

16종 다용한약재의 산지별 As, Cd, Pb, Co, Cr 농도 및 특성고찰

— 한국과 중국산의 평균농도, 최소-최대농도와
법적 허용농도초과비율을 중심으로 —

김기동¹⁾ · 박해모²⁾ · 서용찬³⁾ · 이선동^{2)*}

¹⁾상지대학교 정밀화학신소재학과

²⁾상지대학교 한의과대학 예방의학교실

³⁾상지대학교 환경공학과

As, Cd, Pb, Co, Cr Concentration and Property Evaluation in Frequently Using 16 Oriental Herbal Medicines

— Mainly Average, Lowest, Highest Concentration
and Percent Exceeding Value of Legal Allowance
in Korean and Chinese Origines —

Kee-Dong Kim,¹⁾ Hae-Mo Park,²⁾ Yong-Chan Seo³⁾ & Sun-Dong Lee^{2)*}

¹⁾Dept. of Fine Analysis and Advanced Materials, College of Science and Engineering, Sangji University

²⁾Dept. of Preventive Medicine, College of Oriental Medicine, Sangji University

³⁾Dept. of Environmental Engineering, College of Science and Engineering, Sangji University

Abstract

Objective : Average, lowest, highest concentration and exceeding value of legal allowance of As, Cd, Pb, Co, Cr in frequently using 16 oriental herbal medicines in korea(*Astragali Radix*, *Ginseng*, *Citri Unshii Pericarpium*, *Aurantii Fructus Immaturus*, *Angelicae Gigantis Radix*, *Cnidii Rhizoma*, *Paeoniae Radix*, *Rehmanniae Radix Preparata*, *Zingiberis Rhizoma Crudus*, *Zizyphi Fructus*, *Atractylodis Rhizoma Alba*, *Hoelen*, *Dioscoreae Rhizoma*, *Corni Fructus*, *Schisandrae Fructus*, *Lycii Fructus*) was evaluated

· 접수 : 2012년 12월 6일 · 수정접수 : 2012년 12월 28일 · 채택 : 2012년 12월 29일

* 교신저자 : 이선동, 강원도 원주시 상지대길 83(우산동), 상지대학교 한의과대학 예방의학교실
전화 : 033-730-0665, 전자우편 : sdlee@sangji.ac.kr

according to their origins (korea, china) and property was also discussed according to the medicinally active part and individuals regardless origins.

Method : Korean and Chinese herbal medicines were evenly sampled from corresponding country nationwide. Pre-treatment was executed according to the KFDA(Korea Food and Drug Administration) regulation and analysis was performed according to the Korean Environmental Analysis QA/QC.

Result : Not much difference was observed according to their origins. However, lowest, highest and percent exceeding value of legal allowance was showed some consistent differences according to the medicinally active part and individuals. Co and Cr was can not be evaluated since their legal regulation was not established yet.

Conclusion : The average concentration of As, Cd, Pb, Co, Cr in frequently using 16 oriental herbal medicines in korea showed no noticeable difference according to their origins. Regardless the origin, some consistent differences were observed according to the individuals and medicinally active parts.

Key words : Frequently using oriental herbal medicines, Korean and chinese produce, Metal concentration (As, Cd, Pb, Co, Cr), Lowest and highest concentration, %exceeding value of legal allowance

I. 서론

급속한 산업화, 공업화로 인한 환경오염이 심화되면서 대기, 수질 및 토양오염이 문제시되고 있으며,¹⁾ 삶의 질이 높아짐에 따라 일상생활에서 섭취하는 물질에 대한 관심도 높아지고 있다.²⁾ 한약재의 경우 자연에 존재하는 다양한 식물, 동물과 광물들을 그대로 사용하거나 가공하여 사용하고 있고, 한약재의 수요가 증가하면서 외국에서 수입되는 양이 많아 그 안전성 관리가 매우 중요하게 되었다.³⁾ 특히, 수은, 납, 카드뮴 등의 중금속류는 토양 중에 이동성이 적고 축적성이 높아서 토양오염의 원인이 되고 있으며, 재배지의 중금속이 한약재내로 이행될 수 있어 한약재의 안전성 확보에 큰 위험요인이 되어 왔다.⁴⁾ 정부에서는 1989년에 총금속 100ppm 이하로 기준을 제정하고 95년에는 총금속 30ppm으로 변경하였으며,⁵⁾ 이후 식품의약품안전청에서는 국제적 추세에 맞게 여러 차례의 개정을 통해 규제를 강화해 왔다. 근래에는 개별금속에 따

라 기준을 차등적용하고 약재별로 다른 기준을 적용하고 있다.⁶⁾

특히, 납, 수은, 비소, 카드뮴과 같은 금속은 FAO(국제식량농업기구)/WHO 합동 식품첨가물전문가위원회(Joint Expert Committee on Food Additives : JECFA)에서 감시대상이 되는 금속으로 인체에 독성이 있으므로 잠정주간섭취허용량(Provisional Tolerable Weekly Intake : PTWI)을 정하여 권고하고 있다.⁷⁾ 국내에서도 식품의약품안전청 고시 제 2011-42호 생약 등의 중금속 허용기준 및 시험방법에서 식물성 생약은 납 5ppm, 비소 3ppm 이하, 수은 0.2ppm 이하, 카드뮴 0.3ppm 이하로 기준을 정하고 있으며, 카드뮴의 경우 세신 등 5품목과 계지 등 15품목에 대해서 차등 적용하는 것으로 고시하고 있다.⁶⁾ 또한 대한한의사협회는 한약재 이력추적제도 등을 통해 원산지 위조 변조를 막고 한약의 안전성을 확보하는데 지속적으로 노력하고 있다.

특히 많은 한약재가 중국에서 수입되고 있고, 선행조사연구⁸⁻¹⁰⁾에 의하면 국산에 비해 중국산 한약재의 중금속 농도가 비교적 높다는 견해가 많으며, 그간의 정부의 관리와 대한한의사협회

의 노력을 실현하기 위해서는 한약재에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 많이 사용하는 16종 한약재를 선정하고 국내산과 중국산으로 나누어 납, 비소, 카드뮴, 크롬, 코발트 5종의 금속 농도를 비교하였으며 이 결과의 최소-최대농도를 관찰하고 법적 허용농도와 비교분석하여 한약재 안전성 확보와 지속적인 모니터링에 기여하려 하였다.

II. 본 론

1. 실험재료 및 분석방법

1) 실험재료

연구에 사용한 한약재는 현재 한국에서 사용하는 한약재 16종(황기, 인삼, 진피, 지각, 당귀, 천궁, 백작약, 숙지황, 생강, 대추, 백출, 백복령, 산약, 산수유, 오미자, 구기자)으로 산지별로 샘플링하였다. 16종 다빈도한약재의 선정은 2011년 한방 의료이용 및 한약소비 실태조사¹¹⁾를 참고하였으며, 이 중에서 수급조절대상 한약재 8종(구기자, 당귀, 산수유, 오미자, 작약, 지황, 천궁, 황기)과 다량생산한약재 2종(산약, 복령)을 선정하였으며, 나머지는 연구자간의 논의를 통해 총 16종을 결정하였다. 샘플링은 2011~2012년에 국내와 국외에서 이루어졌으며, 이 중 국내산은 전국의 한의원에서 이루어졌는데, 지역별 분포는 서울 소재 한의원 3곳, 경기 소재 한의원 2곳, 강원도(원주), 전라도(전주), 경상도(대구), 충청도(청원), 제주도(남제주)에서 각 1곳으로 전국 10곳에서 샘플링하였다. 중국산은 수입되어 국내에서 구할 수 있는 한약재는 국산과 같은 곳에서 샘플링하고 구할 수 없었던 한약재는 2012년 2월에 직접 중국에서 구입하였다. 한약재별 약용부위는 과실류 6종, 뿌리류 6종 그리고 뿌리줄기 및 기생균류(근경류) 4종이다. 샘플링시에 반드시 산

지를 확인하였으며 각 약재별로 10~20g씩 각 국산과 수입을 구별하여 샘플하여 깨끗한 포장지(종이팩, 비닐팩 등)에 약물이름과 산지를 표시하여 보관하였다. 약제품질의 대표성을 위해 평소에 주로 사용하는 정도의 중간급으로 수집되었다.

2) 분석기기 및 사용시약

분석기기는 Varian사의 Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometer(ICP/MS)를 사용하여 분석하였다. 전처리에 사용한 증류수는 Milli-Q시스템을 사용하였으며, 질산 및 표준물질은 일본 Wako사의 광학분석용시약을 사용하였다.

3) 분석방법

(1) 전처리

분석을 위한 전처리는 식품의약품안전청 고시를 기준으로 실행하였다.⁶⁾ 재료를 티타늄 날을 가진 분쇄기로 파쇄하여 시료를 잘 섞는다. 입자가 작을수록 대표성이 좋아지고 질산 분해 시 잘 분해된다. 50 mL 비커에 0.5g의 시료를 재어 옮기고 20 mL의 질산을 넣는다. hot plate에 넣고 약 140°C로 가열하여 잔류물을 분해한다. 분해시 갈색 가스가 방출되므로 주의하여야 한다. 분해가 완료되면 실온으로 식힌다. 깔대기를 100 mL volumetric flask에 장착한 뒤 위의 비커에서 녹인 시료를 flask 옮긴다. 비이커를 증류수로 닦고 그 여액을 모두 위의 flask에 넣는다. flask에 증류수를 채워 100 mL 표선에 맞춘뒤 입구를 막고 흔들어 잘 섞는다. 만들어진 용액을 50 mL 팔콘튜브에 넣고 마개를 닫고 라벨을 붙인다. 초기 0.5g의 시료를 100 mL로 하였으므로 200배 희석한 용액이 되었다. 그러므로 기기분석으로 얻은 값에 200배를 하여 최종 분석값으로 한다.

(2) 분석기기의 검출한계 및 품질보장¹²⁾

기기검출한계(Instrumental Detection Limit,

IDL)는 증류수를 7번 반복 측정하여 얻은 표준편차 값에 99%신뢰수준의 Student t값인 3.14를 곱하여 얻었다(표 1-1). 방법검출한계(Method Detection Limit, MDL)는 증류수에 최종 농도가 10 ug/kg이 되도록 표준용액을 미량첨가 하여 분석시료와 동일한 방법으로 처리, 분석을 7회 반복 측정하여 얻은 표준편차 값에 99% 신뢰수준의 Student t값인 3.14를 곱하여 얻었다. 회수율은 증류수에 최종 농도가 10 ug/kg이 되도록 표준용액을 미량첨가 하고 분석을 7회 반복 실시하여 얻은 평균값을 사용하였다. Varian사 Induc-

tively Coupled Plasma/Mass Spectrometer(ICP/MS)의 기기검출한계(IDL)는 0.3~0.9 ug/L로서 상당히 낮은 검출한계를 나타내고 있다. 방법검출한계(MDL)는 0.7~4.7 ug/kg 수준의 농도를 나타내고 있으며 회수율(recovery)은 80~112%를 나타내고 있다. 비소의 경우 검출한계가 타 원소에 비해 높은 값을 나타내고 있으며 회수율 또한 상대적으로 낮은 값을 나타내고 있으나 이는 비소의 낮은 끓는점으로 기인한 것으로 예상과 일치하며 분석의 신뢰성에 영향을 미치는 수준은 아님을 알 수 있다(표 1-2).

Table 1-1. Instrumental detection limit(IDL)

unit(ug/L)	As	Cd	Co	Cr	Pb
IDL 1	-0.13	0.03	0.16	0.18	0.41
IDL 2	-0.18	-0.03	0.15	0.16	0.39
IDL 3	-0.19	-0.03	0.14	0.15	0.40
IDL 4	-0.15	-0.03	0.15	0.15	0.41
IDL 5	-0.21	-0.02	0.14	0.16	0.41
IDL 6	-0.21	-0.02	0.14	0.14	0.39
IDL 7	-0.20	0.03	0.14	0.13	0.38
SD	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01
IDL(ug/L)	0.097	0.083	0.03	0.05	0.03

Table 1-2. Method detection limit(MDL) and percent recovery(Recvry)

	As		Cd		Co		Cr		Pb	
	conc. (ug/L)	recvry (%)	conc. (ug/L)	recvry (%)	conc. (ug/L)	recvry (%)	conc. (ug/L)	recvry (%)	conc. (ug/L)	recvry (%)
Smpl 1	7.48	74.8	8.76	87.6	9.51	95.1	10.7	107	8.70	87.0
Smpl 2	7.27	72.7	9.34	93.4	10.5	105	11.1	111	9.92	99.2
Smpl 3	7.75	77.5	9.93	99.3	11.1	111	11.2	112	10.2	102
Smpl 4	11.3	113	9.48	94.8	10.9	109	11.3	113	10.5	105
Smpl 5	7.26	72.6	9.24	92.4	10.6	106	10.9	109	9.44	94.4
Smpl 6	6.96	69.6	9.50	95.0	10.4	104	11.3	113	10.2	102
Smpl 7	8.18	81.8	9.75	97.5	10.5	105	11.5	115	11.6	116
SD	1.5		0.37		0.50		0.24		0.93	
MDL	4.7		1.1		1.5		0.76		2.9	
Avr. Recvry		80.3		94.3		105		112		101

4) 한국의 법적 허용농도

식품의약품안전청 고시 제 2011-42호⁶⁾ 생약 등의 잔류·오염물질 기준 및 시험방법 일부개정고시 제4조(기준)에 ① 식물성 생약은 납 5mg/kg 이하, 비소 3mg/kg 이하, 수은 0.2mg/kg 이하, 카드뮴 0.3mg/kg 이하이다. 다만, 계지, 목향, 백출, 사삼, 사상자, 속단, 아출, 애엽, 용담, 우슬, 육계, 인진호, 창출, 포공영, 향부자는 카드뮴 0.7mg/kg 이하, 세신, 오약, 저령, 택사, 황련은 카드뮴 1.0mg/kg 이하로 법적 허용농도를 정하고 있다.

2. 분석결과

16종 다용한약재의 산지에 따른 약용부위 및 개별 약재별 As, Cd, Pb, Co, Cr의 평균 금속농도는 표 2-1~2-5와 같으며, 최소-최대농도와 허용농도초과비율(%)은 표 3-1~3-5와 같다.

1) 한국, 중국산의 약용부위 및 개별약재별 As, Cd, Pb, Co, Cr 평균농도

(1) As 평균농도

As의 16종 약재별 한약재의 평균농도는 표 2-1과 같다.

① 약용부위별 평균농도

과실류 중 한국산은 평균농도가 0.22±0.46ppm, 중국산은 0.22±0.47ppm이었으며, 뿌리류 중 한국산은 평균농도가 0.21±0.27ppm, 중국산은 0.23±0.29ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류 중 한국산은 평균농도가 0.27±0.32ppm, 중국산은 0.26±0.29ppm 이었다.

② 약재별 평균농도

과실류중 구기자는 0.42±0.05ppm, 대추는 0.12±0.02ppm, 산수유는 0.16±0.15ppm, 오미자는 0.19±0.02ppm, 지각은 0.17±0.05ppm, 진피는 0.15±0.04ppm이었으며, 뿌리류(7종) 중 당귀는 0.18±0.16ppm, 백작약은 0.18±0.04ppm, 백출은 0.20±0.11ppm, 산약은 0.34±0.07ppm, 인삼은 0.25±0.08ppm, 황기는 0.20±0.07ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류(4종) 중 백복령은 0.12±0.03ppm, 생강은 0.36±0.13ppm, 숙지황은 0.39±0.07ppm, 천궁은 0.21±0.12ppm이었다.

(2) Cd 평균농도

Cd의 16종 약재별 한약재의 평균농도는 표 2-2와 같다.

Table 2-1. Average As concentrations in korean and chinese origins according to medicinally active part

Unit : ppm

부위 약재 산지	과실류							뿌리류							뿌리줄기 및 기생근류					전체 평균
	구 기 자	대 추	산 수 유	오 미 자	지 각	진 피	평균	당 귀	백 작 약	백 출	산 약	인 삼	황 기	평균	백 복 령	생 강	숙 지 황	천 궁	평균	
한국	0.59 ±1.24	0.06± 0.12	0.18± 0.29	0.24± 0.24	0.29± 0.11	0.15± 0.15	0.22± 0.46	0.15± 0.15	0.18± 0.21	0.18± 0.14	0.39± 0.49	0.15± 0.25	0.08± 0.09	0.21± 0.27	0.12± 0.23	0.32± 0.47	0.45± 0.33	0.21± 0.27	0.27± 0.32	0.23± 0.41
중국	0.28± 0.32	0.46± 0.11	0.14± 0.20	0.12± 0.08	0.12± 0.17	0.14± 0.13	0.22± 0.47	0.26± 0.15	0.17± 0.15	0.21± 0.19	0.26± 0.35	0.61± 0.53	0.34± 0.30	0.23± 0.29	0.13± 0.11	0.50± 0.48	0.34± 0.25	0.19± 0.15	0.26± 0.29	0.23± 0.25
평균	0.42± 0.05	0.12± 0.02	0.16± 0.15	0.19± 0.02	0.17± 0.05	0.15± 0.04	0.21± 0.45	0.18± 0.16	0.18± 0.04	0.20± 0.11	0.34± 0.07	0.25± 0.08	0.20± 0.07	0.22± 0.27	0.12± 0.03	0.36± 0.13	0.39± 0.07	0.21± 0.12	0.26± 0.32	0.23± 0.36

Table 2-2. Average Cd concentrations in korean and chinese origins according to medicinally active part

Unit : ppm

부위 약재 산지	과실류							뿌리류							뿌리줄기 및 기생근류					전체 평균
	구 기 자	대 추	산 수 유	오 미 자	지 각	진 피	평균	당 귀	백 작 약	백 출	산 약	인 삼	황 기	평균	백 복 령	생 강	숙 지 황	천 궁	평균	
한국	0.13± 0.09	0.02± 0.02	0.02± 0.01	0.01± 0.02	0.03± 0.02	0.04± 0.09	0.04± 0.07	0.24± 0.15	0.24± 0.13	0.50± 0.22	0.04± 0.10	0.07± 0.05	0.03± 0.03	0.18± 0.20	0.01± 0.01	0.11± 0.12	0.04± 0.02	0.15± 0.22	0.09± 0.15	0.11± 0.16
중국	0.16± 0.10	0.03± 0.06	0.01± 0.01	0.01± 0.02	0.00± 0.01	0.01± 0.05	0.04± 0.08	0.24± 0.18	0.12± 0.11	0.51± 0.60	0.05± 0.05	0.10± 0.11	0.03± 0.02	0.20± 0.34	0.01± 0.02	0.25± 0.22	0.01± 0.03	0.54± 0.29	0.12± 0.24	0.12± 0.25
평균	0.14± 0.09	0.02± 0.03	0.02± 0.01	0.01± 0.02	0.01± 0.02	0.03± 0.08	0.04± 0.07	0.24± 0.16	0.19± 0.13	0.50± 0.45	0.05± 0.09	0.08± 0.06	0.03± 0.03	0.19± 0.26	0.01± 0.01	0.13± 0.14	0.03± 0.03	0.24± 0.28	0.10± 0.18	0.11± 0.20

① 약용부위별 평균

과실류 중 한국산은 평균농도가 0.04±0.07ppm, 중국산은 0.04±0.08ppm이었으며, 뿌리류 중 한국산은 평균농도가 0.18±0.20ppm, 중국산은 0.20±0.34ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류 중 한국산은 평균농도가 0.09±0.15ppm, 중국산은 0.12±0.24ppm이었다.

ppm, 백작약은 0.19±0.13ppm, 백출은 0.50±0.45 ppm, 산약은 0.05±0.09ppm, 인삼은 0.08±0.06ppm, 황기는 0.03±0.03ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류 중 백복령은 0.01±0.01ppm, 생강은 0.13±0.14ppm, 숙지황은 0.03±0.03ppm, 천궁은 0.24±0.28ppm이었다.

② 약재별 평균

과실류 중 구기자는 0.14±0.09ppm, 대추는 0.02±0.03ppm, 산수유는 0.02±0.01ppm, 오미자는 0.01±0.02ppm, 지각은 0.01±0.02ppm, 진피는 0.03±0.08ppm이었으며, 뿌리류 중 당귀는 0.24±0.16

(3) Pb 평균농도

Pb의 16종 약재별 한약재의 평균 농도는 표 2-3과 같다.

과실류 중 한국산은 평균농도가 0.30±0.37ppm, 중국산은 0.43±0.64ppm이었으며, 뿌리류 중 한국산은 평균농도가 0.86±1.56ppm, 중국산은 0.93±

Table 2-3. Average Pb concentrations in korean and chinese origins according to medicinally active part

Unit : ppm

부위 약재 산지	과실류							뿌리류							뿌리줄기 및 기생근류					전체 평균
	구 기 자	대 추	산 수 유	오 미 자	지 각	진 피	평균	당 귀	백 작 약	백 출	산 약	인 삼	황 기	평균	백 복 령	생 강	숙 지 황	천 궁	평균	
한국	0.24± 0.32	0.30± 0.46	0.30± 0.21	0.24± 0.38	0.43± 0.29	0.37± 0.47	0.30± 0.37	1.08± 2.39	0.36± 0.42	2.80± 2.02	0.26± 0.53	0.52± 0.66	0.57± 0.65	0.86± 1.56	0.33± 0.40	0.84± 0.86	0.46± 0.51	0.25± 0.44	0.48± 0.63	0.57± 1.07
중국	0.35± 0.61	0.79± 0.58	0.56± 0.78	0.24± 0.46	0.40± 0.66	0.74± 0.84	0.43± 0.64	0.72± 0.53	0.18± 0.20	2.30± 3.99	0.37± 0.57	0.24± 0.41	1.09± 0.82	0.93± 1.21	0.17± 0.32	0.26± 0.38	0.27± 0.47	1.32± 1.00	0.40± 0.64	0.61± 1.40
평균	0.29± 0.47	0.37± 0.48	0.41± 0.53	0.24± 0.40	0.41± 0.58	0.46± 0.58	0.36± 0.50	0.97± 2.00	0.28± 0.35	2.54± 3.14	0.31± 0.53	0.46± 0.61	0.73± 0.72	0.89± 1.77	0.25± 0.36	0.73± 0.82	0.36± 0.48	0.49± 0.73	0.45± 0.63	0.58± 1.20

① 약용부위별 평균

1.21ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류 중 한국산은 평균농도가 0.48±0.63ppm, 중국산은 0.40±0.64ppm이었다.

② 약재별 평균

과실류 중 구기자는 0.29±0.47ppm, 대추는 0.37±0.48ppm, 산수유는 0.41±0.53ppm, 오미자는 0.24±0.40ppm, 지각은 0.41±0.58ppm, 진피는 0.46±0.58ppm이었으며, 뿌리류 중 당귀는 0.97±2.00ppm, 백작약은 0.28±0.35ppm, 백출은 2.54±3.14ppm, 산약은 0.31±0.53ppm, 인삼은 0.46±0.61ppm, 황기는 0.73±0.72ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류 중 백복령은 0.25±0.36ppm, 생강은 0.73±0.82ppm, 숙지황은 0.36±0.48ppm, 천궁은 0.49±0.73ppm이었다.

(4) Co 평균농도

Co의 약재별 16종 약재별 한약재의 평균농도는 표 2-4와 같다.

① 산지별 평균

과실류 중 한국산은 평균농도가 0.07±0.08ppm, 중국산은 0.07±0.08ppm, 뿌리류 중 한국산은 0.16±0.13ppm, 중국산은 0.15±0.11ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류 중 한국산은 평균농도가 0.14±

0.11ppm, 중국산은 0.14±0.11ppm 이었다.

② 약재별 평균

과실류 중 구기자는 0.09±0.05ppm, 대추는 0.03±0.02ppm, 산수유는 0.10±0.15ppm, 오미자는 0.04±0.02ppm, 지각은 0.08±0.05ppm, 진피는 0.05±0.04ppm이었으며, 뿌리류 중 당귀는 0.32±0.16ppm, 백작약은 0.08±0.04ppm, 백출은 0.22±0.11ppm, 산약은 0.08±0.07ppm, 인삼은 0.13±0.08ppm, 황기는 0.12±0.07ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류 중 백복령은 0.07±0.03ppm, 생강은 0.12±0.13ppm, 숙지황은 0.13±1.07ppm, 천궁은 0.27±0.12ppm이었다.

(5) Cr 평균농도

Cr의 약재별 16종 한약재의 평균농도는 표 2-5와 같다.

① 산지별 평균

Cr는 과실류 중 한국산은 평균농도가 0.56±0.79ppm, 중국산은 0.40±0.33ppm이었으며, 뿌리류 중 한국산은 0.46±0.35ppm, 중국산은 0.46±0.36ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류 중 한국산은 평균농도가 0.63±0.85ppm, 중국산은 0.55±0.54ppm 이었다.

Table 2-4. Average Co concentrations in korean and chinese origins according to medicinally active part

Unit : ppm

부위 약재 산지	과실류							뿌리류							뿌리줄기 및 기생근류					전체 평균
	구기 자	대추	산수 유	오미 자	지각	진피	평균	당귀	백 작 약	백출	산약	인삼	황기	평균	백 복 령	생강	숙 지 황	천궁	평균	
한국	0.11± 0.05	0.03± 0.02	0.10± 0.14	0.04± 0.02	0.12± 0.08	0.04± 0.01	0.07± 0.08	0.33± 0.17	0.09± 0.04	0.25± 0.10	0.09± 0.08	0.13± 0.08	0.13± 0.06	0.16± 0.13	0.07± 0.02	0.12± 0.14	0.11± 0.06	0.26± 0.12	0.14± 0.11	0.13± 0.12
중국	0.08± 0.03	0.04± 0.02	0.10± 0.18	0.04± 0.03	0.07± 0.03	0.09± 0.06	0.07± 0.08	0.29± 0.15	0.06± 0.02	0.19± 0.11	0.08± 0.06	0.10± 0.09	0.10± 0.08	0.15± 0.11	0.07± 0.04	0.11± 0.10	0.15± 0.08	0.29± 0.14	0.14± 0.11	0.11± 0.10
평균	0.09± 0.05	0.03± 0.02	0.10± 0.15	0.04± 0.02	0.08± 0.05	0.05± 0.04	0.07± 0.08	0.32± 0.16	0.08± 0.04	0.22± 0.11	0.08± 0.07	0.13± 0.08	0.12± 0.07	0.16± 0.13	0.07± 0.03	0.12± 0.13	0.13± 1.07	0.27± 0.12	0.15± 0.12	0.12± 0.12

Table 2-5. Average Cr concentrations in korean and chinese origins according to medicinally active part

Unit : ppm

부위 약재 산지	과실류							뿌리류							뿌리줄기 및 기생균류					전체 평균
	구 기 자	대 추	산 수 유	오 미 자	지 각	진 피	평 균	당 귀	백 작 약	백 출	산 약	인 삼	황 기	평 균	백 복 령	생 강	속 지 황	천 궁	평 균	
한국	0.29± 0.24	0.23± 0.39	1.61± 1.36	0.34± 0.28	0.66± 0.21	0.34± 0.24	0.56± 0.79	0.54± 0.27	0.40± 0.40	0.75± 0.51	0.33± 0.27	0.36± 0.24	0.47± 0.34	0.46± 0.35	0.40± 0.25	0.60± 0.61	1.18± 1.80	0.49± 0.29	0.63± 0.85	0.54± 0.67
중국	0.29± 0.27	0.97± 0.85	0.36± 0.25	0.33± 0.27	0.40± 0.29	0.59± 0.41	0.40± 0.33	0.74± 0.28	0.31± 0.26	0.59± 0.31	0.24± 0.27	0.43± 0.44	0.50± 0.44	0.46± 0.36	0.35± 0.64	0.44± 0.44	0.79± 0.50	0.57± 0.32	0.55± 0.54	0.46± 0.40
평균	0.29± 0.25	0.33± 0.51	1.08± 0.85	0.34± 0.27	0.47± 0.29	0.41± 0.30	0.49± 0.64	0.60± 0.29	0.36± 0.34	0.66± 0.41	0.29± 0.27	0.37± 0.38	0.49± 0.35	0.46± 0.46	0.37± 0.57	0.57± 1.26	0.97± 1.26	0.51± 0.29	0.60± 0.75	0.51± 0.58

② 약재별 평균

과실류 중 구기자는 0.29±0.25ppm, 대추는 0.33±0.51ppm, 산수유는 1.08±0.85ppm, 오미자는 0.34±0.27ppm, 지각은 0.47±0.29ppm, 진피는 0.41±0.30ppm이었으며, 뿌리류 중 당귀는 0.60±0.29ppm, 백작약은 0.36±0.34ppm, 백출은 0.66±0.41ppm, 산약은 0.29±0.27ppm, 인삼은 0.37±0.27ppm, 황기는 0.49±0.38ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생균류 중 백복령은 0.37±0.46ppm, 생강은 0.57±0.57ppm, 속지황은 0.97±1.26ppm, 천궁은 0.51±0.29ppm이었다.

2) 한국, 중국산의 약용부위 및 개별 한약

재의 As, Cd, Pb, Co, Cr의 최소-최대 농도와 법적 허용농도초과비율

(1) As의 최소-최대농도, 법적 허용농도 초과비율

① 산지별

As의 16종 한약재의 최소-최대농도, 법적 허용농도초과비율(%)은 표 3-1과 같다.

Table 3-1. Lowest, highest and percent exceeding value of legal allowance of As in korean and chinese origins according to medicinally active part

Unit : ppm

부위 약재 산지	과실류							뿌리류							뿌리줄기 및 기생균류					전체 최소- 최대 허용 농도 (초과 %)
	구 기 자	대 추	산 수 유	오 미 자	지 각	진 피	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	당 귀	백 작 약	백 출	산 약	인 삼	황 기	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	백 복 령	생 강	속 지 황	천 궁	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	
한국	0.00~ 4.21 (9.0)	0.00~ 0.28 (0.0)	0.00~ 0.97 (0.0)	0.19~ 0.87 (0.0)	0.14~ 0.37 (0.0)	0.00~ 0.39 (0.0)	0.00~ 4.21 (1.6)	0.00~ 0.48 (0.0)	0.00~ 0.57 (0.0)	0.00~ 0.37 (0.0)	0.00~ 1.68 (0.0)	0.00~ 0.80 (0.0)	0.00~ 0.22 (0.0)	0.00~ 1.68 (0.0)	0.00~ 0.71 (0.0)	0.00~ 1.53 (0.0)	0.02~ 0.96 (0.0)	0.00~ 1.02 (0.0)	0.00~ 1.53 (0.0)	0.00~ 4.21 (0.6)
중국	0.00~ 0.95 (0.0)	0.38~ 0.53 (0.0)	0.00~ 0.57 (0.0)	0.00~ 0.23 (0.0)	0.00~ 0.45 (0.0)	0.00~ 0.26 (0.0)	0.00~ 0.95 (0.0)	0.05~ 0.46 (0.0)	0.00~ 0.48 (0.0)	0.01~ 0.65 (0.0)	0.00~ 0.91 (0.0)	0.00~ 1.04 (0.0)	0.05~ 1.04 (0.0)	0.00~ 1.04 (0.0)	0.00~ 0.30 (0.0)	0.00~ 0.95 (0.0)	0.07~ 0.88 (0.0)	0.03~ 0.39 (0.0)	0.00~ 0.95 (0.0)	0.00~ 1.04 (0.0)
합계	0.00~ 4.21 (5.0)	0.00~ 0.53 (0.0)	0.00~ 0.97 (0.0)	0.00~ 0.87 (0.0)	0.00~ 0.45 (0.0)	0.00~ 0.39 (0.0)	0.00~ 4.21 (0.6)	0.00~ 0.48 (0.0)	0.00~ 0.57 (0.0)	0.00~ 0.65 (0.0)	0.00~ 1.68 (0.0)	0.00~ 0.91 (0.0)	0.00~ 1.04 (0.0)	0.00~ 1.68 (0.0)	0.00~ 0.71 (0.0)	0.00~ 1.53 (0.0)	0.02~ 0.96 (0.0)	0.00~ 1.02 (0.0)	0.00~ 1.53 (0.0)	0.00~ 4.21 (0.3)

- Legal allowance of As : less than 3ppm

과실류 한약재 중 한국산의 최소-최대농도 및 법적 허용농도초과비율(%)은 0.00~4.21ppm, 1.6%, 중국산은 0.00~0.95ppm, 0.0%이었으며, 뿌리류 한약재 중 한국산은 0.00~1.68ppm, 0.0%, 중국산은 0.00~1.04ppm, 0.0%이었으며 그리고 뿌리줄기 및 기생균류 한약재 중 한국산은 0.00~1.53ppm, 0.0%, 중국산은 0.00~0.95ppm, 0.0%이었다.

② 약재별

약재별 As의 최소-최대농도, 법적 허용농도초과비율(%)은 과실류 중 구기자는 0.00~4.21ppm, 5.0%, 대추는 0.00~0.53ppm, 0.0%, 산수유는 0.00~0.97, 0.0%, 오미자는 0.00~0.87ppm, 0.0%, 지각은 0.00~0.45ppm, 0.0%, 진피는 0.00~0.39ppm, 0.0%이었으며, 뿌리류 중 당귀는 0.00~0.48ppm, 0.0%, 백작약은 0.00~0.57ppm, 0.0%, 백출은 0.00~0.65ppm, 0.0%, 산약은 0.00~1.68ppm, 0.0%, 인삼은 0.00~0.91ppm, 0.0%, 황기는

0.00~1.04ppm, 0.0%이었으며, 뿌리줄기 및 기생균류 중 백복령은 0.00~0.71ppm, 0.0%, 생강은 0.00~1.53ppm, 0.0% 숙지황은 0.02~0.96ppm, 0.0% 천궁은 0.00~1.02ppm, 0.0%이었다.

(2) Cd의 최소-최대농도, 법적 허용농도 초과비율

① 산지별

Cd의 16종 한약재의 최소-최대농도, 법적 허용농도초과비율(%)은 표 3-2와 같다.

과실류 한약재 중 한국산의 최소-최대농도 및 법적 허용농도초과비율(%)은 0.00~0.31ppm, 1.6%, 중국산은 0.00~0.29ppm, 0.0%이었으며, 뿌리류 한약재 중 한국산은 0.00~0.91ppm, 10.1%, 중국산은 0.00~1.62ppm, 16.2%이었으며 그리고 뿌리줄기 및 기생균류 한약재 중 한국산은 0.00~0.80ppm, 8.9%, 중국산은 0.00~0.77ppm, 20.0%이었다.

Table 3-2. Lowest, highest and percent exceeding value of legal allowance of Cd in korean and chinese origins according to medicinally active part

Unit : ppm

부위 약재	과실류							뿌리류						뿌리줄기 및 기생균류					전체 최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	
	구 기 자	대 추	산 수 유	오 미 자	지 각	진 피	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	당 귀	백 작 약	백 출	산 약	인 삼	황 기	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	백 복 령	생 강	숙 지 황	천 궁		최소- 최대 허용 농도 (초과 %)
한국	0.00~ 0.29 (0.0)	0.00~ 0.08 (0.0)	0.00~ 0.05 (0.0)	0.00~ 0.04 (0.0)	0.00~ 0.04 (0.0)	0.00~ 0.31 (8.3)	0.00~ 0.31 (1.6)	0.01~ 0.52 (21.4)	0.03~ 0.56 (16.6)	0.14~ 0.91 (11.1)	0.00~ 0.36 (8.3)	0.02~ 0.16 (0.0)	0.00~ 0.09 (0.0)	0.00~ 0.91 (10.1)	0.00~ 0.02 (0.0)	0.00~ 0.40 (7.7)	0.02~ 0.06 (0.0)	0.00~ 0.80 (21.4)	0.00~ 0.80 (8.9)	0.00~ 0.91 (6.8)
중국	0.03~ 0.29 (0.0)	0.00~ 0.07 (0.0)	0.00~ 0.03 (0.0)	0.00~ 0.04 (0.0)	0.00~ 0.02 (0.0)	0.01~ 0.07 (0.0)	0.00~ 0.29 (0.0)	0.00~ 0.44 (50.0)	0.01~ 0.37 (11.1)	0.08~ 1.62 (30.0)	0.00~ 0.14 (0.0)	0.02~ 0.22 (0.0)	0.00~ 0.07 (0.0)	0.00~ 1.62 (16.2)	0.00~ 0.03 (0.0)	0.00~ 0.42 (66.7)	0.00~ 0.08 (0.0)	0.12~ 0.77 (75.0)	0.00~ 0.77 (20.0)	0.00~ 1.62 (10.8)
합계	0.00~ 0.29 (0.0)	0.00~ 0.08 (0.0)	0.00~ 0.05 (0.0)	0.00~ 0.04 (0.0)	0.00~ 0.04 (0.0)	0.00~ 0.31 (6.2)	0.00~ 0.31 (0.9)	0.00~ 0.52 (30.0)	0.01~ 0.56 (14.3)	0.08~ 1.62 (21.1)	0.00~ 0.36 (5.0)	0.02~ 0.22 (0.0)	0.00~ 0.09 (0.0)	0.00~ 1.62 (12.5)	0.00~ 0.03 (0.0)	0.00~ 0.42 (18.8)	0.00~ 0.08 (0.0)	0.00~ 0.80 (33.3)	0.00~ 0.80 (12.9)	0.00~ 1.62 (8.4)

- Legal allowance of Cd : less than 2ppm(less than 0.7 ppm for atractylodis rhizoma alba)

② 약재별

약재별 Cd의 최소-최대농도, 법적 허용농도 초과비율(%)은 과실류 중 구기자는 0.00~0.29 ppm, 0.0%, 대추는 0.00~0.08ppm, 0.0%, 산수유는 0.00~0.05ppm, 0.0%, 오미자는 0.00~0.04 ppm, 0.0%, 지각은 0.00~0.04ppm, 0.0%, 진피는 0.00~0.31ppm, 6.2%이었으며, 뿌리류 중 당귀는 0.00~0.52ppm, 30.0%, 백작약은 0.01~0.56 ppm, 14.3%, 백출은 0.08~1.62ppm, 21.1%, 산약은 0.00~0.36ppm, 5.0%, 인삼은 0.02~0.22ppm, 0.0%, 황기는 0.00~0.09ppm, 0.0%이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류 중 백복령은 0.00~0.03ppm, 0.0%, 생강은 0.00~0.42ppm, 18.8% 숙지황은 0.00~0.08ppm, 0.0% 천궁은 0.00~0.80ppm, 33.3%이었다.

(3) Pb의 최소-최대농도, 법적 허용농도 초과비율

① 산지별

Pb의 16종 한약재의 최소-최대농도, 법적 허

용농도초과비율(%)은 표 3-3과 같다.

과실류 한약재 중 한국산의 최소-최대농도 및 법적 허용농도초과비율(%)은 0.00~1.64ppm, 0.0%, 중국산은 0.00~2.35ppm, 0.0%이었으며, 뿌리류 한약재 중 한국산은 0.00~9.31ppm, 2.9%, 중국산은 0.00~12.62ppm, 4.3%이었으며 그리고 뿌리줄기 및 기생근류 한약재 중 한국산은 0.00~2.83ppm, 0.0%, 중국산은 0.00~2.18ppm, 0.0%이었다.

② 약재별

약재별 Pb의 최소-최대, 법적허용농도초과비율(%)은 과실류 중 구기자는 0.00~1.87ppm, 0.0%, 대추는 0.00~1.64ppm, 0.0%, 산수유는 0.00~2.35ppm, 0.0%, 오미자는 0.00~1.22ppm, 0.0%, 지각은 0.00~2.34ppm, 0.0%, 진피는 0.00~1.83ppm, 0.0%이었으며, 뿌리류 중 당귀는 0.08~9.31ppm, 5.0%, 백작약은 0.00~1.39ppm, 0.0%, 백출은 0.00~12.62ppm, 15.8%, 산약은 0.00~1.86ppm, 0.0%, 인삼은 0.00~2.15ppm,

Table 3-3. Lowest, highest and % exceeding value of legal allowance of Pb in korean and chinese origins according to medicinally active part

Unit : ppm

부위 약재	과실류						뿌리류						뿌리줄기 및 기생근류					전체 최소- 최대 허용 농도 (초과 %)		
	구 기 자	대 추	산 수 유	오 미 자	지 각	진 피	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	당 귀	백 작 약	백 출	산 약	인 삼	황 기	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	백 복 령	생 강	숙 지 황		천 궁	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)
산지																				
한국	0.00~ 0.71 (0.0)	0.00~ 1.64 (0.0)	0.00~ 0.64 (0.0)	0.00~ 0.95 (0.0)	0.02~ 0.64 (0.0)	0.00~ 1.38 (0.0)	0.00~ 1.64 (0.0)	0.08~ 9.31 (7.1)	0.00~ 1.39 (0.0)	0.08~ 7.20 (11.1)	0.00~ 1.86 (0.0)	0.00~ 2.15 (0.0)	0.00~ 2.28 (0.0)	0.00~ 9.31 (2.9)	0.00~ 1.30 (0.0)	-0.01 ~2.83 (0.0)	0.00~ 1.20 (0.0)	0.00~ 1.50 (0.0)	0.00~ 2.83 (0.0)	0.00~ 9.31 (1.1)
중국	0.00~ 1.87 (0.0)	0.38~ 1.19 (0.0)	0.00~ 2.35 (0.0)	0.00~ 1.22 (0.0)	0.00~ 2.34 (0.0)	0.00~ 1.83 (0.0)	0.00~ 2.35 (0.0)	0.19~ 1.48 (0.0)	0.00~ 0.54 (0.0)	0.00~ 12.62 (20.0)	0.00~ 1.57 (0.0)	0.00~ 0.71 (0.0)	0.02~ 2.23 (0.0)	0.00~ 12.62 (4.3)	0.00~ 0.88 (0.0)	0.00~ 0.69 (0.0)	0.00~ 1.46 (0.0)	0.00~ 2.18 (0.0)	0.00~ 2.18 (0.0)	0.00~ 12.62 (1.8)
합계	0.00~ 1.87 (0.0)	0.00~ 1.64 (0.0)	0.00~ 2.35 (0.0)	0.00~ 1.22 (0.0)	0.00~ 2.34 (0.0)	0.00~ 1.83 (0.0)	0.00~ 2.35 (0.0)	0.08~ 9.31 (5.0)	0.00~ 1.39 (0.0)	0.00~ 12.62 (15.8)	0.00~ ~1.86 (0.0)	0.00~ 2.15 (0.0)	0.00~ 2.28 (0.0)	0.00~ 12.62 (3.6)	0.00~ 1.30 (0.0)	0.00~ 2.83 (0.0)	0.00~ 1.46 (0.0)	0.00~ 2.18 (0.0)	0.00~ 2.83 (0.0)	0.00~ 12.62 (0.1)

- Legal allowance of Pb : less than 5ppm

Table 3-4. Lowest, highest and percent exceeding value of legal allowance of Co in korean and chinese origins according to medicinally active part

Unit : ppm

부위 약재 산지	과실류							뿌리류						뿌리줄기 및 기생근류					전체 최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	
	구 기 자	대 추	산 수 유	오 미 자	지 각	진 피	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	당 귀	백 작 약	백 출	산 약	인 삼	황 기	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	백 복 령	생 강	숙 지 황	천 궁		최소- 최대 허용 농도 (초과 %)
한국	0.02~ 0.20	0.00~ 0.07	0.01~ 0.51	0.01~ 0.09	0.06~ 0.22	0.02~ 0.06	0.01~ 0.51	0.13~ 0.76	0.03~ 0.16	0.11~ 0.40	0.01~ 0.28	0.04~ 0.35	0.05~ 0.23	0.01~ 0.76	0.03~ 0.11	0.01~ 0.42	0.04~ 0.21	0.11~ 0.50	0.03~ 0.50	0.00~ 0.76
중국	0.02~ 0.12	0.03~ 0.05	0.00~ 0.54	0.01~ 0.08	0.02~ 0.12	0.01~ 0.15	0.00~0.54	0.09~ 0.54	0.03~ 0.09	0.04~ 0.38	0.02~ 0.20	0.03~ 0.20	0.04~ 0.30	0.02~ 0.54	0.02~ 0.15	0.01~ 0.21	0.04~ 0.27	0.12~ 0.47	0.01~ 0.47	0.00~ 0.54
합계	0.02~ 0.20	0.00~ 0.07	0.00~ 0.54	0.01~ 0.09	0.02~ 0.22	0.01~ 0.15	0.00~0.54	0.09~ 0.76	0.03~ 0.16	0.04~ 0.40	0.01~ 0.28	0.03~ 0.35	0.04~ 0.30	0.01~ 0.76	0.02~ 0.15	0.01~ 0.42	0.04~ 0.27	0.11~ 0.50	0.01~ 0.50	0.00~ 0.76

* Legal regulation for Co was not established yet

0.0%, 황기는 0.00~2.28ppm, 0.0%이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류 중 백복령은 0.00~1.30ppm, 0.0%, 생강은 0.00~2.83ppm, 0.0% 숙지황은 0.00~1.46ppm, 0.0% 천궁은 0.00~2.18ppm, 0.0%이었다.

(4) Co의 최소-최대농도

① 산지별

Co의 16종 한약재의 최소-최대농도는 표 3-4과 같다.

과실류 한약재 중 한국산의 최소-최대농도는 0.01~0.51ppm, 중국산은 0.00~0.54ppm이었으며, 뿌리류 한약재 중 한국산은 0.01~0.76ppm, 중국산은 0.02~0.54ppm이었으며 그리고 뿌리줄기 및 기생근류 한약재 중 한국산은 0.03~0.50ppm, 중국산은 0.01~0.47ppm이었다.

② 약재별

약재별 Co의 최소-최대는 과실류 중 구기자는 0.02~0.20ppm 대추는 0.00~0.07ppm, 산수유는

0.00~0.54ppm, 0.0%, 오미자는 0.01~0.09ppm, 지각은 0.02~0.22ppm, 진피는 0.01~0.15ppm이었으며, 뿌리류 중 당귀는 0.09~0.76ppm, 백작약은 0.03~0.16ppm, 백출은 0.04~0.40ppm, 산약은 0.01~0.28ppm, 인삼은 0.03~0.35ppm, 황기는 0.04~0.30ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류 중 백복령은 0.02~0.15ppm, 생강은 0.01~0.42ppm, 숙지황은 0.04~0.27ppm 천궁은 0.11~0.50ppm이었다.

(5) Cr의 최소-최대농도

① 산지별

Cr의 16종 한약재의 최소-최대농도는 표 3-5와 같다.

과실류 한약재 중 한국산의 최소-최대농도는 0.00~5.28ppm, 중국산은 0.00~1.56ppm이었으며, 뿌리류 한약재 중 한국산은 0.04~1.94ppm, 중국산은 0.00~1.44ppm이었으며 그리고 뿌리줄기 및 기생근류 한약재 중 한국산은 0.00~5.46ppm, 중국산은 0.04~2.03ppm이었다.

Table 3-5. Lowest, highest and percent exceeding value of legal allowance of Cr in korean and chinese origins according to medicinally active part

Unit : ppm

부위 약재	과실류							뿌리류						뿌리줄기 및 기생근류				전체 최소- 최대 허용 농도 (초과 %)		
	구기 자	대추	산수 유	오미 자	지각	진피	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	당귀	백작 약	백출	산약	인삼	황기	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)	백복 령	생강	숙지 황		천궁	최소- 최대 허용 농도 (초과 %)
한국	0.08~ 0.80	0.00~ 1.01	0.30~ 5.28	0.01~ 0.89	0.35~ 0.79	0.12~ 0.94	0.00~ 5.28	0.20~ 1.08	0.10~ 1.29	0.27~ 1.94	0.04~ 0.95	0.11~ 0.83	0.10~ 1.21	0.04~ 1.94	0.07~ 0.73	0.08~ 2.14	0.16~ 5.46	0.00~ 0.95	0.00~ 5.46	0.00~ 5.46
중국	0.00~ 0.70	0.36~ 1.56	0.04~ 0.72	0.04~ 0.91	0.01~ 0.96	0.33~ 1.20	0.00~ 1.56	0.37~ 1.03	0.00~ 0.63	0.16~ 1.21	0.00~ 0.81	0.16~ 0.93	0.09~ 1.44	0.00~ 1.44	0.04~ 2.03	0.04~ 0.90	0.26~ 1.77	0.22~ 0.98	0.04~ 2.03	0.00~ 2.03
합계	0.00~ 0.80	0.00~ 1.56	0.04~ 5.28	0.01~ 0.91	0.01~ 0.96	0.12~ 1.20	0.00~ 5.28	0.20~ 1.08	0.00~ 1.29	0.16~ 1.94	0.00~ 0.95	0.11~ 0.93	0.09~ 1.44	0.00~ 1.94	0.04~ 2.03	0.04~ 2.14	0.16~ 5.46	0.00~ 0.98	0.00~ 5.46	0.00~ 5.46

* Legal regulation for Cr was not established yet

② 약재별

약재별 Cr의 최소-최대는 과실류 중 구기자는 0.00~0.80ppm 대추는 0.00~1.56ppm, 산수유는 0.04~5.28ppm, 오미자는 0.01~0.91ppm, 지각은 0.01~0.96ppm, 진피는 0.12~1.20ppm이었으며, 뿌리류 중 당귀는 0.20~1.08ppm, 백작약은 0.00~1.29ppm, 백출은 0.16~1.94ppm, 산약은 0.00~0.95ppm, 인삼은 0.11~0.93ppm, 황기는 0.09~1.44ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류 중 백복령은 0.04~2.03ppm, 생강은 0.04~2.14ppm, 숙지황은 0.16~5.46ppm 천궁은 0.00~0.98ppm이었다.

농도는 큰 차이를 보이지 않았다. 약용부위별로 관찰하였을 때 과실류의 경우 한국산은 0.22±0.46ppm, 중국산은 0.22±0.47ppm으로 나타났으며, 뿌리류에서는 한국산이 0.21±0.27ppm, 중국산이 0.23±0.29ppm으로 중국산이 약간 높지만 역시 큰 차이는 없었다. 뿌리줄기 및 기생근류에서는 국산이 0.27±0.32ppm, 중국산이 0.26±0.29ppm으로 거의 차이가 없었다. As의 경우는 과실류, 뿌리류, 뿌리줄기류의 차이가 다른 금속에 비해 낮아 별 차이가 없었다.

Cd의 경우 전체 평균은 0.11±0.20ppm로 법적 허용농도인 0.3ppm보다 낮게 분석되었으며, 국산(0.11±0.16ppm)과 중국산(0.12±0.25ppm)의 평균농도도 거의 차이가 없었다. 약용부위별로는 과실류의 경우 한국산은 0.04±0.07ppm, 중국산은 0.04±0.08ppm으로 비슷한 평균을 보였으며, 뿌리류의 경우 국산은 0.18±0.20ppm, 중국산은 0.20±0.34ppm으로 나타났으며, 뿌리줄기 및 기생근류에서는 국산이 0.09±0.15ppm, 중국산이 0.12±0.24ppm으로 나타났다. Cd의 경우 전반적으로 국산과 중국산의 차이는 없으나, 약용부위

3. 고찰

1) 중국산과 한국산의 약용부위별 금속농도 평균비교

As의 경우 전체 평균은 0.23±0.36ppm로 법적 허용농도인 3ppm보다 낮은 수준이었으며, 국산(0.23±0.41ppm)과 중국산(0.23±0.25ppm)의 평균

별로 관찰하였을 때 과실류와 뿌리줄기에 비해 뿌리를 약용으로 사용하는 당귀, 백출 등의 약재에서 Cd의 함량이 더 높은 것으로 나타났다.

Pb의 경우 전체 평균은 0.58 ± 1.20 ppm로 법적 허용농도 5ppm에 비해 낮았다. 국산(0.57 ± 1.07 ppm)과 중국산(0.61 ± 1.40 ppm)의 비교에서도 중국산이 약간 높지만 큰 차이를 보이지는 않았다. 약용부위별로는 과실류에서 국산의 평균이 0.30 ± 0.37 ppm, 중국산이 0.43 ± 0.64 ppm으로 나타나 중국산이 약간 높았고, 뿌리류에서는 국산이 0.86 ± 1.56 ppm, 중국산이 0.93 ± 1.21 ppm으로 나타났다. 뿌리줄기 및 기생근류에서는 국산이 0.48 ± 0.63 ppm, 중국산이 0.40 ± 0.64 ppm으로 나타났다. 과실류와 뿌리류에서는 중국산이 약간 높게 검출되었고, 뿌리줄기류에서는 국산이 약간 높았으나 평균비교에서 의미를 부여할 만한 차이가 나지는 않았다. Cd의 경우와 같이 Pb도 뿌리류의 금속 검출량이 과실류와 뿌리줄기류보다 높았다.

Co의 경우 전체 평균은 0.12 ± 0.12 ppm, 국산이 0.13 ± 0.12 ppm, 중국산이 0.11 ± 0.10 ppm이었으며, 과실류에서는 국산이 0.07 ± 0.08 ppm, 중국산이 0.07 ± 0.08 ppm으로 거의 같았다. 뿌리류에서는 국산평균이 0.16 ± 0.13 ppm, 중국산이 0.15 ± 0.11 ppm이었으며, 뿌리줄기 및 기생근류에서는 국산이 0.14 ± 0.11 ppm, 중국산이 0.14 ± 0.11 ppm으로 나타나 큰 차이가 없었다. 뿌리류와 뿌리줄기류의 평균농도가 과실류와 비교하여 높게 검출되었다.

Cr의 경우 전체 평균은 0.51 ± 0.58 ppm, 국산 평균은 0.54 ± 0.67 ppm, 중국산은 0.46 ± 0.40 ppm으로 나타났으며, 과실류의 Cr는 국산이 0.56 ± 0.79 ppm, 중국산이 0.40 ± 0.33 ppm으로 국산이 중국산에 비해 약간 높았으나 크게 차이 나지 않았다. 뿌리류는 국산이 0.46 ± 0.35 ppm, 중국산이 0.46 ± 0.36 ppm로 거의 동일하였고, 뿌리줄기 및 기생근류에서는 국산이 0.63 ± 0.85 ppm, 중국산이 0.55 ± 0.54 ppm으로 나타나 국산이 약간 높게 나타났다.

Cr의 경우에는 약용부위별 평균농도에는 별 차이가 없었다.

국산과 중국산 한약재의 중금속농도를 비교하여 보았을 때 전체 평균과 약용부위별 평균에서는 약간의 차이는 있으나 전반적으로 한국산과 중국산이 크게 차이를 나타낸다고 볼 수 없었다. 다만, 사용하는 약용부위에 따라서 다른 약용부위에 비해 차이를 보이는 경우가 있었는데, As와 Cr의 경우는 약용부위별로 차이가 거의 없었고, Cd, Pb는 뿌리류가 과실류나 뿌리줄기류에 비해 2배에서 5배까지 높은 결과를 보였으며, Co의 경우는 뿌리류와 뿌리줄기류가 과실류에 비해 약 2배 정도 높게 분석되었다.

Cd의 경우에 과실류의 평균은 0.04 ± 0.07 ppm이었는데 비해 뿌리류는 0.19 ± 0.26 ppm으로 나타나 비교적 높았으며, Pb의 경우에도 뿌리류의 경우 0.89 ± 1.77 ppm으로 과실류 평균 0.36 ± 0.50 ppm과 뿌리줄기 및 기생근류 0.45 ± 0.63 ppm에 비해 비교적 높았다. 이러한 결과는 약용부위에 따른 개별중금속의 합에서 줄기류(2.046) > 잎류(1.886) > 화류(1.874) > 표피류(1.377) > 뿌리류(1.165) > 뿌리줄기류(1.116) > 열매류(0.838) > 버섯류(0.729) > 종자류(0.646)의 순으로 중금속 함량이 높은 것으로 조사된 기존의 연구¹³⁾와 일치하였다. 이러한 현상이 일어나는 원인에 대해서 과실류에 비해 뿌리류의 한약재들은 대부분 토양과 직접적으로 접촉하고 있고, 다년생 식물이 많아 오랫동안 토양과 접촉하기 때문이라 할 수 있다. 또한, 박 등¹⁴⁾은 재배토양의 금속농도와 한약재의 금속농도가 몇몇의 금속에서 비례하며, 이는 금속의 특성에 따라 다르다고 하였는데 이를 설명하는 예가 될 수 있을 것이다. 이외에 As, Cr의 경우는 뿌리류가 다른 금속에 비해 높은 농도를 보이고 있지는 않았는데, 이러한 금속간의 차이는 금속마다 다른 특성에 기인한 것으로 생각된다.

중국산과 한국산의 중금속 농도에 대해서는 많은 연구에서 중국산의 중금속 검출량이 한국

산보다 높다는 연구결과를 나타내고 있다. 한¹⁵⁾은 다용한약재의 중금속을 분석하여 한국산과 중국산을 나누었을 때 중국산의 중금속 농도가 더 높다고 하였고, 서울지역¹³⁾과 경기지역¹⁶⁾에서 유통되는 한약재를 검사한 결과에서도 유사한 결과들을 보이고 있다. 하지만, 근래에는 큰 차이가 없다는 연구도 있는데, 위와 비슷한 시기에 조사된 광주지역¹⁷⁾과 전라남도¹⁸⁾에서 유통되는 한약재 검사결과에서는 중국산과 한국산의 차이를 보이지 않았다. 본 연구결과에서도 한국산과 중국산의 차이는 거의 없는 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 약재의 특성 및 재배지역의 차이와 분석방법 또는 시간적인 차이 등 다양한 원인에 의한 것일 수 있다. 다만, 약용부위에 따른 차이가 있었으며, 이러한 차이는 각 약재에 따라서도 달랐다.

2) 한약재 간의 비교

한국산과 중국산의 산지별 비교에서는 큰 차이가 없었지만 약용부위에 따라서 차이가 있었으며, 더 나아가 각 약재에 따라서도 다른 분포를 보이고 있다.

Cd의 경우 뿌리류의 평균이 $0.19 \pm 0.26 \text{ppm}$ 으로 과실류와 뿌리줄기 및 기생근류의 평균에 비해 비교적 높는데 이 중 백출과 당귀가 각각 $0.50 \pm 0.45 \text{ppm}$, $0.24 \pm 0.16 \text{ppm}$ 으로 다른 약재에 비해 비교적 높았다.

Pb의 경우 뿌리류의 평균이 $0.89 \pm 1.77 \text{ppm}$ 로 다른 부위에 비해 높았는데, 이 중 당귀가 $0.91 \pm 2.00 \text{ppm}$, 백출이 $2.54 \pm 3.14 \text{ppm}$ 으로 나타나 다른 약재에 비해 비교적 평균이 높았다.

Co의 경우 뿌리류의 평균이 $0.16 \pm 0.13 \text{ppm}$ 으로 다른 부위에 비해 높았는데, 이 중 당귀가 $0.32 \pm 0.16 \text{ppm}$, 백출이 $0.22 \pm 0.11 \text{ppm}$ 으로 비교적 높게 나타났으며, 뿌리줄기 및 기생근류의 천궁도 $0.26 \pm 0.12 \text{ppm}$ 으로 다른 한약재에 비해 높게 조사되었다.

Cr의 경우 숙지황이 $0.97 \pm 1.26 \text{ppm}$ 으로 타 약재보다 비교적 높았다.

이러한 결과는 대개 뿌리부위를 약재로 사용하는 경우 약재와 토양이 직접 접촉하고 있으므로 토양의 중금속이 뿌리로 이행할 가능성이 높고, 다년생 초본식물이어서 당귀의 경우는 보통 3년,¹⁹⁾ 백출의 경우도 2~3년 이상¹⁹⁾ 토양에서 자란 식물을 채집하여 약재로 사용하므로 토양과 접촉할 시간이 길기 때문인 것으로 생각된다.

재배토양의 중금속과 한약재의 중금속 함량에 대해서는 일부 금속에서 상관관계가 있다는 연구결과²⁰⁾와 약용부위별로 중금속 함량이 다르다는 연구결과¹³⁾에서 알 수 있듯이 이러한 약재별 차이는 토양과 약재의 차이에 기인한 것으로 보인다.

3) 법적 허용농도 초과비율

As의 법적 허용농도는 3ppm인데, 샘플 대상 중에 법적 허용농도를 초과하는 비율은 전체 샘플 중 0.3%였으며, 국산이 0.6%, 중국산이 0.0%로 나타났다. 거의 대부분의 한약재가 법적 허용농도 범위내에 있었으나, 국산 구기자의 9.0%가 허용치인 3ppm을 초과하였다.

Cd의 경우 허용농도는 계지, 목향, 백출, 사삼, 사상자, 속단, 아출, 애엽, 용담, 우슬, 육계, 인진호, 창출, 포공영, 향부자가 0.7ppm로 개별 규정되어 있고, 세신 등 5개 품목은 1.0ppm으로 규정되어 있으며, 기타 다른 품목은 0.3ppm으로 규정이 약재에 따라 다르다. 본 연구의 샘플에서는 법적 허용농도에 따라 백출의 기준을 0.7ppm으로 하였고, 기타 다른 품목은 0.3ppm으로 하여 초과비율을 산출하였다. 그 결과 Cd는 전체 8.4%가 허용치를 초과하였고, 이 중 국산은 6.8%, 중국산은 10.8%로 나타났다. 천궁은 전체의 33.3%가 허용치를 초과하고 있었고, 이 중 중국산은 75.0%, 국산은 21.4%가 허용치를 초과하여 가장 높은 비율을 보였다. 이어서 당귀

는 전체의 30.0%가 허용치를 초과하였고, 이중 중국산은 50.0%, 국산은 21.4%가 허용치를 초과하였다.

Pb의 법적 허용치는 5ppm인데, 조사대상의 대부분이 허용치내에 있어 초과비율은 전체의 0.1%에 불과하였다. 그러나 백출의 경우 국산은 11.1%, 중국산은 20.0%가 허용치를 초과하였다.

Co는 법적 허용치가 따로 정해져 있지 않아 초과비율을 산출하지 못했으나 대개 0.00~0.76 ppm의 범위 내에서 분포하고 있었다. Cr도 허용농도규정이 정해져 있지 않아 초과비율을 산출하지 못하였고, 0.00~5.56ppm의 범위 내에서 분포하였다.

이러한 결과를 종합하여 보면, 연구 대상의 16종 한약재의 금속 농도는 중국산과 한국산의 차이가 거의 없는 것으로 보이며, 오히려 약용부위와 약재에 따라 차이를 보이고 있었다. 일부 한약재의 경우 법적 허용농도를 초과하였으며, 지속적인 모니터링을 통해 한약재 안전성을 유지해야 한다.

III. 결론

한국에서 다용하는 16종 한약재(황기, 인삼, 진피, 지각, 당귀, 천궁, 백작약, 숙지황, 생강, 대추, 백출, 백복령, 산약, 산수유, 오미자, 구기자)를 한국 및 중국산 약재별로 구분하여 As, Cd, Pb, Co, Cr의 평균농도, 최소-최대농도와 법적 허용농도초과비율을 산지에 따라 그리고 산지에 상관없이 특성을 비교분석하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1) 산지별 As, Cd, Pb, Co, Cr의 평균농도

(1) 금속별 농도

As농도는 한국산이 0.23±0.41ppm, 중국산이 0.23±0.25ppm, Cd농도는 한국산이 0.11±0.16ppm,

중국산이 0.12±0.25ppm, Pb농도는 한국산이 0.57±1.07ppm, 중국산이 0.61±1.40ppm, Co농도는 한국산이 0.13±0.12ppm, 중국산이 0.11±0.10ppm, 그리고 Cr농도는 한국산이 0.54±0.67ppm, 중국산이 0.46±0.40ppm이었다.

(2) 최소-최대농도 및 법적 허용농도초과비율

As의 한국산은 0.00~4.21ppm, 0.6%, 중국산은 0.00~1.04ppm, 0.0%였으며 산지별 최소-최대 농도는 한국산이 중국산에 비해 범위가 컸으며, 한국산 중 구기자 중 9.0%가 법적 허용농도를 초과하였다. Cd의 한국산은 0.00~0.91ppm, 6.8%, 중국산은 0.00~1.62ppm, 10.8%였으며 한국산에 비해 중국산이 범위가 컸으며 법적 허용농도초과도 높았다. Pb의 한국산은 0.00~9.31ppm, 1.1%, 중국산은 0.00~12.62ppm, 1.8%였으며 한국산과 중국산의 최소-최대범위와 법적 허용농도초과는 차이가 없었다. Co의 전체 최소-최대농도는 한국산은 0.00~0.76ppm, 중국산은 0.00~0.54ppm였으며 Cr의 한국산은 0.00~5.46ppm, 중국산은 0.00~2.03ppm이었으며 그러나 현재 Co, Cr의 법적 허용농도규정이 없어 비교할 수 없었다.

2) 산지에 상관없이 약용부위 및 약재별 As, Cd, Pb, Co, Cr의 평균농도, 최소-최대농도와 법적 허용농도초과비율

(1) 금속에 따른 약용부위별 평균농도

As의 과실류 평균농도는 0.21±0.45ppm, 뿌리류는 0.22±0.27ppm, 뿌리줄기 및 기생균류는 0.26±0.32ppm이며 모든 약재의 전체평균은 0.23±0.36ppm이었으며, Cd의 과실류 평균농도는 0.04±0.07ppm, 뿌리류는 0.19±0.26ppm, 뿌리줄기 및 기생균류는 0.10±0.18ppm이며 모든 약재의 전체평균은 0.11±0.20ppm이었다. Pb의 과실류 평균농도는 0.36±0.50ppm, 뿌리류는 0.89±1.77ppm, 뿌리줄기 및 기생균류는 0.45±0.63ppm이며 모

든 약재의 전체평균은 $0.58 \pm 1.20 \text{ppm}$ 이었으며, Co의 과실류 전체평균은 $0.07 \pm 0.08 \text{ppm}$, 뿌리류는 $0.16 \pm 0.13 \text{ppm}$, 뿌리줄기 및 기생균류는 $0.15 \pm 0.12 \text{ppm}$ 이며, 모든 약재의 전체평균은 $0.12 \pm 0.12 \text{ppm}$ 이었다. Cr의 과실류 전체평균은 $0.49 \pm 0.64 \text{ppm}$, 뿌리류는 $0.46 \pm 0.35 \text{ppm}$, 뿌리줄기 및 기생균류는 $0.60 \pm 0.75 \text{ppm}$ 이며, 모든 약재의 전체평균은 $0.51 \pm 0.58 \text{ppm}$ 이었다.

(2) 약용부위별 최소-최대농도 및 법적 허용농도초과비율

As의 과실류는 $0.0 \sim 4.21 \text{ppm}$, 1.6%였으며, 뿌리류는 $0.00 \sim 1.68 \text{ppm}$, 0.0%였으며, 그리고 뿌리줄기 및 기생균류는 $0.00 \sim 1.53 \text{ppm}$, 0.00%였다. Cd의 과실류는 $0.00 \sim 0.31 \text{ppm}$, 0.9%였으며, 뿌리류는 $0.00 \sim 1.62 \text{ppm}$, 12.5%였으며, 그리고 뿌리줄기 및 기생균류는 $0.00 \sim 0.80 \text{ppm}$, 12.9%였다. Pb의 과실류는 $0.00 \sim 2.35 \text{ppm}$, 0.0%였으며, 뿌리류는 $0.00 \sim 12.62 \text{ppm}$, 3.6%였으며, 그리고 뿌리줄기 및 기생균류는 $0.00 \sim 2.83 \text{ppm}$, 0.0%였다. Co의 과실류는 $0.00 \sim 0.54 \text{ppm}$ 이었으며, 뿌리류는 $0.01 \sim 0.76 \text{ppm}$ 이었으며, 그리고 뿌리줄기 및 기생균류는 $0.01 \sim 0.50 \text{ppm}$ 이었다. Cr의 과실류는 $0.00 \sim 5.28 \text{ppm}$ 이었으며, 뿌리류는 $0.00 \sim 1.94 \text{ppm}$ 이었으며, 그리고 뿌리줄기 및 기생균류는 $0.00 \sim 5.46 \text{ppm}$ 이었다.

따라서 한국에서 다용하는 16종 한약재의 As, Cd, Pb, Co, Cr 금속농도는 한국산이나 중국산에 따라 큰 차이가 없었으나 약용부위나 약재별 차이는 산지에 따라 상당한 차이가 있었으며 일부 약재는 법적 허용농도를 초과하였다. 앞으로 이 분야에 대한 좀 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2012년 상지대학교 교내연구비 지

원에 의해 이루어졌음

참고문헌

1. Sun-Dong Lee, Jeong-Suk Lee, Myung-Dong Kim. Urine and Hair Metal Correlation in Subjects with Long Term Intake of Herbal Medicine. *Journal of Oriental Preventive Medical Society*. 2002; 6(1) : 129-139
2. Sun-Dong Lee, Jin-Yong Jung, Kyung-Ho Choi, Jong-Tae Lee, Hae-Mo Park, Heon-Tae Shin. Risk Analysis and Estimating Consumption of Heavy Metal from Intake of Oriental Medicines. *J. Env. Hlth. Sci*. 2010; 36(1) : 14~19
3. Jung-Yeol Lee, Sun-Dong Lee. Comparison of Blood Metal Concentration in Ohjeok-san Treated Rats - Dose-Response Relationship and Mechanism. *J Korean Oriental Med*. 2002; 23(1) : 67-82
4. Massaro, E.J. Handbook of Human Toxicology. Boca Raton Press, New York. 1990. p149-188
5. 보건복지부 고시 1996-26호, 한약재 품질 및 유통관리. 1996.
6. 식품의약품안전청. 생약 등의 잔류·오염물질 기준 및 시험방법 개정고시 제2011-42호(2011. 08. 22, 개정)
7. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives(JECFA) : Safety Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. WHO Food Additives Series 44. International Programme on Chemical Safety and WHO, GENEVA. 2000. p273-39
8. Suk-Kyung Ko, Hyun-Jeung Seung, Young-Me Song, In-sil Yu, Sung-Min Choi, Hee-

- Gon Kang. Contents of Heavy Metals of Commercial Herbal Medicines in Seoul Area. *Report of Seoul Institute of Health & Environment*. 2003; 39: 31-43
9. 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, Byung-Hyun Choi. Monitoring of Heavy Metal in Herbal Medicines from Markets in Seoul by ICP-MS. *Report of Seoul Institute of Health & Environment*. 2007; 43: 226-246
 10. Eun-Jung Han, Dong-Gyu Kim, Chang-Ho Han, Ouk-Hee Kim, Jae-Eun Kwak, Sam-Ju Jung, Bog-soon Kim, Byung-Hyun Jung. Heavy Metal Contents of Herbal Medicines in Common Use for Food and Medicine from Markets in Seoul. *Report of Seoul Institute of Health & Environment*. 2008; 44: 126-139
 11. 한국보건사회연구원. 한방 의료이용 및 한약 소비 실태조사. 보건복지부. 2011. p328-348
 12. 환경부. 환경시험·검사 QA/QC 핸드북. 국립환경과학원. 2011.
 13. Sam-Ju Jung, Sung-Tae Kang, Chang-Ho Han, Su-Jin Kim, Suk-Kyung Ko, Yun-Hee Kim, Yoo-Kyung Kim, Bog-Soon Kim, Byung-Hyun Choi. Survey of Heavy Metal Contents and Intake Rates after Decoction in Herbal Medicines Classified by Parts. *J. Fd Hyg. Safety*. 2010; 25(4): 402-409
 14. Moon-Ki Park, Hyeun-Jeung Lee, Kwang-Joong Kim, Young-Soo Moon. The Correlation of Heavy Metal Contents in Herbal Medicines and Their Soils at North Gyeongbuk Area. *Journal of the Environmental Sciences*. 2005; 14(2): 185-192.
 15. Sang-Baek Han. Heavy Metal Concentrations of Herbal Medicines Produced in Korea, China and Other Countries. Thesis of Master degree in Oriental Medicine. Sangji University. 1998
 16. Il-Hyung Jeong, Jong-Hwa Kim, Jong-Sup Jeon, Sang-Hun Cho, Shin-Hee Park, Hyun-Ye Jo, Young-Sug Kim. Safety Assessment of Oriental Medicines and Their Preparations. *J. Fd Hyg. Safety*. 2010; 25(3): 232-237
 17. Hyang-Hee Lee, Jung-Mi Seo, Mu-Sul Oh, In-Sook Gang, Jong-Jin Park, Kye-Won Seo, Dong-Ryong Ha, Eun-Sun Kim. A Survey on Harmful Materials of Commercial Medical Herb in Gwangju Area. *J. Fd Hyg. Safety*. 2010; 25(2): 83-90
 18. Mi-Kyung Lee, Jung-Suk Park, Hyun-Cheol Lim, Hwan-Sik Na. Determination of Heavy Metal Contents in Medicinal Herb. *Korean J. Food Presserv.* 2008; 15(2): 253-260
 19. 중약대사전 편찬위원회. 중약대사전 1권. 도서출판 정담. 2004. p888, 1707
 20. Kim Kwnag Joong, Yang Chae Ha, Kwon Yong Kyu, Lee Hyeun Jeung. Studies on the Heavy Metal Contents in Cultivated Herbal Medicines and Their Soils at North Kyungbuk Area. *Korean J. Oriental Physiology & Pathology*. 2003; 17(3): 1419-1426