

한약재와 탕액(쌍화탕)중 내분비계 장애물질로서의 개별 중금속의 함량 연구(Ⅰ)

김진숙*¹⁾, 황성원²⁾, 김종문²⁾, 마진열²⁾

한국한의학연구원, 한약제제연구부¹⁾, 검사사업부²⁾

Abstract

Monitoring Research for Heavy Metals as Endocrine Disruptors in Herbal Medicines and Ssangwaha-Tang

Kim Jinsook*¹⁾, Hwang Sungwon²⁾, Kim Jongmoon²⁾, Ma Jinyeul²⁾

1) Dept. Herbal Pharmaceufical Development, KIOM

2) Dept. of Quality Control of Herbal Medicine

The purpose of this study is to compare the contents of heavy metals of boiled ssangwhatang with those of herbal ingredients which are composed of ssangwhatang.

Ssangwhatang is used for antifatigue, tonic and so on. With industrial development, our environment has been very polluted. Herbal medicines also are seriously contaminated by heavy metals and pesticides. The herbal medicines of ssangwhatang were bought at 10 defferent markets. The contents of 14 heavy metals(Ag, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn) were analysed using ICP. It was found out that 7 heavy metals(Pb, As, Ba, Cd, Hg, Sb, Sn) were not detected at all in boiled ssangwhatangs. But they were detectable in all ssangwhatangingredients before boiling. For example, the content of Pb in one pack of ssangwhatang before boiling was $0.039 \pm 0.005 \mu\text{g}$ and Pb in boiled one was not detected. Herbal medicine itself is seriously contaminated by heavy metals. These results suggest that boiled ssangwhatang which we take is safe from the contamination of heavy metals.

Keyword : ssangwhatang, heavy metal, herbal ingredients before boiling

1. 서 론

쌍화탕은 십전대보탕과 같이 우리나라에서 보편적으로 애용되고 있는 보약 중의 하나이다. 이는 피로회복제의 대표적인 처방으로 기혈과 온몸을 보하는 작용이

있어 앓고 난 뒤 허손증으로 기혈이 몹시 허해진데 쓰인다. 또한 혈기와 신경이 부족하여 감기에 잘 걸리고 또 잘 낫지 않고 오래 끌면서 기침, 허약증, 식은땀이 나는 증상에 쓰인다¹⁾. 이와 같이 국민들에게 부담없이 애용되고 있는 쌍화탕 구성 한약재 역시 총체적인 환

경오염 및 관리 부주의로 중금속 오염이 심각하다. 즉 급속한 산업화, 공업화로 인한 공해, 폐수, 농약의 유출로 대기, 수질, 토양이 심각하게 오염되었다. 무엇보다도 토양이 산성화되면 대부분의 금속의 용해도가 증가되어 작물이 중금속에 오염될 가능성이 높다. 이밖에도 중국산 한약재가 대량 수입되면서 한약재의 불명확한 산지와 수집, 가공, 운반 등의 유통과정 중의 중금속오염의 우려가 심각한 실정이다²⁾.

비소는 살서제, 제초제 등으로 이용되어 왔으며, 메스꺼움, 구토, 설사 복통을 일으키며, 만성증상으로 두통, 피곤, 피부이상 등을 일으킨다³⁾. 130mg섭취시 12~24시간 안에 사망한다고 보고되었다⁴⁾. 바륨은 고농도로 노출되면 호흡곤란, 위염, 혈압증가를 유발시키고, 간, 신장, 비장 등에 이상을 일으킨다⁵⁾. 카드뮴은 아연, 구리, 납의 제련시 생기는 폐수 및 비료에서 오염되는 것으로 알려져 있는데 특히 인산 비료에는 상당량의 카드뮴이 함유되어 있다⁶⁾⁷⁾. 이는 단백질, 위장장애, 피곤, 혈액량 감소, 빈혈을 일으키어 유산, 사산, 기형아 출산 등을 초래한다⁸⁾. 또한 일본 국립의약품식품위생연구소에서 내분비계장애 추정물질로, 미국 일리노이주 환경청(IEPA ; Illinois Environmental Protection Agency)에서는 가능성 있는 물질(Probable Category : 동물실험 및 생물학적 실험에서 내분비계 장애작용의 상당한 증거가 있는 화합물)로, 국제암연구기관(IARC ; International Agency for Research on Cancer)에서는 Group 1(사람에 대해 발암성 있음)으로 분류되어 있다⁹⁾. 크롬 역시 필수 미량금속이나 과량 섭취시 간의 궤양이나 변성을 일으키며 호흡기 암의 추정물질로 규정되어 있다¹⁰⁾. 구리는 인체의 구성성분으로서 신장, 간장, 조직에 함유되어 있으며 단백질과 결합하여 금속의 운반체, 철의 산화에 관여하는 등 필수성분이나 과량 섭취시 구토, 저혈압, 흑토증, 위장관의 자극, 황달 및 간장과 신장의 퇴화를 유발한다¹¹⁾¹²⁾¹³⁾. 철 역시 인체의 구성성분으로 독성은 비교적 적지만, 어린이의 경우 체중 1Kg당 900mg의 섭취는 죽음을 초래하였다¹⁴⁾. 수은은 공장폐수, 도시하수에 의한 오염, 수은계 농약에 의한 토양오염, 지각중에 자연적으로 함유 되어 있는 수은의

자연 탈기로 방출되며 심하면, 장님이 되거나 중추신경의 이상에서 오는 말더듬, 운동기능마비, 정신이상 등 뇌의 손상으로 인한 마비 등의 많은 증상을 나타낸다¹⁵⁾. 또한, 일본 국립의약품식품위생연구소에서 내분비계장애 추정물질로, 미국 일리노이주 환경청(IEPA)에서는 가능성 있는 물질로(Probable Category), 국제암연구기관(IARC)에서는 Group 3(사람에 대한 발암성 여부에 대해 분류할 수 없음)으로 분류하였다^{8) 9)}. 망간은 인간과 동물에 있어서 필수 미량 금속으로 식품섭취로 인한 중독증상은 없는 것으로 알려져 있지만, 장기간 과량 섭취하면 심한 정신이상증과 Parkinson질병과 같은 중추신경 장애와 dopamin 결핍에서 오는 기억 상실과 정신장애를 유발시킨다¹⁶⁾. 니켈은 대사에 중요한 기능을 가지는 필수 미량금속인데, 과량 섭취시 호흡기 질환, 피부염, 습진 알레르기 등을 유발한다¹⁷⁾. 납은 인체에 축적 독성이 강하고, 산업계에서 다양한 사용으로 인해 주목받는 미량금속으로, 헤모글로빈 결핍으로 인한 빈혈, 뇌 손상마비, 신장장애 등을 일으킨다¹⁸⁾. 일본 국립의약품식품위생연구소에서 내분비계장애 추정물질로, 미국 일리노이주 환경청(IEPA)에서는 가능성 있는 물질로(Probable Category), 국제암연구기관(IARC)에서는 Group 2B(사람에 대해 발암성이 의심됨)로 분류하였다⁸⁾⁹⁾. 장시간 고농도의 안티몬에 노출되면 눈과 폐에 염증을 일으키고 심장, 폐에 이상이 생기며, 복통, 구토, 설사, 위궤양을 일으킨다¹⁹⁾. 주석화합물이 눈 또는 피부에 접촉되면 염증을 유발시키고, 호흡이나 복용에 의해 호흡곤란, 뇌신경계통의 상호 작용을 방해하며, 심하면 죽음에까지 이른다⁵⁾. 아연은 필수 미량금속으로 인체의 생리 활성에 작용하는 약 80여개의 효소가 이 금속을 필요로 하고 있으나, 과량 섭취시 구토, 발열, 복통, 두통, 타액감소, 어지럼증, 탈수 전해질 불균형 등을 유발한다²⁰⁾.

이와같이 중금속이 인체에 치명적인 영향을 미치고 있으나, 우리나라에서는 식품의약품안전청 고시 제 1998-29호에 생약 등에 대한 중금속 허용기준이 30ppm(Pb 기준)이하로 고시되어 있을 뿐 중금속 및 미량금속의 오염유무와 그 정도에 대하여 판단할 수 있는 자료가 부족한 현실이다. 그러므로 국민들에게 많

이 애용되는 쌍화탕을 달이기전과 달인 후의 개별중금속 함량을 비교 분석하여, 한약재와 탕액의 오염여부를 알아보고 그 함량기준 설정에 자료를 제공하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 기기

가. 실험재료 - 실험에 사용된 감초(Glycyrrhizae Radix), 당귀(Angelicae gigas Radix), 백작약(Paeoniae Radix alba), 숙지황(processed Rehmaniae Radix), 육계(Cinnamomi Cortex), 천궁(Cnidii Rhizoma) 및 황기(Astragali Radix)는 각각 서울 경동시장내 성○건재약업사(A), 범○한의원(B), 정○물산(C), 덕○당건재약업사(D), 경○한약협동조합(E), 보○약업(F), 우○물산(G), 남○당약국(H), 남○당한약국(I), 및 용○건재약업사(J)에서 구입하였다.

나. 기기 - Ag, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn의 표준용액은 Thermo Jarrell Ash 및 Shannon사에서 구입한 ICP용 표준용액을 희석하여 사용하였고, HNO₃은 유해금속 측정용 시약을 사용하였다. 대한약전 시험법에 의한 총중금속량 측정을 위한 전기로는 F4800 Furnace(Barnstead Thermolyne)를 사용하였고, 중금속 전처리에는 Ethos 1600 Advanced Microwave Labstation(Milestone)을 사용하였다. 개별중금속량 측정을 위해서 Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer(Thermo Jarrell Ash, 이하 ICP)를 사용하거나 ICP에 Plasma Hydride Device(T-PHD)를 부착하여 사용하였다.

2. 실험방법

가. 쌍화탕 구성 개별 한약재 중의 Ag, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn 함량 측정

10개사(A~J)에서 구입한 쌍화탕 구성 한약재 감초, 당귀, 백작약, 숙지황, 육계, 천궁 및 황기를 각각을 유발에서 분쇄하였다. 분쇄한 개별 한약재들을 약 0.5g을 취해 microwave digestion 용기에 넣어 무게를 측정하고, HNO₃ 5ml, H₂O₂ 1ml을 넣고 뚜껑을 닫아 microwave oven을 이용하여 분해시켰다. 맑은 용액으로 분해된 각각의 개별한약재 시료를 25ml로 표정한 검액 중의 개별중금속 함량을 ICP로 측정하였다.

나. 쌍화탕 중의 Ag, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn 함량 측정

쌍화탕재료를 동의보감치방(백작약 2돈반, 당귀, 숙지황, 황기, 천궁 각 1돈, 감초, 육계 각 7분 반)대로 각각의 무게를 재서 약탕기에 넣고, 증류수 750ml을 넣어 200ml가 될 때까지 다렸다. 다려진 쌍화탕 각각을 거여즈에 여과하여 250ml로 표정하였다. 이 시료들을 약 1ml을 취하여 개별한약재의 검액 조제시와 같은 방법으로 분해하여 쌍화탕 검액으로 하였다. 검액 중의 개별 중금속의 함량은 ICP를 이용하여 측정하였다. ICP-AES의 분석조건은 Table 1, 2와 같다.

Table 1. Operating Conditions and Optics Specifications for ICP-AES

Plasma Source	
RF frequency	27.12 MHz
RF Power	1150 W (As, Hg, Sb, Sn - 1350 W)
Touch Flow	High Flow
Auxilliary Gas Flow	Medium (1.0L/min)
Coolant Gas Flow	14L/min
Nebulizer Type	Concentric Nebulizer
Nebulizer Pressure	30 psi
Observation Height	15.0 mm
Pump tubing type	Tygon-Orange
Flush pump rate	200rpm (3.70ml/min)
Analysis pump rate	100rpm (1.85ml/min)
Monochromator Optics	
Focal Length	0.5m
Two PMT detectors	R427 solar blind and R889 IR enhanced
Grating	2400 and 1200 Lines/mm
Resolution	0.036nm 1st order, 0.018nm 2nd order, 0.12nm 1200 line/mm

Table 2. Analytical lines for establishment of optimum conditions

Element	Line	Element	Line	Element	Line
Ag	328.0nm	Cu	324.7nm	Pb	220.3nm
As	189.0nm	Fe	259.9nm	Sb	206.8nm
Ba	455.4nm	Hg	184.9nm	Sn	189.9nm
Cd	228.8nm	Mn	257.6nm	Zn	213.8nm
Cr	283.5nm	Ni	221.6nm		

다. 총중금속 함량 측정

대한약전 일반시험법 중 중금속 시험법의 제 3법에 의해 쌍화탕 구성 개별 한약재와 쌍화탕액을 실험하였다.

III. 결과 및 고찰

가. 쌍화탕 구성 한약재의 개별 중금속 함량

쌍화탕에 들어가는 한약재들의 개별 중금속 함량은 Table 3과 같다.

나. 달이지 않은 쌍화탕 1첩과 탕액 1첩의 개별 중금속 함량

달이지 않은 쌍화탕 1첩내의 중금속 함량은 Table 4에, 다린 쌍화탕 1첩 내의 중금속 함량은 Table 5와 같다. 비소의 경우 달이지 않은 1첩에서 평균 0.076mg이 검출되었으며, 탕에서는 모두 검출되지 않았다. 카드뮴도 탕으로 다린 후 모두 검출되지 않았으나, 달이기전 1첩당 평균 0.007mg이 검출되었다. 수은은 탕으로 다린 후 모두 검출되지 않았지만 달이기 전에는 1첩당 평균 0.057mg이 검출되었다. 망간은 탕으로 다린 후 평균 0.517mg이 검출되었고, 달이기전은 탕액의 약 4배량에 해당하는 2.160mg이 검출되었다. 납은 탕으로 다린 후 모두 검출되지 않았고, 한약재 1첩 내에 평균 0.039mg이 검출되었다. 주석은 탕으로 다린 후 모두 검출되지 않았고, 한약재 1첩 내에 평균 0.106mg이 검출되었다. 아연은 탕에서는 평균 0.073mg이 검출되었고, 한약재 1첩 내에 평균 0.539mg이 검출되었다.

다. 총중금속 총량

쌍화탕 구성 한약액의 총중금속 함량분석은 10개사

Table 3. Heavy Metal Contents in Glycyrrhizae Radix, Angelicae gigas Radix, Paeoniae Radix alba, processed Rehmannia Radix, Cinnamomi Cortex, Cnidi Rhizoma, Astragali Radix

Unit : mg/Kg

Sample		Metal elements													
		Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
processed Rehmannia Radix	Mean	0.10	2.43	4.74	0.14	0.74	3.46	558.02	1.54	15.45	0.95	1.92	1.65	3.83	7.38
	S.D.	0.09	2.42	2.11	0.05	0.89	0.92	266.04	0.66	9.40	1.28	0.41	0.56	1.27	3.92
Cinnamomi Cortex	Mean	0.42	2.21	88.47	0.26	1.16	3.87	63.07	1.61	222.44	1.13	1.60	1.00	3.75	4.94
	S.D.	0.07	1.04	36.52	0.08	0.46	0.55	38.84	0.67	92.30	0.46	0.56	0.46	0.99	2.65
Cnidi Rhizoma	Mean	0.39	1.65	8.29	0.21	0.12	9.04	169.88	0.93	33.78	2.35	1.01	0.92	3.37	19.46
	S.D.	0.05	0.51	4.07	0.09	0.29	3.81	87.69	0.27	10.05	1.75	0.17	0.37	0.64	6.34
Astragali Radix	Mean	0.21	4.38	5.95	0.17	N.D.	7.17	62.11	4.28	11.48	1.93	1.59	2.14	5.20	18.91
	S.D.	0.08	2.71	5.07	0.17	N.D.	0.75	28.05	2.77	4.73	1.60	0.36	0.62	2.41	6.98
Glycyrrhizae radix	Mean	0.38	2.62	7.90	0.14	2.19	5.60	124.12	1.65	11.37	1.37	1.39	1.76	4.27	4.67
	S.D.	0.07	0.69	6064	0.05	0.59	1.52	34.96	0.46	2.34	0.26	0.44	0.55	0.66	1.55
Angelicae gigas radix	Mean	0.43	5.49	29.67	0.46	0.60	4.55	418.18	4.37	201.77	4.56	2.58	3.45	6.26	15.39
	S.D.	0.05	1.35	10.91	0.10	0.64	1.16	230.83	1.30	45.94	9.65	0.43	0.58	6.04	2.72
Peoniae radix alba	Mean	0.45	1.34	26.16	0.17	0.57	3.06	24.78	1.53	16.20	0.91	0.37	0.18	1.45	13.87
	S.D.	0.04	0.50	23.65	0.12	0.21	1.07	10.03	0.44	7.88	0.49	0.43	0.20	0.42	3.72

S.D. means Standard Deviation

Table 4. Heavy Metal Contents in 1 pack of Ssangwhatang ingredients

Unit : mg/pack

Sample	Metal elements													
	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
A	0.009	0.062	0.883	0.006	0.021	0.169	4.714	0.051	2.704	0.155	0.034	0.038	0.103	0.477
B	0.010	0.089	0.907	0.006	0.026	0.195	5.558	0.073	2.728	0.057	0.045	0.040	0.142	0.572
C	0.010	0.070	0.940	0.006	0.021	0.214	4.389	0.049	2.258	0.040	0.035	0.034	0.102	0.459
D	0.009	0.110	0.917	0.007	0.030	0.177	10.012	0.088	2.245	0.073	0.048	0.047	0.137	0.471
E	0.010	0.075	0.880	0.007	0.026	0.192	5.300	0.052	1.997	0.046	0.040	0.036	0.105	0.616
F	0.011	0.068	1.139	0.007	0.025	0.188	4.311	0.051	2.001	0.060	0.038	0.036	0.093	0.577
G	0.010	0.076	0.769	0.008	0.018	0.179	5.402	0.049	1.995	0.049	0.037	0.039	0.096	0.561
H	0.009	0.052	1.463	0.006	0.012	0.175	3.871	0.038	1.535	0.067	0.031	0.036	0.076	0.556
I	0.009	0.076	0.833	0.007	0.016	0.170	5.568	0.067	2.103	0.044	0.043	0.039	0.115	0.544
J	0.009	0.080	0.854	0.006	0.019	0.186	4.988	0.052	2.021	0.049	0.039	0.043	0.096	0.558
Mean	0.010	0.076	0.958	0.007	0.021	0.184	5.411	0.057	2.160	0.064	0.039	0.039	0.106	0.539
Standard Deviation	0.001	0.016	0.202	0.001	0.005	0.014	1.717	0.015	0.356	0.034	0.005	0.004	0.020	0.052

Table 5. Heavy Metal Contents in 1 pack of Ssangwhatang

Unit : mg/pack

Sample	Metal elements													
	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
A	0.025	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.012	0.329	N.D.	0.516	0.004	N.D.	N.D.	N.D.	0.078
B	0.024	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.015	N.D.	N.D.	0.512	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.081
C	0.026	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.015	N.D.	N.D.	0.526	0.016	N.D.	N.D.	N.D.	0.079
D	0.028	N.D.	N.D.	N.D.	0.003	0.014	N.D.	N.D.	0.862	0.002	N.D.	N.D.	N.D.	0.096
E	0.022	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.020	0.002	N.D.	0.485	0.011	N.D.	N.D.	N.D.	0.097
F	0.027	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.012	N.D.	N.D.	0.438	0.009	N.D.	N.D.	N.D.	0.075
G	0.029	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.032	N.D.	N.D.	0.430	0.145	N.D.	N.D.	N.D.	0.041
H	0.023	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.015	N.D.	N.D.	0.439	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.065
I	0.027	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.007	N.D.	N.D.	0.587	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.078
J	0.033	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.003	N.D.	N.D.	0.379	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.045
Mean	0.022	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.015	0.033	N.D.	0.517	0.019	N.D.	N.D.	N.D.	0.073
Standard Deviation	0.003	N.D.	N.D.	N.D.	0.001	0.008	0.104	N.D.	0.135	0.045	N.D.	N.D.	N.D.	0.019

(A~J)에서 구입한 한약재 감초, 당귀, 백작약, 숙지황, 육계, 천궁 및 황기 총 70종을 시료로 하여 대한약전 일반시험법 중 중금속 함량시험 제3법에 따라 시험한 결과, A사의 감초, B, D, I 사의 당귀와 황기, C, E, F, J사의 당귀 총 11종만이 식품의약품안전청 고시 제 1998-29호의 중금속 허용기준인 30ppm을 초과하였고, 그 외 59종 약재는 기준 범위 안에 들었다. 그리고 달인 모든 쌍화탕은 30ppm을 초과하지 않았다.

III. 결 론

쌍화탕 구성 한약재에서 유해 중금속 Pb의 함량을 보면 2.58±0.43 ppm(당귀), 0.37±0.43 ppm(백작약), 1.92±0.41 ppm(숙지황), 1.01±0.17 ppm(천궁), 1.59±0.36 ppm(황기)으로 검출되었다. 그러나 table 5에서 볼 수 있듯이 달인 쌍화탕액에는 Pb이 10 처방에서 전혀 검출이 되지 않았다. 또한 달이기 전의 쌍화탕 구성

한약재 한 첩당 Pb의 함량은 0.039 ± 0.005 mg이나, 탕액에서는 Pb가 검출되지 않았다. Pb 이외 As, Ba, Cd, Hg, Sb, Sn도 10곳의 탕액처방에서는 전혀 검출이 되지 않았다. 그리고 Cr은 9곳에서, Ni은 4곳의 처방에서 검출되지 않았다. 그러나 달이기 전의 10개의 한약재 처방에서는 모든 중금속이 검출이 되었다. 이는 쌍화탕의 개별 한약재 또는 원 한약재의 중금속의 함량이 탕액의 중금속 함량과 일치한다고 볼 수 없음을 의미한다. 하지만 한약재를 그대로 제조하는 환제 및 산제의 중금속 오염의 심각함을 짐작할 수 있다. 그러므로 개별 한약재, 탕액, 산제, 환제에서의 중금속 함량 기준 설정을 각각 달리하여야 한다고 사려된다.

그리고 총중금속 함량 시험방법은 산성범위에서 중금속들이 유화수소와 반응하여 생성하는 불용성 착색 황화물로 인한 정색 정도를 납표준용액과 비교하는 것이다. 따라서 유화수소에 의해 침전이 생길 수 있는 모든 금속이온은 반응하므로, 천연물 자체에 함유되어 있는 Cu, Zn, Fe 등과 같은 금속도 침전을 일으켜 유해금속에 포함될 우려가 있다. 그러므로 총 중금속 양에 의한 평가는 완전하다고 볼 수 없다고 사려된다.

IV. 사 사

본 과제는 2000년 한국한의학연구원 검사사업팀 사업예산으로 수행된 것이며, 이에 감사를 드립니다.

[색인어] 개별중금속, 쌍화탕, 쌍화탕 구성 한약재

참고문헌

- 1 신재용, 방약합편 해설, 전통의학연구소, 39, 1989
- 2 왕보금, 고승영 천연물의 오염, 중약통보, 12(6), 58-61, 1987
- 3 승정자, 극미량 원소의 영양, (주)민음사, 310, 1984
- 4 Encyclopaedia of Food Science Food Technology and Nutrition, Academic press, Vol. one, pp262-264, 1993
- 5 Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Toxicological profile for barium, Atlanta,GA : U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 1992
- 6 WHO : Cadmium (Environmental Health Criteria 134), WHO, 131-195, 1992
- 7 Conor Reilly : Metal contamination of food, Applied science publisher LTD.(London), 119-122, 1980
- 8 승정자, 극미량 원소의 영양, (주)민음사, 321-322, 1984
- 9 국립환경연구원, 내분비계 장애물질의 이해와 대응, 1995
- 10 김광주, 식품 중 중금속 관련 내분비계 장애물질 잔류량 모니터링, 한국소비자보호원 시험검사소, 2000
- 11 승정자, 극미량 원소의 영양, (주)민음사, 225, 1984
- 12 Conor Reilly : Metal contamination of food, 2nd edition, Elsevier science publishers LTD.(London), 1991
- 13 National Food Authority : The 1992 Australian Market Basket Survey, A total diet survey of pesticides and contaminations, 1994
- 14 ILSI : Present knowledge on nutrition 6th, edition, 1990
- 15 승정자, 극미량 원소의 영양, (주)민음사, 54, 1984
- 16 승정자, 극미량 원소의 영양, (주)민음사, 339-340, 1984
- 17 승정자, 극미량 원소의 영양, (주)민음사, 214, 1984
- 18 승정자, 극미량 원소의 영양, (주)민음사, 225, 1984
- 19 승정자, 극미량 원소의 영양, (주)민음사, 332, 1984
20. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Toxicological profile for tin, Atlanta,GA : U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 1992