

ICP-MS를 이용한 서울지역 유통 한약재 중 잔류 중금속 모니터링(2007)

한약재 검사팀

신 영 · 광재은 · 한창호 · 황영숙 · 박애숙 · 김동규 · 한은정 · 정삼주 · 김복순 · 최병현

Monitoring of Heavy Metals in Herbal Medicines from Markets in Seoul by ICP-MS

Herb Medicine Inspection Team

**Young Shin, Jae-eun Kwak, Chang-ho Han, Young-sook Hwang,
Ae-sook Park, Dong-gyu Kim, Eun-jung Han, Sam-ju Jung,
Bog-soon Kim and Byung-hyun Choi**

Abstract

This study examined heavy metal contents, including Pb, As, Cd, and Hg, in 899 samples of 191 species of commercial herbal medicines collected from markets in Seoul during 2007. ICP-MS(inductively coupled plasma-mass spectroscopy) was employed to analyze for Pb, As, and Cd after microwave digestion of samples. Hg was analyzed using a mercury analyzer. The recovery rates based on certified reference materials (CRM) were 90.8% for Pb, 100.5% for As, 97.3% for Cd, and 96.1% for Hg.

Based on the results, levels of Pb, As, and Cd exceeded tolerance standards as follows: Pb: 16 imported samples, As: 1 domestic sample and 3 imported samples, and Cd: 16 domestic samples and 46 imported samples.

The violation percentages for heavy metals in samples were in the order of Cd (75.6%) > Pb(19.5%) > As(4.9%) according to crop group they were: Radix(31.0%) > Rhizoma(20.7%) > Cortex > Ramulus(13.8%), Herba(13.8%) and by country of origin they were: China(69.3%) > Korea(22.7%) > Vietnam(4.0%) > North Korea(2.7%) > Myanmar(1.3%).

Key words : herbal medicines, heavy metals, ICP-MS, microwave digestion

서론

최근 우리사회가 경제적으로 윤택해지고 인구의 고령화 및 서구문화의 수용에 따른 성인병 증가 추세에 어떻게 대처해야 하는가가 중대한 관심사가 되어 한약 등 생약제제에 대한 국민적 관심이 높아지고 있다. 이에 다양한 약리작용으로 응용범위가 광범위한 한약재는 그 수요도 크게 증가하여 단순히 국내에서 자연 채취하거나 재배하는 한약재로는 적정수요량에 미치지 못하여 중국 등 외국으로부터 수입해 오고 있는 실정이다. 이러한 한약재는 천연산물을 그대로 또는 가공하여 약용되어지는 것이므로 안전성 관리가 매우 중요할 뿐 아니라 한약재의 품질평가는 한약재의 안전성 및 유효성에 대한 기준 확보와 한약재 재배농가의 수익과 관련 산업의 부가가치 창출에 기여할 수 있는 중요 과제이다(1, 2). 최근 급속한 산업발달과 더불어 환경오염으로 인한 한약오염도 증가하고 있으며 다른 농산물처럼 재배환경의 오염으로 인한 금속오염이 문제시 될 수 있을 뿐만 아니라 또한 한약재의 수집, 가공, 저장, 포장, 운반 등의 유통 과정 중의 중금속 오염 우려가 심각한 실정이다.

유해 중금속은 미량일지라도 지속적인 섭취에 의한 체내 농축이 문제시 되며, 급성 및 만성 독성을 야기하여(3) FAO(국제식량농업기구)와 WHO(세계보건기구)에서 감시대상 금속으로 수은, 납, 비소, 카드뮴을 인간에게 독성이 있어 잠정주간섭취허용량(provisional tolerable weekly intake, PTWI)을 정하고 있으며 개별 중금속 기준을 설정하여 안전성 관리를 하고 있다(4).

이에 국내에서도 그동안 한약재 안전관리의 문제점이 지속적으로 제기된 결과 '생약 등의 중금속 허용기준 및 시험방법'에 대하여 중금속 전체량을 합산한 총량으로 허용기준이 30 ppm이었던 것이 납 5 mg/kg 이하, 비소 3 mg/kg 이하, 카드뮴 0.3 mg/kg 이하, 수은 0.2 mg/kg 이하로 국제적인 흐름에 맞게 식품의약품안전청에서는 2005년 10월 생약 중 중금속 종류별 허용기준을 제 2005-62호로 고시하고 2006년 5월부터 시행하였다(5).

한약재의 중금속 함량에 관한 연구는 일부 한약

재 유해물질 모니터링사업(6), 한약재의 중금속 평가 연구(7), 서울지역 유통 한약재 중 중금속 조사(8), 식물성 생약에 대한 모니터링(9, 10) 등이 있으나, 유 등(11)이 보고한 서울지역 유통 한약재 중 중금속 함량 조사와 홍 등(12)이 보고한 서울지역 유통 한약재 중의 미량중금속 함량 외에는 개정된 고시 기준에 따른 조사는 미미한 실정이다.

따라서 다수의 시료를 단시간에 처리할 수 있는 마이크로웨이브를 이용한 밀폐형 습식분해법과 다종 원소를 동시에 분석할 수 있는 유도결합플라즈마질량분석기(ICP-MS) 및 수은분석기(Mercury analyzer)를 이용하여 서울지역에서 유통되고 있는 국내산 및 수입 한약재를 대상으로 유해중금속인 납, 비소, 카드뮴, 수은의 함량을 조사하여 지속적인 한약재 안전성 평가를 위한 자료를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료

시료는 국산 및 수입 한약재 191종 899건을 2007년 1월부터 12월까지 서울지역의 시장에서 구입하여 분쇄한 후 실험에 사용하였다(표 1).

2. 시약 및 기기

가. 시약

- Multi-element standard for ICP/MS(10 $\mu\text{g}/\text{mL}$, Agilent, USA)
- Certified Reference Material(1547 : Peach Leaves)(NIST, National Institute of Standards & Technology)
- HNO_3 (Electronic grade, 동우화인캡, 한국)
- H_2O_2 (Electronic grade, 동우화인캡, 한국)
- 수은분석용 시약
 - HG-MHT reagent (Nippon Instruments Co., Japan)
 - HG-BHT reagent (Nippon Instruments Co., Japan)
 - 수은표준원액(1000 mg/kg, Wako, Japan)

Table 1. List of the herbal medicines used for monitoring

Radix(41)		Achyranthis Radix	우슬	Rhizoma(24)		Castaneae semen	견을
Puerariae Radix	갈근	Curcumae longae Radix	울금	Curcumae Longae Rhizoma	강황	Euryales Semen	검인
Glycyrrhizae Radix	감초	Polygalae Radix	원지	Zingiberis Rhizoma	건강	Pharbitidis Semen	견우자
Osterici Koreani Radix	강활	Clematidis Radix	위령선	Alpiniae Officinari Rhizoma	고량강	Cassiae Semen	결명자
Angelicae Tenuissimae Radix	고본	Gypsophilae Radix	은시호	Drynariae Rhizoma	골쇄보	Trichosanthis Semen	팔루인
Caraganae Radix	골담초	Paeoniae Radix	작약	Cibotii Rhizoma	구척	Raphani Semen	나복자
Trichosanthis Radix	팔루근	Angelicae Decursivae Radix	진호	Rhei Rhizoma	대황	Persicae Semen	도인
Platycodi Radix	길경	Gentianae Macrophyllae Radix	진교	Imperata Rhizoma	모근	Ginkgonis Semen	백과
Salviae Miltiorrhizae Radix	단삼	Rubiae Radix	천초근	Bletillae Rhizoma	백급	Thujae Semen	백자인
Angelicae Gigantis Radix	당귀	Morindae Radix	과극천	Atractylodis Rhizoma Alba	백출	Dolichoris Semen	백편두
Codonopsis Pilosulae Radix	당삼	Polygoni Multiflori Radix	하수오	Tokora Rhizoma	비해	Psoraleae Semen	보골지
Araliae Continentalis Radix	독활	Glehniae Radix cum Rhizoma	해방풍	Dioscoreae Rhizoma	산약	Arecae Semen	빈랑자
Ephedrae Radix	미황근	Scrophulariae Radix	현삼	Acori Gramineri Rhizoma	석창포	Zizyphi Semen	산조인
Aucklandiae Radix	목향	Scutellariae Radix	황금	Cimicifugae Rhizoma	승마	Nelumbinis Semen	연자육
Saposhnikoviae Radix	방풍	Astragali Radix	황기	Rhei Undulatai Rhizoma	중대황	Arctii Semen	우방자
Cynanchi Wilfordii Radix	백수오	Cortex Radicis(4)		Anemarrhenae Rhizoma	지모	Myristicae Semen	육두구
Angelicae Dahuricae Radix	백지	Moutan Cortex Radicis	목단피	Atractylodis Rhizoma	창출	Coicis Semen	의이인
Hoelen Cim Radix	복신	Dictamni Radicis Cortex	백선피	Cnidii Rhizoma	천궁	Perillae Semen	자소자
Aconiti Lateralis Radix Preparata	부자	Mori Cortex Radicis	상백피	Arisaematis Rhizoma	찬남성	Plantaginis Semen	차전자
Adenophorae Radix	사삼	Lycii Radicis Cortex	지골피	Gastrodiae Rhizoma	천마	Alpiniacae Katsumadaii Semen	초두구
Asiasari Radix	세신	Pericarpium(2)		Alismatis Rhizoma	택사	Cuscutae Semen	토사자
Dipsaci Radix	속단	Citri Unshii Pericarpium	진피	Smilacis Rhizoma	토복령	Armeniaca Semen	행인
Rehmanniae Radix Preparata	숙지황	Citri Unshiu Immature Pericarpium	청피	Cyperi Rhizoma	향부자	Glycine Semen Nigra	흑두
Bupleuri Radix	시호	Ramulus(2)		Coptidis Rhizoma	황련		
Peucedani Radix	식방풍	Cinnamomi Ramulus	계지	Polygonati Rhizoma	황정		
Linderae Radix	오약	Loranthi Ramulus	상기생	Semen(24)			
Gentianae scabrae Radix	용담			Sinapis Semen	개자		

Table 1. (Continued)

Fructus(26)	Herba(24)		Folium(3)		Others(22)	
Terminaliea Fructus	가자 Agastachis Herba	곽향	Eribotryae Folium	비과엽	Akebiae Caulis	목동
Lycii Fructus	구기자 Pogostemonis Herba	광곽향	Mori Folium	상엽	Hoelen	복령
Rosae Laevigatae Fructus	금앵자 Dianthi Herba	구맥	Sennae Folium	센나엽	Saururus Chinensis Baill	삼백초
Zizyphi Fructus	대추 Chrysanthemi Sibirici Herba	구절초	Tuber(5)		Massa Medicata Fermentata	신곡
Hordei Fructus Germinatus	맥아 Lophatheri Herba	담죽엽	Liriope Tuber	맥문동	Longanae Arillus	용안육
Chaenomelis Fructus	목과 Verbenae Herba	미편초	Pinelliae Tuber	반하	Lonicerae Caulis	인동
Amomi Cardamomi Fructus	백두구 Ephedrae Herba	미황	Aconiti Korean Tuber	백부자	Polyporus	저령
Rubi Fructus	복분자 Equiseti Herba	목적	Asparagi Tuber	천문동	Fritillariae Tunbergii Bulbus	절폐모
Crataegi Fructus	산사 Menthae Herba	박하	Corydalis Tuber	현호색	Erycibae caulis	정공등
Corni Fructus	산수유 Scutellariae Barbatae Herba	반지련	Flos(5)		Uncanae Ramulus et Uncus	조구등
Zanthoxyli Fructus	산초 Chelidonii Herba	백굴채	Chrysanthemi Flos	감국	Tetrapanacis Medulla	통초
Mori Fructus	상심자 Spirodela Herba	부평	Farfarae Flos	관동화	Schizonepetae Spica	형개
Ligustri Fructus	여정실 Artemisiae Argyi Herba	애엽	Lonicerae Flos	금은화	Euonymi Lignum Suberalatum	귀전우
Forsythiae Fructus	연교 Houttuyniae Herba	어성초	Magnoliae Flos	신이	Myrrha	몰약
Schisandrae Fructus	오미자 Melandrii Herba	왕불류행	Carthami Flos	홍화	Hoveniae Lignum	지구목
Alpiniae Fructus	익지 Cistanchis Herba	육종용	Cortex(7)		Typhae Pollen	포황
Auranti Fructus Immaturus	지각 Epimedii Herba	음양곽	Cinnamomi Cortex	계피		서목태
Kochiae Fructus	지부자 Leonuri Herba	익모초	Eucommiae Cortex	두충		아관문
Ponciri Fructus	지실 Artemisiae Capillaris Herba	인진호	Acanthopanax Cortex	오가피		오가피열매
Tribuli Fructus	질려자 Perillae Herba	자소엽	Ulmi Cortex	유백피		율피
Xanthii Fructus	창이자 Taraxaci Herba	포공영	Kalopanax Cortex	해동피		탱자
Meliae Fructus	천련자 Ecliptae Herba	한련초	Phellodendri Cortex	황백		포도등
Amomi Tsaoko Fructus	초과 Geranii Herba	현초	Magnoliae Cortex	후박		
Gardeniae Fructus	치자 Siegesbeckiae Herba	희렴	Lignum(2)			
Anisi Stellati Fructus	팔각 회향		Caesalpiniae Lignum	소목		
Carthami Tinctorii Fructus	홍화자		Santalini Lignum Rubrum	자단향		

- 시스템용액(98%, Nacalai Tesque Inc., Kyoyo, Japan)
- 초순수 증류수(18.2 MΩ)

나. 기기

- 분쇄기(DA-280Gold-A, Hanil, Korea)
- Microwave Digestion System(MARS 5 Version 194A01, CEM, North Carolina, USA)
- ICP-MS(Agilent 7500ce, Agilent, Tokyo, Japan)
- Mercury analyzer(Model SP-3DS, Nippon Instrument Co., Japan)
- Water purifier(Milipore, USA.)

3. 검량선 작성

납, 비소, 카드뮴 표준용액은 시료분해 시와 동일한 농도의 질산 용액(16.8% HNO₃)으로 희석하여 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10, 20, 50 및 100 µg/kg으로 조제한 후 ICP-MS로 분석하였으며, 수은표준용액은 수은표준원액을 0.001% 시스템용액으로 희석하여 0.5, 1, 2, 5, 10 및 20 µg/kg이 되도록 조제한 후 수은분석기로 분석하여 검량선을 작성하였다.

4. 인증표준물질을 이용한 회수율 시험

회수율 시험은 무기성분들을 동시에 분석하기 위한 분해효율과 측정감도를 비교하는 방법으로 최근에 많이 사용되고 있는 인증표준물질을 분석 시료와 동일하게 처리하여 각 원소별 회수율을 구하였다.

5. 한약재 중 중금속 측정방법

가. 납, 비소, 카드뮴

① 시료의 분해

분쇄한 시료 0.5 g을 정밀하게 달아 microwave용 express vessel에 넣고 질산(70%) 12 mL를 가하여 hood 내에서 16시간 방치하여 예비 분해를 한 후 microwave digestion system으로 1,200 W power에서 15분간 200 °C까지 상승시킨 후 5분간

온도를 유지하고, 1분간 210 °C까지 상승시킨 후 5분간, 다시 1분간 220 °C까지 상승시킨 후 5분간 온도를 유지하여 분해하였다. 분해 후 방냉, 탈기하고 vessel에 H₂O₂ 1 mL를 가하여 탈색시킨 후, 초순수 증류수를 가하여 50 mL로 정용하고 여과 후 시험용액으로 사용하였다.

② 기기분석

Octapole reaction system(ORS)이 부착된 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-MS)를 사용하여 분석하였으며, 기기분석 조건은 표 2와 같다.

Table 2. Operating conditions and data acquisition parameters for the analysis of Pb, As and Cd with an ICP/MS

Parameter	Operational Condition
Rf power	1,500 W
Argon gas flow rate	
Plasma	15.0 L/min
Auxiliary	0.27 L/min
Carrier	0.85 L/min
He gas flow rate	3.0 mL/min
Sampling and skimmer cones	Pt
Acquisition parameters	Quantitative
Points/mass	3
Intergration time/mass	0.1 sec
Total acquisition time/replicate	7.28
Replicates	3
Total acquisition time/sample	21.84 sec

나. 수은

분쇄한 한약재 50 mg을 정밀하게 달아 수은분석기를 사용해 고온으로 가열 분해하여 수은을 기화시켜 다공성물질의 표면에金を 코팅한 수은포집체에 포집, 농축하여 측정하는 가열기화금아말감법으로 분석하였다.

6. 통계분석

시험결과는 SPSS(Statistical Packing for Social Science, Version 12.0 K)를 이용하여 분석한 후, 독립표본 T-검정을 이용하여 평균값들 간의 유의성을 검정하였으며(p<0.05), 모든 데이터는 평균±표준편차(mean±SD)로 표현하였다.

결과 및 고찰

1. 검량선 작성 및 회수율 시험

납, 비소 및 카드뮴의 검량선은 0.5~100 µg/kg의 농도에서 R²=0.9995 이상의 양호한 직선성을 보였으며, 회수율 시험은 인증표준물질(peach leaves, 1547)을 microwave용 express vessel에 취한 후 시료와 동일한 조건으로 3회 반복 시험하여 그 평균값을 토대로 표준물질의 원소별 평균값을 측정값과 비교하여 회수율 및 표준편차를 구하였으며, 그 결과는 표 3과 같다. 각각의 농도에 따른 회수율을 보면, 납은 90.8%의 회수를 보였으며, 비소는 100.5%의 회수율을 나타냈으며, 카드뮴은 97.3%의 회수 결과를 보였다. 수은의 검량선은 0.5~20 µg/kg 농도에서 R=1.000의 직선성을 보였으며, 회수율 실험은 별도의 전처리 과정 없이 수은분석기로 분석하여 96.1%의 결과를 보였다.

2. 사용부위에 따른 중금속 함량

국산 및 수입 한약재를 식품의약품안전청에서 발행한 한약재진위감별도감(13)에서의 사용부위에

따른 분류에 따라 근류, 괴근류, 화류, 전초류 및 엽류, 과실류, 종자류 등으로 구분하여 납, 비소, 카드뮴 및 수은의 함량을 측정하였다.

가. 근(根)류

총 45종 282건(수입139건, 국산 143건)의 근류 한약재를 대상으로 분석한 결과는 표 4와 같다. 수입 한약재의 납, 비소, 카드뮴 및 수은의 평균함량은 각각 0.91, 0.39, 0.203, 0.009 mg/kg이었으며 국산은 0.28, 0.26, 0.108, 0.006 mg/kg으로 수입이 국산 보다 높은 결과를 나타내었다. 납의 경우 수입인 위령선과 파극천이 각각 4.95, 6.51 mg/kg로 높았으며, 카드뮴의 경우 수입은 사삼, 세신, 속단, 오약, 용담, 울금, 국산은 고본의 평균함량이 기준치 0.3 mg/kg을 초과했으며 이 중 사삼과 울금은 1.044와 1.181 mg/kg로 다른 한약재에 비해 높은 함량을 보였다. 비소 역시 위령선과 속단, 파극천이 1.86, 0.83, 0.72 mg/kg로 다른 시료들보다 높았으나 기준치 3 mg/kg에는 미치지 못하였고, 수은은 수입과 국산 모두 기준치 0.2 mg/kg 이하였다. 2004년 유 등(11)의 보고와 비교 시 수입 한약재 중 납, 비소, 카드뮴의 함량은 비슷하였으나 수은은 0.018 에서 0.009 mg/kg으로 줄어드는 유의적 수준의 차이를 보였고, 국산의 경우에 납은 1.41 에서 0.28 으로, 카드뮴은 0.184 에서 0.108 mg/kg으로 차이를 보였다(p<0.05). 이는 유통 한약재에 대한 기준 및 검사강화와 이에 따른 한약재의 재배, 제조 및 수입과정에서의 품질향상에 따른 것으로 보인다.

Table 3. Certified concentration of constituent element

Element	Certified		Measured		Recovery (%)	C.V.** (%)
	Mean*(mg/kg)	SD	Mean(mg/kg)	SD		
Pb	0.87	0.03	0.79	0.05	90.8	6.3
As	0.060	0.018	0.060	0.003	100.5	5.0
Cd	0.026	0.003	0.025	0.001	97.3	4.0
Hg	0.031	0.007	0.030	0.001	96.1	3.3

* Mean values obtained from three measurements.

** C.V.(Coefficient of variation) = $\frac{\text{standard deviation}}{\text{mean value}} \times 100(n=3)$

Table 4. Heavy metal contents in the radix herbal medicines

(unit : mg/kg)

Herbal medicine Korean name	Import				Domestic					
	No. of Sample	Pb	As	Cd	Hg	No. of Sample	Pb	As	Cd	Hg
갈근	6	0.35±0.16 ¹⁾ (0.10~0.64) ²⁾	0.28±0.07 (0.05~1.06)	0.046±0.078 (0.011~0.077)	0.005±0.004 (ND~0.009)	17	0.20±0.26 (ND~0.61)	0.12±0.43 (0.02~0.24)	0.097±0.024 (0.040~0.275)	0.003±0.004 (ND~0.004)
감초	9	0.26±0.49 (ND~1.54)	0.17±0.06 (0.08~0.26)	0.013±0.012 (ND~0.042)	0.004±0.004 (ND~0.014)	-	-	-	-	-
강활	-	-	-	-	-	10	0.26±0.27 (0.01~0.89)	0.17±0.18 (0.13~0.69)	0.013±0.091 (0.107~0.390)	0.004±0.002 (0.004~0.010)
고분	-	-	-	-	-	4	0.10±0.11 (0.01~0.24)	0.50±0.20 (0.38~0.68)	0.308±0.156 (0.173~0.520)	0.017±0.014 (0.006~0.038)
골담초	-	-	-	-	-	1	0.18	0.09	0.004	0.030
괘루근	1	0.47	0.34	0.030	0.003	5	ND±0.04 (ND~0.05)	0.06±0.08 (0.01~0.21)	0.023±0.006 (0.017~0.034)	0.001±0.001 (ND~0.001)
길경	7	1.26±0.04 (ND~6.72)	0.11±0.08 (0.06~1.15)	0.225±0.006 (0.068~0.395)	0.012±0.001 (0.005~0.011)	4	1.56±2.44 (0.04~5.19)	1.55±2.87 (0.03~5.85)	0.142±0.081 (0.075~0.259)	0.031±0.055 (0.002~0.114)
단삼	4	0.20±0.08 (0.15~0.31)	0.30±0.02 (0.28~0.31)	0.030±0.007 (0.025~0.040)	0.004±0.003 (0.001~0.007)	-	-	-	-	-
당귀	-	-	-	-	-	20	0.20±0.15 (0.01~0.65)	0.28±0.26 (0.08~1.04)	0.242±0.065 (0.155~0.402)	0.005±0.002 (0.002~0.012)
당삼	6	0.51±0.22 (0.18~0.84)	0.48±0.04 (0.44~0.54)	0.143±0.041 (0.087~0.207)	0.010±0.004 (0.006~0.019)	-	-	-	-	-
독활	-	-	-	-	-	17	0.56±0.33 (0.12~1.09)	1.55±0.94 (0.16~3.04)	0.081±0.04 (0.019~0.139)	0.024±0.013 (0.010~0.051)
마황근	1	0.23	0.25	0.014	0.115	-	-	-	-	-
목향	4	0.37±0.24 (0.15~0.72)	0.20±0.12 (0.09~0.37)	0.191±0.129 (0.046~0.354)	0.004±0.006 (ND~0.013)	-	-	-	-	-
방풍	2	0.29±0.05 (0.26~0.33)	0.42±0.07 (0.37~0.47)	0.107±0.068 (0.060~0.155)	0.017±0.020 (0.002~0.031)	4	0.25±0.14 (0.06~0.39)	0.16±0.09 (0.05~0.27)	0.097±0.089 (0.017~0.202)	0.003±0.003 (ND~0.007)
백수오	3	0.22±0.19 (0.06~0.44)	0.07±0.03 (0.04~0.10)	0.010±0.007 (0.006~0.017)	0.004±0.002 (0.003~0.007)	4	0.01±0.03 (ND~0.05)	0.02±0.01 (0.01~0.04)	0.004±0.005 (0.001~0.011)	0.011±0.009 (0.001~0.022)
백지	-	-	-	-	-	4	0.15±0.12 (0.02~0.32)	0.10±0.02 (0.07~0.11)	0.082±0.011 (0.068~0.090)	0.003±0.001 (0.001~0.004)
복신	-	-	-	-	-	1	0.25	0.07	0.041	0.010
부자	2	2.85±3.92 (0.08~5.62)	0.31±0.05 (0.28~0.35)	0.016±0.003 (0.014~0.018)	0.022±0.016 (0.011~0.033)	-	-	-	-	-
사삼	1	3.92	0.70	1.044	0.012	3	0.14±0.13 (0.02~0.27)	0.07±0.04 (0.04~0.12)	0.234±0.033 (0.197~0.255)	0.004±0.001 (0.003~0.005)
세신	3	0.54±0.06 (0.48~0.60)	0.61±0.23 (0.39~0.85)	0.716±0.274 (0.524~1.030)	0.018±0.000 (0.018~0.019)	-	-	-	-	-
속단	8	1.01±0.93 (0.06~2.79)	0.83±0.33 (0.34~1.32)	0.479±0.245 (0.182~0.853)	0.008±0.006 (0.001~0.020)	-	-	-	-	-
숙지황	10	0.35±0.15 (0.08~0.62)	0.41±0.21 (0.24~0.77)	0.028±0.010 (0.015~0.049)	0.007±0.004 (0.002~0.014)	1	0.05	0.13	0.004	0.072
시호	3	0.28±0.36 (0.02~0.69)	0.51±0.26 (0.28~0.79)	0.050±0.049 (ND~0.090)	0.017±0.002 (0.015~0.019)	1	1.39	0.19	0.007	0.158
식방풍	-	-	-	-	-	3	0.14±0.11 (ND~0.26)	0.10±0.05 (0.06~0.21)	0.142±0.090 (0.032~0.327)	0.006±0.004 (ND~0.018)
오약	4	1.44±0.60 (0.71~2.06)	0.31±0.17 (0.06~0.46)	0.874±0.116 (0.732~1.000)	0.016±0.004 (0.011~0.020)	-	-	-	-	-

¹⁾ Mean ± standard deviation.²⁾ Detection range.³⁾ Not Detected(≤0.001).

Table 4. (Continued)

Herbal medicine Korean name	Import					Domestic				
	No. of Sample	Pb	As	Cd	Hg	No. of Sample	Pb	As	Cd	Hg
용담	1	0.49	0.46	0.366	0.007	-	-	-	-	-
우슬	9	0.24±0.18 ¹⁾ (0.10~0.56) ²⁾	0.20±0.07 (0.13~0.34)	0.033±0.006 (0.025~0.040)	0.009±0.006 (0.002~0.020)	4	0.32±0.26 (0.07~0.58)	0.41±0.28 (0.12~0.67)	0.184±0.155 (0.058~0.357)	0.010±0.009 (0.005~0.021)
울금	2	2.37±2.02 (0.94~3.80)	0.25±0.16 (0.13~0.36)	1.181±1.196 (0.335~2.026)	0.003±0.001 (0.002~0.004)	-	-	-	-	-
원지	9	0.30±0.12 (0.05~0.49)	0.53±0.16 (0.24~0.78)	0.061±0.020 (0.043~0.099)	0.004±0.003 (ND~0.110)	-	-	-	-	-
위령선	6	4.95±3.71 (1.92~11.15)	1.86±1.11 (0.63~3.39)	0.198±0.057 (0.098~0.239)	0.016±0.006 (0.009~0.022)	-	-	-	-	-
은시호	1	0.16	0.28	0.208	0.002	-	-	-	-	-
작약	3	0.03±0.05 (ND~0.09)	0.06±0.05 (ND~0.10)	0.042±0.002 (0.039~0.044)	0.003±0.001 (0.002~0.004)	14	0.09±0.08 (ND~0.26)	0.10±0.05 (0.06~0.21)	0.142±0.090 (0.032~0.327)	0.006±0.004 (ND~0.018)
전호	-	-	-	-	-	1	0.19	0.10	0.238	0.004
진교	3	0.42±0.19 (0.24~0.62)	0.58±0.29 (0.37~0.92)	0.090±0.066 (0.036~0.164)	0.007±0.003 (0.005~0.011)	-	-	-	-	-
천초근	-	-	-	-	-	1	0.03	0.04	0.165	0.000
파극천	2	6.51±1.69 (5.32~7.70)	0.72±0.28 (0.52~0.92)	0.128±0.019 (0.114~0.141)	0.008±0.006 (0.003~0.012)	-	-	-	-	-
하수오	2	0.14±0.04 (0.11~0.17)	0.19±0.06 (0.15~0.24)	0.110±0.013 (0.100~0.119)	0.001±0.001 (0.001~0.002)	1	0.17	0.02	0.009	0.000
해방풍	4	0.30±0.09 (0.22~0.42)	0.42±0.16 (0.22~0.58)	0.056±0.028 (0.037~0.098)	0.011±0.014 (0.001~0.032)	-	-	-	-	-
현삼	2	0.11±0.13 (0.02~0.20)	0.33±0.11 (0.25~0.40)	0.190±0.100 (0.119~0.260)	0.012±0.016 (0.001~0.023)	1	0.10	0.14	0.099	0.002
황금	2	0.38±0.17 (0.26~0.50)	0.37±0.07 (0.32~0.42)	0.017±0.008 (0.011~0.023)	0.003±0.002 (0.001~0.004)	5	0.25±0.08 (0.15~0.37)	0.06±0.04 (0.03~0.13)	0.029±0.019 (0.004~0.0541)	0.001±0.001 (0.000~0.002)
황기	2	1.56±2.44 (0.04~5.19)	1.55±2.87 (0.03~5.85)	0.142±0.081 (0.075~0.259)	0.031±0.055 (0.002~0.114)	12	0.09±0.10 (ND~0.38)	0.04±0.02 (0.01~0.08)	0.027±0.008 (0.014~0.044)	0.003±0.003 (0.000~0.012)
목단피	7	0.21±0.14 (0.01~0.38)	0.42±0.09 (0.27~0.55)	0.117±0.178 (0.040~0.521)	0.022±0.012 (0.004~0.036)	-	-	-	-	-
백선피	1	0.07	0.15	0.022	0.004	-	-	-	-	-
상백피	8	0.25±0.15 (0.10~0.48)	0.14±0.09 (0.03~0.31)	0.027±0.006 (0.018~0.035)	0.006±0.005 (0.002~0.017)	5	0.42±0.39 (0.13~1.09)	0.33±0.37 (0.09~0.97)	0.015±0.010 (0.002~0.027)	0.010±0.008 (0.005~0.025)
지골피	1	0.33	0.37	0.094	0.004	-	-	-	-	-
Total	139					143				
Mean		0.91	0.39	0.203	0.009		0.28	0.26	0.108	0.006

¹⁾ Mean ± standard deviation.

²⁾ Detection range.

³⁾ Not Detected(≤0.001).

나. 근경(根莖)류

총 24종 147건(수입 59건, 국산 88건)의 근경류 한약재를 대상으로 분석한 결과는 표 5와 같다. 수입은 납, 비소, 카드뮴 및 수은의 평균 함량이 각각 0.39, 0.35, 0.281, 0.010 mg/kg이었으며, 국산은 0.52, 0.24, 0.155, 0.009 mg/kg으로 카드뮴의 경우 수입이 국산보다 높은 결과를 나타내었다. 그 중 수입은 골쇄보, 백급, 창출, 황련이, 국산은 백출이 기준치 0.3 mg/kg을 초과하였으며, 골쇄보의 경우 시료가 한 개 뿐이지만 2.264 mg/kg으로 높은 함량을 나타내었다. 유 등(11)의 연구결과와 비교해 보면 수입 한약재 중 납은 2.34 에서 0.39 mg/kg으로, 수은은 0.018 에서 0.010 mg/kg로 줄어드는 차이를 보였으나($p < 0.05$), 국산 한약재에 서는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.

다. 괴근(塊根)류

괴근류 한약재는 총 5종 33건(수입 9건, 국산 24건)으로 분석한 결과는 표 6과 같다. 수입은 납, 비소, 카드뮴 및 수은의 평균함량이 0.89, 0.54, 0.181, 0.011 mg/kg이었으며, 국산은 0.15, 0.18, 0.097, 0.009 mg/kg으로 모두 수입이 국산보다 높아 유 등(11)의 보고와 유사하였고, 유의검정 결과 수입, 국산 한약재 모두 차이는 없었다. 카드뮴의 경우 반하만이 0.354 mg/kg 로 기준치를 초과하였다.

라. 수피(樹皮), 줄기, 목부

총 11종 74건(수입 62건, 국산 12건)을 대상으로 분석한 결과는 표 7과 같다. 수입 한약재의 납, 비소, 카드뮴 및 수은의 평균함량이 3.26, 0.33, 0.200, 0.010 mg/kg이었으며, 국산은 0.27, 0.10, 0.091, 0.010 mg/kg이었다. 납의 평균함량에서도 볼 수 있듯이 수입 한약재 중 두충, 황백, 후박, 계지가 8.61, 7.85, 5.46, 5.15 mg/kg으로 기준치 5 mg/kg를 초과하였으며, 이 중 황백과 계지는 카드뮴 또한 0.348, 0.760 mg/kg으로 높은 검출량을 나타내었고 유 등(11)의 보고와 일치하였다. 수입 한약재의 중금속 함량은 유 등(11)과 비슷하였으나, 국산의 경우 납에서 1.88 에서 0.27 mg/kg로 뚜렷하게 줄어드는 차이를 보였다($p < 0.05$).

마. 화(花)류

화류 한약재 총 5종 25건(수입 23건, 국산 2건)을 분석한 결과는 표 8과 같다. 수입 화류는 납, 비소, 카드뮴 및 수은의 평균함량이 5.01, 0.98, 0.110, 0.025 mg/kg이었으며, 국산은 감국 한 종으로 0.16, 0.05, 0.230, 0.007 mg/kg으로 카드뮴을 제외한 수입 화류의 중금속 함량이 국산보다 모두 높았다. 특히 납은 사용부위별 비교시 화류가 가장 높은 값을 나타냈는데 이 중 수입인 금은화와 홍화가 7.10과 15.81 mg/kg이었고 홍화는 비소 또한 다른 한약재에 비해 높은 함량을 나타내어 심각한 오염수준을 보였다. 이는 유 등(11)의 보고와 일치하였고, 유의적인 수준의 차이는 없었다.

바. 과피(果皮)류

과피류 한약재는 2종 23건(수입 10건, 국산 13건)으로 분석한 결과는 표 9와 같다. 납, 비소, 카드뮴 및 수은의 평균함량은 0.30, 0.14, 0.026, 0.004 mg/kg, 국산은 0.41, 0.04, 0.027, 0.003 mg/kg으로 다른 사용 부위별 한약재에 비해 낮은 수치를 보였으며, 이는 유 등(11)의 보고와 일치하였고, 유의적인 수준의 차이는 없었다.

사. 전초(全草) 및 엽(葉)류

총 27종 68건(수입 33건, 국산 35건)을 분석한 결과는 표 10과 같다. 수입 한약재 중 납, 비소, 카드뮴 및 수은의 평균함량은 1.13, 0.81, 0.173, 0.026 mg/kg이었으며, 국산은 0.52, 0.18, 0.167, 0.014 mg/kg으로 수입 한약재의 평균함량이 모두 높았다. 수입 한약재 중 비파엽의 경우 납과 카드뮴 모두 기준치를 초과하였으나 시료수가 한건뿐이었고 부평초는 5.22 mg/kg로 전초 및 엽류 한약재 중 비소 함량이 가장 높았다. 카드뮴의 경우 수입은 구맥, 음양곽이 각각 0.313, 0.343 mg/kg, 국산은 왕불류행, 인진호가 0.418과 0.461 mg/kg으로 기준치를 초과하였다. 유 등(11)의 연구결과와 비교 시 수입 한약재 중 납은 3.52에서 1.13 mg/kg으로 줄어들었으며, 국산의 경우는 납은 1.55에서 0.52 mg/kg으로, 비소는 0.34 에서 0.18 mg/kg으로, 카드뮴은 0.24에서 0.167 mg/kg으로 그리고 수은은 0.024에서 0.014 mg/kg으로 각각 유의적 수준의 차이를 보이며 줄었다($p < 0.05$).

Table 5. Heavy metal contents in the rhizoma herbal medicines

(unit : mg/kg)

Herbal medicine Korean name	Import					Domestic				
	No. of Sample	Pb	As	Cd	Hg	No. of Sample	Pb	As	Cd	Hg
강황	2	0.46±0.29 ¹⁾ (0.25~0.67) ²⁾	0.23±0.15 (0.13~0.34)	0.028±0.000 (0.027~0.028)	0.002±0.001 (0.001~0.002)	-	-	-	-	-
건강	1	0.21	0.41	0.243	0.018	2	0.09±0.06 (0.05~0.13)	0.10±0.01 (0.09~0.11)	0.226±0.047 (0.193~0.259)	0.002±0.000 (0.002~0.003)
고량강	1	0.20	0.21	0.033	0.007	-	-	-	-	-
골쇄보	1	0.08	0.34	2.264	0.020	-	-	-	-	-
구척	1	0.09	0.24	0.019	0.011	-	-	-	-	-
대황	1	0.17	0.18	0.040	0.000	1	0.16	0.29	0.042	0.015
모근	2	0.20±0.09 (0.13~0.26)	0.20±0.01 (0.20)	0.002±0.001 (0.001~0.003)	0.002±0.001 (0.001~0.003)	-	-	-	-	-
백급	1	1.33	1.24	0.319	0.039	-	-	-	-	-
백출	3	0.62±0.57 (0.14~1.24)	0.12±0.08 (0.06~0.21)	0.516±0.338 (0.262~0.900)	0.003±0.003 (0.000~0.006)	4	1.11±0.48 (0.69~1.64)	0.18±0.16 (0.05~0.40)	0.498±0.103 (0.381~0.604)	0.004±0.003 (0.001~0.007)
비해	1	0.01	0.43	0.026	0.002	-	-	-	-	-
산약	1	0.04	0.15	0.120	0.008	9	0.21±0.21 (ND~0.66)	0.56±0.27 (0.09~0.95)	0.049±0.018 (0.031~0.092)	0.013±0.010 (0.002~0.038)
석창포	5	0.54±0.31 (0.27~1.01)	1.54±1.86 (0.06~4.32)	0.099±0.064 (0.059~0.173)	0.010±0.005 (0.006~0.018)	1	0.20	0.19	0.043	0.019
승마	8	0.20±0.15 (0.06~0.51)	0.15±0.09 (0.06~0.36)	0.048±0.016 (0.031~0.080)	0.009±0.007 (0.002~0.023)	-	-	-	-	-
종대황	3	0.09±0.06 (0.03~0.14)	0.14±0.04 (0.10~0.16)	0.031±0.011 (0.019~0.041)	0.002±0.001 (0.001~0.003)	-	-	-	-	-
지모	4	0.26±0.01 (0.15~0.33)	0.35±0.17 (0.22~0.54)	0.125±0.035 (0.091~0.160)	0.023±0.010 (0.012~0.031)	-	-	-	-	-
창출	5	0.74±0.97 (ND~2.39)	0.29±0.25 (0.06~0.57)	0.379±0.324 (0.095~0.761)	0.004±0.002 (0.002~0.008)	-	-	-	-	-
천궁	-	-	-	-	-	21	0.15±0.13 (ND~0.46)	0.27±0.28 (0.06~1.11)	0.146±0.070 (0.046~0.342)	0.004±0.002 (0.001~0.008)
천남성	4	0.11±0.09 (0.03~0.20)	0.14±0.06 (0.05~0.18)	0.246±0.018 (0.221~0.264)	0.006±0.008 (0.001~0.018)	-	-	-	-	-
천마	1	0.23	0.14	0.082	0.013	1	0.23	0.05	0.091	0.009
택사	-	-	-	-	-	21	0.11±0.20 (ND~0.79)	0.16±0.04 (0.10~0.24)	0.296±0.163 (0.025~0.040)	0.004±0.003 (0.001~0.007)
토복령	-	-	-	-	-	2	0.20±0.08 (0.15~0.31)	0.30±0.02 (0.28~0.31)	0.030±0.007 (0.093~0.773)	0.009±0.044 (0.002~0.033)
향부자	4	0.18±0.15 (0.10~0.40)	0.20±0.11 (0.10~0.34)	0.208±0.115 (0.112~0.358)	0.001±0.001 (0.000~0.002)	23	0.14±0.18 (ND~0.87)	0.32±0.17 (0.11~0.78)	0.191±0.115 (0.038~0.493)	0.003±0.004 (0.000~0.019)
황련	10	2.00±1.12 (0.61~3.88)	0.23±0.09 (0.09~0.37)	0.771±0.212 (0.535~1.297)	0.015±0.011 (0.001~0.018)	-	-	-	-	-
황정	-	-	-	-	-	3	0.18±0.13 (0.10~0.33)	0.07±0.03 (0.05~0.10)	0.075±0.029 (0.041~0.093)	0.006±0.002 (0.004~0.008)
Total	59					88				
Mean		0.39	0.35	0.281	0.010		0.52	0.24	0.155	0.009

¹⁾ Mean ± standard deviation.

²⁾ Detection range.

³⁾ Not Detected(≤0.001).

Table 6. Heavy metal contents in the tuber herbal medicines

(unit : mg/kg)

Herbal medicine Korean name	No. of Sample	Import				No. of Sample	Domestic			
		Pb	As	Cd	Hg		Pb	As	Cd	Hg
백문동	1	0.32	1.06	0.108	0.009	19	0.12±0.09 ¹⁾ (0.01~0.28) ²⁾	0.14±0.07 (0.05~0.36)	0.111±0.030 (0.068~0.192)	0.006±0.003 (0.000~0.014)
반하	3	1.24±1.17 (0.36~2.57)	0.36±0.36 (0.11~0.74)	0.354±0.121 (0.230~0.472)	0.012±0.009 (0.004~0.022)	3	0.01±0.01 (0.01~0.02)	0.04±0.01 (0.03~0.05)	0.146±0.032 (0.116~0.179)	0.003±0.002 (0.000~0.004)
백부자	-	-	-	-	-	2	0.09±0.06 (0.05~0.13)	0.10±0.01 (0.09~0.11)	0.226±0.047 (0.193~0.2590)	0.002±0.000 (0.002~0.003)
천문동	3	1.61±2.30 (0.06~4.25)	0.49±0.54 (0.13~1.11)	0.116±0.104 (0.042~0.235)	0.014±0.011 (0.006~0.026)	-	-	-	-	-
현호색	2	0.40±0.25 (0.23~0.58)	0.24±0.07 (0.19~0.29)	0.147±0.055 (0.108~0.186)	0.007±0.000 (0.007~0.008)	-	-	-	-	-
Total	9					24				
Mean		0.89	0.54	0.181	0.011		0.15	0.18	0.097	0.009

¹⁾ Mean ± standard deviation.²⁾ Detection range.**Table 7.** Heavy metal contents in the cortex, ramulus and rubrum herbal medicines

(unit : mg/kg)

Herbal medicine Korean name	No. of Sample	Import				No. of Sample	Domestic			
		Pb	As	Cd	Hg		Pb	As	Cd	Hg
계피	13	0.47±0.41 ¹⁾ (ND~1.24) ²⁾	0.06±0.04 (0.01~0.13)	0.282±0.072 (0.117~0.388)	0.013±0.008 (0.001~0.028)	-	-	-	-	-
두충	1	8.61	0.38	0.348	0.010	2	0.42±0.38 (0.15~0.69)	0.08±0.04 (0.06~0.11)	0.103±0.015 (0.092~0.114)	0.015±0.014 (0.005~0.024)
오가피	12	1.14±1.01 (ND~3.42)	0.29±0.19 (0.03~0.63)	0.169±0.068 (0.039~0.319)	0.002±0.000 (0.002~0.003)	4	0.55±0.24 (0.32~0.86)	0.07±0.03 (0.04~0.12)	0.252±0.118 (0.135~0.406)	0.010±0.004 (0.006~0.015)
유백피	1	0.55	0.49	0.032	0.010	3	0.31±0.23 (0.08~0.55)	0.23±0.05 (0.19~0.28)	0.023±0.006 (0.016~0.028)	0.010±0.011 (0.002~0.022)
해동피	4	0.06±0.07 (ND~0.17)	0.72±1.38 (0.02~2.79)	0.047±0.010 (0.041~0.062)	0.004±0.001 (0.003~0.005)	-	-	-	-	-
황백	3	7.85±10.25 (1.07~19.65)	0.72±0.72 (0.09~1.34)	0.047±0.358 (0.013~0.652)	0.004±0.007 (0.006~0.019)	-	-	-	-	-
후박	14	5.46±5.22 (0.08~16.62)	0.17±0.12 (0.06~0.45)	0.109±0.080 (0.007~0.218)	0.012±0.009 (0.000~0.025)	-	-	-	-	-
계지	11	5.15±2.08 (2.04~7.89)	0.17±0.07 (0.08~0.33)	0.760±0.932 (0.350~3.562)	0.023±0.005 (0.016~0.033)	-	-	-	-	-
상기생	-	-	-	-	-	1	0.02	0.07	0.062	0.012
소목	3	0.03±0.03 (ND~0.05)	0.0±0.02 (0.01~0.04)	0.005±0.002 (0.003~0.007)	0.000 (0.000)	-	-	-	-	-
자단향	-	-	-	-	-	2	0.05±0.01 (0.05~0.06)	0.03±0.04 (ND~0.06)	0.014±0.007 (0.010~0.019)	0.004±0.001 (0.004~0.005)
Total	62					12				
Mean		3.26	0.33	0.200	0.010		0.27	0.10	0.091	0.010

¹⁾ Mean ± standard deviation.²⁾ Detection range.³⁾ Not Detected(≤0.001).

Table 8. Heavy metal contents in the flos herbal medicines

(unit : mg/kg)

Herbal medicine Korean name	No. of Sample	Import				No. of Sample	Domestic			
		Pb	As	Cd	Hg		Pb	As	Cd	Hg
감국	6	1.80±1.98 ¹⁾ (0.25~5.05) ²⁾	0.74±0.82 (0.03~1.88)	0.140±0.042 (0.096~0.209)	0.016±0.015 (0.006~0.037)	2	0.16±0.13 (0.07~0.26)	0.05±0.02 (0.04~0.07)	0.230±0.020 (0.215~0.244)	0.007±0.007 (0.003~0.012)
관동화	2	0.27±0.20 (0.13~0.41)	0.32±0.14 (0.22~0.42)	0.045±0.005 (0.042~0.048)	0.002±0.002 (0.000~0.003)	-	-	-	-	-
금은화	5	7.10±1.63 (0.29~25.20)	0.91±0.86 (0.08~1.99)	0.223±0.199 (0.056~0.528)	0.048±0.034 (0.013~0.095)	-	-	-	-	-
신이	1	0.05	0.16	0.065	0.017	-	-	-	-	-
홍화	9	15.81±20.69 (0.01~51.80)	2.77±3.96 (0.17~11.89)	0.078±0.045 (0.034~0.166)	0.043±0.067 (0.004~0.207)	-	-	-	-	-
Total	23					2				
Mean		5.01	0.98	0.110	0.025		0.16	0.05	0.230	0.007

¹⁾ Mean ± standard deviation.²⁾ Detection range.**Table 9.** Heavy metal contents in the pericarpium herbal medicines

(unit : mg/kg)

Herbal medicine Korean name	No. of Sample	Import				No. of Sample	Domestic			
		Pb	As	Cd	Hg		Pb	As	Cd	Hg
진피	-	-	-	-	-	11	0.17±0.30 ¹⁾ (0.01~1.07) ²⁾	0.03±0.02 (0.01~0.07)	0.034±0.013 (0.0135~0.061)	0.002±0.002 (0.000~0.007)
청피	10	0.30±0.15 (0.01~0.53)	0.14±0.07 (0.05~0.24)	0.026±0.013 (0.015~0.058)	0.004±0.001 (0.002~0.006)	2	0.65±0.59 (0.24~1.07)	0.06±0.05 (0.03~0.09)	0.020±0.009 (0.014~0.027)	0.004±0.001 (0.003~0.005)
Total	10					13				
Mean		0.30	0.14	0.026	0.004		0.41	0.04	0.027	0.003

¹⁾ Mean ± standard deviation.²⁾ Detection range.

Table 10. Heavy metal contents in the herba and folium herbal medicines

(unit : mg/kg)

Herbal medicine Korean name	Import					Domestic				
	No. of Sample	Pb	As	Cd	Hg	No. of Sample	Pb	As	Cd	Hg
곽향	1	0.73	0.08	0.025	0.014	1	0.44	0.16	0.106	0.006
광곽향	5	0.71±0.51 ¹⁾ (0.42~1.62) ²⁾	0.11±0.031 (0.08~0.16)	0.027±0.008 (0.017~0.037)	0.020±0.013 (0.012~0.042)	-	-	-	-	-
구맥	1	0.39	0.69	0.313	0.046	-	-	-	-	-
구절초	-	-	-	-	-	1	0.29	0.14	0.217	0.014
담죽엽	-	-	-	-	-	2	0.81±0.26 (0.63~0.99)	0.11±0.07 (0.06~0.16)	0.076±0.054 (0.038~0.114)	0.029±0.009 (0.023~0.036)
마편초	1	0.51	0.27	0.073	0.062	-	-	-	-	-
마황	5	0.38±0.15 (0.24~0.59)	0.13±0.04 (0.08~0.18)	0.079±0.024 (0.046~0.109)	0.016±0.002 (0.013~0.018)	-	-	-	-	-
목적	1	0.67	0.24	0.109	0.014	-	-	-	-	-
박하	-	-	-	-	-	5	0.16±0.16 (0.03~0.35)	0.08±0.03 (0.04~0.11)	0.023±0.008 (0.012~0.034)	0.011±0.001 (0.009~0.012)
반지련	1	0.94	0.32	0.174	0.009	-	-	-	-	-
백굴채	-	-	-	-	-	1	0.33	0.13	0.088	0.007
부평초	1	0.30	5.22	0.155	0.036	-	-	-	-	-
애엽	-	-	-	-	-	2	1.27±0.20 (1.13~1.41)	0.19±0.00 (0.18~0.19)	0.444±0.143 (0.342~0.545)	0.013±0.006 (0.008~0.017)
어성초	1	0.25	0.04	0.039	0.031	-	-	-	-	-
왕불류행	-	-	-	-	-	2	0.72±0.62 (0.28~1.16)	0.28±0.12 (0.20~0.35)	0.418±0.244 (0.245~0.590)	0.018
육중용	1	0.46	0.27	0.030	0.003	-	-	-	-	-
음양곽	1	1.79	0.42	0.343	0.028	-	-	-	-	-
익모초	-	-	-	-	-	3	0.05±0.06 (0.01~0.09)	0.09±0.02 (0.07~0.11)	0.049±0.017 (0.037~0.061)	0.014±0.004 (0.011~0.017)
인진호	-	-	-	-	-	11	0.48±0.66 (0.09~2.16)	0.13±0.12 (0.03~0.39)	0.461±0.236 (0.193~0.940)	0.014±0.005 (0.009~0.023)
자소엽	7	2.08±1.02 (0.94~3.22)	0.77±0.43 (0.02~1.36)	0.149±0.058 (0.051~0.208)	0.022±0.011 (0.000~0.034)	2	1.85±2.07 (0.38~3.31)	0.23±0.11 (0.15~0.30)	0.059±0.051 (0.023~0.096)	0.019±0.006 (0.014~0.023)
포공영	3	1.11±0.80 (0.28~1.87)	2.70±1.92 (0.57~4.28)	0.258±0.035 (0.235~0.298)	0.020±0.007 (0.014~0.027)	1	0.82	0.37	0.195	0.011
한련초	-	-	-	-	-	1	0.18	0.18	0.295	0.000
현초	-	-	-	-	-	1	0.14	0.58	0.045	0.011
회령	2	1.45±0.79 (0.89~2.01)	0.26±0.12 (0.18~0.34)	0.244±0.104 (0.170~0.317)	0.019±0.014 (0.010~0.029)	-	-	-	-	-
비파엽	1	6.30	1.29	0.744	0.053	-	-	-	-	-
상엽	-	-	-	-	-	2	0.12±0.08 (0.07~0.17)	0.06±0.03 (0.04~0.08)	0.015±0.001 (0.014~0.016)	0.027±0.002 (0.025~0.028)
센나엽	1	0.05	0.09	0.011	0.020	-	-	-	-	-
Total	33					35				
Mean		1.13	0.81	0.173	0.026		0.52	0.18	0.167	0.014

¹⁾ Mean ± standard deviation.

²⁾ Detection range.

아. 과실(果實)류

과실류는 총 26종 95건(수입 45건, 국산 50건)으로 분석결과는 표 11과 같다. 납, 비소, 카드뮴 및 수은의 평균함량은 수입이 0.46, 0.28, 0.064, 0.010 mg/kg, 국산은 0.21, 0.06, 0.053, 0.004 mg/kg으로 수입이 국산보다 약간 높은 경향을 보였으며 평균함량은 개별중금속 기준치를 초과하는 한약재는 없었으며, 과피류와 같이 중금속 오염이 크지 않았다. 유 등(11)과는 조사된 한약재의 중금속 함량은 비슷하였으나, 납에서 수입은 1.10 에서 0.46 mg/kg으로, 국산은 0.50 에서 0.21 mg/kg으로 줄어드는 유의적인 차이를 보였다(p<0.05).

자. 종자(種子)류

종자류는 총 24종 72건(수입 62건, 국산 10건)으로 분석결과는 표 12와 같다. 납, 비소, 카드뮴 및 수은의 평균함량은 수입이 0.10, 0.12, 0.060, 0.007 mg/kg, 국산이 0.04, 0.04, 0.039, 0.003 mg/kg으로 개별중금속 평균함량이 기준치를 초과하는 한약재가 카드뮴 0.383 mg/kg을 나타낸 내복자 1 종이었으며, 사용부위에 따른 조사결과 가장 낮은 중금속 함량을 나타내었다. 유의검정은 유 등(11)과 수입, 국산 모두 차이는 없었으나, 수입 중 납의 경우만 0.43에서 0.10 mg/kg으로 줄어드는 차이를 보였다(p<0.05).

차. 기타

균핵인 저령, 복령, 고무수지인 몰약, 꽃 이삭인 형개, 화살나무 줄기에 생긴 날개모양의 귀전우 등 기타 한약재 22종 80건(수입 41건, 국산 39건)을 분석한 결과는 표 13과 같다. 납의 경우 한 건이었으나 귀전우(수입)가 24.77 mg/kg으로 기준치를 약 5배 초과하였으며, 카드뮴은 수입인 저령이 0.646 mg/kg으로 기준치를 초과하였다. 유 등(11)과 비교 시 유의적인 차이는 없었다.

이상의 결과로 보아 국산보다는 수입 한약재의 개별중금속 평균함량이 대부분 높게 검출되었고 과피, 과실 및 종자류 보다는 근류, 근경류, 화류, 수피류, 전초류가 오염이 높은 것으로 조사되어 그 원인분석과 함께 유통한약재 관리시 수입 한약

재와 오염가능성이 큰 부위의 한약재에 대한 효과적인 관리가 필요하다고 생각된다.

3. 개별 중금속 기준에 의한 부적합 결과

개정 고시된 개별 중금속 기준과 각각 생약의 평균값을 비교하면, 계지(5.15), 귀전우(24.77), 금은화(7.10), 두충(8.61), 비파엽(6.30), 파극천(6.51), 홍화(15.81), 황백(7.85), 후박(5.46)의 납 평균함량이 5 mg/kg을 초과하였으며, 계지 5.15 mg/kg~귀전우 24.77 mg/kg의 범위를 나타내었다. 비소는 부평초가 5.22 mg/kg로 기준치 3 mg/kg을 초과하였으나 시료가 한 개 뿐이므로 대표한다고 볼 수는 없다. 카드뮴의 경우는 계지(0.760), 골쇄보(2.264), 구맥(0.313), 귀전우(1.076), 두충(0.348), 백급(0.319), 백출(0.506), 비파엽(0.744), 사삼(0.437), 세신(0.716), 속단(0.479), 애엽(0.444), 오약(0.874), 용담(0.366), 왕불류행(0.418), 울금(1.181), 음양곽(0.343), 인진호(0.461), 저령(0.646), 창출(0.379), 통초(0.319), 황련(0.771)의 평균함량이 0.3 mg/kg을 초과하였고, 구맥 0.313 mg/kg~골쇄보 2.264 mg/kg의 범위를 나타내었다. 수은은 모두 0.2 mg/kg 이내였다.

홍 등(12)의 보고와 비교하여 보면 납의 경우 계지(6.61), 금은화(6.45), 두충(7.56), 홍화(10.27), 후박(8.94)이 이번 조사와 같이 5 mg/g을 초과하였으며 평균함량도 비슷하였고, 카드뮴은 계지(0.51), 백출(0.52), 사삼(0.31), 세신(1.14), 속단(0.46), 애엽(0.50), 오약(0.96), 용담(0.45), 인진호(0.48), 저령(1.34), 창출(0.44), 황련(0.71)이 이번 조사처럼 0.3 mg/kg을 초과하였으며 이중 저령의 경우만 1.34 mg/kg으로 이번 조사에서의 0.65 mg/kg보다 높았으며 나머지는 비슷한 결과였다. 2007년 개별 중금속 검사건수는 총 191종 899건으로 수입 483건, 국산 416건을 대상으로 조사하였고, 부적합 내역을 보면 총 75건으로 국산이 17건, 수입이 58건(중국 52, 북한 2, 미얀마 1)이었다. 수입과 국산의 검사건수가 큰 차이가 없음에도 불구하고 부적합에서 보여지는 것과 같이 수입의 부적이 국산의 3배 이상인 것을 보면 한약재는 그 특성상 식물 한약재의 경우 토양 같은 자연

Table 11. Heavy metal contents in the fructus herbal medicines

(unit : mg/kg)

Herbal medicine Korean name	No. of Sample	Import				No. of Sample	Domestic			
		Pb	As	Cd	Hg		Pb	As	Cd	Hg
가자	3	0.14±0.18 ¹⁾ (ND~0.35) ²⁾	0.06±0.03 (0.04~0.09)	0.010±0.002 (0.008~0.012)	0.004±0.004 (0.001~0.009)	-	-	-	-	-
구기자	-	-	-	-	-	12	0.08±0.14 (ND~0.47)	0.06±0.17 (ND~0.58)	0.010±0.084 (0.012~0.374)	0.004±0.005 (0.012~0.374)
금앵자	1	0.01	0.14	0.085	0.009	-	-	-	-	-
대추	-	-	-	-	-	1	0.22	0.04	0.021	0.002
맥아	-	-	-	-	-	6	0.11±0.23 (ND3)~0.56)	0.02±0.01 (0.02~0.03)	0.024±0.014 (0.007~0.040)	0.001±0.002 (ND~0.004)
목과	-	-	-	-	-	9	0.90±2.11 (ND~6.44)	0.05±0.02 (0.02~0.06)	0.036±0.013 (0.020~0.057)	0.004±0.002 (0.001~0.007)
백두구	5	0.06±0.04 (ND~0.28)	0.16±0.12 (0.03~0.29)	0.085±0.051 (0.005~0.142)	0.023±0.025 (0.001~0.063)	-	-	-	-	-
복분자	7	1.03±1.36 (0.01~4.04)	0.27±0.18 (0.11~0.60)	0.104±0.029 (0.074~0.138)	0.010±0.004 (0.006~0.018)	1	ND	0.03	0.097	0.002
산사	1	0.65	0.23	0.029	0.010	2	0.06±0.01 (0.05~0.06)	0.03±0.01 (0.03~0.04)	0.017±0.011 (0.009~0.025)	0.005±0.001 (0.004~0.006)
산수유	-	-	-	-	-	5	0.20±0.22 (0.03~0.57)	0.06±0.06 (0.01~0.15)	0.008±0.002 (0.005~0.012)	0.006±0.004 (0.001~0.009)
산초	1	0.70	0.18	0.030	0.012	1	0.04	0.03	0.007	0.204
상심자	1	0.67	0.68	0.075	0.047	-	-	-	-	-
여정실	1	0.18	0.19	0.066	0.006	-	-	-	-	-
연교	2	2.64±2.65 (0.77~4.52)	1.24±1.50 (0.18~2.30)	0.107±0.075 (0.054~0.160)	0.006±0.006 (0.002~0.010)	-	-	-	-	-
오미자	4	0.74±0.91 (0.09~2.09)	0.62±0.97 (0.08~2.08)	0.030±0.021 (0.010~0.059)	0.008±0.009 (0.000~0.017)	5	0.45±0.76 (ND~1.79)	0.10±0.09 (0.01~0.22)	0.050±0.070 (0.005~0.174)	0.004±0.007 (0.000~0.016)
익지	1	0.32	0.27	0.016	0.016	-	-	-	-	-
지각	6	0.10±0.12 (ND~0.28)	0.16±0.12 (0.03~0.29)	0.021±0.024 (0.001~0.067)	0.023±0.025 (0.001~0.063)	-	-	-	-	-
지부자	1	0.57	0.49	0.124	0.003	1	0.57	0.49	0.124	0.003
지실	1	0.51	0.21	0.071	0.006	3	0.17±0.08 (0.11~0.26)	0.22±0.32 (0.03~0.59)	0.011±0.010 (0.006~0.023)	0.006±0.006 (0.002~0.013)
질려자	1	0.05	0.04	0.087	0.001	-	-	-	-	-
창이자	1	0.31	0.08	0.027	0.001	-	-	-	-	-
천련자	2	0.09±0.08 (0.03~0.15)	0.04±0.00 (0.04)	0.080±0.015 (0.069~0.090)	0.003±0.001 (0.003~0.004)	-	-	-	-	-
초과	1	0.16	0.03	0.098	0.005	-	-	-	-	-
치자	3	0.41±0.38 (0.02~0.76)	0.17±0.07 (0.09~0.23)	0.092±0.022 (0.067~0.108)	0.014±0.004 (0.009~0.017)	2	0.13±0.14 (0.03~0.23)	0.07±0.04 (0.04~0.10)	0.020±0.009 (0.013~0.026)	0.009±0.002 (0.007~0.010)
팔각회향	1	0.22	0.35	0.048	0.024	-	-	-	-	-
홍화자	1	ND	0.16	0.069	0.000	2	0.16±0.13 (0.07~0.25)	0.04±0.00 (0.03~0.04)	0.137±0.011 (0.129~0.145)	0.005±0.001 (0.004~0.005)
Total	45					50				
Mean		0.46	0.28	0.064	0.010		0.21	0.06	0.053	0.004

¹⁾ Mean ± standard deviation.

²⁾ Detection range.

³⁾ Not Detected(≤0.001).

Table 12. Heavy metal contents in the semen herbal medicines

(unit : mg/kg)

Herbal medicine Korean name	No. of Sample	Import				Domestic				
		Pb	As	Cd	Hg	No. of Sample	Pb	As	Cd	Hg
개자	1	0.02	0.16	0.100	0.001	-	-	-	-	-
건율	-	-	-	-	-	1	ND	0.01	0.026	0.000
검인	3	0.04±0.07 ¹⁾ (ND~0.12) ²⁾	0.182±0.11 (0.12~0.29)	0.017±0.009 (0.007~0.025)	0.011±0.006 (0.005~0.017)	-	-	-	-	-
견우자	1	0.16	0.19	0.005	0.001	-	-	-	-	-
결명자	3	0.20±0.11 (0.11~0.32)	0.16±0.08 (0.11~0.26)	0.020±0.013 (0.011~0.035)	0.001±0.001 (0.001~0.002)	3	0.18±0.25 (0.04~0.46)	0.04±0.02 (0.01~0.04)	0.063±0.028 (0.036~0.092)	0.002±0.002 (0.001~0.004)
괄루인	4	0.09±0.09 (0.01~0.21)	0.07±0.04 (0.03~0.12)	0.014±0.005 (0.006~0.017)	0.012±0.018 (0.001~0.038)	-	-	-	-	-
내복자	4	0.18±0.32 (ND~0.62)	0.33±0.23 (0.12~0.65)	0.383±0.044 (0.335~0.424)	0.002±0.001 (0.001~0.003)	2	0.05±0.01 (0.04~0.06)	0.10±0.06 (0.06~0.14)	0.065±0.031 (0.043~0.087)	0.007±0.003 (0.005~0.010)
도인	8	0.04±0.03 (ND~0.09)	0.10±0.21 (0.02~0.63)	0.022±0.016 (0.011~0.062)	0.002±0.001 (0.000~0.005)	-	-	-	-	-
백과	1	0.00	0.04	0.001	0.003	-	-	-	-	-
백자인	4	0.20±0.11 (0.10~0.31)	0.16±0.07 (0.09~0.23)	0.090±0.012 (0.080~0.107)	0.010±0.002 (0.008~0.012)	-	-	-	-	-
백편두	1	0.03	0.01	0.017	0.001	-	-	-	-	-
보골지	1	0.32	0.05	0.022	0.001	-	-	-	-	-
빈랑자	8	0.12±0.13 (ND~0.37)	0.09±0.07 (0.02~0.21)	0.049±0.050 (0.012~0.168)	0.008±0.008 (0.001~0.021)	-	-	-	-	-
산조인	4	0.05±0.11 (ND~0.21)	0.05±0.04 (0.03~0.11)	0.009±0.005 (0.003~0.016)	0.004±0.007 (0.000~0.015)	-	-	-	-	-
연자육	5	0.05±0.05 (0.01~0.07)	0.05±0.06 (0.03~0.17)	0.009±0.025 (0.102~0.161)	0.004±0.002 (0.002~0.008)	-	-	-	-	-
우방자	1	ND	0.20	0.072	0.042	-	-	-	-	-
육두구	2	0.06±0.07 (0.01~0.10)	0.01±0.00 (ND~0.01)	0.066±0.001 (0.065~0.066)	0.003±0.000 (0.003~0.004)	-	-	-	-	-
의이인	-	-	-	-	-	3	ND ³⁾	0.02±0.00 (0.02)	0.009±0.006 (0.004~0.016)	0.002±0.002 (0.000~0.004)
자소자	1	0.10	0.33	0.051	0.004	-	-	-	-	-
차전자	4	0.16±0.07 (0.06~0.21)	0.13±0.03 (0.10~0.17)	0.235±0.086 (0.159~0.317)	0.002±0.002 (0.000~0.004)	-	-	-	-	-
초두구	2	0.05±0.15 (ND~0.16)	0.17±0.05 (0.03~0.10)	0.028±0.022 (0.012~0.044)	0.002±0.002 (0.001~0.004)	-	-	-	-	-
토사자	1	0.01	0.15	0.039	0.029	-	-	-	-	-
행인	3	0.33±0.44 (0.06~0.84)	0.06±0.04 (0.03~0.10)	0.018±0.011 (0.008~0.030)	0.003±0.004 (0.000~0.007)	-	-	-	-	-
흑두	-	-	-	-	-	1	ND	0.02	0.033	0.003
Total	62					10				
Mean		0.10	0.12	0.060	0.007		0.04	0.04	0.039	0.003

¹⁾ Mean ± standard deviation.

²⁾ Detection range.

³⁾ Not Detected(≤0.001).

Table 13. Heavy metal contents in the other herbal medicines

(unit : mg/kg)

Herbal medicine Korean name	Import					Domestic				
	No. of Sample	Pb	As	Cd	Hg	No. of Sample	Pb	As	Cd	Hg
목통	-	-	-	-	-	16	0.80±0.48 ¹⁾ (0.02~1.78) ²⁾	0.39±0.24 (0.05~0.79)	0.020±0.013 (0.007~0.056)	0.010±0.009 (0.003~0.041)
복령	13	0.46±0.63 (0.03~2.01)	0.10±0.08 (0.04~0.32)	0.022±0.018 (ND~0.048)	0.008±0.007 (0.002~0.027)	5	0.45±0.76 (ND~1.79)	0.14±0.26 (0.01~0.60)	0.017±0.026 (ND~0.063)	0.006±0.001 (0.005~0.007)
삼백초	-	-	-	-	-	2	0.12±0.02 (0.10~0.13)	0.03±0.01 (0.03~0.04)	0.013±0.000 (0.012~0.013)	0.014±0.002 (0.012~0.016)
신곡	8	0.13±0.14 (ND~0.361)	0.07±0.05 (0.02~0.13)	0.054±0.024 (0.033~0.101)	0.005±0.009 (ND~0.027)	-	-	-	-	-
용안육	2	0.00±0.00 (0.00)	0.15±0.05 (0.12~0.19)	0.020±0.001 (0.019~0.020)	0.044±0.000 (0.044~0.045)	-	-	-	-	-
인동	1	0.29	0.35	0.139	0.001	4	1.99±3.12 (0.01~6.64)	0.14±0.12 (0.07~0.30)	0.251±0.139 (0.151~0.449)	0.017±0.017 (0.008~0.042)
저령	6	0.96±0.58 (0.43~2.05)	0.50±0.16 (0.32~0.73)	0.646±0.468 (0.209~1.550)	0.038±0.046 (0.018~0.132)	-	-	-	-	-
패보	3	0.21±1.06 (0.19~0.26)	0.10±0.20 (0.08~0.13)	0.144±0.136 (0.002~0.244)	0.015±0.019 (0.011~0.018)	1	0.02	0.02	0.246	0.005
정공등	-	-	-	-	-	1	0.13	0.02	0.064	0.012
조구등	1	1.24	0.13	0.225	0.013	-	-	-	-	-
통초	-	-	-	-	-	1	1.78	0.41	0.319	0.043
형개	3	1.80±0.52 (1.40~2.38)	0.39±0.12 (0.31~0.54)	0.120±0.022 (0.095~0.136)	0.041±0.017 (0.022~0.053)	1	0.50	0.10	0.173	0.001
귀전우	1	24.77	2.59	0.046	1.076	-	-	-	-	-
물약	2	4.53±3.12 (2.32~6.73)	1.32±0.71 (0.82~1.83)	0.053±0.008 (0.047~0.058)	0.006±0.003 (0.004~0.008)	-	-	-	-	-
서목태	-	-	-	-	-	2	0.01±0.00 (ND~0.01)	0.01±0.00 (0.01)	0.042±0.020 (0.028~0.056)	0.003±0.001 (0.002~0.004)
야관문	-	-	-	-	-	1	0.92	0.04	0.058	0.017
오가피열매	-	-	-	-	-	1	ND ³⁾	0.02	0.041	0.008
율피	-	-	-	-	-	1	ND	0.01	0.033	0.007
지구목	-	-	-	-	-	1	ND	0.01	0.007	0.003
탱자	-	-	-	-	-	1	0.06	0.32	0.004	0.163
포도등	-	-	-	-	-	1	0.10	0.08	0.156	0.006
포황	1	0.43	0.56	0.010	0.001	-	-	-	-	-
Total	41					39				
Mean		3.17	0.57	0.028	0.020		0.45	0.12	0.096	0.021

¹⁾ Mean ± standard deviation.

²⁾ Detection range.

³⁾ Not Detected(≤0.001).

환경을 기반으로 자라기 때문에 주변 환경오염에 많은 영향을 받을 수밖에 없는데 특히 지난 수십 년간 급속한 산업화와 공업화를 겪어온 한국은 생태계의 오염문제가 심각하며 최근 비슷한 과정을 겪고 있는 중국도 유사하였다. 근래에 들어 한약재의 소비가 늘어나면서 국내 한약재로 충당하지 못하고 외국산 특히 중국산 한약재가 대량 수입되는 시점에서 큰 문제점으로 생각되며, 수입산의 경우 부적합 제품이 통관시에 우선적으로 걸러짐에도 부적률이 높은 것으로 보아 검사의 질적 향상이 요구되었다.

표 14~16은 중금속 부적합 내역을 각각의 금속별로 나타내었고, 그림 1~3은 전체 중금속 부적합 건수에 대해 각 중금속별, 사용부위별, 원산지별로 부적합수가 차지하는 비율을 나타낸 것이다. 카드뮴 부적합은 총 24종 62건으로 전체 부적합의 75.6%로 부적합 대부분을 차지하였으며 부적합 한약재 중 계지, 세신, 오약, 황련의 경우 검사제품 대부분이 부적합을 나타내었으며 이들은 모두 수입(중국 24, 베트남 3)이었다. 한약재는 자연 환경 속에서 재배 생산되므로 다른 농산물과 마찬가지로 환경오염의 영향을 받고 중금속에 오염될 수 있으며 일반적으로 생약 중 중금속의 유해물질을 평가할 때 시료를 일반시중이나 한약상회를 통해 구매하고 있어 재배토양이나 환경에 대한 자료가 없는 경우가 많았다(6, 14). 이 등(15, 16)의 보고에 의하면 일반적으로 재배지 토양과 한약재 중의 중금속 농도가 비례관계를 보였다. 검사제품 대부분 부적합을 나타낸 이들 한약재가 모두 수입에 의존하는 것이라면 수입하는 지역의 토양에 대해 물리화학적 특성과 재배환경을 분석하여 카드뮴 오염에 대한 연구가 필요한 실정이며, 한약재 고유의 특성이 있다면 카드뮴 기준의 완화에 대한 고려도 생각해봐야 할 것으로 보인다. 골쇄보와 귀전우의 경우 한 건씩 뿐이지만 카드뮴이 2.264와 1.076 mg/kg로 높게 검출되어 추후 시료수를 보충하여 이에 대한 조사가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

납 부적합은 총 8종 16건으로 전체 부적합의 19.5%였으며 부적합은 모두 수입(중국 15, 베트남 1)으로 계지, 귀전우, 금은화, 두충, 위령선, 홍화, 황백, 후박이었고 대부분 식물성 생약 기준 5 mg/kg의 두 배 이상을 초과하였으며, 홍화의 경

우 51.80 mg/kg으로 기준치를 10배 이상 초과한 경우도 있었다.

비소 부적합은 3종 4건으로 길경 1건, 부평초 1건, 홍화 2건이었으며, 홍화는 기준치 3 mg/kg의 3배 이상을 초과하였다. 또한 이들 중 납과 카드뮴, 납과 비소의 중복 부적합도 각각 5건, 2건이었다. 계지 2건, 귀전우 1건, 금은화 1건, 황백 1건이 납과 카드뮴 중복 부적합을 보였고 홍화 2건이 납과 비소의 중복 부적합을 나타내었다.

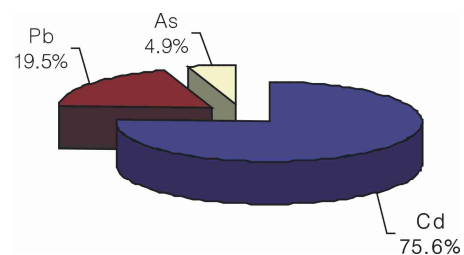


Fig. 1. Percentage of violations in herbal medicines by individual heavy metal standard.

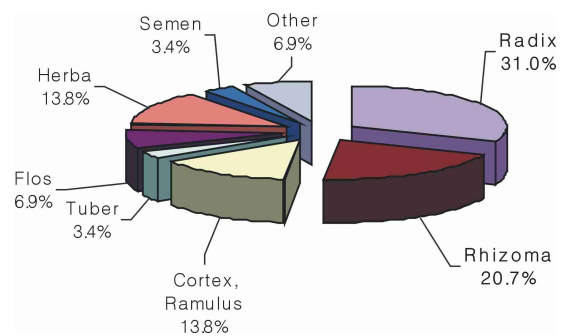


Fig. 2. Percentage of violations in herbal medicines by parts used.

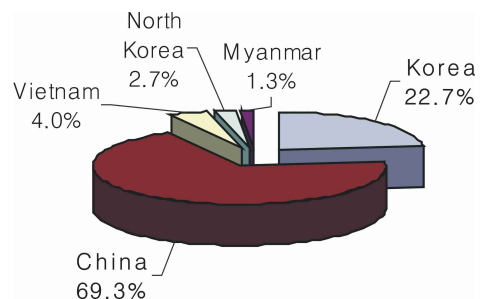


Fig. 3. Percentage of violations in herbal medicines by producing area.

Table 14. Herbal medicines exceeded regulation level of Cd

Herbal medicine Korean name	Latin name	Part used	No. of sample	Percentage of sample violatived (%)	Origin	Detection range (mg/kg)
강활	Osterici Koreani Radix	radix	1/10*	10	Korea	0.390
계지	Cinnamomi Ramulus	ramulus	10/11	91	Vietnam 3, China 7	0.350~1.570
고본	Angelicae Gigantis Radix	radix	1/4	25	Korea	0.520
골쇄보	Drynariae Rhizoma	rhizoma	1	100	China	2.264
귀전우	Euonymi Lignum Suberaatum	other	1	100	China	1.076
금은화	Lonicerae Flos	flos	1/5	20	China	0.528
내복자	Raphani Semen	semen	2/6	33	China	0.414~0.424
반하	Pinelliae Tuber	tuber	2/6	33	North Korea, China	0.360~0.472
백출	Atractylodis Rhizoma Alba	rhizoma	4/7	57	Korea 3, China	0.444~0.900
사삼	Adenophorae Radix	radix	1/4	25	China	1.044
세신	Asiasari Radix	radix	3/3	100	China	0.524~1.030
속단	Dipsaci Radix	radix	2/8	25	China	0.426~0.853
애엽	Artemisiae Argyi Herba	herba	1/2	50	Korea	0.545
오약	Linderae Radix	radix	4/4	100	China	0.732~1.000
왕불류행	Melandrii Herba	herba	1/2	50	Korea	0.590
울금	Curcumae longae Radix	radix	1/2	50	Myanmar	2.026
인동	Lonicerae Caulis	other	1/5	20	Korea	0.449
인진호	Artemisiae Capillaris Herba	herba	5/11	46	Korea	0.380~0.940
저령	Polyporus	other	4/6	67	China	0.520~1.550
창출	Atractylodis Rhizoma	rhizoma	2/5	40	North Korea, China	0.701~0.761
택사	Alismatis Rhizoma	rhizoma	2/21	10	Korea	0.544~0.773
향부자	Cyperi Rhizoma	rhizoma	1/27	4	Korea	0.493
황련	Coptidis Rhizoma	rhizoma	10/10	100	China	0.535~1.297
황백	Phellodendri Cortex	cortex	1/3	33	China	0.652

* No. of sample exceeded its criteria / Total No. of sample analyzed.

결론

유통 한약재 중 납, 비소, 카드뮴 및 수은의 함량을 조사하고자 2007년 1월부터 12월까지 서울 지역에 유통중인 국산 및 수입 한약재 190종 899건을 대상으로 납, 비소, 카드뮴은 마이크로웨이브를 이용한 밀폐형 습식분해법으로 전처리 후 유도결합플라즈마질량분석기로 분석하였고, 수은은 전처리 과정 없이 수은분석기로 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인증표준물질을 이용하여 구한 회수율은 납 90.8%, 비소 100.5%, 카드뮴 97.3%, 수은 96.1%였다.

2. 사용 부위에 따른 한약재 중 개별중금속 함량 조사 결과 납은 수입산인 경우 화류(5.01 mg/kg), 수피·줄기·목부(3.26), 엽류·전초류(1.13)순이었으며, 국내산은 엽류·전초류, 근경류(0.52)가 높았고, 비소는 수입산은 화류(0.98), 엽류·전초류(0.81)가 높았으며 국내산은 근류(0.26), 근경류(0.24)가 높았다. 카드뮴은 수입산은 근경류(0.281), 근류(0.203), 수피·줄기·목부(0.200), 괴근류(0.181)순이었고, 국내산은 화류(0.230), 엽류·전초류(0.167), 근경류(0.155), 근류(0.108)로 다른 부위에 비해 높았다. 수은은 수입, 국내산 모두 엽류·전초류가 0.026, 0.014 mg/kg으로 가장 높았으나 기준치 이내였다.

Table 15. Herbal medicines exceeded regulation level of Pb

Herbal medicine Korean name	Latin name	Part used	No. of sample	Percentage of sample violatived (%)	Origin	Detection range (mg/kg)
계지	Cinnamomi Ramulus	ramulus	2/11*	18	Vietnam 1, China 1	6.52~7.83
귀전우	Euonymi Lignum Suberaatum	other	1/1	100	China	24.77
금은화	Lonicerae Flos	flos	2/5	40	China	8.15~25.20
두충	Eucommiae Cortex	cortex	1/3	33	China	8.61
위령선	Clematidis Radix	radix	1/1	100	China	11.15
홍화	Carthami Flos	flos	4/9	44	China	11.59~51.80
황백	Phellodendri Cortex	cortex	1/3	33	China	19.65
후박	Magnoliae Cortex	cortex	4/14	29	China	9.59~16.62

* No. of sample exceeded its criteria / Total No. of sample analyzed.

Table 16. Herbal medicines exceeded regulation level of As

Herbal medicine Korean name	Latin name	Part used	No. of sample	Percentage of sample violatived (%)	Origin	Detection range (mg/kg)
길경	Platycodi Radix	radix	1/11*	9	Korea	5.85
부평초	Spirodelae Herba	herba	1/1	100	China	5.22
홍화	Carthami Flos	flos	2/9	22	China	6.48~11.89

* No. of sample exceeded its criteria / Total No. of sample analyzed.

3. 개정 고시된 개별 중금속 기준에 의한 부적합 검사결과 납 부적합은 8종 16건으로 홍화 4건, 후박 4건, 계지 2건, 금은화 2건 등이었고, 비소 부적합은 4건으로 길경 1건, 부평초 1건, 홍화 2건이었으며, 카드뮴 부적합은 24종 62건으로 계지 10건, 세신 3건, 오약 4건, 황련 10건 등이었다. 또한 이들 중 납·카드뮴 중복 부적합은 계지 2건, 귀전우, 금은화, 황백 각 1건씩이었고, 홍화 2건이 납·비소의 중복 부적합을 나타내었다.
4. 원산지별 비교시 부적합 결과 국산보다 수입 한약재의 중금속 함량이 대부분 높은 것으로 조사되어 수입 유통 한약재에 대한 철저한 안전성 관리가 요구되었다.

참고문헌

1. 조정희, 김도훈, 김혜수, 오미현, 강인호, 심영훈, 황왕균, 명승운, 최병기 : 유통한약재 중 내분비계 장애물질로서의 잔류농약에 관한 연구. 생약학회지, 31(4):455~458, 2000.
2. 조해전, 황인숙, 최병현, 배청호, 김명희 : 한약재 중의 잔류농약 분석 - GC에 의한 18종 잔류농약의 분석. 생약학회지, 32(3):200~211, 2001.
3. Rabinowits MB and Weatherill GW : Lead metabolism in the normal human, stable isotope studies. Science, 182:275, 1973.
4. Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. Contaminant, FAO/WHO. p1~33, 1984.
5. 식품의약품안전청 고시 제2005-62호, 생약등의 중금속허용기준 및 시험방법개정.
6. 김종욱, 최호영, 조정희, 김도훈, 강인호, 심영훈, 김은경 : 한약재 유해물질 모니터링 사업(I) - 유통한약재의 중금속에 관한 연구 -. 대한본초학회지, 17(2):235~245, 2002.
7. 박문기, 김승영, 황현옥 : 한약재의 중금속 평가 연구 - 경북북부지역 한약재를 중심으로 -. 한국환경과학회지, 13(12):1117~1122, 2004.
8. 고숙경, 승현정, 송영미, 유인실, 최성민, 강희곤 : 서울지역 유통 한약재 중의 중금속 함량 조사. 서울시보건환경연구원보, 39:31~43, 2003.
9. 조정희, 김도훈, 성낙선, 오미현, 강인호, 심영훈, 김은경, 조창희, 지선경, 이춘길, 석명주, 김현주, 송용섭, 오준석, 원도희, 명승운, 김남재 : 한약재 유해물질 모니터링 사업(I). 식품의약품안전청 연구보고서, 4:567~582, 2000.
10. 조정희, 김도훈, 강인호, 심영훈, 김은경, 김종환, 김달환, 지선경, 박찬동, 김종욱, 이송득, 명승운, 한종현 : 유통한약제제의 개별 위해중금속 모니터링 사업. 식품의약품안전청 연구보고서, 6:631~639, 2002.
11. 유인실, 김은희, 강희곤, 김남훈, 고숙경, 박원희 : 서울지역 유통한약재 중 중금속 함량(II). 서울시보건환경연구원보, 40:208~223, 2004.
12. 홍윤정, 광재은, 박원희, 황영숙, 김은주, 박애숙, 신영, 한은정, 이정미, 김복순, 최병현 : ICP-MS를 이용한 서울지역 유통 한약재 중의 미량중금속 함량 (2006). 서울시보건환경연구원보, 42:286~298, 2006.
13. 한약재진위감별도감(I~V) : 식품의약품안전청, 2002~2006.
14. 한상백 : 다용 한약재의 산지별 중금속 농도에 관한 연구. 상지대학교, 박사학위논문, p3~34, 1998.
15. 이현정 : 경북 북부지역 재배한약재와 토양의 중금속 함량연구. 대구한의대학교, 박사학위논문, p4~30, 2003.
16. 박문기, 김정호 : 경북지역 인삼 재배 환경 중 중금속의 잔류. 한국환경과학회지, 15(12):163~167, 2006.