J. Fd Hyg. Safety
Vol. 25, No. 1, pp. 24~29 (2010)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

국내 유통 주류 중 중금속 실태조사

노기미 · 강경모 · 백승림 · 최훈 · 박성국 · 김동술*
식품의약품안전평가원 식품위해평가부

Monitoring of Heavy Metal Content in Alcoholic Beverages

Ki-Mi No, Kyung Mo Kang, Seung-Lim Baek[1], Hoon Choi, Sung-Kug Park, and Dong-sul Kim*
Food Safety Evaluation Department, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation
(Received December 17, 2009/Revised February 5, 2010/Accepted February 23, 2010)

ABSTRACT - This study was conducted to estimate the contents of heavy metals including lead, cadmium, arsenic and total mercury in alcoholic beverages in Korea. Concentration of Hg was analyzed by gold amalgamation method, using mercury analyzer, while concentration of Pb, Cd and As was analyzed by ICP-MS. Concentration (μg/kg) of heavy metal in fermented liquors were ; for Pb 9.9 ± 8.4(0~38.0), Cd 5.8 ± 4.9(0~5.4), As 28.6 ± 19.4(1~96.4), Hg 0.7 ± 1.2(0~10.6). Concentration (μg/kg) of distilled liquors were : for Pb 4.4 ± 5.7(0~29.3), Cd 2.0 ± 2.5(0~10.3), As 12.0 ± 17.0(0~95.6), Hg 0.2 ± 0.3(0~2.3). Concentration(μg/kg) of other liquors were ; for Pb 7.5 ± 5.1(0~13.7), Cd 5.8 ± 3.9(0.6~11.2), As 25.2 ± 39.0(0.5~103.3), Hg 0.3 ± 0.1(0.1~0.5). The present study showed that difference of the amount of constituent in a same category of food are not affect to the content of heavy metals among them. The residual levels of takju, yakju, sake, beer, fruit wine, soju, whiskey, brandy, general distilled liquor, liquor, other liquors are within the maximum levels, prescribed by Korea food code. It is given that heavy metal exposure of Pb, Cd, As, Hg from consumption of alcoholic beverages (takju, yakju, sake, beer, fruit wine, soju, whiskey, brandy, general distilled liquor, liquor, other liquors) are less than 0.03%, 0.06%, 0.01%, 0.01% (mean) in provisional tolerable weekly intake (PTWI) respectively, indicated by FAO/WHO.

Key words : Heavy metal, Alcoholic beverage, Monitoring

중금속은 비중이 4 이상 되는 금속원소로서 인류가 금속을 이용하기 시작하면서 인체에 대한 위해인자로 대두되기 시작하였다. 특히, 인체에 비교적 독성이 강한 납, 카드뮴, 수은 등의 중금속은 환경오염, 식품 중의 함유량, 존재 형태에 따라 인체에 유해한 영향을 미치므로 식품위생학적 측면에서 중요한 오염물질이며, 인체에 노출되어 흡수되는 정도는 주변 환경, 식품의 종류 및 개인의 건강 상태 등에 따라 달라질 수 있으나, 미량일지라도 인체 내에 영향을 미쳐 급성, 만성 중독 현상을 가져올 수 있다[1~3]. 오늘날 우리의 식생활은 생활수준의 향상과 식품산업의 발달에 힘입어 양적인 소비에서 질적인 소비로 변화를 가져오게 되었으며, 영양학적으로도 우수하고 건강상 위해가 없는 식품에 많은 관심이 집중되고 있다. 이러한 측면에서 최근 식품의 미량 중금속 오염여부가 안전한 식품을 소비자에게 공급해야한다는 관점에서 사회적 문제로 대두는 추세이다.

우리나라 전체 주류시장(수입주류, 탁주, 민속주 제외)은 2007년 기준으로 전년대비 2.51%의 판매가 증가(매출액기준 4,34%증가)되었다. 웰빙 트랜드의 영향으로 과실주는 2004년부터 포도주와 복분자주에 대한 소비자의 관심도가 높고 꾸준히 증가하고 있으며, 한국인의 1인당 연간 희석식소주 소비량은 약 25리터로 일본의 6배가량 높으며 일본에 비해 큰 폭으로 소비가 증가하고 있다[4]. 또한 세계적으로도 세계와인기구가 추산한 주요국의 와인소비량으로는 프랑스 442만 톤, 이태리 394만 톤, 미국 272만 톤, 스페인 232만 톤, 독일 210만 톤, 아르헨티나 123만 톤으로 경제가 성장함에 따라 와인의 소비가 증가하는 추세이다[4]. 전세계 와인의 총 소비량은 2,280만 톤 정도이며, 세계 총 생산량(2,600만톤)에서 총 소비량을 빼면 320만 톤의 공급과잉이 나타나며, 이러한 상황에서 유럽연합 등은 여러 국가에서는 다양한 정책수단을 동원하여 포도재배업자와 와인생산자들을 보호하면서 동시에 소비자들을 만족시킬 수 있는 고품질의 와인을 생산하도록 하고 있다[4]. 따라서 본 연구는 주류의 소비가 국제적으로 고품질의 제품을 선호하

*Correspondence to: Dong-sul Kim, Food Safety Evaluation Department, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation Seoul
Tel: 82-2-380-1669, Fax: 82-2-357-4735
E-mail: dongsul@korea.kr

고 현재 CODEX나 EU의 와인 기준은 200 μg/kg으로 관리되고 있으며 이에 따른 국내의 기준 마련하기 위하여 와인을 비롯한 국내 유통되는 주류의 중금속 모니터링 자료를 확보하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

국내유통 되는 국내·외 주류를 국내에서 가장 널리 유통되고 소비되는 제품을 조사하여 sampling 하였다. 서울, 경기, 대전, 대구 및 부산 등의 지역에서 유통되는 제품들을 할인점과 주류 전문유통업체 및 인터넷 에서 구입하였다. 주류는 식품공전상의 식품유형에 따라서 탁주 41건, 약주 48건, 청주 30건, 맥주 40건, 과실주 134건, 소주 42건, 위스키 41건, 브랜디 34건, 일반증류주 40건, 리큐르 44건, 기타주류 6건 총 500건을 구입한 후 일정량을 시료로 하였다(Table 1).

시약

본 연구에 사용한 모든 시약은 특급시약을 구입하여 사용하였고, 증류수는 Milli-Q ultrapure water purification system (Millipore Co. USA)에 의해 18.2 MΩ 수준으로 정제된 물을 사용하였다. Hg 측정용 첨가제로서 sodium carbonate anhydrous (Nippon Instrument Co., Osaka, Japan)와 calcium hydroxide (Nippon Instrument Co., Osaka, Japan)를 1:1(w/w)(M)로 혼합한 것과 aluminium oxide anhydrous (Nippon Instrument Co., Osaka, Japan) (B)를 750°C부터 2시간 가열처리하여 사용하였다. 중금속 분석을 위해 전처리에 사용한 nitric acid (Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd., Iksan), sulfuric acid (Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd., Iksan) 및 hydrogen peroxide (Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd., Iksan)는 electronic grade를 구입하여 사용하였고, 각 중금속 표준원액은 Merck (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)사 제품을 구입하여 사용하였다. Hg은 0.02% L-cystein용액으로, Pb, Cd 및 As는 2% HNO_3용액으로 희석하여 표준용액으로 사용하였다.

Table 1. Sampling of alcoholic beverages

Food		No. of samples	
Takju-Korean Turbid Rice Wine		41	
Yakju-Korean Cleared Rice Wine		48	
Sake		30	
Beer		40	
Fruit Wine	Grape wine	78	134
Fruit Wine	Other fruit wine	56	134
Soju-Korean Distilled Liquor		42	
Whiskey		41	
Brandy		34	
General Distilled Liquor		40	
Liquor		44	
Other Liquors		6	
Total		500	

가열기화금아말감법에 의한 수은분석

수은의 분석을 위해서 시료 약 1 g을 2 mL Vial에 넣고 Gas Blowing Concentrator (MG-2200, EYELA., Japan)를 사용하여 시료 중의 알콜 제거와 동시에 시료를 농축하였다. 농축조건으로는 80°C로 균일하게 가온된 본체에 질소가스를 1.5 ml/min으로 조절하여 노즐 분출 온도를 50°C로 30~60분간 유지하였으며 농축된 용액은 실온으로 식힌 후 증류수로 일정량으로 희석하여 시험용액으로 하였다. 표준용액은 원자흡광분석용 표준용액 원액을 사용하여 0.02% L-cysteine 용액으로 Hg는 0.01 mg/kg농도로 희석하여 제조하였다. 준비된 시료를 전처리 후 일정량 취해 Mercury analyzer (MA2, Nippon Instrument Co., Japan)를 사용하여 가열기화금아말감법(Combustion gold amalgamation method)으로 Table 2의 조건에서 수은함량을 측정하였다.

ICP-MS에 의한 납, 카드뮴 및 비소의 측정

납, 카드뮴 및 비소의 분석을 위해서 시료 약 4 g을 50 ml 비이커에 질산 0.5~2 mL을 넣고 혼합하여 가온한 후 20 ml로 정용 하였다. 가온조건으로는 65°C로 승온시켜 10시간 유지하였으며, 가온된 용액은 실온으로 식힌 후 Syringe fiter로 여과하였다. 여과된 용액을 증류수로 일정량으로 희석하여 시험용액으로 사용하였다(Fig. 1). 중금속 표준용액은 원자흡광분석용 표준용액 원액을 사용하여 2% HNO_3용액으로 Pb과 Cd, As는 1 mg/kg농도로 희석하여, Pb, Cd은 1, 5, 10, 25, 50, 100 μg/kg, As는 5, 10, 25, 50, 100 μg/kg이 되도록 표준용액을 제조하였다. 시험용액은 Table 3의 조건에 따라 ICP-MS (ELAN DRC II, PerkinElmer, USA)를 사용하여 측정하였으며, 비소는 ArCl (mz 75)에 의한 간섭

Table 2. Operating condition of mercury analyzer

Classification	Heating condition	Standard solution (10 ng/mL)	Samples
Sample amount		20, 40, 60, 80 μL	100 ± 10 mg
Mode selector		1	1
	1st step	-	-
	2nd step	2 min (600°C)	4 min (600°C)
Additive		Unnecessary	B + S + B + M*
Washing liquid		Distilled deionized water	
Measuring range		20 ng	
Combustion gas flow		0.5 L/min	
Carrier gas flow		0.5 L/min	

*M : sodium carbonate anhydrous : calcium hydroxide = 1 : 1 (w/w)
B : aluminium oxide anhydrous
S : sample

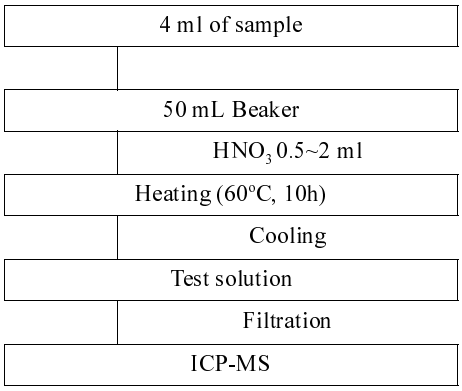

Fig. 1. Analysis method of heavy metals.

을 제거하기 위해 DRC mode (Dynamic reaction cell)에서 분석하였다.

회수율 측정

Hg 표준용액은 원자흡광분석용 표준용액 원액을 사용하여 0.02% L-Cysteine 용액으로 Hg 0.1 mg/kg농도로 희석하여 사용하였다. 표준품 회수율은 시료 15건당 하나를 선택하여 시험용액에서의 최종 농도가 Hg 3ng이 되도록 표준용액을 첨가하여 시료와 동일한 방법으로 처리한 후 측정하였다. 시료첨가 회수율 시험은 표준용액을 희석하여 Pb, Cd 및 As는 시험용액에서의 농도를 3ng로 조제한 후, 시료에 표준용액을 첨가하여 첨가하지 않은 시료와 동일하게 처리한 후 정량하였다.

Pb, Cd 및 As 표준용액은 원자흡광분석용 표준용액 원액을 사용하여 2% HNO_3용액으로 Pb, Cd 및 As 1 mg/kg농도로 희석하여 사용하였다. 표준품 회수율은 시료 20건당 하나를 선택하여 시험용액에서의 최종 농도가 Pb, Cd 및 As 0.025 mg/kg이 되도록 표준용액을 첨가하여 시료와 동일한 방법으로 처리한 후 측정하였다. 시료첨가 회수율 시험은 표준용액을 희석하여 Pb, Cd 및 As는 시험용액에서의 농도를 0.25 mg/kg로 조제한 후, 시료에 표준용액을 첨가하여 첨가하지 않은 시료와 동일하게 처리한 후 정량하였다.

Table 3. Operating condition of ICP-MS

Instrumental parameters	
RF powder	1100 W
Argon gas flow	
Nebulizer	1.0-1.07 L/min
Auxillary	1.4 L/min
Plasma	18 L/min
Lens voltage	6.25 V
Sample uptake rate	0.24 mL/min
Reaction gas	Ammonia (NH_3) (99.999%)
Analytes and Measurement Mode	
Analyte	Measurement
Pb, Cd	Standard (without reaction gas)
As	DRC (with reaction gas)

결과 및 고찰

회수율

각 금속별 회수율을 다음과 같이 표로 나타내었다. 각 주종별 대표 되는 품목을 정해 회수율을 산출하였으며 전체 회수율은 %로 나타났다(Table 4).

검출한계 및 정량한계 (LOD : Limit of detection, LOQ: Limit of quantification)

일반적으로 검출한계와 정량한계는 signal to noise ratio(S/N)로 결정된다. 3:1의 S/N비를 사용하여 검출한계와 10:1의 S/N비를 사용하여 정량한계를 결정하였으며 이에 대한 결과를 Table 5에 나타내었다

납(Pb) 함량

중금속 중 납은 자동차 배기가스 배출에 의한 대기오염,

Table 4. Recovery of Heavy metal(Pb, Cd, As, Hg)

Food type	n	Recovery (%)			
		Pb	Cd	As	Hg
Takju	10	96.0 ± 1.5[1)]	104.6 ± 3.1	85.3 ± 4.0	103.5 ± 8.1
Yakju	10	99.0 ± 10.9	93.9 ± 3.3	94.7 ± 13.1	104.0 ± 10.2
Sake	5	111.4 ± 5.5	94.4 ± 5.4	100.2 ± 9.3	106.8 ± 12.3
Beer	5	105.4 ± 6.7	97.5 ± 8.9	91.7 ± 1.5	100.5 ± 5.9
Fruit wine	10	98.3 ± 6.9	97.8 ± 7.1	82.8 ± 3.7	95.4 ± 4.1
Soju	5	98.3 ± 6.1	94.8 ± 1.8	103.2 ± 22.2	95.3 ± 19.0
Whiskey	5	110.6 ± 4.4	88.5 ± 2.1	92.9 ± 0.4	106.1 ± 19.9
Brandy	5	98.7 ± 2.3	91.1 ± 1.9	93.0 ± 0.6	101.2 ± 13.0
General distilled Liquor	5	102.2 ± 8.7	104.8 ± 5.2	91.8 ± 1.8	96.3 ± 6.0
Liquor	5	86.8 ± 0.3	93.6 ± 1.6	93.2 ± 0.7	101.2 ± 3.2
Other Liquors	3	106.4 ± 6.6	96.7 ± 3.7	92.4 ± 1.1	99.0 ± 1.1

[1)] mean ± S.D.

Table 5. Capability of ICP/MS for heavy metals analysis

unit : μg/kg

Heavy metal	LOD[a]	LOQ[b]
Hg	0.002	0.007
As	0.980	3.263
Cd	0.091	0.303
Pb	0.850	2.831

[a]: Limit of detection, [b]: Limit of quantification.

각종 쓰레기매립에 의한 토양오염 및 수질오염을 통해서 지속적으로 인체에 노출되는 주요한 환경오염물질로서 소화기, 호흡기, 음식물, 피부 등을 통해 흡수되며, 체내에서는 90%이상이 뼈와 치아 등에 축적되고 적은 양만이 소변을 통해서 배출된다. 임산부가 납에 노출되면 조산, 유산 또는 저체중아를 낳을 수 있는 것으로 알려져 있다[6]. 특히, 태아 및 유아는 납에 대한 저항력이 약해 신장, 간, 신경 및 면역체계의 미숙을 유발할 수 있다. 미국에서는 특히 소아집단을 대상으로 환경으로부터의 납 노출에 의한 건강영향 및 위해도 평가에 대해서 많은 관심을 가지고 연구가 이루어지고 있다[6-12].

국내유통 되는 주류 중 중금속 모니터링 결과 납의 함량은 평균 9.3 μg/kg이었으며, N.D.~66.5 μg/kg의 분포를 이루었다. 주류의 분류별로 탁주의 납 합량은 6.6 μg/kg, 약주 20.0 μg/kg, 청주 6.5 μg/kg, 맥주 9.5 μg/kg, 과실주 13.0 μg/kg, 소주 7.7 μg/kg, 위스키 6.1 μg/kg, 브랜디 5.2 μg/kg, 일반증류주 6.5 μg/kg, 리큐르 7.0 μg/kg, 기타주류 14.0 μg/kg으로 조사되었다(Table 6). 맥주의 납 함량은 핀란드의 납 함량인 34 μg/kg보다 훨씬 낮은 수준이었으며, 와인의 납 함량을 국가별로 살펴보면 핀란드(9~34 μg/kg), 이태리 남부지방(38 μg/kg), 아르헨티나(화이트와인-60 μg/kg, 레드와인-85 μg/kg), 우루과이(29.5 μg/kg), 오스트레일리아(7~37.1 μg/kg), 카나리아(5.5~128 μg/kg), 캘리포니아 (16.2~42.9 μg/kg), 중국(32.8 μg/kg), 이태리(63~83 μg/kg), 캐나다(12.3 μg/kg), 남아프리카공화국(10.1~28.8 μg/kg), 칠레(38~49 μg/kg)으로 본연구의 과실주 함량이 낮게 조사 되었다[13~15]. 발효주인 탁주, 청주, 맥주, 과실주, 리큐르의 납 함량은 11.1(N.D~66.5)μg/kg이며, 증류주인 소주, 위스키, 브랜디 일반증류주의 납함량은 9.1(N.D~33.4)μg/kg이며, 맛술과 같은 기타주류의 납 함량은 14.0(N.D~37.8)μg/kg으로 발효주의 납 함량이 증류주 보다 약간 높음을 확인할 수 있었다. 이는 EU나 CODEX의 와인 규격치인 200 μg/kg에 비해 낮은 분포를 보이는 것으로 조사되었다

카드뮴(Cd) 함량

국내 유통되는 주류 중 카드뮴 함량을 식품 유형에 따라 살펴보면, 탁주 7.3 μg/kg, 약주 10.1 μg/kg, 청주 7.5 μg/kg, 맥주 3.9 μg/kg, 과실주 9.2 μg/kg, 소주 4.4 μg/kg, 위스키 3.6 μg/kg, 브랜디 0.1 μg/kg, 일반증류주 1.1 μg/kg, 리큐르 3.0 μg/kg, 기타주류 10.3 μg/kg의 함량으로 전체 평균 함량은 5.9 μg/kg으로 조사되었다(Table 6). 아르헨티나 멘도사주 지방의 화이트와인과 레드와인의 카드뮴 함량이 1.0~4.7 μg/kg으로 본 연구결과와 유사하였으며, Zsolt Ajtony의 보고에 의하면 적포도주와 백포도주에서 0.05~16.5 μg/kg으로 본 연구결과 보다 약간 높음을 확인할 수 있었다. 또한 제공공정에 따른 분류상으로 발효주인 탁주, 청주, 맥주, 과실주, 리큐르의 카드뮴 함량은 7.6(N.D~47.1)μg/kg이며, 증류주인 소주, 위스키, 브랜디, 일반증류주의 카드뮴 함량은 1.8(N.D~19.6)μg/kg 이며, 맛술과 같은 기타주류의 카드뮴 함량은 10.3(0.6~17.4)μg/kg으로 발효주와 기타주류의 카드뮴 함량이 증류주 보다 약간 높음을 확인할 수 있었다. 포도주 중에 카드뮴은 살충제 및 살균제로 사용된 농약 제품이 원인이 될 수 있으며, 공업화에 의한 환경오염등과 같은 요인들이 원인이 될 수 있다.

Table 6. Contents of heavy metals in alcoholic beverages

Food type	No. of samples	Heavy metals (μg/kg)			
		Pb	Cd	As	Hg
Takju	41	6.6 (0.1~42.3)[1)]	7.3 (0.9~33.9)	21.5 (3.0~72.4)	1.4 (0.1~10.6)
Yakju	48	20.0 (6.3~49.5)	10.1 (6.5~21.8)	45.8 (5.3~140.0)	0.2 (N.D~0.9)
Sake	30	6.5 (N.D[2)]~42.6)	7.5 (0.1~34.0)	25.4 (1.0~60.9)	0.5 (0.2~3.2)
Beer	40	9.5 (N.D~34.0)	3.9 (N.D~18.8)	30.3 (10.3~58.2)	0.6 (N.D~3.1)
Fruit wine	134	13.0 (N.D~66.5)	9.2 (N.D~47.1)	40.6 (2.7~117.7)	0.8 (0.1~8.6)
Soju	42	7.7 (N.D~33.4)	4.4 (N.D~19.6)	12.3 (N.D~50.9)	0.1 (N.D~0.3)
Whiskey	41	6.1 (N.D~23.1)	3.6 (N.D~19.6)	34.5 (3.8~209.7)	0.2 (N.D~0.8)
Brandy	34	5.2 (N.D~26.8)	0.1 (N.D~1.5)	11.3 (4.1~46.7)	0.5 (0.2~2.3)
General distilled Liquor	40	6.5 (N.D~23.6)	1.1 (N.D~10.9)	4.6 (N.D~33.3)	0.4 (0.1~2.1)
Liquor	44	7.0 (N.D~29.3)	3.0 (N.D~11.0)	11.6 (N.D~42.7)	0.2 (N.D~0.8)
Other Liquors	6	14.0 (N.D~37.8)	10.3 (N.D~17.4)	33.6 (N.D~103.3)	0.3 (0.1~0.5)

[1)]mean (min~max)

[2)]N.D.: Not detected

Table 7. Comparison of average weekly intakes of heavy metals from alcoholic beverage with PTWI

Alcoholic beverage	PTWI (ug/kg b.w.[1)]/week)	Daily intakes(g)	Weekly Intake[1)] (ug/kg b.w./week)	% PTWI[2)]
Pb	25	83.3	8.3×10^{-6}	0.03
Cd	7		4.5×10^{-6}	0.06
As	350		2.3×10^{-5}	0.01
Hg	5		5.1×10^{-7}	0.01

[1)]b.w. : body weight
[2)]weekly intake (ug/kg b.w./week) = [Concentration of heavy metals (ug/kg) × daily intakes (g/person/day) × 7days/week] ÷ 60 (body weight per adult)

비소(As)

국내유통 주류의 평균 비소 함량은 26.1 μg/kg 이었으며, 유형별 평균 함량으로는 탁주 21.5 μg/kg으로 약주 45.8 μg/kg, 청주 25.4 μg/kg, 맥주 30.3 μg/kg, 과실주 40.6 μg/kg, 소주 12.3 μg/kg, 위스키 34.5 μg/kg, 브랜디 11.3 μg/kg, 일반증류주 4.6 μg/kg, 리큐르 11.6 μg/kg, 기타주류 33.6 μg/kg의 결과가 나타났다(Table 6).

또한 발효주인 탁주, 청주, 맥주, 과실주, 리큐르의 비소 함량은 24.6(1.0~140.0)μg/kg이며, 증류주인 소주, 위스키, 브랜디, 일반증류주의 비소 함량은 14.9(N.D~209.7)μg/kg 이며, 맛술과 같은 기타주류의 비소 함량은 33.6(N.D~103.3)μg/kg으로 발효주와 기타주류의 비소 함량과 유사하였으나, 증류주 보다 높음을 확인할 수 있었다.

수은 함량

국내유통되는 주류 중 수은 평균 함량은 1.1 ± 1.6 μg/kg 이었으며, 탁주의 수은 함량은 1.4 μg/kg으로 약주 0.2 μg/kg, 청주 0.5 μg/kg, 맥주 0.6 μg/kg, 과실주 0.8 μg/kg, 소주 0.1 μg/kg, 위스키 0.2 μg/kg, 브랜디 0.5 μg/kg, 일반증류주 0.4 μg/kg, 리큐르 0.2 μg/kg, 기타주류 0.3 μg/kg의 함량이었다(Table 6). 또한 발효주인 탁주, 청주, 맥주, 과실주, 리큐르의 수은 함량은 0.7(N.D~10.6)μg/kg이며, 증류주인 소주, 위스키, 브랜디, 일반증류주의 수은 함량은 0.3(N.D~2.3)μg/kg 이며, 맛술과 같은 기타주류의 수은 함량은 0.3(0.1~0.5)μg/kg으로 발효주와 기타주류의 비소 함량은 유사하였으며, 증류주 보다 높음을 확인할 수 있었다.

노출량 평가

주류(탁주 등 11종)을 통해 섭취되는 중금속의 위해평가는 각 중금속의 주간섭취량을 JECFA의 잠정주간섭취허용량(Provisional Tolerable weekly Intake)과 비교한 위해지수(%)로서 평가하였다(Table7). 각 주류의 1일 섭취량은 2005년 국민영양조사결과보고서[12)]를 기준으로 하였다. 탁주 섭취를 통한 납, 카드뮴, 비소, 수은의 노출량은 PTWI에 대해 각각 0.033%, 0.132%, 0.008%, 0.036% 이며, 약주의 경우는 PTWI에 대해 각각0.002%, 0.004, 0.0%, 0.0%이며, 청주의 경우는 PTWI에 대해 각각 0.003%, 0.012%, 0.001%, 0.001% 이며, 맥주 의 경우는 PTWI에 대해 각각 0.206%, 0.305 0.047 0.066% 이며, 과실주 의 경우는 PTWI에 대해 각각 0.004%, 0.009%, 0.001%, 0.001% 이며, 소주의 경우는 PTWI에 대해 각각 0.115%, 0.235%, 0.013%, 0.007% 이며, 위스키의 경우는 PTWI에 대해 각각 0.002%, 0.003%, 0.001%, 0.0%이며, 브랜디의 경우는 PTWI에 대해 각각 0.0%, 0.0%, 0.0%, 0.0%이며, 일반증류주 의 경우는 PTWI에 대해 각각 0.0%, 0.0%, 0.0%, 0.0%이며, 리큐르의 경우는 PTWI에 대해 각각 0.0%, 0.001%, 0.0%, 0.0%이며, 기타주류의 경우는 PTWI에 대해 각각 0.0%, 0.0%, 0.0% 이며, 주류의 경우 PTWI에 대해 각각 0.03%, 0.06%, 0.01%, 0.01%이며 이었다. 본 연구에서 얻어진 탁주, 약주, 청주, 맥주, 과실주, 소주, 위스키, 브랜디, 일반증류주, 리큐르, 기타주류 중 중금속 함량은 국내 · 외 문헌들과 유사하거나 낮게 확인되었으며, 식품별 1일섭취량을 고려한 납, 카드뮴, 비소 및 수은의 주간섭취량은 FAO/WHO에서 설정된 PTWI와 비교할 때 각각 0.03%, 0.06%, 0.01%, 0.01% 이하로 안전한 수준으로 판단된다.

요 약

한국인의 주류 섭취로 인한 중금속 위해영향 여부를 파악하기 위하여 국내산 및 수입산 주류를 대상으로 납, 카드뮴, 비소 및 수은을 분석하고, 일일식품섭취량을 고려하여 이 들 식품 섭취에 대한 위해 평가를 수행하였다. 시료 분석결과로 발효주류 중 납 함량은(μg/kg) 11.1(N.D~66.5), 카드뮴 7.6(N.D~47.1), 비소 24.6(1~140.0), 수은 0.7 ± 1.2 (N.D~10.6), 증류주류 중 납 함량은(μg/kg) 9.1(N.D~33.4), 카드뮴 1.8(N.D~19.6), 비소 14.9(N.D~209.7), 수은 0.3(N.D~2.3) 이었으며 기타주류 중 납 함량은(μg/kg) 14.0(N.D~37.8), 카드뮴 10.3(0.6~17.4), 비소 33.6(0.5~103.3), 수은 0.3(0.1~0.5) 이었다. 본 연구에서 얻어진 탁주, 약주, 청주, 맥주, 과실주, 소주, 위스키, 브랜디, 일반증류주, 리큐르, 기타주류 중 중금속 함량은 국내 · 외 문헌들과 유사하거나 낮게 확인되었으며, 식품별 1일섭취량을 고려한 납, 카드뮴, 비소 및

수은의 주간섭취량은 FAO/WHO의 PTWI와 비교할 때 각각 0.03%, 0.06%, 0.01%, 0.01%이하로 안전한 수준으로 판단된다.

참고문헌

1. Ham HJ: Hazardous Heavy Metals (Hg, Cd, and Pb) in Fishery Products, Sold at Garak Wholesale Markets in Seoul *J. Fd Hyg. Safety,* **17**(3), 146-151 (2002).
2. Kim MH, Kim JS, Sho YS, Chung SY and Lee JO : The Study Metal Contents in Various Foods. KOREA J. *FOOD TECHNOL,* **35(4),** 561-567 (2003).
3. Kim SS, Park MK, Oh NS, Kim DC, Han MS and In MJ: Studies on Quality Characteristics and Shelf-life of Chlorella Soybean Curd(Tobu), *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.*, **46**(1), 12-15 (2003).
4. http://www.kalia.or.kr - 대한주류공업협회.
5. Lee SR and Lee MG: Contamination and Risk Analysis of Heavy Metal in Korean Foods: *J. Fd Hyg. Safety,* **10**(4), 342-332 (2001).
6. I.D. Marsden, P.S. Rainbow: Does the accumularion of trace metals in crusraceans affect their ecology-the amphipod example. *Jiournal of Experimental Marine Biology and Ecology,* **300**, 373-408 (2004).
7. Al-Moganna S.Y., Subragmanyam M.N.:Flux of heavy metal accumulation in various organs of the interidal marine blue crab, Portunus pelagicus (L.) from Fuwait coast after the Gulf War. *Environment International*, **27**, 321-326 (2001).
8. Pierre Miramand, Paco Bustamante, Daniel Bentley, Noussithe Koueta: Variation of heavy metal concentrations (Ag, Cd, Co, Cu, Fe, Pb, V and Zn) during the life cycle of the common cuttlefish Sepia offcinalis. *Science of the Total Environment,* **361**, 132-143 (2006).
9. Sivaperumal P., Sankar T.V., Viswanathan Nair P.G.: Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. *Food chemistry,* 102(3) 612-620 (2007).
10. Knowles S.O., Grace N.D., Knight T.W., McNabb W.C., Lee J.: Reasons and means for maniqulating the micronutrient composition of milk from frazing dairy cattle : *Animal Feed Science and Technology,* **131**, 154-167 (2006).
11. Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.
12. 국민건강영양조사 제 3기 -영양조사(I) (2005).
13. 한국 농촌경제 연구원(KREI) : 식품수급표(2004).
14. Bang BH, Seo JS, Jeong EJ: Effect of Semi-dry Red Pepper on Quality of Kimchi, Korean *J. Food & Nutr.*, **18(2)**, 146-154 (2005).
15. MAFF UK Summaries of food surveillance papers * lead, arsenic and other metals in food' and&cadmium, mercury and other metals in food'. *MAFF Information Sheet*, **152**, 1-5 (1998).
16. Greenough, J.D., Longerich, H. P., and Jackson, S. E. (1996). Trace element concentrations in wines by ICP-MS: Evidence for the role of solubility in determining uptake by plants. *Can. J. Appl. Spectr.,* **41**, 76-80 (1996).
17. MAFF UK Metals and other Elements in beverages. *MAFF Information Sheet*, **159**, 1-6 (1998).
18. Stroh, A., Bruckner, P., and VoK llkopf, U. Multielement analysis of wine samples using ICP-MS. *J. Anal. At. Spectrom.*, **15**, 100-106 (1994).
19. Tittes, W., Jakubowski, N., Stuwer, D and Broekaert, J. (1994). Reduction of some selected spectral interferences in inductively coupled plasma mass spectrometry. *J. Anal. At. Spectrom.*, **9**, 1015-1020.