J. Fd Hyg. Safety 16(4), 300–307 (2001)

植物性 丸劑의 無機金屬 含量 및 安全性에 관한 硏究

전옥경†
서울특별시 보건환경연구원

A Study on the Contents of Inorganic Metals and the Safety in Botanical Pills

Ock Kyoung Chun†
Seoul Metropolitan Research Institute of Public Health and Environment

ABSTRACT – This study was conducted to determine the content of inorganic metals in botanical pills and assess the safety of mineral balance in body. Inorganic metals (Fe, Ca, Zn, Na, Mg, K, Pb, Cd, Cr) were detected in 11 kinds, 51 samples by Atomic Absorption Spectrophotometer. The average concentration of inorganic metals in botanical pills was in the order of K(7933.32 mg/kg)>Na(5848.58 mg/kg)>Ca(2441.60 mg/kg)>Mg(1595.34 mg/kg)>Fe(353.14 mg/kg)>Zn(22.49 mg/kg)>Cr(3.51 mg/kg)>Pb(0.24 mg/kg)>Cd(0.09 mg/kg). In samples, Morus and Laminaria contained a great quantity of K and Na, Acanthopanacis cortex, Eucommia ulmoides, Pinus densiflora, Lycii fructus, Allium sativum for. pekinense, and Platycode radix had much more amount of K than that of Na, in the mean time, Artemisia capillaris, Carthamus tinctorius seed, and Rubi fructus had various kinds of plenty inorganic metals. The contents of Pb in grouped samples by used parts, were in the order of radix(0.54 mg/kg)>cortex(0.36 mg/kg)>leaves (0.20 mg/kg)>fructus(0.20 mg/kg)>seed(0.07 mg/kg), those of Cd were radix(0.16 mg/kg)>leaves(0.09 mg/kg)>fructus (0.07 mg/kg)>seed(0.06 mg/kg)>cortex(0.03 mg/kg), those of Cr were radix(6.34 mg/kg)>cortex(4.25 mg/kg)>fructus (4.20 mg/kg)>leaves(2.14 mg/kg)>seed(1.67 mg/kg). In the assessment of risk by the daily intake of botanical pills, the amount of Zn, whose PTWI was 7,000 μg/kg b.w/week, covered 0.13~0.83%, that of Pb, whose PTWI was 25 μg/kg b.w/week, coverd 0.24~1.94%, and that of Cd, whose PTWI was 7 μg/kg b.w/week, covered 0.32~2.08% of it.

Key words □ botanical pills, inorganic metals (Fe, Ca, Zn, Na, Mg, K, Pb, Cd, Cr), PTWI

서 론

생활수준의 향상으로 건강에 대한 관심이 고조되고 있으며, 식품도 양보다는 질을 우선으로 평가하게 되어 우수한 식품을 얻기 위한 노력이 식품산업 전 분야에서 꾸준히 추구되어 오고 있다[1]. 특히 현대인의 식생활과 생활방식의 변화에 따른 부족 영양소의 보충과 과잉 영양소의 조절은 비만, 고혈압, 동맥경화 등의 질병 증가와 함께 영양학적 측면에서 당면 문제로 인식되기 시작하였다[2]. 우리나라의 경우도 육류와 가공 식품의 섭취가 식생활에 차지하는 비율은 점차 증가될 것으로 예상되는데 일반적으로 우리나라 사람의 식료품비 중 3분의 1이 가공식품에 의해 지출되고 있는 반면, 식품공업이 포화 상태에 도달하였다는 미국의 경우, 가공 식품이 차지하는 식료품비 점유율은 96%에 달한다고 한다[3]

육류를 주식으로 하는 서구 선진국의 경우 이미 6,70년대부터 성인병이 사회 문제화되기 시작하면서 질병 예방 및 치료를 위한 식이요법의 중요성이 부각되었고 이를 보충하기 위한 각종 건강보조식품이 개발되기 시작하였으며, 우리나라는 1990년 보건복지부 고시 제90-81호[4]에 의거 건강보조식품의 공정규격이 제정된 이래 현재까지 로얄젤리가공식품, 알로에식품, 키토산가공식품 등 총 24종이 식품별 기준 및 규격으로 허가되어 있다.

건강보조식품은 일반적으로 단백질, 무기질 등이 풍부하게 들어있는 천연 식품을 먹기 쉽게 가공하여 환이나 캡슐화한 것이 많으며 신체가 허약하고 특정 영양소가 부족한 사람이 그에 맞는 건강보조식품을 섭취하였을 때에는 효과적일 수 있겠으나 반대로 과다 함유된 성분이 부의 효과를 가져오거나 섭취과잉에 따른 신체 대사의 이상을 초래할 우려도 있을 수 있으며, 특히 식물성 환제의 경우 한약재와 건강보조식품의 중간적인 성격을 갖는 특성상 어느 부류에도 속하지 않은 채 기타식품류로서 성상, 이물, 타르색소 등의 일반 검

†Author to whom correspondence should be addressed.

사 이외에는 어떠한 성분상의 규제 관리 및 적절한 평가도 수반되지 못하고 있는 실정이다.

또한 납, 카드뮴 등의 유해금속류는 적은 양으로도 중독증상을 나타내는 것들이 많고 토양에서 쉽게 분해되지 않고 장기간 잔류하게 되므로 그 지역에서 재배되는 농작물에 축적되어 해를 줄 뿐만 아니라 중금속이 흡착된 농작물을 식용으로 하는 인간과 가축의 체내에 잔류 축적되기 때문에 토양오염물질 중 가장 문제시되고 있으며[5-9], 특히 산업폐기물 등의 농경지 오염에 따른 농작물의 중금속 및 농약오염과 이에 따른 인체에의 유해 여부에 대한 논란은 세계무역기구(WTO) 협정에 따른 수출입 교역의 확대와 더불어 세계적인 통상문제로까지 대두되어 식품의 국제규격기준이 설정되기에 이르렀다. 따라서 우리나라 재래산 약용작물을 원료로 하는 식물성 환제 또한 영농산업으로서 국제적인 경쟁력을 갖추기 위해서는 생산 공정 및 제품의 규격화와 함께 임상 효과 및 안전성에 관한 연구가 뒷받침되어야 한다고 생각된다.

본 연구는 현재 시판 중인 식물성 환제의 무기금속 함량을 측정하고 섭취량을 추정함으로써 안전성 및 유해성을 평가하여 기능성 식품으로서의 가능성과 문제점을 파악하고 이에 대한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

재 료

2000년 9월에서 2001년2월말까지 서울시내 대형 유통 매장에서 판매 중인 식물성 환제 총 11종 51건을 채취하여 시료로 사용하였다(Table 1).

Table 1. Sample size of the experiment

Classification by used part	item	No. of samples
Cortex	Acanthopanacis cortex	5
Leaves	Artemisia capillaris	5
	Eucommia ulmoides	5
	Morus	5
	Pinus densiflora	5
Seed	Carthamus tinctorius seed	5
Fructus	Lycii fructus	5
	Rubi fructus	3
Radix	Allium sativum for. pekinense	3
	Platycode radix	5
Algae	Laminaria	5
Total		51

실험방법

1) 조사대상 금속

조사대상 금속은 철(Fe), 아연(Zn), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 나트륨(Na), 칼륨(K), 납(Pb), 카드뮴(Cd) 및 크롬(Cr) 등 9종을 측정하였다.

2) 시약

농도 1 mg/ml의 원자흡광용 금속 표준원액(Wako Pure Chemical Industry Ltd, Japan)을 사용하였고, 0.5N HNO_3 용액을 사용하여 적정 농도로 희석하였으며, 칼슘 분석용은 Lanthanum chloride($LaCl_3 \cdot 7H_2O$, Yakuri Pure Chemicals, Japan) 1000 mg/l로 희석하였다. Nitric acid, hydrochloric acid는 유해금속 측정용 특급시약을 사용하였다.

3) 시료의 전처리

시료 3 g 정도를 취하여 예비탄화 시킨 후 450°C의 전기로에서 완전회화 시켰다. 회화가 끝나면 회분을 물로 적시고 염산 2~4 ml를 가하여 건조장치에서 건조한 다음, 회화된 물질을 0.5N HNO_3로 용해하여 여과시킨 후 25 ml로 정용하였다[4]. 시료 중의 각 함량은 시료 생중량을 기준으로 산출하였다.

4) 분석 조건

Polarized Zeeman Atomic Absorption Spectrophotometry (Hitachi Z-5700, Z-5300, Hita-chi Co., Japan)를 사용하여 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr)은 Graphite Furnace Atomization법으로 분석하였고, 철(Fe), 아연(Zn), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 나트륨(Na), 칼륨(K)은 Flame Atomization법으로 분석하였다. 분석조건은 Table 2와 같았다.

각 금속류의 분석은 3회 반복 실험을 실시하였다.

결과 및 고찰

2000년 9월에서 2001년 2월말까지 서울시내 대형 유통 매장에서 판매 중인 식물성 환제 총 11종 51건을 채취하여 철(Fe), 칼슘(Ca), 아연(Zn), 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 칼륨(K) 등의 무기금속류의 함량을 측정한 결과, Table 3과 같았다.

식물성 환제를 영양학적으로 평가할 때 우선 식물성 원재료의 고농축 형태로서 풍부한 무기 금속류, 섬유질, 비타민 및 엽록소의 공급으로 현대인에게 부족되기 쉬운 많은 영양소를 영양보충제와 같은 약의 형태가 아닌 식품으로 섭취할 수 있다는 긍정적인 측면을 생각할 수 있다. 무기 금속류는 체 구성 및 생체 기능조절 성분으로 체내의 화학반응을 조

Table 2. Analytical conditions of A.A.S.[10,11]

Item	conditions of A.A.S.						
	analysis mode	flame type	carrier/fuel gas flow rate	oxidant gas pressure (kPa)	slit (nm)	lamp current (mA)	wavelength (nm)
Pb	graphite furnace	Ar	30 (ml/min)	-	1.3	9	283.3
Cd							359.3
Cr							228.8
Fe	flame	air-C_2H_2	2.0(L/min)	160	0.2	15	248.3
Zn			2.2(L/min)	160	0.4	9	279.6
Ca			2.4(L/min)	160	1.3	9	422.7
Mg			2.2(L/min)	160	1.3	9	285.2
Na			2.2(L/min)	160	0.4	12	330.3
K			2.4(L/min)	160	1.3	12	404.7

Table 3. Contents of inorganic metals in botanical pills (mg/kg, wet base)

item	Concentration (Minimum~Maxium)					
	Fe	Zn	Ca	Mg	Na	K
Acanthopanacis cortex	310.43 (264.87~355.98)	13.92 (12.50~15.34)	4444.07 (3294.40~4793.73)	987.39 (952.63~1022.14)	395.61 (289.29~401.94)	4697.48 (3488.90~4906.06)
Artemisia capillaris	234.97 (125.12~344.81)	15.88 (10.61~18.14)	1235.15 (958.73~1511.57)	885.27 (539.28~1231.27)	3114.71 (2253.32~3976.10)	4226.67 (3590.40~4862.93)
Eucommia ulmoides	364.63 (229.55~399.70)	15.41 (11.44~16.37)	3771.27 (2455.27~4987.28)	1277.91 (987.95~1467.84)	388.04 (371.08~404.99)	3983.36 (2894.95~5071.77)
Morus	323.74 (231.26~356.23)	10.22 (8.99~11.45)	2952.64 (1701.07~3204.21)	3014.21 (1837.11~4191.30)	27140.00 (20099.34~34180.67)	27470.56 (21732.33~43208.78)
Pinus densiflora	162.67 (103.90~221.44)	18.30 (10.96~24.63)	1056.51 (690.46~1722.57)	750.69 (558.71~942.66)	144.62 (119.89~169.34)	2737.01 (1452.97~3621.06)
Carthamus tinctorius seed	160.13 (119.07~181.18)	21.23 (11.22~29.83)	1026.63 (774.43~1878.83)	1350.15 (923.15~1976.50)	3166.54 (2391.82~3941.27)	4291.80 (3908.77~4674.83)
Lycii fructus	364.63 (229.55~389.70)	15.41 (10.44~19.67)	3771.27 (1455.29~5087.28)	1277.91 (836.98~1467.88)	388.04 (271.98~484.99)	3983.36 (2894.95~4971.75)
Rubi fructus	851.17 (528.63~973.71)	13.19 (6.49~19.89)	2317.22 (1739.77~2894.66)	1635.30 (1179.21~2091.38)	762.76 (497.53~1027.99)	3332.88 (2273.65~3692.11)
Allium sativum for. pekinense	461.83 (298.79~624.86)	65.69 (36.49~74.88)	1702.23 (1095.76~2708.69)	1813.91 (995.97~2531.85)	772.54 (581.09~963.98)	2703.21 (1219.69~3986.72)
Platycode radix	405.30 (281.66~528.94)	47.29 (19.60~74.92)	1476.07 (1027.48~1824.65)	698.57 (429.74~967.36)	609.34 (491.90~726.78)	1817.19 (1095.94~2538.44)
Laminaria	245.03 (162.82~327.25)	10.88 (8.10~17.66)	3104.55 (1663.47~4545.63)	3857.42 (2176.23~4538.60)	27452.17 (20063.33~34841.00)	28023.00 (21410.67~39635.33)
Total	310.43 (103.90~973.71)	13.92 (6.49~74.92)	4444.07 (690.46~5087.28)	987.39 (429.74~4538.60)	395.61 (119.89~34841.00)	4697.48 (1095.94~43208.78)

절하여 모든 기능을 원활히 조절하며[12,13], 특히 나트륨과 칼륨은 체내 전해질 대사와 관계가 깊어, 고혈압, 간장질환, 심장질환, 신장질환 등의 여러 질병에 영향을 미치며[14-22], 칼슘과 인은 성장기 어린이의 발육에 필수적이며 중년기 이후의 여성에게서 나타나는 골연화증에 영향을 미친다[23-26]. 엽록소에 들어있는 마그네슘은 최근 알코올 섭취의 증가로 체내 손실이 우려되는 무기 금속이다[13]. 철은 혈액의 헤모글로빈과 근육의 미오글로빈의 필수 구성성분이며, 효소체계에서 보조효소로서 중요한 역할을 한다[27]. 아연은 체내에서 60여 가지 효소작용과 구조에 관여하고 다양한 조절기능을 수행하며 호르몬의 활성과 면역기능, 성장과 생식, 미각, 시각기능 등에 영향을 미친다[28]. 따라서 부족될 경우 심한 피부염, 성장 저하, 맛 지각 능력 감퇴 등을 초래하고 인체의 방어기전이 악화되어 각종 발병에 대한 감염을 증가시킨다. 또한

이들 무기 금속류는 기능 뿐 아니라 결핍과 과잉에 있어서도 상호작용을 하며 체내에 영향을 미친다[29-34].

Table 3의 결과에 의하면 조사 대상 식물성 환제는 전반적으로 매우 풍부한 무기 금속류를 함유하고 있었으며 그 평균 함량은 칼륨(7933.32 mg/kg)>나트륨(5848.58 mg/kg)>칼슘(2441.60 mg/kg)>마그네슘(1595.34 mg/kg)>철(353.14 mg/kg)>아연(22.49 mg/kg)의 순으로 나타났다. 이 결과는 일반적인 가공식품류의 경우 칼륨이 가공 과정 중 다량 소실되어 나트륨의 함량이 상대적으로 높은데 반하여 환제의 경우 단순가공에 의해 비교적 다량의 칼륨이 함유되어 있는 칼륨의 좋은 급원임을 보여 주는 결과라 할 수 있었으며, 철등은 식물성 원재에 함유되어 수산(oxalic acid)의 영향으로 그 흡수율이 동물성에 비해 낮기는 하나 역시 풍부한 급원임을 알 수 있었다. 또한 총 무기금속 함량을 식품별로 나타내면 Fig. 1과 같았다.

이 그림에 의하면 뽕잎환(Morus)과 다시마환(Laminaria)은 특히 다량의 칼륨과 나트륨을 함유하는 것으로 나타났고, 오가피환(Acanthopanacis cortex), 두충환(Eucommia ulmoides), 솔잎환(Pinus densiflora), 구기자환(Lycii fructus), 마늘환(Allium sativum for. pekinense), 도라지환(Platycode radix) 등은 칼륨의 함량이 나트륨 함량에 비해 월등히 높게 나타났으며, 인진쑥환(Artemisia capillaris)과 홍화씨환(Carthamus tinctorius seed), 복분자환(Rubi fructus) 등은 다양한 무기금속류가 골고루 함유되어 있는 것으로 나타났다.

뽕나무잎은 플라보노이드계열의 식물성화합물이 다량 함유되어 있어 생체내 지질 과산화 억제 및 고지혈증 등의 성인병 예방 효과가 있는 것으로 연구되고 있으며[35], 뽕나무잎 수용성 추출물은 콜레스테롤을 투여하여 실험적으로 고지혈증을 유발시킨 쥐에서 혈청 중성지질 농도와 신장 및 간장의 microsome 막에서 과산화지질 농도를 저하시키는 것으로 보고되었다[36,37]. 다시마는 식물성 갈조류로서 카로틴류·크산토필류·엽록소 등의 여러 가지 색소 외에 탄소동화작용으로 만들어지는 마니트(mannit), 라미나린(laminarin) 등의

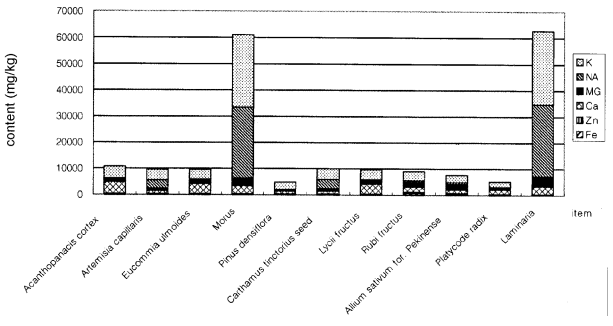

Fig. 1. Contents of inorganic metals in botanical pills.

탄수화물과 세포벽의 성분인 알긴산이 많이 들어 있고, 요오드·비타민B_2·글루탐산 등의 아미노산이 들어 있다. 성분은 종류에 따라서 다르지만, 대체로 수분 16%, 단백질 7%, 지방 1.5%, 탄수화물 49%, 무기염류 26.5% 정도이며, 탄수화물의 20%는 섬유소이고 나머지는 알긴산과 라미나린 등 다당류이다. 특히 요오드·칼륨·칼슘 등 무기염류가 많이 들어 있으므로, 다시마를 조금씩 자주 먹는 것은 무기염류의 공급을 위해서 좋다. 특히 다시마에 들어 있는 라미닌이라는 아미노산은 혈압을 낮추는 효과가 있다[38].

오가피(五加皮)는 오갈피나무의 뿌리 껍질과 나무껍질로 근육과 골격을 튼튼하게 해주고, 인체의 저항력을 높여주며 혈당을 낮추는 한편, 골절상·타박상·부종·사지마비에 효과가 있어 한방 약재로 쓰이며, 두충나무의 껍질은 보약·강장제로 쓰고, 대뇌를 튼튼하게 하며, 폐와 무릎앓이·음습증을 다스리는데 효과가 있으며 잎은 달여서 신경통·고혈압에 쓰고 차로도 복용한다. 구기나무의 어린 잎은 나물로 쓰고 잎과 열매는 차로 달여 먹거나 술을 담그기도 한다. 한방에서는 가을에 열매와 뿌리를 채취하여 햇볕에 말려 쓰는데, 열매를 말린 것을 구기자라 하여 술을 담가 강장제로 쓴다. 잎도 나물로 먹거나 달여 먹으면 같은 효과가 있다. 마늘에는 곰팡이를 죽이고 대장균·포도상구균 등의 살균 효과도 있음이 실험에 의해 밝혀졌다. 마늘의 냄새는 황화아릴이며 비타민 B를 많이 함유하고 있다. 한방에서는 대산이라 하여 비위(脾胃)를 따뜻하게 하고 기(氣)를 돋구며 살충·소종(消腫)의 효능이 있어 소화불량·위장의 냉통(冷痛)·수종(水腫)·이질·버짐으로 인한 탈모·종기 등에 달여서 복용하거나 으깨어 환부에 붙인다. 마늘의 알리신 성분은 신경안정 작용을 하여 피로해 있을 때는 자극과 영양을 준다. 또한 외부로부터의 자극을 완화시키거나 활력을 높인다. 도라지의 주요 성분은 사포닌이다. 생약의 길경(桔梗)은 뿌리의 껍질을 벗기거나 그대로 말린 것이며, 한방에서는 치열(治熱)·폐열·편도염·설사에 사용한다. 인진쑥은 사철쑥이라고도 하며 어린순을 식용하고, 한방약용으로 포기 전체를 간염, 황달, 위장, 냉대하 등에 이용한다. 홍화씨는 기름을 짜서 등유(燈油)와 식용으로 하였고 종자에서 짠 기름에는 리놀산(linolic acid)이 많이 들어 있어 콜레스테롤 과다에 의한 동맥경화증의 예방과 치료에 좋으며, 특히 최근에는 풍부한 칼슘 함량으로 인하여 골다공증 예방 및 골절상 치료에 다양한 형태로 쓰이고 있다. 한방에서는 복분자 딸기(Rubus coreanus)의 미성숙 과실을 복분자(覆盆子)라 하여 보간신(補肝腎), 명목(明目), 이뇨제의 효능이 있고, 정력 감퇴, 유정, 빈뇨에 치료제로 사용되었으며[38], *Ribes, rubus, Vaccinium*속의 pholyphenol 성분이 체내 종양을 촉진하며 십이지장 궤양, 당뇨병, 류마티스 관절염, 피부노화 등을 유발할 수 있는 superoxide기를

제거하고 xanthine oxidase를 억제시킨다는 것이 보고되었다[39,40]. 다음 Table 4는 조사 대상 식물성 환제의 무기 금속 평균 함량을 근거로 하여 각 환제의 권장 복용량이 1회당 20~35알, 1일 3회로서 평균 24.6알, 2.31 g이며, 1일 평균 6.93 g을 섭취한다는 가정하에 1인당 환제 섭취에 따른 무기 금속 함량을 추정해 본 결과이다.

이 결과에 의하면 우리나라 성인 남자가 식물성 환제의 지속적인 복용에 의한 무기 금속 섭취량은 철의 경우 권장량[41]인 12 mg의 9.25~49.17%, 아연은 권장량인 15 mg의 0.46~3.07%, 칼슘은 권장량 700 mg의 1.02~4.4%로서 영양 보충용으로 적절한 수준임을 추정할 수 있었으나, 일부 잠재적인 뇨 결석(結石), 부갑상선 대사 항진 등의 칼슘 제한이 필요한 경우나 저나트륨 식이, 저칼륨 식이를 요하는 환자의 경우 민간 요법으로서 병용할 경우 증세의 악화를 초래할 우려가 있을 것으로 판단되었다.

최근 칼슘 제재등 칼슘보충용 식품의 섭취에 따른 칼슘 섭취 과잉 문제에 대비하기 위하여 외국의 경우 칼슘 섭취 상한 수준을 설정하고 있는데 미국의 경우 1세 이후 노인에 이르기까지 상한 수준을 1일 2500 mg으로 책정하고 있으며, 국민의 95%는 섭취 상한 수준(Tolerable upper intake level, UL) 이하를 섭취하고 있는 것으로 보고되고 있다.

그러나 우리나라의 경우 현재 과대광고 금지를 이유로 식품 성분의 효능과 약리적 기능을 표시할 수 없게 되어있어 전문적 지식을 갖고 있지 않은 일반인이 쉽게 자신에게 적합하지 않은 식품을 선별하기 힘든 문제점도 있으므로 특정 영양성분 섭취를 목적으로 한 식품의 경우 주의 사항 및 부작용 등의 표시를 강화해야 할 것으로 판단된다.

Table 5는 조사 대상 식물성 환제 중의 납(Pb), 크롬(Cr), 카드뮴(Cd) 등 중금속 함량을 나타낸 것으로 크롬(3.51 mg/kg)>납(0.24 mg/kg)>카드뮴(0.09 mg/kg)의 순으로 분포되어 있으며, 전반적으로는 Fig. 2에서 보듯이 마늘환, 도라지환, 복분자환, 오가피환 등이 이들 함량이 모두 높게 나타났다. 또한 납의 경우 마늘에서 0.93 mg/kg, 카드뮴의 경우 도라지환이 0.28 mg/kg, 크롬의 경우 마늘환이 10.01 mg/kg으로 최고치를 나타났다.

Table 5. Contents of heavy metals in botanical pills

(mg/kg, wet base)

item	Contents (Minimum~Maxium)		
	Pb	Cd	Cr
Acanthopanacis cortex	0.36 (0.16~0.45)	0.03 (0.01~0.05)	4.25 (2.63~5.87)
Artemisia capillaris	0.14 (0.06~0.21)	0.10 (0.05~0.15)	1.04 (0.37~1.72)
Eucommia ulmoides	0.10 (0.04~0.17)	0.04 (0.03~0.06)	4.02 (2.88~5.17)
Morus	0.27 (0.12~0.37)	0.15 (0.09~0.21)	2.78 (1.33~4.24)
Pinus densiflora	0.27 (0.13~0.45)	0.06 (0.03~0.15)	0.73 (0.43~1.13)
Carthamus tinctorius seed	0.07 (0.02~0.16)	0.06 (0.01~0.09)	1.67 (1.05~2.49)
Lycii fructus	0.10 (0.03~0.19)	0.04 (0.03~0.09)	4.02 (2.88~4.87)
Rubi fructus	0.10 (0.03~0.23)	0.11 (0.04~0.17)	4.39 (1.98~5.79)
Allium sativum for. pekinense	0.52 (0.11~0.93)	0.05 (0.01~0.08)	7.00 (3.981~0.01)
Platycode radix	0.55 (0.25~0.85)	0.17 (0.05~0.28)	5.68 (3.37~7.99)
Laminaria	0.10 (0.04~0.21)	0.12 (0.03~0.16)	3.04 (1.13~4.94)
Total	0.24 (0.02~0.93)	0.09 (0.01~0.28)	3.51 (0.371~0.01)

Table 4. Estimation of the amount of inorganic metals by daily intake of botanical pills (mg/day, wet base)

Item	Fe	Zn	Ca	Mg	Na	K
Acanthopanacis cortex	2.15	0.10	30.80	6.84	2.74	32.55
Artemisia capillaris	1.63	0.11	8.56	6.13	21.58	29.29
Eucommia ulmoides	2.53	0.11	26.13	8.86	2.69	27.60
Morus	2.24	0.07	20.46	20.89	188.08	190.37
Pinus densiflora	1.13	0.13	7.32	5.20	1.00	18.97
Carthamus tinctorius seed	1.11	0.15	7.11	9.36	21.94	29.74
Lycii fructus	2.53	0.11	26.13	8.86	2.69	27.60
Rubi fructus	5.90	0.09	16.06	11.33	5.29	23.10
Allium sativum for. Pekinense	3.20	0.46	11.80	12.57	5.35	18.73
Platycode radix	2.81	0.33	10.23	4.84	4.22	12.59
Laminaria	1.70	0.08	21.51	26.73	190.24	194.20

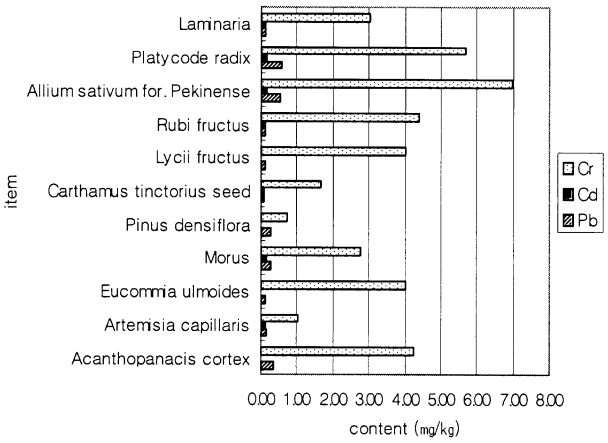

Fig 2. Contents of heavy metals in botanical pills.

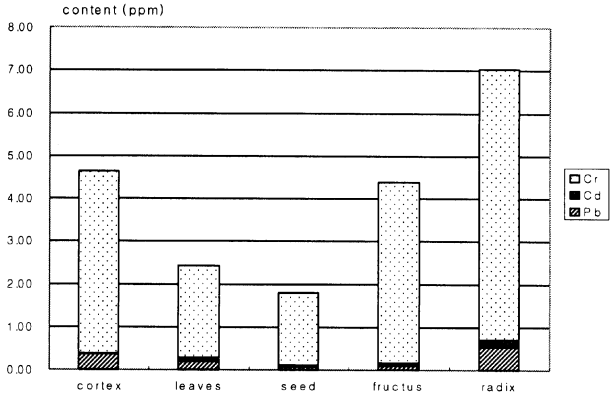

Fig. 3. Contents of heavy metals in grouped botanical pills by used parts.

조사 대상 식물성 환제를 이용된 부위에 따라 껍질(cortex), 잎(leaves), 씨(seed), 열매(fructus), 뿌리(radix)별로 비교한 결과, 그림 3과 같이 납의 경우 뿌리(0.54 mg/kg)>껍질(0.36 mg/kg)>잎(0.20 mg/kg)>열매(0.20 mg/kg)>씨(0.07)의 순이었으며, 카드뮴 함량은 뿌리(0.16 mg/kg)>잎(0.09 mg/kg)>열매(0.07 mg/kg)>씨(0.06 mg/kg)>껍질(0.03 mg/kg), 크롬 함량은 뿌리(6.34 mg/kg)> 껍질(4.25 mg/kg)> 열매(4.20 mg/kg)> 잎(2.14 mg/kg)>씨(1.67 mg/kg)의 순으로 나타났다.

납은 인간에게 알려진 가장 오래된 중금속의 하나로 만성적 노출에 의해 heme합성장애, 혈색소량의 감소와 신경계 장애로 인한 기억상실, 마비, 감각장애 등의 증상을 일으킨다[42]. 카드뮴은 이따이이따이병의 원인물질로 잘 알려져있으며 납과 마찬가지로 만성중독에 의해 칼슘의 정상적인 대사를 방해하여 관절이상, 신장장해, 골연화증을 유발한다[34]. 크롬은 Cr^{3+}의 형태로 glucose tolerance factor로서 작용하여 포도당의 이용을 증진시키는 필수 미량원소이며 크롬화합물 중에서 인체에 유해한 것은 Cr^{6+}로 만성노출에 의해 호흡기 계질환, 알레르기성피부염, 피부 손상 등이 유발된다고 보고되고 있다[34,43].

1972년 FAO/WHO 합동식품첨가물 전문가위원회에서 납, 카드뮴, 수은이 인체내 축적독성을 갖는 식품오염물질로 제기되면서부터 FAO/WHO에서는 식품섭취에 따른 안전성평가에 일일섭취허용량(ADI)보다는 주간섭취허용량(PTWI: Provisional Tolerable Weekly Intake)을 산출하여 위해여부를 비교하도록 권장하고 있으나[44], 현재 우리나라는 총 식품섭취에 대한 정확한 자료가 미비하고 각 식품별 중금속 함유량에 대한 기초자료도 부족하여 폭로량 추정만이 연구되고 있을 뿐[45] 총 중금속 섭취량에 대한 정확한 추정은 어려운 실정이다.

본 연구에서는 주간섭취허용량(PTWI)이 설정되어 있는 아

Table 6. Estimation of risk from the intake of inorganic metals by botanical pills (mg/kg b.w./week)

	Zn		Pb		Cd	
	average intake (% of PTWI)[1)]	maximum intake (% of PTWI)	average intake (% of PTWI)	maximum intake (% of PTWI)	average intake (% of PTWI)	maximum intake (% of PTWI)
Acanthopanacis cortex	0.0123 (0.18)	0.0135 (0.19)	0.0003 (1.26)	0.0004 (1.59)	0.0000 (0.32)	0.0000 (0.63)
Artemisia capillaris	0.0140 (0.20)	0.0160 (0.23)	0.0001 (0.50)	0.0002 (0.74)	0.0001 (1.23)	0.0001 (1.89)
Eucommia ulmoides	0.0136 (0.19)	0.0144 (0.21)	0.0001 (0.37)	0.0001 (0.60)	0.0000 (0.54)	0.0001 (0.76)
Morus	0.0090 (0.13)	0.0101 (0.14)	0.0002 (0.97)	0.0003 (1.31)	0.0001 (1.84)	0.0002 (2.65)
Pinus densiflora	0.0161 (0.23)	0.0217 (0.31)	0.0002 (0.95)	0.0004 (1.59)	0.0000 (0.70)	0.0001 (1.89)
Carthamus tinctorius seed	0.0187 (0.27)	0.0263 (0.38)	0.0001 (0.24)	0.0001 (0.56)	0.0001 (0.80)	0.0001 (1.13)
Lycii fructus	0.0136 (0.19)	0.0173 (0.25)	0.0001 (0.37)	0.0002 (0.67)	0.0000 (0.54)	0.0001 (1.13)
Rubi fructus	0.0116 (0.17)	0.0175 (0.25)	0.0001 (0.35)	0.0002 (0.81)	0.0001 (1.32)	0.0001 (2.14)
Allium sativum for. Pekinense	0.0579 (0.83)	0.0660 (0.94)	0.0005 (1.83)	0.0008 (3.28)	0.0001 (1.86)	0.0001 (1.01)
Platycode radix	0.0417 (0.60)	0.0661 (0.94)	0.0005 (1.94)	0.0007 (3.00)	0.0001 (2.08)	0.0002 (3.53)
Laminaria	0.0096 (0.14)	0.0156 (0.22)	0.0001 (0.36)	0.0002 (0.74)	0.0001 (1.45)	0.0001 (2.02)

1) The values were arithmatically calculated from the average body weight of 55 kg for Korean population[46)]

연, 납, 카드뮴에 대하여 조사대상 환제를 1일 평균 6.93g 섭취한다는 가정하에 1인당 식물성 환제 섭취에 따른 주간 폭로량을 추정해 본 결과 Table 6과 같았다. 이 결과에 의하면 주간섭취허용량(PTWI)이 7,000 μg/kg b.w/week인 아연은 평균 함유량을 기준으로 하였을 때 허용량의 0.13~0.83%를 차지하였으며 최대 함유량에 대하여는 최고 0.94%를 나타내었고, 주간섭취허용량(PTWI)이 25 μg/kg b.w/week인 납은 평균 함유량의 경우 허용량의 0.24~1.94%, 최대 함유량에 대하여는 최고 3.28%, 주간섭취허용량(PTWI)이 7 μg/kg b.w/week인 카드뮴은 평균 함유량의 경우 허용량의 0.32~2.08%, 최대 함유량에 대하여는 최고 3.53%를 환제 복용에 의해 평균적으로 섭취하는 것으로 추정되어 어느 정도 안전 수준내에 포함되는 것으로 판단되었으나, 채소류, 곡류 등 일상 식이의 섭취를 통하여 폭로되는 전체 중금속 양을 생각해 볼 때[45] 지속적인 환제의 섭취는 인체에 무기 금속류의 과포화 상태를 유지시킴으로써 체내의 mineral balance에 영향을 미칠 수 있을 것으로 추정되므로 반드시 전문적인 의료 및 영양 상담을 전제로 해야할 것으로 생각되었으며 식물성 환제를 포함한 건강보충용 식품의 영양학적, 위생학적 연구가 체계적으로 추진되어야 할 것으로 판단되었다.

국문요약

2000년 9월에서 2001년 2월말까지 서울시내 대형 유통 매장에서 판매 중인 식물성 환제 총 11종 51건을 채취하여 철(Fe), 칼슘(Ca), 아연(Zn), 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 칼륨(K) 등의 무기금속류의 함량을 측정한 결과, 전반적으로 매우 다양한 무기 금속류를 다량 함유하고 있었으며 그 함량은 칼륨(7933.32 mg/kg)>나트륨(5848.58 mg/kg)>칼슘(2441.60 mg/kg)>마그네슘(1595.34 mg/kg)>철(353.14 mg/kg)>아연(22.49 mg/kg)의 순으로 나타났는데 이것은 일반적인 가공식품류의 경우 칼륨이 가공 과정 중 다량 소실되어 나트륨의 함량이 상대적으로 높은데 반하여 환제의 경우 비교적 단순가공 과정만을 거쳐 다량의 칼륨이 함유되어 있는 칼륨의 좋은 급원임을 보여 주는 결과라 할 수 있었으며, 철 등은 식물성 원재에 함유되어 수산(oxalic acid)의 영향으로 그 흡수율이 동물성에 비해 낮기는 하나 역시 풍부한 급원임을 알 수 있었다. 또한 총 무기금속 함량을 식품별로 나타내면 뽕잎환(Morus)과 다시마환(Laminaria)은 다량의 칼륨과 나트륨을 함유하는 것으로 나타났고, 오가피환(Acanthopanacis cortex), 두충환(Eucommia ulmoides), 솔잎환(Pinus densiflora), 구기자환(Lycii fructus), 마늘환(Allium sativum for. pekinense), 도라지환(Platycode radix) 등은 칼륨의 함량이 나트륨 함량에 비해 월등히 높게 나타났으며, 인진쑥환(Artemisia capillaris)과 홍화씨환(Carthamus tinctorius seed), 복분자환(Rubi fructus) 등은 다양한 무기 금속류가 골고루 함유되어 있는 것으로 나타났다. 조사 대상 식물성 환제를 이용된 부위에 따라 껍질(cortex), 잎(leaves), 씨(seed), 열매(fructus), 뿌리(radix)별로 비교한 결과, 납의 경우 뿌리(0.54 mg/kg)>껍질(0.36 mg/kg)>잎(0.20 mg/kg)>열매(0.20 mg/kg)>씨(0.07 mg/kg)의 순이었으며, 카드뮴 함량은 뿌리(0.16 mg/kg)>잎(0.09 mg/kg)>열매(0.07 mg/kg)>씨(0.06 mg/kg)>껍질(0.03 mg/kg), 크롬 함량은 뿌리(6.34 mg/kg)>껍질(4.25 mg/kg)>열매(4.20 mg/kg)>잎(2.14 mg/kg)>씨(1.67 mg/kg)의 순으로 나타났다. 1인당 식물성 환제 섭취에 따른 주간 폭로량을 추정해 본 결과, 주간섭취허용량(PTWI)이 7,000 μg/kg b.w/week인 아연은 허용량의 0.13~0.83%, 주간섭취허용량(PTWI)이 25 μg/kg b.w/week인 납은 허용량의 0.24~1.94%, 주간섭취허용량(PTWI)이 7 μg/kg b.w/week인 카드뮴은 허용량의 0.32~2.08%를 이들 환제의 복용으로 섭취하는 것으로 추정되어 어느 정도 안전 수준내에 포함되는 것으로 판단되었으나 채소류, 곡류 등 일상 식이섭취를 통하여 폭로되는 전체 중금속 양을 생각해 볼 때 지속적인 환제의 섭취는 인체에 무기 금속류의 과포화 상태를 유지시킴으로써 체내의 mineral balance에 영향을 미칠 수 있을 것으로 추정되므로 반드시 전문적인 의료 및 영양 상담을 전제로 해야할 것으로 생각되었다.

참고문헌

1. 문수재: 한국인의 영양문제. 한국영양학회지 **29**(4), 371-380 (1996).
2. 권태완, 강수기: 한국식생활문화학회지 **8**(4), 351-358 (1993).
3. 이서래, 이효민, 허근, 이미경: 한국인을 위한 식품 평균소비량(1990년대) 자료의 최적화. 한국식품위생안전성학회지 **15**(2), 68-78 (2000).
4. 食品醫藥品安全廳. 食品公典. 2000.
5. 공혜정, 박선영, 유재연, 조소희, 주경아, 송숙자, 이진희, 정근희: 쌀, 토양, 물, 그리고 야초의 중금속 함량에 대한 연구. 삼육대학교논문집. **26**, 193-198 (1994).
6. 김상구, 장봉기, 이진우, 김두희: 대구시내 및 인근지역의 토양과 쑥 중의 중금속 함량. 경북대학교 환경과학연구소, **7**, 221-234 (1993).
7. 김두희, 송정달: 금호강 유역의 수질, 토양 및 무의 중금속 함량. 경북대학교 산업개발연구소 연구보고, **12**, 131-144 (1984).

8. 김재봉, 김동한, 정연보, 오재기, 장성기, 최광수, 강덕희: 중금속에 의한 토양오염과 농작물내 함량의 상관관계에 관한 연구. 국립환경연구소보, **2**, 203-211 (1980).
9. 강주성, 박석환, 정문식: 서울시 일부지역에서 재배한 채소류 및 토양중 중금속 함량에 관한 연구. 한국환경위생학회지, **20**(2), 55-63 (1994).
10. Flame Atomization Analysis Guide for Polarized Zeeman Atomic Absorption Spectrometry. Hitachi, Ltd. 1st ed. Japan. (1997).
11. Graphite Furnace Atomization Analysis Guide for Polarized Zeeman Atomic Absorption Spectrometry. Hitachi, Ltd. 1st ed. Japan. (1997).
12. Patricia, A.K., Dorice, M.C.: Nutrition in Perspective, Prentice-Hall, Inc., 258-259 (1987).
13. Kenneth, T.S.: Trace mineral in Foods. Marcel Dekker, Inc., 2-3 (1988).
14. Meneely, G. R., Battarbee, H. D.: High sodium-low potassium environment and hypertension. Am. J. Cardiol. **38**, 768-785 (1976).
15. Pickering G.: Dietary sodium and human hypertension. Cardiovasc. Rev. Rep. **1**, 13-17 (1980).
16. Nutrition and blood pressure control. Current status of dietary factors and hypertension. Ann. Intern. Med. 98(part2) : 697-890 (1983).
17. Mark C. Houston: Sodium and hypertension. Arch Intern Med. **146**, 179-185 (1986).
18. Hunt JC.: Sodium Intake and hypertension: A case for concern. Ann. Intern. Med. **98**, 724-728 (1983).
19. Holden RA, Ostfeld AM, Freeman et al.: Dietary salt intake and blood pressure. JAMA **250**, 365-369 (1983).
20. Melvin J. Fregly: Sodium and hypertension. Arch. Intern. Med. **146**, 179-185 (1986).
21. Meneely, G. R., Battarbee, H. D.: Sodium and potassium. Nutr. Rev. **34**, 225-35 (1976).
22. 박태선, 이기열: 한국 대학생의 sodium과 potassium 섭취량 및 대사에 관한 연구. 한국영양학회지 **18**(3), 201-208 (1985).
23. Heaney RP, Recker RR, Saville PD.: Calcium balance and calcium requirements in middle-aged women. Am. J. Clin. Nutr. **30**, 1603-1611 (1977).
24. 임승길: 골다공증의 치료. 한국영양학회지 **26**(2), 213-219 (1993).
25. 김희선, 유춘희: 칼슘 보충이 여대생의 나트륨, 칼륨 대사 및 혈압에 미치는 영향, 한국영양학회지 **30**(1), 32-34 (1997).
26. Poportzer MM.: Disorders of calcium, phosphorus, vitamin D and parathyroid hormone activity. In : Schvie RW ed. Renal and electro-activity disorders. Little Brown. Boston (1976).
27. Jacobs, A.: The mechanism of iron absorption. Clinics in Haematology. **2**, 325-337 (1973).
28. Robert, J. C. and Maria, C. L.: Present Knowledge in Nutrition. 7th ed., Washington D.C., 293-319 (1990).
29. Castenmiller JM, Mensink RP, et al.: The effect of dietary sodium on urinary calcium and potassium excretion in normotensive men with different calcium intakes. Am. J. Clin. Nutr. **41**, 52-60 (1985).
30. Judith R. Turnlund, Leslie Wada, Janet C. King, William R. Keys, and Lorra L. Acord: Copper absorption in young men fed adequate and low zinc diet. Biological Trace Element Research **17**, 31-41 (1988).
31. Spencer, H.: Mineral and mineral interactions in human beings. J. Am. Diet Assoc. **86**, 864-867 (1986).
32. Greger JL, Baligar P, Abernathy RP, Bennett OA, Peterson T.: Calcium, magnesium, phosphorus, copper, and manganese balance in adolescent females. Am. J. Clin. Nutr. **31**, 117-121 (1979).
33. Wise MB, Ordoveza AL.: Influence of variations in dietary calcium: phosphorus ratio on performance and blood constituents of calves. J. Nutr. **79**, 79-88 (1963).
34. 승정자: 극미량원소의 영양. 민음사, 서울, 16-24 (1996).
35. Kim, S.H., Kim, N.J., Choi, J.S. and Park, J.C.: Determination of flavonoid by HPLC and biological activities from the leaves of Cudrania tricuspidata Bureau. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. **22**, 68-72 (1993).
36. Cha, J.Y., Kim, H.J., and Cho, Y.S.: Effect of water-soluble extract from leaves of Morus alba and Cudrania tricuspidata on the lipid peroxidation in tissues of rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. **22**, 68-72 (1993).
37. Cha, J.Y., Kim, H.J., Jun, B.S. and Cho, Y.S.: Effect of water extract of leaves from Morus alba and Cudrania tricuspidata on the lipid concentration of serum and liver in rats. Agric. Chem. Biotechnol. **43**, 303-308 (2000).
38. 동양의학대사전. 강담사. 서울 (1999).
39. Costantino, L., Albasini, A., Rasteli, G. and Benvenuti, S.: Activity of pholyphenolic crude extracts as scarvengers of superoxide radicals and inhibitors of xanthine oxidase. Planta MAD., **58**(4), 342-345 (1992).
40. Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C.: In free radicals in biology and medicine. Oxford. Clarevden Press (1989).
41. 한국영양학회: 한국인 영양권장량. 제6차개정 (1995).
42. Sakurai H. Sugita M. Tsuchiya K.: Biological response and subjective symptoms in low level lead exposure. Arch Environ Health : WHO. **29**, 157-163.
43. Maurice E. Shills and Vernon R. Young: Modern nutrition in health and disease. 7th ed. Lea & Febiger (1988).
44. UNEP/FAO/WHO : Assessment of dietary intakes of chemical contaminants (1992).
45. Young-Taik Kwon, Jung Ah Lee and Su-Rae Lee: Estimation on the dietary intake of toxic metals by total diet study in Korea. J. Food Sci. Biotechnol. **10**(4), 414-417 (2001).
46. Lee, S.R.: Information on the average body weight of Korean. Food Science & Industry(KoSFoST) **32**, 65-66 (1999).