이었으며, 최소 534 mg/L 최대 1,070 mg/L의 함량을 나타내었다. 그리고 실험에 사용한 원두커피의 판매방식별 카페인 함량을 분석한 결과는 Table 4에 나타내었다. 원두커피의 판매방식별 카페인 함량 비교결과를 보면 커피 생두를 직접 배전(Roasting)하는 커피전문점의 경우가 상대적으로 약간 낮게 나타났는데, 이는 커피전문점이 상대적으로 고온에 오래 노출되는 강배전 시료의 비율이 높은 때문으로 생각된다.

일반적으로 생두에 비해 배전을 마친 커피원두의 카페인 함량이 높은 것으로 보고되고 있으며, 이는 배전과정에 수분이 증발하여 상대적으로 카페인 함량이 높아졌기 때문이며, 배전온도에 따라 온도가 높을수록 카페인 함량이 약간 감소되는 경향을

보여주는데 이는 높은 온도에서 볶으면 카페인이 비산하여 원두에 함유된 카페인 함량이 감소되기 때문으로 알려져 있다<sup>1)</sup>. 이러한 결과는 이번 연구결과에서도 볼 수 있는데, 배전과정별로 약배전 > 중배전 > 강배전 순으로 카페인 함량이 감소되는 경향을 보여주었다(Table 5).

또 커피 품종별 카페인 함량은 Arabica종(약 1%)에 비해 Robusta종(약 2%)이 약 2배가량 높게 나타나는 것으로 알려져 있는데<sup>2)</sup>, 때문에 예전 저급 재료를 많이 사용하던 인스턴트 커피에서 카페인 함량이 높은 것으로 보고되어져 온 것을 감안하면 이번 연구결과는 최근 인스턴트 커피도 좋은 재료를 사용하여 고급화되어가는 경향을 반증하는 것으로 추정해볼 수 있다.

그리고 이번 실험에 사용된 커피원두의 생산지별 카페인 함량 비교 결과는 Table 6에 나타내었다. 시료수가 적은 경우를 제외하고 상대적으로 브라질산이 카페인 함량이 가장 적었으며, 과테말라산이 가장 높았다. 또 동일 생산지내에서는 콜롬비아산이 카페인 함량의 편차가 가장 심하게 나타났다.

Table 4. Difference in caffeine content in sale types

		Mean	Range of Content (mg/L)
Cafeteria (15)	A-1~15	654.7	540 ~ 766
Franchise Coffee Store (13)	B-1~2, C-1~3, D-1~4, E-1~4	784.6	604 ~ 970
Selling Ground Coffee (8)	F-1, G-1~2, H-1~2, I-1~3	796.9	534 ~ 1,070
Instant Coffee (5)	J-1, K-1~2, L-1~2	769.0	604 ~ 851

Table 5. Difference in caffeine content in roasting conditions

		Mean	Range of Content (mg/L)
Light (7)	A-1~2, A-5, D-1~3, K-1	803.1	734 ~ 963
Medium (23)	A-3, A-6, A-9, A-11, A-14~15, C-1~3, D-4, E-1~2, F-1, G-1~2, H-1~2, I-1~3, J-1, L-1~2	750.8	540 ~ 1,070
Dark (11)	A-4, A-7~8, A-10, A-12~13, B-1~2, E-3~4, K-2	668.3	580 ~ 901

Table 6. Difference in caffeine content in producing areas

		Mean	Range of Content (mg/L)
Brazil (3)	A-5~7	641.4	540 ~ 734
Colombia (7)	A-8, C-1, D-4, E-1, F-1, G-2, I-1	763.0	540 ~ 1,070
Ethiopia (5)	A-1~4, D-1	713.2	605 ~ 835
Guatemala (4)	A-13, C-2, D-3, E-2	829.3	658 ~ 970
Hawaii (2)	A-15, I-2	756.4	723 ~ 790
Honduras (1)	A-9	540.7	-
Indonesia (3)	A-10, B-2, E-3	708.8	603 ~ 901
Jamaica (1)	I-3	829.9	-
Kenya (5)	A-11, B-1, C-3, D-2, E-4	712.0	604 ~ 822
Nepal (1)	H-1	677.0	-
Peru (1)	H-2	692.4	-
Tanzania (1)	A-14	697.2	-
blending samples (7)	A-12, G-1, J-1, K-1~2, L-1~2	779.6	604 ~ 1,001

**유해 중금속(Pb, Cd, As, Cu, Cr) 함량**

부산지역에 위치하는 커피전문점(15건), 커피전문 판매점(13건)에서 구입한 커피원두 및 시판 원두(8건)과 인스턴트 커피(5건) 등 총 41건 시료를 앞서 기술한 방법으로 추출하여 그 추출액에 대해 5종의 유해 중금속 함량을 측정하였다. 유해 중금속 중 비소(As)는 모든 시료에서 검출되지 않았으며, 납(Pb)의 평균 함량은 0.016 mg/L, 카드뮴(Cd) 평균 함량은 0.001 mg/L이었으며 구리(Cu)와 크롬(Cr)의 평균 함량은 각각 0.157 mg/L과 0.024 mg/L이었다.

커피의 중금속 함량에 대한 연구는 거의 찾아볼 수 없었으나, 이미경 등<sup>11)</sup>(2007)의 시판되는 캔커피에 대한 저장기간에 따른 중금속 함량 변화에 대한 연구결과를 보면 납(Pb) 함량이 11~17 µg/L 수준으로 이번 원두커피 추출물에 대한 우리의 연구결과와 거의 유사하였다.

그리고 실험에 사용한 원두커피의 판매방식별 및 배전도별 유해 중금속 함량을 분석한 결과는 Table 7과 8과 같다.

판매방식별 유해 중금속 함량은 납(Pb)의 경우 커피전문점

과 전문판매점이 시판 원두나 인스턴트 원두커피에 비해 상대적으로 높았고, 카드뮴(Cd)의 경우는 거의 차이를 볼 수 없었으며 비소(As)는 모든 시료에서 검출되지 않았다. 그리고 구리(Cu)는 전문판매점에서 높은 수치를 보여주었으며, 인스턴트 원두커피의 경우 상대적으로 낮았다. 또 크롬(Cr)의 경우는 커피전문점에서 상대적으로 높은 수치를 나타내었다.

배전도별 유해 중금속 함량은 구리(Cu)의 경우 배전도가 높아질수록 상대적으로 감소되는 경향을 보였고, 크롬(Cr)의 경우는 중배전의 경우가 상대적으로 높게 나타났으며, 나머지 중금속은 배전도별 차이를 거의 나타내지 않았다.

그리고 Table 9는 커피원두의 생산지별 유해 중금속 함량을 나타내었다.

커피원두 생산지별 유해 중금속 함량은 구리(Cu)와 크롬(Cr)의 경우 각각 케냐산과 하와이산에서 특이하게 높게 나타났으며, 나머지 중금속은 생산지별로 두드러진 차이를 나타내지 않았다. 이런 두드러진 차이는 산지 주변 환경에 기인하는 것으로 추정되었다.

Table 7. Difference in harmful metals content (mg/L) in sale types

		Pb	Cd	As	Cu	Cr
Cafeteria (15)	A-1~15	0.017	0.002	ND	0.085	0.041
Franchise Coffee Store (13)	B-1~2, C-1~3, D-1~4, E-1~4	0.020	0.001	ND	0.318	0.015
Selling Ground Coffee (8)	F-1, G-1~2, H-1~2, I-1~3	0.011	0.001	ND	0.091	0.016
Instant Coffee (5)	J-1, K-1~2, L-1~2	0.011	0.001	ND	0.055	0.011

Table 8. Difference in harmful metals content (mg/L) in roasting conditions

		Pb	Cd	As	Cu	Cr
Light (7)	A-1~2, A-5, D-1~3, K-1	0.015	0.001	ND	0.228	0.013
Medium (23)	A-3, A-6, A-9, A-11, A-14~15, C-1~3, D-4, E-1~2, F-1, G-1~2, H-1~2, I-1~3, J-1, L-1~2	0.017	0.001	ND	0.166	0.036
Dark (11)	A-4, A-7~8, A-10, A-12~13, B-1~2, E-3~4, K-2	0.014	0.001	ND	0.092	0.013

Table 9. Difference in harmful metals content (mg/L) in producing areas

		Pb	Cd	As	Cu	Cr
Brazil (3)	A-5~7	0.015	0.001	ND	0.132	0.009
Colombia (7)	A-8, C-1, D-4, E-1, F-1, G-2, I-1	0.016	0.001	ND	0.086	0.011
Ethiopia (5)	A-1~4, D-1	0.011	0.001	ND	0.076	0.013
Guatemala (4)	A-13, C-2, D-3, E-2	0.016	0.001	ND	0.062	0.011
Hawaii (2)	A-15, I-2	0.011	0.002	ND	0.085	0.234
Honduras (1)	A-9	0.052	0.003	ND	0.096	0.020
Indonesia (3)	A-10, B-2, E-3	0.009	0.001	ND	0.043	0.021
Jamaica (1)	I-3	ND	0.002	ND	0.141	0.026
Kenya (5)	A-11, B-1, C-3, D-2, E-4	0.016	0.001	ND	0.709	0.015
Nepal (1)	H-1	0.034	0.001	ND	0.087	0.024
Peru (1)	H-2	0.006	0.001	ND	0.068	0.010
Tanzania (1)	A-14	0.042	0.002	ND	0.058	0.011
blending samples (7)	A-12, G-1, J-1, K-1~2, L-1~2	0.017	0.001	ND	0.070	0.012

### 벤조피렌(Benzo[a]pyrene) 함량

일반적으로 벤조피렌(Benzo[a]pyrene)은 300~600°C사이 온도에서 불완전 연소 시 생성되는 화합물로 커피 제조과정 중 원두를 고온에서 배전(Roasting)하는 중에 생성될 가능성이 있어 부산지역에 위치하는 커피전문점(15건), 커피전문 판매점(13건)에서 구입한 커피원두 및 시판 원두(8건)와 인스턴트 커피(5건) 등 총 41건 시료를 앞서 기술한 방법으로 추출하여 그 추출액에 대해 벤조피렌 함량을 측정하였다.

벤조피렌의 분석은 '식품 중 벤조피렌 분석방법' (식품의약품안전청<sup>7)</sup>의 인삼·홍삼음료 방법에 따라 시도하였으나, 커피 시료의 특성상 회수율의 현저히 떨어져 부득이 회수율이 높이고자 직접 카트리지를 이용하여 전처리하는 Mercedes Sonia Garcia-Falcon<sup>10)</sup>의 방법(2004)을 약간 변형하여 사용하였다.

총 41건 시료의 평균 벤조피렌 함량은 0.027  $\mu\text{g/L}$ 이었으며, ND~0.103  $\mu\text{g/L}$  범위의 검출수준을 나타내었다. 그리고 실험

에 사용한 원두커피의 판매방식별 벤조피렌 함량을 분석한 결과는 Table 10에 나타내었다.

실험에 사용한 원두커피 추출액 중의 벤조피렌 함량은 커피 전문점에서 직접 배전과정을 거친 시료에서 상대적으로 높게 나타났으나 전반적인 검출 수치는 식품의약품안전청에서 일부 식품에 대해 설정한 기준치 중 가장 낮은 기준(2.0 µg/kg 이하)에도 훨씬 못 미치는 극히 미미한 수준이었다.

벤조피렌에 대한 국내 관리 현황을 살펴보면 2001년부터 다양한 식품군에 대한 모니터링 및 위해평가를 거쳐 현재 식품의 경우 식용유지에 대해 2.0 µg/kg (식품의약품안전청 고시 제2007-71호, '07.10.30.), 훈제 어육과 훈제 건조어육은 각각 5.0 µg/kg와 10.0 µg/kg (식약청 고시 제2009-227호, '09.08.13.) 이하로 기준을 설정하고 있으며, 생약의 경우 지황과 숙지황에 대해 5.0 µg/kg (식약청 고시 제2009-13호, '09.04.13.) 이하로 기준을 설정하고 대상품목을 계속 확대 적용할 예정이다<sup>8)</sup>.

또 커피원두의 생산지별로는 브라질산이 상대적으로 다른 산지에 비해 벤조피렌 함량이 상대적으로 높았고(Table 11), 배전도별로는 미미하긴 하지만 강배전한 시료가 상대적으로 약간 높은 수치를 나타내었다(Table 12).

이번 연구결과에서 원두커피 추출물의 벤조피렌 함량이 극히 미미한 수준으로 검출된 것은 주로 210~230℃에서 이루어지는 원두의 배전과정이 벤조피렌이 생성되는 고온에 미치지 못하며, 가열재료로 석탄이나 나무를 사용하지 않을 뿐만 아니라 불꽃에 직접 노출되는 직화식이 아닌 전기적인 열풍방식으로 이루어

지는 때문으로 추정된다.

참고적으로 벤조피렌에 노출될 수 있는 식품을 1일 섭취량 기준으로 나타낸 국립독성연구원 자료에 의하면, 육류가 54.5%로 가장 높고 채소류(19.2%) > 곡류(11.5%) > 과일류(5.3%) > 감자류(5.1%) > 식용유(3.6%) > 기타(어패류 포함, 0.8%) 순으로 알려져 있다. 또 검출 수준을 상대적으로 비교할 수 있는 검출 사례를 살펴보면, 일반적인 토양의 경우 100~1,000 mg/kg이며, 매연이 나오는 공장 주변은 650,000 mg/kg의 높은 농도를 나타내며, 정유소 주변은 500,000 mg/kg 이상으로 보고된 바 있다. 유럽 수돗물의 벤조피렌 농도는 평균 2~3 ppt이며, 최대 15 ppt 정도로 보고되었고, 오스트리아 미네랄수는 0.01~0.95 ppt이며, 음용수에서는 0.05~2.2 ppt로 알려져 있다. 또 숯불에서 조리한 스테이크의 평균 농도는 9 µg/kg 정도로 보고된 바 있다<sup>8)</sup>.

따라서 이번 연구결과에서 검출된 커피 추출액의 벤조피렌 함량은 알려진 음용수 수준으로 우려하였던 배전과정에 의한 벤조피렌 생성은 거의 없는 것으로 판단되었다. 하지만 일상생활에서 벤조피렌 생성을 최대한 억제하고 또 피해를 줄이기 위해서는 우선 세척을 통해 식품 표면의 오염물질을 최대한 제거하고, 식품을 가열 시 직접 불꽃에 닿는 것을 최소화하도록 먼저 초과분의 지방을 제거하며, 연기에 직접 노출되지 않도록 보호판을 설치하거나 호일로 싸는 방법을 생각해볼 수 있으며, 요리 시 가열재료로 석탄이나 나무를 사용하지 않고 팬으로 튀기거나 전기적으로 끓이거나 굽는 등 열 전이특성을 살린 요리법 등을 실천하는 노력이 필요하다고 하겠다.

Table 10. Difference in benzo[a]pyrene content in sale types

		Mean	Range of Content (µg/L)
Cafeteria (15)	A-1~15	0.056	0.033 ~ 0.103
Franchise Coffee Store (13)	B-1~2,C-1~3,D-1~4,E-1~4	0.019	ND ~ 0.058
Selling Ground Coffee (8)	F-1, G-1~2, H-1~2, I-1~3	0.001	ND ~ 0.006
Instant Coffee (5)	J-1, K-1~2, L-1~2	0.005	ND ~ 0.009



Table 11. Difference in benzo[a]pyrene content in producing areas

		Mean	Range of Content ( $\mu\text{g/L}$ )
Brazil (3)	A-5~7	0.067	0.042 ~ 0.103
Colombia (7)	A-8, C-1, D-4, E-1, F-1, G-2, I-1	0.014	ND ~ 0.053
Ethiopia (5)	A-1~4, D-1	0.049	ND ~ 0.091
Guatemala (4)	A-13, C-2, D-3, E-2	0.021	ND ~ 0.050
Hawaii (2)	A-15, I-2	0.034	0.006 ~ 0.061
Honduras(1)	A-9	0.045	-
Indonesia (3)	A-10, B-2, E-3	0.036	ND ~ 0.056
Jamaica (1)	I-3	ND	-
Kenya (5)	A-11, B-1, C-3, D-2, E-4	0.028	ND ~ 0.058
Nepal (1)	H-1	ND	-
Peru (1)	H-2	ND	-
Tanzania (1)	A-14	0.056	-
blending samples (7)	A-12, G-1, J-1, K-1~2, L-1~2	0.010	ND ~ 0.048

Table 12. Difference in benzo[a]pyrene content in roasting conditions

		Mean	Range of Content ( $\mu\text{g/L}$ )
Light (7)	A-1~2, A-5, D-1~3, K-1	0.027	ND ~ 0.091
Medium (23)	A-3, A-6, A-9, A-11, A-14~15, C-1~3, D-4, E-1~2, F-1, G-1~2, H-1~2, I-1~3, J-1, L-1~2	0.022	ND ~ 0.103
Dark (11)	A-4, A-7~8, A-10, A-12~13, B-1~2, E-3~4, K-2	0.038	ND ~ 0.058

## 요 약

가장 널리 음용되고 있는 기호식품인 커피에 대한 유해물질 함량을 조사하기 위해 부산지역에 위치한 커피전문점 1개소(15건)와 커피 전문판매점 4개소(13건)에서 커피 원두를 구입하여 마쇄하고, 대형 유통점을 통해 시판 원두(8건) 및 인스턴트 원두 커피(5건)를 포함하여 총 41건을 구입, 원두 생산지와 배전도별로 카페인, 유해 중금속 및 벤조피렌 함량을 조사하였다.

구입한 커피원두는 판매 상태와 동일하게 분쇄하였고 시판 원두커피와 함께 커피메이커로 추출(20 g/300 mL)하여 그 추출액을 이하 모든 실험에 시료로 사용하였다.

커피 시료에 대한 카페인 함량은 UPLC/PDA (Waters, Acquity UPLC)로 측정된 결과 평균 737.6 mg/L을 나타내어 다른 연구결과에서 보고된 결과와 유사한 수준으로 나타났다. 커피전문점에서 구입한 시료가 상대적으로 가장 낮았고, 산지별로는 뚜렷한 차이를 볼 수 없었으나 배전도가 증가할수록 카페인 함량이 감소되는 경향을 보였다.

유해 중금속 5종(Pb, Cd, As, Cu, Cr)에 대한 함량은 ICP (Perkin-Elmer, Optima 7000DV)를 이용하여 유도결합플라즈마분광법으로 분석하였다. 전반적인 검출수준은 기준이 설정된 납(Pb)의 경우 기준치(2.0 mg/kg 이하)에 훨씬 못 미치는 낮은 수준이었으며, 캔커피에 대한 다른 연구결과(11~17 µg/L)와 유사한 결과를 보였다. 비소(As)는 모든 시료에서 검출되지 않았으며, 납(Pb)과 카드뮴(Cd)은 평균 0.016 mg/L과 0.001 mg/L을 나타내었고 구입방식별, 산지별 및 배전도별로도 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 구리(Cu)는 평균 0.157 mg/L을 나타내었고 커피 전문판매점 시료에서 상대적으로 높은 검출치를 보였으며, 산지별로는 케냐산에서 상대적으로 높게 검출되었다. 또 배전도가 증가할수록 점차 감소되는 경향을 보였다. 크롬(Cr)의 경우는 평균 0.024 mg/L이었으며 상대적으로 커피전문점 시료에서 높은 검출치를 보였고, 산지별로는 하와이산이 그리고 배전도별로는 약·강배전에 비해 중배전 시료에서 상대적으로 높게 검출되었다.

벤조피렌(Benzo[a]pyrene) 함량은 UPLC/FLR (Waters, Acquity UPLC)로 측정하였으며, 원두커피 추출액의 평균 함량은 0.027 µg/L이었으며 직접 생두를 roasting하는 커피전문점 시료가 상대적으로 높았고, 산지별로는 브라질산이, 그리고 배전도별로는 강배전의 경우가 상대적으로 높게 나타났다. 그러나 전반적인 검출 수치는 식품의약품안전청에서 일부 식품에 대해 설정한 기준치 중 가장 낮은 2.0 µg/kg 이하에도 훨씬 못 미치는 극히 미미한 수준이었다.

## 참 고 문 헌

1. 김하경 외 5인, 종류별 커피의 볶음 및 추출조건에 따른 품질 특성에 관한 연구, 한국식품영양학회지, 20(1), pp. 14~19(2007).
2. 김관중 외 1인, 커피 원두의 배전공정중 변화되는 주요 화학성분에 대한 연구, 한국식품과학회지, 38(2), pp.153~158(2006).
3. 권익부 외 4인, 고속액체크로마토그래피에 의한 커피, 홍차, 녹차중의 카페인 정량에 관한 연구, Journal of Food Hygiene and Safety, 5(4), pp.213~218(1990).
4. 윤미혜 외 6인, 시판 기호식품 중 카페인 함량에 관한 조사, Journal of Food Hygiene and Safety, 16(4), pp.295~299(2001).
5. 허수정 외 2인, 홍삼음료 중 벤조피렌 분석, Journal of Food Hygiene and Safety, 23(1), pp.26~30(2008).
6. WHO 식품첨가물 시리즈 No.28 벤조피렌(BENZO[a]PYRENE), 특정 식품첨가물 및 오염원에 대한 독성 평가(1991).
7. 식품의약품안전청, 신중유해물질과, 식품 중 벤조피렌 분석 방법(2008).
8. 식품의약품안전평가원, 생약의 벤조피렌 시험법 해설서 (2009).
9. Elza S. G. Badolato 외 6인, Systematic Study of Benzo[a]Pyrene in Coffee Samples, J. Braz. Chem. Soc, 17(5), pp.989~993(2006).
10. Mercedes Sonia Garcia-Falcon 외 2인, Minimal clean-up and rapid determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in instant coffee, Food Chemistry, 90, pp.643~647(2005).
11. 이미경 외 1인, 캔 커피의 온장 시 납 함량의 변화, 한국식품과학회지, 39(2), pp.228~230(2007).