

원저

한국 및 중국산 산양삼의 중금속 오염도 측정

김종윤* · 김병우* · 권기록**

* 상지대학교 한의과대학 내과학교실

** 상지대학교 한의과대학 침구학교실

A study on Heavy Metal Contents in Cultivated Wild Ginseng from Korea and China

Jong-Yoon, Kim* · Byung-Woo, Kim* · Ki-Rok Kwon**

* Dept. of Internal Medicine, Korean Medical College, Sangji University

** Dept. of Acupuncture & Moxibustion, Korean Medical College, Sangji University

Abstract

Objectives : Heavy metal contents in cultivated wild ginseng from Korea and China were evaluated for the safety purpose.

Methods : Arsenic (As), cadmium (Cd), lead (Pb), mercury (Hg), copper (Cu), chromium (Cr), and selenium (Se) from the root, stem, and leaves of the Korean cultivated wild ginseng and the root of the Chinese cultivated wild ginseng were analyzed for the existence of heavy metal contents.

Results : Most of heavy metals weren't detected in all the samples. Copper and lead were found in very minute volume and didn't reach the toxic concentration level of 10mg/kg. Samples used in the test were grown in non-contaminated areas, free from heavy metal contamination.

Conclusions : Based on above results, cultivated wild ginseng from Korea and China are relatively safe from the heavy metal exposure. But for more rigorous quality control, an epidemiological survey using the samples from more diverse areas should be conducted.

Key words : Heavy metal, cultivated wild ginseng, As, Pb, Cd, Hg, Cu, Se

1. 서론

산삼은 오가피과에 속한 다년생 초본인 인삼이 야생 상태에서 자연 발아하여 성장한 삼을 일컬으며, 산양삼은 산삼의 씨앗이나 유삼을 인위적으로 산에서 재배한 삼을 말한다¹⁾. 현재 국내에서도 산양삼을 재배하는 곳이 점차 확산되고 있고, 자연친화적인 재배환경에서 자

란 산양삼이 건강증진과 질병예방에 좋은 효과가 있다는 인식이 일반인에게도 많이 알려져 미래의 한방산업에 고부가가치 품목으로 성장할 잠재력이 큰 자원으로 기대되고 있다.

약사법에 명시된 한약재라 함은 '한약' 또는 '한약재'를 제조하기 위하여 원료로 사용되는 생약으로 원료의약품에 해당된다고 할 수 있으며, 그 목적에 합당한 품질 관리를 해야 한다²⁾. 현재 산양삼은 아직 특정 제품이 개발되어 판매되거나 한약재 등에 사용되기 보다는 농산물의 형태로 직접 소비자에게 판매되는 형태를 취하고 있기 때문에 이에 대한 품질 관리 등의 보고

* 교신저자 : 권기록, 강원도 원주시 우산동 283
상지대학교 부속 한방병원 침구과
(Tel : 033-741-9257 E-mail: beevenom@paran.com)

가 이루어진 적이 없었다.

식품의약품 안전청에서는 생약의 유해물질 허용기준 및 시험방법을 규제한 식품의약품안전청 고시 제 2001-50호(2001)에 중금속의 허용기준³⁾을 제시하고 있는데, 그 기준을 중금속의 종류별로 구분하지 않고 전체의 함량을 합산한 총량으로 허용기준을 30ppm으로 정하고 있다.

일반적으로 안전성에 문제를 일으킬 수 있는 중금속은 극히 미량일지라도 인체의 기능장애를 유발할 수 있는 유독금속인 비소(As), 납(Pb), 카드뮴(Cd), 수은(Hg) 등과 발암성, 돌연변이성 측면에서 유전자에 영향을 미칠 수 있는 유전독성 금속 등이 있다⁴⁾.

따라서 본 연구에서는 산양삼과 산삼약침의 안전성 확보를 위한 일환으로 한국과 중국에서 생산되는 산양삼의 유독 금속과 유전독성 금속들 함량 분석을 시행한 결과 유의한 결론을 얻어 이에 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 산양산삼은 한국산과 중국산을 이용하였다. 국내산은 충남 서천시에 있는 ChonBang-NongSan에서 재배한 수령 10년근(1995년 파종)을 사용하여 뿌리, 줄기 앞의 부위별 오염도를 측정하였고, 경북 영주시에서 재배한 수령 8-12년의 산양삼 뿌리와 수령 10년의 중국산(길림성 무송시)은 뿌리만 실험에 사용하였다(Fig. 1-3). 실험에 사용하기 전 모든 시료들은 흐르는 물에 깨끗이 씻어서 흙을 제거한 후 종류별로 3개의 샘플을 대상으로 분석하였다.



Fig. 1 Cultivated wild ginseng 10 years old. Seeded in 1995 at ChonBangNongSan and harvested on Aug. 24, 2005.

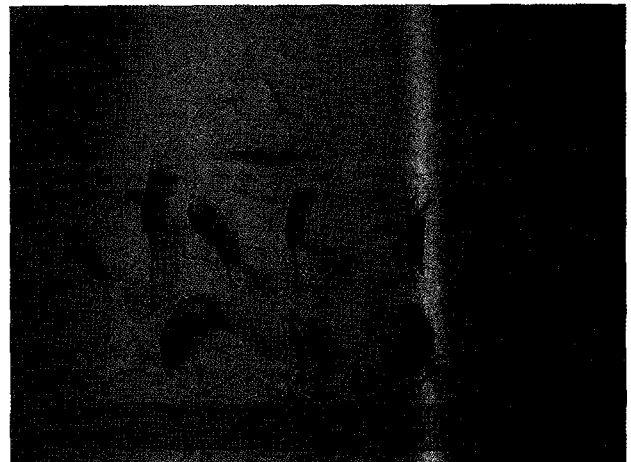


Fig. 2 Cultivated wild ginseng in youngjoo co. These ginsengs are 8-12 years old.



Fig. 3 Chinese cultivated wild ginseng from Changbai Mt. at the altitude of 1600m in Jilin, China. Seeded in 1995 and purchased on Sept. 4, 2005.

2. 방법

산삼 시료중의 중금속 총합량을 측정하기 위해 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency: EPA)의 실험방법 중에서 유기물이 많은 것을 고려하여 SW-846 3050B의 방법에 따라 전처리하였다(Fig. 4). 실험에 사용한 여과지는 Whatman GF/B를 사용하였고, 시약은 모두 특급시약을 사용하였다. 표준시약은 Junsei사에서 구입하여 미량 피펫으로 희석하여 사용하였고, 실험에 사용된 증류수는 RO system을 통해 재 여과하여 사용하였다.

본 실험에서는 중금속 농도를 측정하기 위해 시료를 1~2g 정도 취하여 질산 (1+1) 10ml를 가해 95°C에서 10~15분간 가열한 후 질산원액 5ml를 첨가하여 30분간 95°C에서 분해한 후 질산화 반응을 통해 일부 분해

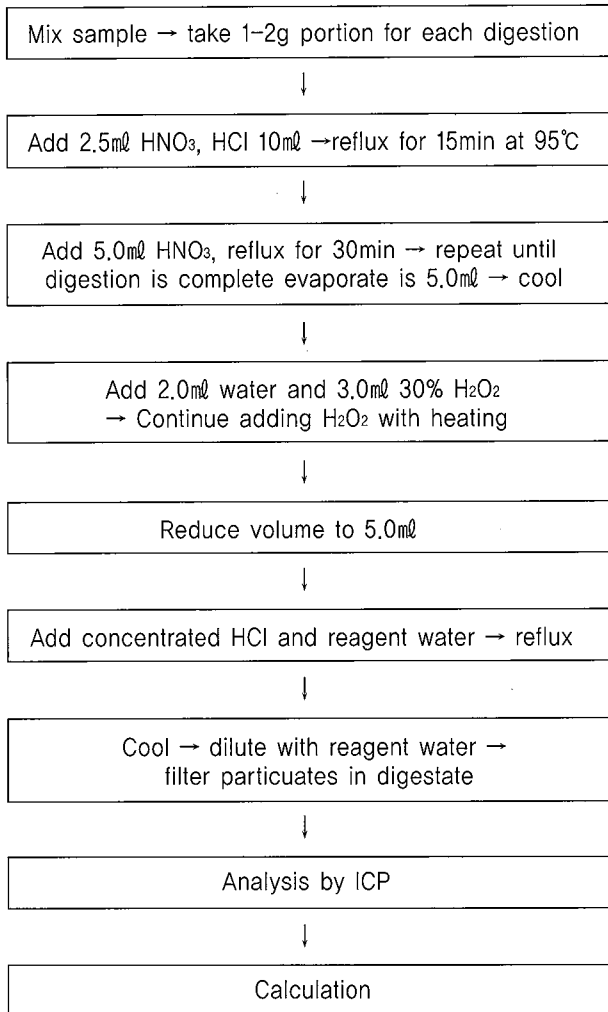


Fig. 4 Procedure of method 3050B.

되지 않은 시료를 처리하기 위해 1회 반복하였다. 잔여 유기물을 완전히 분해시키기 위해 30% 과산화수소 1~3 ml를 첨가하였으며 이를 수회 반복하였고, 이 때 가해진 과산화수소는 총 10 ml를 넘지 않도록 하였으며, 최종 분해한 액을 여과하여 ICP-MS(ICP-MS, Varian)로 측정하였다.

III. 결 과

1. 비소(As)의 함량 분석

국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 비소의 함량을 분석한 결과 국내산 산양삼의 잎과 줄기에서는 전혀 검출되지 않았고, 모든 시료에서 0.1ppm 이하의 극히 미세한 양의 비소가 검출되어 안전에 문제가 없음을 알 수 있었다(Table 1., Fig. 5).

Table 1. Contents of As in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs

	(unit: mg/kg; ppm)
Leaves	0.00±0.00
Stems	0.00±0.00
Roots	0.08±0.02
Youngjoo	0.03±0.01
Chinese	0.05±0.02

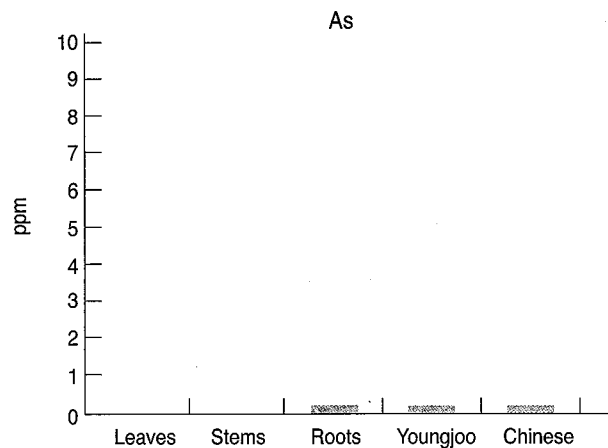


Fig. 5 Contents of As in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs.

2. 카드뮴(Cd)의 함량 분석

국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 카드뮴의 함량을 분석한 결과 국내산 산양삼의 잎에서는 전혀 검출되지 않았고, 줄기에서는 0.27ppm이 검출되었으며 뿌리에서는 모든 시료에서 0.1ppm 전후의 극히 미세한 양의 카드뮴이 검출되어 안전에 문제가 없음을 알 수 있었다(Table 2., Fig. 6).

Table 2. Contents of Cd in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs

	(unit: mg/kg; ppm)
Leaves	0.00±0.00
Stems	0.27±0.08
Roots	0.13±0.04
Youngjoo	0.04±0.01
Chinese	0.11±0.03

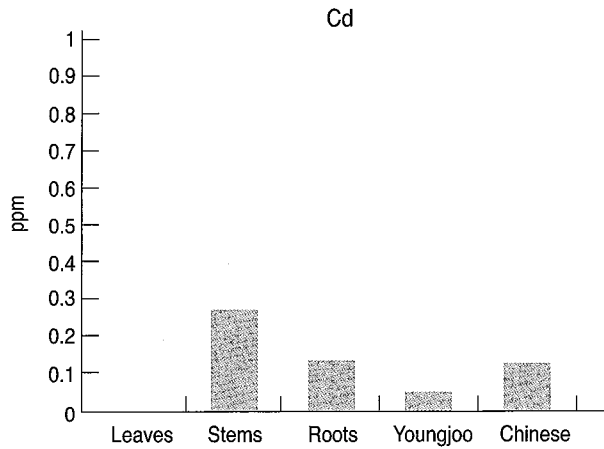


Fig. 6 Contents of Cd in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs.

3. 크롬(Cr)의 함량 분석

국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 크롬의 함량을 분석한 결과 국내산 산양삼의 잎, 줄기, 뿌리에서는 전혀 검출되지 않았고, 중국산 산양삼에서는 0.26ppm이 검출되었으나 유해한 수준의 양은 아니어서 안전에 문제가 없음을 알 수 있었다 (Table 3., Fig. 7).

Table 3. Contents of Cr in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs

	(unit: mg/kg; ppm)
Leaves	0.00±0.00
Stems	0.00±0.00
Roots	0.00±0.00
Youngjoo	0.00±0.00
Chinese	0.26±0.11

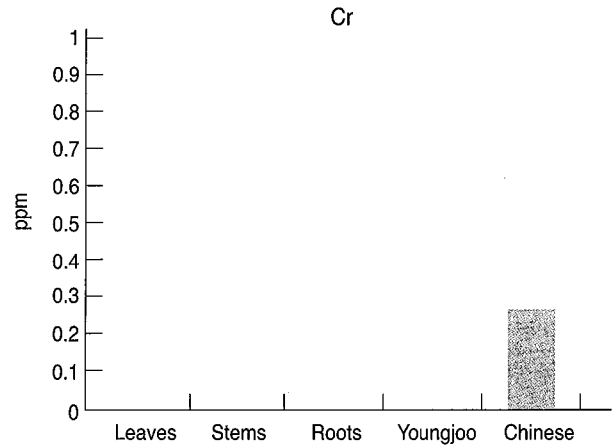


Fig. 7 Contents of Cr in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs.

4. 구리(Cu)의 함량 분석

국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 구리의 함량을 분석한 결과 국내산 산양삼의 잎에서는 3.76ppm, 줄기에서는 3.80ppm, 뿌리에서는 3.39ppm이 검출되었고, 영주의 삼에서는 2.57ppm이 검출되었으며, 중국산에서는 6.33ppm이 검출되어 중국산에 구리의 함량이 많음을 알 수 있었다(Table 4., Fig. 8).

Table 4. Contents of Cu in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs

	(unit: mg/kg; ppm)
Leaves	3.76±1.12
Stems	3.80±1.02
Roots	3.39±1.25
Youngjoo	2.57±0.88
Chinese	6.33±1.77

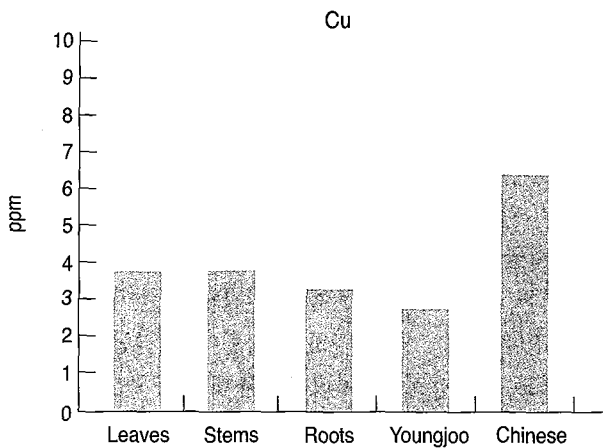


Fig. 8 Contents of Cu in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs

5. 납(Pb)의 함량 분석

국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 납의 함량을 분석한 결과 모든 시료에서 1.0ppm 전후의 극히 미세한 양의 납이 검출되어 안전에 문제가 없음을 알 수 있었다(Table 5., Fig. 9).

Table 5. Contents of Pb in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs

	(unit: mg/kg; ppm)
Leaves	1.01 ± 0.33
Stems	1.00 ± 0.27
Roots	0.68 ± 0.25
Youngjoo	0.41 ± 0.22
Chinese	0.50 ± 0.33

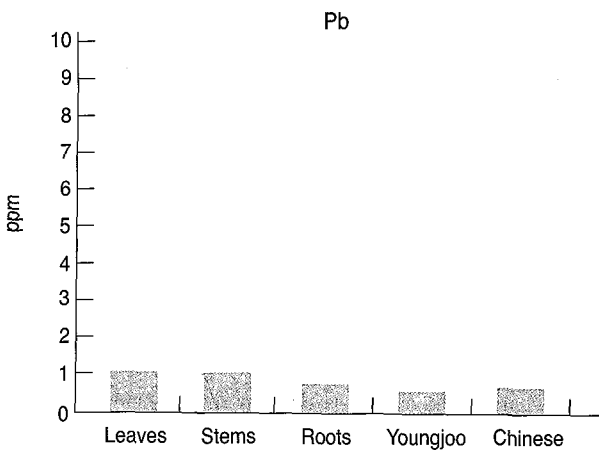


Fig. 9 Contents of Pb in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs.

6. 수은(Hg)의 함량 분석

국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 수은의 함량을 분석한 결과 모든 시료에서 납이 전혀 검출되지 않아 매우 청정한 환경에서 재배가 되고 있음을 알 수 있었다(Table 6. & Fig. 10).

Table 6. Contents of Hg in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs

	(unit: mg/kg; ppm)
Leaves	0.00 ± 0.00
Stems	0.00 ± 0.00
Roots	0.00 ± 0.00
Youngjoo	0.00 ± 0.00
Chinese	0.00 ± 0.00

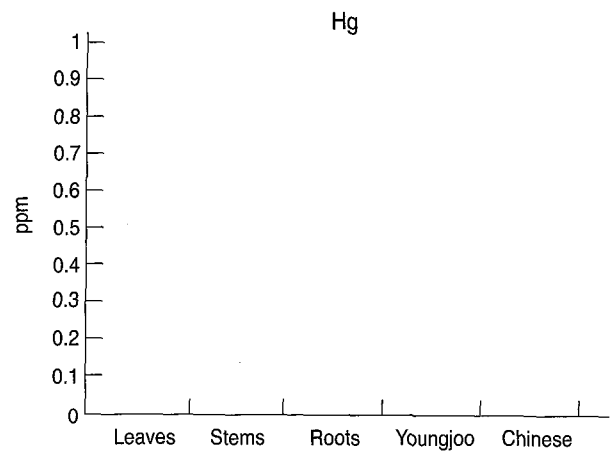


Fig. 10 Contents of Hg in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs.

7. 셀레늄(Se)의 함량 분석

국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 셀레늄의 함량을 분석한 결과 국내산 산양삼의 잎을 제외한 모든 시료에서 전혀 검출되지 않았고, 국내산 산양삼의 잎에서만 0.16ppm이 검출되었다 (Table 7. & Fig. 11).

Table 7. Contents of Se in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs

	(unit: mg/kg; ppm)
Leaves	0.16±0.11
Stems	0.00±0.00
Roots	0.00±0.00
Youngjoo	0.00±0.00
Chinese	0.00±0.00

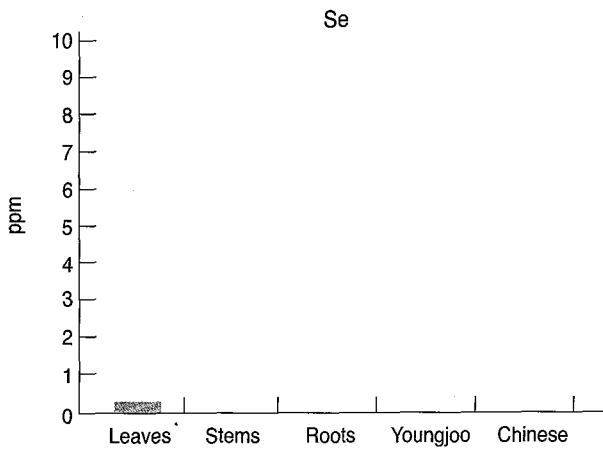


Fig. 11 Contents of Se in Korean cultivated wild ginsengs and Chinese cultivated wild ginsengs.

IV. 고 찰

최근 한약재의 소비가 늘어나면서 공급량과 가격경쟁력 문제로 인해 중국산 한약재가 대량 수입되고 있으며, 이에 중국산 한약재의 불명확한 수확, 수집, 가공, 운반 등의 과정에서의 중금속 오염 등에 대비하여 산지별 한약재의 안전성에 대한 재검토가 요구되어지고 있는 실정이다⁹.

급속한 산업화, 공업화로 인한 공해, 폐수, 농약, 자동차 매연 등으로 Cd, Pb, Hg, As 등과 같은 중금속 화합물에 의한 환경오염이 심화되었으며, 이러한 중금속류는 생물체에 유해할 뿐만 아니라 자체 독성과 축적성도 있어서 먹이연쇄를 따라 농축되며, 특히 이들은 토양 중에서 이동성이 적고 축적성이 높아 토양오염이 그 주된 경로가 되고 있다⁹. 생태계 내에서 토양은 농작물의 생육배지로서 가장 중요한 역할을 하고 있어 이러한 유해한 오염물질의 유입은 국민건강과 관련된 심

각한 사회 문제를 야기할 수 있다⁹. 또한 토양 내 중금속 함량과 동일지역에서의 식물, 동물 등 중금속 함량은 매우 상관성이 강한 것으로 밝혀졌으므로⁹, 토양오염으로 인해 그 속에서 생산된 각종 농·수산물과 한약재 또한 오염 위험이 있을 것으로 생각되며 특히 의약품의 원료가 되는 한약재의 경우 그 안전성 확보가 더욱 시급한 상황이다.

이러한 중금속 오염 문제의 심각성 때문에 국제기구 및 선진국에서는 규제 강화의 차원에서 관련된 법령을 정비하고 오염방지 및 처리대책을 수립하고 있다¹⁰⁻¹⁵. 또한 국내에서는 1996년 토양환경보전법이 시행되면서 토양 오염에 대한 대책이 수립되었으며, 최근에는 토양 및 농작물에 대한 중금속 기준 재설정과 더불어 확대 강화하려는 움직임이 있다¹⁶⁻¹⁸ 또한, 식품의약품 안전청에서는 생약의 유해물질 허용기준 및 시험방법을 규제한 식품의약품안전청고시 제2001-50호(2001년)에 중금속의 허용기준을 제시하고 있으며, 기준을 중금속 종류별로 구분하지 않고 중금속 전체량을 합산한 총량으로 허용기준을 30ppm으로 정하고 있다⁹.

구체적으로 각 중금속 종류에 따라, 중국에서는 As, Pb, Cd, Hg을 각각 2.0ppm, 8.0ppm, 0.3ppm, 0.3ppm으로, 캐나다에서는 2.0ppm, 8.0ppm, 0.3ppm, 0.2ppm으로 설정하였고, 또한 WHO에서는 As, Pb, Cd을 각각 1.0ppm, 10.0ppm, 0.3ppm으로, 태국은 각각 4.0ppm, 10.0ppm, 0.3ppm으로 설정하였으며, 싱가포르에서는 As, Pb, Hg을 각각 5.0ppm, 20.0ppm, 0.5ppm으로 설정하였다⁹. 이에 국내에서도 국제적인 흐름에 맞게 식품의약품안전청에서는 2005년 10월 생약 중 중금속 종류별 허용기준을 식품의약품안전청고시 제2005-62호로 고시하여 2006년 5월부터 시행하게 되었다. As는 3.0ppm, Pb는 5.0ppm, Cd는 0.3ppm, Hg는 0.2ppm으로 4가지의 중금속 종류별 허용기준에 따라 생약 중 중금속의 오염 현황을 파악하고 위해도를 평가하여 국내에서 소비되는 생약의 안전성을 확보할 수 있도록 한 바 있다⁹.

철분 등 일부 무기질은 인체에 반드시 필요하나 납, 카드뮴 등 유해중금속들은 영양학적으로 무의미하며¹⁹ 생체 내에 축적되어 독성을 나타내기도 한다²⁰. 중금속류는 유기물이나 영양염류와는 달리 자연 분해 및 미생물에 의한 분해가 극히 어렵고 지질 중의 무기 성분들과의 흡착 및 유기물과 배위공유 결합하여 분해 또는 자연소실에 의해 안전한 형태로 되어 장기간 잔류 축적하게 된다²¹⁻²². 중금속이 체내로 들어오면 13-16년의

반감기를 가지고 장기간 체내에 축적되어^{25,26)} 금속을 포함하는 여러 효소의 활성을 저하시키고 뼈, 신장, 간에 만성 중독증상을 유발하며^{25,26)} 다른 중금속 또는 무기질과 상호 작용하여 동물의 성장을 저해한다고 보고되어 있다²⁷⁾.

한약재의 안전성에 문제를 일으키는 중금속은 극히 미량일지라도 인체의 기능을 장해할 수 있는 유독금속(As, Pb, Cd, Hg, Cr, Ni 등)과 발암성, 돌연변이성의 측면에서 유전자에 영향을 미치는 유전독성금속(As, Ni, Se, Sn, Sb, Te, Bi 등)이 있다^{28,30)}. 수은, 납, 카드뮴 등은 생물에서 전혀 필요성이 밝혀져 있지 않고 오히려 유해할 뿐이며 자체 독성 뿐 아니라 축적성도 있어 먹이 연쇄를 따라 크게 농축되어, 미량일지라도 계속 섭취하는 경우 체내에 축적되는 것이 많아 장시간에 걸친 섭취량이 문제된다³⁾. 이에 한약재 속에 여러 요인으로 인해 혼입될 수 있는 중금속의 함량 기준 설정에 관한 연구의 필요성이 더욱 절실한 상황이다.

지금까지 한약재의 중금속 함량에 관한 연구는 수종 한약재를 대상으로 유해금속, 유전독성이 있는 중금속 함량을 조사한 연구^{31,34)}, 한약재의 중금속 용출을 측정하는 연구³⁵⁾, 세척, 건조하는 과정에서 미량금속의 함량을 연구한 내용^{31,36,37)}, 수입한약재에 대한 각각의 부위나 산지에 따른 오염상태에 대한 연구³⁸⁾, 재배토양의 중금속 함량 분포와 재배 한약재간의 상관성 연구^{1,35,39-41)} 등이 보고되어 왔으며 한약재의 중금속 함량에 관한 기준과 안전성 점검을 위하여 중국산과 한국산을 직접 비교 분석한 연구는 부족한 실정이다.

산양삼은 오가피과에 속한 다년생 초본인 인삼이 야생 상태에서 자연 발아하여 성장한 삼으로써 산삼의 씨앗이나 유삼을 인위적으로 산에서 재배한 삼을 말하며³⁾, 그동안 산삼에 대한 문헌적 고찰⁴²⁾과 산삼과 장뇌삼 중 고려삼과 서양삼의 Pyrosequencing법에 의한 감별⁴³⁾ 그리고 산양산삼을 이용한 약침연구^{44,45)}에서 독성, 안전성 실험과 시험관 내 시험, 인삼과 산양삼의 효능 비교, 산양삼의 혈당 강하 및 항암효과 등 산양삼과 관련한 연구와 유의한 결과들이 보고된 바 있다. 우리나라의 인삼 및 인삼 제품류의 경우 인삼에 대한 대한약전의 중금속 규격만이 30mg/kg 이하로 설정되어 있으며⁴⁶⁾, 따로 산양삼이나 산삼에 대한 규정은 없고, 한약재로서의 철저한 관리 공급보다 주로 농산물 형태로 개발 판매되어 온 산양삼에 대하여 중금속 농도 기준과 관련한 품질 관리 연구가 이루어진 적은 아직 없었던 실

정이다.

이에 산양삼에 대한 안전성 확보의 일환으로 중국산과 한국산 산양삼 수종에 대하여 유독 금속과 유전독성 금속들 함량 분석을 시행하였으며, 비소, 카드뮴, 크롬, 구리, 납, 수은, 셀레늄 총 7가지 중금속에 대하여 잎, 줄기, 뿌리부, 영주산, 중국산 네가지로 분류하여 그 각각에 관한 오염도 측정 연구를 시행하여 유의한 결과를 얻었다.

비소(As)계 화합물은 먹거나 흡입을 통해 흡수되며, 급성폭로에 있어 섭취후 수분 내지 수시간내 오심, 구토, 복통, 피가 섞인 심한 설사를 일으키고, 차고 끈끈한 피부, 근육경련, 안면부종 뿐만 아니라 심한 경우 경련, 혼수, 순환허탈로 사망에 이른다. 비소에 의한 만성 중독 증상으로는 권태감, 탈력감, 발열, 소양증, 관절통 등이 있고, 국소증상으로 비소진(砒素疹)과 유륜, 액와, 서혜부 등에 생기는 비소흑피증, 손발바닥의 각화증, 각막 궤양, 탈모 등이 생길 수 있다⁵⁰⁾. 이런 비소의 함량에 관하여 국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 양을 분석한 결과 국내산 산양삼의 잎과 줄기에서는 전혀 검출되지 않았고, 모든 시료에서 0.1ppm 이하의 극히 미세한 양의 비소가 검출되어 안전에 문제가 없음을 알 수 있었다.

카드뮴(Cd)은 독성이 매우 강한 유해 중금속의 하나로써, 산업 오염, 식품 오염 및 흡연 등 각종 환경 오염의 증가에 따른 카드뮴 중독이 심각한 문제로 대두되고 있다. 카드뮴은 섭취 또는 흡입에 의해 체내로 쉽게 유입되며, 대부분은 간, 신장, 정소 및 뇌 등에 장기간 축적되어⁵¹⁾ 체성장 감소⁵²⁾, 헤모글로빈 농도 저하⁵³⁾, 혈중 글루코스 농도 증가⁵⁴⁾, 지질과산화 촉진⁵⁵⁾, 항산화 방어 기제 저해⁵⁶⁾, 생식능력 감소⁵⁷⁾ 등 심각한 생화학적 생리학적인 장애를 야기시키는 것으로 보고되어 있다. 이런 카드뮴의 함량에 관하여 국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 양을 분석한 결과 국내산 산양삼의 잎에서는 전혀 검출되지 않았고, 줄기에서는 0.27ppm이 검출되었으며 뿌리에서는 모든 시료에서 0.1ppm 전후의 극히 미세한 양의 카드뮴이 검출되어 안전에 문제가 없음을 알 수 있었다.

크롬(Cr)은 급성중독의 경우, 신장장애를 일으켜 요독증으로 인해 사망의 위험도 있으며, 고농도의 크롬산이나 크롬산염의 분진에 급성 폭로되면, 즉시 눈, 코, 목, 호흡기가 자극되어 작열감, 울혈, 비출혈과 기침을 일으키고 급성 폐렴을 일으키기도 하며, 만성 중독증상으로

는 피부궤양과 알러지성 접촉성 피부염, 비중격 궤양 및 천공, 폐암까지도 일으킬 수 있는 것으로 알려져 있다⁶⁰⁾. 이런 크롬의 함량에 관하여 국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 양을 분석한 결과 국내산 산양삼의 잎, 줄기, 뿌리에서는 전혀 검출되지 않았고, 중국산 산양삼에서는 0.26ppm이 검출되었으나 유해한 수준의 양은 아니어서 안전에 문제가 없음을 알 수 있었다.

구리(Copper)의 결핍은 빈혈, 성장지연, 저체온 등을 유발할 수 있어 인체에 필요한 미량금속이지만, 과도한 축적으로 독성을 나타내게 될 때에는 심근염, 갑상선종독, 간염, 간경화증, 경련, 정신장애, Kayser-Fleicher's ring, 용혈성빈혈,腎장애 등을 유발할 수 있는 것으로 알려져 있다⁶¹⁾. 이런 구리의 함량에 관하여 국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 양을 분석한 결과 국내산 산양삼의 잎에서는 3.76ppm, 줄기에서는 3.80ppm, 뿌리에서는 3.39ppm이 검출되었고, 영주의 삼에서는 2.57ppm이 검출되었으며, 중국산에서는 6.33ppm이 검출되어 중국산에 구리의 함량이 많음을 알 수 있었다.

납(pb)의 경구섭취나 흡입으로 인한 급성 혹은 아급성 폭로의 주증상으로 대개 경련성의 복부 산통과 변비 등의 위장관 증상을 들 수 있고, 연뇌증의 신경학적 소견으로 두통, 착란상태, 혼미, 혼수, 발작 등을 보이게 되는데, 만성 납중독 증상은 혈액증상, 신경증상, 위장관 증상으로 나눌 수 있으며, 특징적인 5대 증상으로는 연창백(鉛蒼白), 연연(鉛緣), 코프로폴페린뇨, 호염기성 점적혈구, 신근마비 등을 들 수 있다⁶²⁾. 이런 납의 함량에 관하여 국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 양을 분석한 결과 모든 시료에서 1.0ppm 전후의 극히 미세한 양의 납이 검출되어 안전에 문제가 없음을 알 수 있었다

수은(Hg)은 대개 피부와 점막, 특히 피부의 반응을 일으키며, 고농도의 수은에 급성 노출될 때 구강점막의 염증, 화학적 폐렴, 기관지염, 금속열 증상이 생길 수 있다. 수은과 그 화합물을 경구적으로 흡수하는 경우 타액선 부종, 구내염, 치은염 등의 증상이 나타나고 수일 후 구역, 구토 및 혈변의 위장관 증상을 일으키며, 고농도로 흡입 또는 경구 흡수한 경우는 급성 폐노성 신부전을 초래하는 신세뇨관 세포의 괴사를 유발한다. 수은은 또한 말초신경염을 일으켜 원위로부터 저림과 통증이 나타나고 점차 근위부로 확산되고, 수은 중독에서는

手指의 떨림이 나타나는데, 통상 수지말단에서 나타나 안검 부위로 확산되며 심한 경우 전신에 퍼져 전신경련이 발생할 수 있다⁶³⁾. 이런 수은의 함량에 관하여 국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 양을 분석한 결과 모든 시료에서 납이 전혀 검출되지 않아 매우 청정한 환경에서 재배가 되고 있음을 알 수 있었다.

셀레늄은 토양내 무기태 형태로 존재하는 필수 미네랄로서 식물과 미생물에 의해 유기태 형태로 전환되어 주로 간에 작용하여 항산화 방어 역할을 하며⁶⁴⁾, 일반적으로 비타민 E와 상호 협조적으로 생체내 항산화 기능을 수행하고, 갑상선 호르몬 대사과정 중 요오드를 제거하는 효소의 구성성분이 되기도 한다⁶⁵⁾. 그러나 급성으로 흡입 폭로된 경우, 심한 호흡기 자극을 일으켜 기침, 흉통, 호흡곤란을 유발하고 심한 경우 폐부종을 동반한 화학성 폐렴이 생기기도 하고, 신경이나 간, 신의 손상, 피부화상이 일어날 수도 있으며, 만성 폭로된 경우, 피로 권태감, 오심, 소화불량, 결막염, 손발톱 주위염, 적색피부와 모발 변색 등을 유발할 수 있다⁶⁶⁾. 이런 셀레늄의 함량에 관하여 국내산 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 산양삼 뿌리에 함유된 양을 분석한 결과 국내산 산양삼의 잎을 제외한 모든 시료에서 전혀 검출되지 않았고, 국내산 산양삼의 잎에서만 0.16ppm이 검출되었다.

이와 같이 각 부위 수종에 따라 7가지 중금속 함량을 측정 분석해 본 결과, 본 실험에 사용된 산양삼은 비교적 청정지역에서 재배되어 중금속에 대한 오염도가 우려의 수준에 전혀 미치지 않음을 알 수 있었다. 재배토양과 한약재간의 연구⁶⁷⁾를 통해 박 등⁶⁸⁾의 연구 결과, 납과 카드뮴 그리고 비소 등은 실험 결과 토양에서는 작은 값이지만 함량이 검출되었으나 한약재에서는 납이 황기, 시호, 작약 등에서 다소 검출되고 나머지는 검출되지 않아 비교에 의한 상관관계를 검증해 보지 못하였고, 또, 박 등의⁶⁹⁾ 풍기 인삼 재배지 토양 중의 중금속량과 인삼 중의 중금속량에 대한 연구 결과 풍기, 상주 지역의 인삼은 식품의약품안전청이 고시한 중금속 허용치 이하로 검출되어 안전한 한약자원으로 밝혀진 바 있다⁷⁰⁾. 이와 같이 산양삼에서 중금속의 농도가 매우 낮은 것은 삼 재배 환경이 중금속에 의해 오염되지 않았음을 나타내고 있으며, 중금속으로부터 안전함을 의미한다. 하지만 중국에서 재배되는 한약재 중 일부가 잔류 농약이나 중금속의 오염이 심각하다는 언론의 수

차례 보도가 있어 왔으므로, 향후 이에 대한 보다 광범위한 지역과 많은 시료를 대상으로 한 연구가 더욱 다양하게 진행될 필요가 있다고 판단된다.

V. 결 론

한국과 중국에서 재배되고 있는 산양삼의 안전성 확보를 위하여 중금속의 함량을 평가하고자 국내에서 재배되고 있는 산양삼의 뿌리, 줄기, 잎과 중국산 뿌리에 함유되어 있는 비소(As), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 납(Pb), 수은(Hg), 그리고 셀레늄(Se)의 중금속 함량을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 시료에서 대부분의 중금속은 검출되지 않았고, 구리와 납이 소량 함유되어 있었으나 유해 중금속 오염 농도인 10mg/kg에는 전혀 미치지 않았다.
2. 연구내을을 바탕으로 검토한 결과 본 실험에 사용된 시료들은 중금속에 오염되지 않은 청정지역에서 재배된 시료임을 알 수 있었다.

이상의 연구결과를 바탕으로 현재 국내와 중국에서 재배되고 있는 산양삼은 중금속에 대한 노출이 우려할 만한 상황이 아님을 알 수 있었다. 하지만 향후 엄격한 품질평가 및 한약재의 안전성 확보를 위해서는 보다 광범위한 지역에서 다양한 시료를 바탕으로 한 역학조사가 필요할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

“This study was supported by a grant of the Oriental Medicine R&D Project, Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea. (B050054)”

참고문헌

1. 신순식, 김경철, 최영현, 이용태, 엄현섭, 김창식. 산삼 감정 기준의 객관성. 東醫韓醫研. 2001; 5 : 107-114.

2. 한국한의학연구원. 한약재의 품질관리와 안전성 확보를 위한 연구-잔류농약 및 중금속 허용기준과 세포독성의 연구. 1998 ; 2-25.
3. 식품의약품 안전청. <http://www.kfda.go.kr> ; 2006.
4. 김정호. 경북 상주의 인삼 재배환경 중 유기염소계 농약 및 중금속의 잔류. 한국환경독성학회지. 2004 ; 19(2) : 183-189.
5. 박문기, 이현정, 김광중, 문영수. 경북북부지역 한약재와 재배토양 중의 중금속과의 상관관계. 한국환경과학회지. 2005;14(2):185-192.
6. 신원일, 이종식, 신중두, 김진호, 윤순강. 토양특성별 중금속 유효도와 토양오염 평가방법의 개선점. 한국환경농학회지. 2005 ; 24(2) : 106-116.
7. Kang, S. J. and H. S. Choi, 1972, Effect of Road side soil and vegetation with Lead and Zinc by motor vehicles, Korean J. Bot., 15(3), 55-61.
8. Kim, B. S., H. C. Yun and Y. S. Ko, 1993, A study on the Lead content in the air of Seoul and in the soil and cabbage a long Kyung-In and Kyung-Bu Highways, J. Korean Resource Institute for better Living, 11, 36-42.
9. Motto, H. I., R. H. Dainses, D. M. Chilko and C. K. Motto, Lead in soil and plants, its relationship to traffic volume and proximity to Highways, Environ. Sci, and Teck., 1970 ; 4 : 457-465.
10. ICRCL. Guidance on the assessment and redevelopment of contaminated land. Department of the Environment. 1987 : 59 : 83(2nd ed.),
11. Eikmann, T. H. and Kloke, A. Nutzungs stoffe in Boden. In: Rosenkranz, D. G. Einsele and H-M. Harress. Handbuch Bodenschutz(Handbook for Soil Protection), Erich Schmidt Verlag, Berlin. 1991 ; 3590.
12. Bachmann, G. Soil values in German soil protection Paper, presented at the conference: “Developing cleanup standards for contaminated soil, sediment and groundwater: How clean is clean?” Water Environment Federation, Washington D.C. 1993.
13. CCME(Canadian Council of Ministers of the Environment). Interim canadian environmental quality criteria for contaminated sites. Report No. CCME EPC-CS, 1991; 34.
14. CCME(Canadian Council of Ministers of the Environment). Canadian soil quality guidelines for the

- protection of environmental and human health. 2002.
15. COUNCIL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Directive concerning sludge amendments. Official Journal L, 1986; 181: 6-12.
 16. 환경부. 토지이용 용도별 토양오염기준 및 복원기준 마련을 위한 연구, 한국환경정책평가연구원. 2003.
 17. 임수길. 토양질 기준의 설정에 관한 연구, 한국환경과학협의회. 1994; 125-135.
 18. 환경부. 2003년도 토양 측정망 및 실태조사 결과. 2004.
 19. Reilly C. Metal contamination of food. 1st edition. Elsevier science publishers LTD. London, UK, 1980 ; 3-11.
 20. Reilly C. Metal contamination of food. 2nd edition. Elsevier science publishers LTD. London, UK, 1991 ; 3-11.
 21. Ten, K. H., L. D. King and H. D. Morris. Complex reaction of Zinc with organic matter extracted from sewage sludge, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 1971 ; 35 : 748-752.
 22. Petruzzelli, G., G. Guid and L. Lubrano. Organic matter as an influencing factor on copper and Cadmium adsorption by Soil, Water Air Soil Pollut., 1978 ; 9 : 263-269.
 23. Rhee, S. J., S. O. Kim and W. K. Choe. Effect of cadmium dose injection on peroxidative damage in rat liver, J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 1992 ; 21 : 601-607.
 24. Jung, S. Y., S. J. Rhee and J. A. Yang. Effect of dietary vitamin E levels in lipid peroxidation and enzyme activities of anti oxidative system in brain of cadmium administered rats, J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 1996 ; 25 : 575-580.
 25. Rabinowits, M. B. and G. W. Weatherill. Lead metabolism in the normal human; stable isotope studies. Science. 1973 ; 182 : 275.
 26. Choi, S. I., J. H. Lee and S. R. Lee. Effect of green tea beverage of the removal of cadmium and lead by animal experiments, Korean J. food Sci. Tech., 1994 ; 26 : 745-749.
 27. Nordberg, M., General aspects of cadmium : transport, uptake and metabolism by the kidney, Environ. Health pers., 1984 ; 54 : 13-20.
 28. Concon, J. M., Food Toxicology, Marcel Dekker, 1988 ; 236-255.
 29. Oehme, F. W., Toxicity of Heavy metals in the Environment. Marcel Dekker, 1978 ; 169-178.
 30. 이현정. 경북 북부지역 재배한약자와 토양의 중금속 함량연구. 대구한의대학교 박사학위논문. 2003 ; 4-30.
 31. 김남재, 심상범, 류재환, 김종우, 홍남두. 한약중 중금속함량 및 용출에 관한 연구. 경희의학. 1996 ; 12(2) : 158.
 32. 박춘혁, 수중한약재 중의 중금속 및 잔류농약에 대한 연구. 경희대학교 대학원 석사학위논문. 1987. 2.
 33. 신준식. 중요 다용도 처방에 포함된 한약재 중 보건복지부의 규격화 고시 품목 이외의 약재 품질에 관한 연구, 경희대학교 대학원. 1995.6.
 34. 백정혜 외, 중국산 생약의 중금속 오염도 조사, 경기도 보건환경연구원 논문집, 1996 ; 9 : 41.
 35. 유승조 외. 수중 재배 약용식물과 토양 중 중금속 함량에 대한 연구. 생약학회지. 1991 ; 22(1) : 33.
 36. 송경식, ICAP에 의한 재배생약과 토양 중 중금속 함량의 상관관계에 관한 연구. 성균관대학교 대학원. 1985.
 37. 주수만. 생약 중의 중금속 함량에 관한 연구. 경희대학교 대학원. 1983.
 38. 한상백. 다용 한약재의 산지별 중금속 농도에 관한 연구. 상지대학교 대학원. 1998.
 39. 박승희, 토양 및 채소 중의 중금속 오염에 대한 연구. 성균관대학교 대학원. 1983
 40. 정구복 외. 약용식물과 그 재배 토양의 토성별 중금속 함량 분포, 한토피비. 1996 ; 29(2) : 158.
 41. 박문기, 김정호. 경북지역 인삼 재배 환경 중 중금속의 잔류. 한국환경과학회지 2006 ; 15(2) : 163-167.
 42. 권기록, 위종성, 김성욱. 산삼에 대한 문헌적 고찰. 대한약침학회지. 2003 ; 6(2) : 67-76.
 43. 권기록, 서정철. 산삼과 장뇌삼 중 고려삼과 서양삼의 pyrosequencing법에 의한 감별. 대한분초학회지. 2004 ; 19(4) : 45-50.
 44. 권기록, 조아라, 이선구. 정맥주입용 산양산삼 증류

- 약침의 급성, 아급성 독성 실험 및 Sarcma-180 항암효과에 관한 실험적 연구. 대한약침학회지. 2003 ; 6(2) : 7-27.
45. 조희철, 이선구, 권기록. 농도별 산양삼삼 증류약침의 apoptosis에 관한 실험적 연구. 대한약침학회지. 2004 ; 7(2) : 1-15
46. 곽경승, 이선구, 권기록. pH및 전해질 조절 산양삼삼 증류약침의 apoptosis에 관한 실험적 연구. 대한침구학회지. 2004 ; 21(6) : 1-17.
47. Ki-Rok Kwon, Chi-Wan Park, Min-Soo Ra, Chong-Kwan Cho. Clinical Observation of Multiple Metastatic Cancer Patient with Hepatocellular Carcinoma treated with Cultivated Wild Ginseng Herbal Acupuncture Therapy, *J. of Korean Acupuncture & Moxibustion Society*, 2005 ; 22(2) : 211-217.
48. 권기록. 정맥주입용 산삼약침이 인체에 미치는 영향에 관한 임상적 연구. 대한약침학회지. 2004 ; 7(1) : 15-26
49. 허수정, 김미혜, 박성국, 이종욱. 인삼 및 인삼 제품류의 중금속 함량. 한국식품과학회지. 2005 ; 37(3) : 329-333.
50. 전국 의과대학 예방의학교실 편집위원회. 예방의학과 공중보건. 계축문화사. 1995 ; 289-291, 304, 307, 319-320.
51. Sammarawickrama, G. P. (1979) Biological effects of cadmium in mammals, In Webb M(ed): "The chemistry, biochemistry and biology of cadmium.", Elsevier-North Holland Biomedical Press, Amsterdam, 1979 ; 341-422.
52. Rajanna, B., Hobson, M, Reese, J., Sample, E. and Chatatwala, K. D. Chronic hepatic and renal toxicity by cadmium in rats, *Drug Chem. Toxicol.* 1984 ; 7 : 229-241.
53. Kunimoto, M., Miysaka, K. and Miura, T. Changes in membrane properties of rat blood cells induced by cadmium accumulating in the membrane fraction, *J. Biochem. Tokyo.* 1986 ; 99(3) : 97-406.
54. Chatatwala, K. D., Rajanna, B. and Desaiiah, D. Cadmium-induced changes in gluconeogenic enzymes in rat kidney and liver, *Drug Chem. Toxicol.* 1980 ; 3 : 407-420.
55. Manca, D., Ricard, A. C., Trottier, B. and Chevalier, G. Studies on lipid peroxidation in rat tissues following administration of low and moderate doses of cadmium chloride, *Toxicology* 1991 ; 67 : 303-323.
56. Sarkar, S., Yadav, P., Trivedi, R., Bansal, A. K. and Bhatnagar, D. Cadmium-induced lipid peroxidation and the status of the antioxidant system in rat tissues, *J. Trace Element Med. Biol.* 1995 ; 9 : 144-149.
57. Dalton, T., Fu, K., Enders, G. C., Palmiter, R. D. and Andrew, G. K. Analysis of the effects of overexpression of metallthionein-I in transgenic mice on the reproductive toxicology of cadmium, *Environ. Health Persp.* 1996 ; 104 : 68-76.
58. 전국한의과대학 간계내과학 교수 공저. 간계내과학. 동양의학연구원출판부. 2001 ; 775-776.
59. 김은아. 폐기물 재생처리업 근로자들에서 발생한 수은중독. 산업보건. 1999 ; 14.
60. Combs, G. F. Jr. and Combs, S. B. The nutritional biochemistry of selenium, *Ann. Rev. Nutr.* 1984 ; 4 : 257-280.
61. 임태진. 랫드 간세포 일차배양에서 셀레늄이 카드뮴에 의해 유도된 독성 및 지질과산화에 미치는 영향. 한국환경농학회지. 2003 ; 22(2) : 94-99.