

野菜중에 含有된 有害 微量金屬에 關한 研究

文仁順 · 高英秀 · 洪淳英*

漢陽大學校 食品營養學科 *化學科

A Study on the harmful trace elements in food

In-Soon Moon, Young-Su Ko, Soon-Young Hong

Department of Food and Nutrition, Hanyang University

* Department of Chemistry, Hanyang University, Seoul, Korea

ABSTRACT-In order to investigate the harmful trace elements in Korean common vegetables, the contents of Lead, Cadmium, Copper, Zinc and Manganese are studied in this paper. As shown in the Table 1, the following vegetable samples collected from the agriculture-marine products market in Seoul were used; root vegetables-potato, sweet potato, carrot, radish, onion and garlic, fruit vegetables-cucumber, pumpkin, green pepper, egg plant, tomato and melon. The contents of the harmful trace elements were determined by means of atomic absorption spectrophotometry. These elements were extracted from the vegetables with the DDTC-MIBK extraction method. The results were as follows; 1. The average contents of the harmful trace elements in the vegetables were as follows; Root vegetables-Lead, 0.387 ppm; Cadmium, 0.030 ppm; Copper, 1.267 ppm; Zinc, 7.395 ppm; Manganese, 5.380 ppm. Fruit vegetables-Lead, 0.259 ppm; Cadmium, 0.028 ppm; Copper, 1.155 ppm; Zinc, 3.732 ppm; Manganese, 3.532 ppm. 2. The contents of harmful trace elements in vegetables were significantly low compared with foreign standards. This means that vegetables contamination with those harmful trace elements is not significant at present.

Keywords □ Harmful elements. Root vegetables, Fruit vegetables

근대에 있어서 鑛工業의 발달로 인하여 우리의 생활문화는 크게 향상이 되었지만 그와 동시에 환경중에 많은 化學物質 즉 人工合成物質뿐만 아니라 副產物이나 重金屬 등이 방출되어서 환경내에 있는 食品原料動植物을 오염하게 되었다¹⁻⁶. 특히 이들 食品의 오염에 의한 安全性의 위험을 받게 되어서⁷⁻⁹ 식품위생상 문제되고 있음은 주지의 사실이다. 이들 식품의 오염은 유해중금속, 잔류농약, PCB, 세균, 발암성물질 그리고 방사성물질 등에 의한 식품의 오염이 문제시 되고 있는 것으로 보고

가 되어 있다.¹⁰⁻¹⁵ 더구나 水銀, 鉛, 批素, cadmium, nickel, 그리고 crom 등의 중금속류는 원래의 식품에 함유된 것이 아니고 식품의 제조과정, 공장 및 광산폐수, 화학비료와 농약 등에 기인하는 것으로 인체에 나쁜 영향을 미친다.¹⁶⁻²¹ 그리고 銅, 亞鉛, 鐵 및 mangan 등과 같이 動植物의 생리작용에 필요한 미량원소²²⁻²⁷ 도 과량이 축적이되면 오히려 해롭다. 중금속에 의한 식품오염의 연구는 1960년대 후반에 小林 등^{28,29} 에 의해서 본격적으로 이루어졌으며 그중에서도 어패류중의 중금속 함량에 대한 연구가 많이 보고가 되어 있으며³⁰⁻⁴² 해조류⁴³, 즉석이유식⁴⁴, 시판벌꿀⁴⁵ 과 불고기 쏘스⁴⁶, 쌀⁴⁷⁻⁴⁸, 그리고 기타의 가공식품 및 식품첨가물에 이르기까지⁴⁹⁻⁵² 식품속에

Received for publication 10 October 1986; accepted 29 October 1986
Reprint requests; Prof. Dr. Young-Su Ko at the above address

함유된 미량금속등에 대하여서 조사 보고된 바 있다. 식품중에서 야채류속에 함유된 유해미량금속에 관한 연구로는 **李등**⁵³이 市中 채소류 및 인삼에서 미량원소를 분석하여서 마늘, 생강, 양파 모두 Mg가 현저히 높았고 마늘은 Cu, Al, Mg, Br, Hg 순으로, 생강은 Al, Mg, Cu, Br, Hg, 양파는 Cu, Mn, Al, Br, Hg 순으로 나타났고 당근은 Mg가 현저히 높았고, Cu, Mg, Al, Br, Hg의 순이라고 하였다. **溝水등**⁵⁴은 채소에 대한 납과 수은의 흡수관계를 조사한 결과 납과 수은이 뿌리보다 잎에 많이 흡수되었다고 하였으며, **金등**⁵⁵은 콩나물속의 수은 함량을 조사하였고 **金등**⁵⁶은 진주지방의 원예작물중의 중금속함량을 보고하였으며 **洪등**⁵⁸은 토양 및 채소중의 중금속오염에 관한 연구를 그리고 **金등**⁵⁸은 야채 및 과일류등의 미량금속의 분포에 관한 연구를 보고한 바 있다. 이상에서 언급한 바와같이 야채류속의 유해미량금속에 관한 보고는 극히 드물며 더구나 우리나라에서 根菜類(root vegetables), 와 果菜類(fruit vegetables)로 분류하여서 중금속의 함량을 분석한 보고는 거의 없어서 본 실험에서는 이를 야채류속에서 Pb, Cd, Cu, Zn 그리고 Mn에 관한 중금속의 함량을 규명하였기에 이에 실험한 것을 보고하는 바이다.

實驗材料 및 方法

實驗材料—1986年 3月 서울特別市 농산물 시장에서 야채류를 구입하여서 root vegetables 과 fruit vegetables로 분류하여서 실험재료로 선정을 하였으며 그 종류는 다음 Table 1과 같다.

試料의 前處理—Root vegetables 및 fruit vegetables를 각 종류별로 5~10점씩을 취하여 가급적 외염을 제거시키고 可食部를 취하여 방사상으로 8等分하여 대칭위치로 $\frac{1}{8}$ 씩을 취하여 신선물의 무게를 달고 스텐레스칼로 잘게 다져서 혼합하였다. 다시 전체량의 무게를 달고 수분의 증발여부를 확인한 다음에 수분의 변화가 없도록 밀봉을 하여서 냉장고 속에 저장하였다.

시약 및 실험기기—1) 시약: 분석용 특급시약을 사용하였으며, 증류수는 2차 증류수를 사용하였으며 Pb, Cd, Cu, Zn과 Mn의 측정용 시약은

Table 1. Samples used in the Study.

Classification	Vegetable Name	Scientific Name
Root	Potato	Solanum tuberosum
Vegetables	Sweet potato	Ipomoea batatas Var
	Carrot	Daucus carota
	Radish	Raphanus sativus
	Onion	Allium cepa
	Garlic	Allium sativum
Fruit	Cucumber	Cucumis sativus
Vegetables	Pumpkin	Cucurbita maxima
	Green pepper	Capsicum annum
	egg plant	Solanum melongema
	Tomato	Lycopersicum esculentum
	melon	Cucumis melo

nitric acid(HNO₃), sulfuric acid(H₂SO₄), ammonium hydroxide(NH₄OH), Brom-thymol blue(BTB)(C₂₇N₂₈O₅Br₂S), ammonium sulfate [(NH₄)₂SO₄], dietyldithio-carbamate (DDTC) [(C₂H₅)₂NCS₂Na · 3H₂O]와 methyl isobutylketone(MIBK)[(CH₃)₂CH · CH₂ · CO · CH₃]이다. 2) 실험기기: Atomic Absorption spectrophotometer(Perkin-Elmer 38 D)를 사용하여 중금속의 함량을 측정하였으며, 그 측정 조건은 Table 2와 같다.

水分的 측정—균일화된 원검체 약 10g씩을 정밀하게 평량하여 진공건조기(60℃) 중에서 향량이 될때까지 약 20시간 동안 건조시켰으며 상법에 의해서⁵⁹ 수분을 정량 하였다.

Pb, Cd, Cu, Zn, Mn의 정량

檢液의 調製—수분을 정량한 것의 건조물의 30~50g에 해당하는 양을 정확하게 평량하여서 Kjeldahl flask에 넣고 c-HNO₃ 10~40ml를 넣어 통풍실에서 서서히 가열하여 적갈색의 gas가 발생하지 않으면 c-H₂SO₄ 10~30ml를 넣고 가열분해하여 흑갈색이되면 c-HNO₃ 5ml씩을 계속 추가하여 가열하였다. 액이 거의 무색내지 않은 황색으로 분해가 완료되었을때에 방냉한후 증류수를 소량씩 넣어서 전체량을 100ml로 한것을 검액으로 하였다.

定量操作—검액을 250ml의 mess flask에 취한 다음 Fig.1과 같이 정량조작을 DDTC-MIBK 추

Table 2. Analytical condition of Atomic Absorption Spectrophotometer.

Metals Classification	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn
Wave length (nm)	283.3	228.8	324.7	213.9	279.5
Lamp current (mA)	12	8	20	15	13
Slit Width (nm)	7	7	7	7	7
Position of Burner (cm)	8	8	8	8	8
Air flow rate (l/min)	54	54	54	54	54
C ₂ H ₂ flow rate (l/min)	26	26	26	26	26

Table 3. Moisture contents of Samples.

Samples	Moisture (%)	Samples	Moisture (%)
Potato	82.7	Cucumber	95.9
Sweet potato	70.4	Pumpkin	83.5
Carrot	90.7	Green pepper	89.6
Radish	92.5	egg plant	93.5
Onion	87.3	Tomato	94.0
Garlic	64.2	Melon	90.8

출에 의한 AAS 법을^{61, 62} 이용하였다.

實驗結果 및 考察

試料中の 水分含量—근채류와 과채류속의 수분의 함량은 다음 Table 3과 같다.

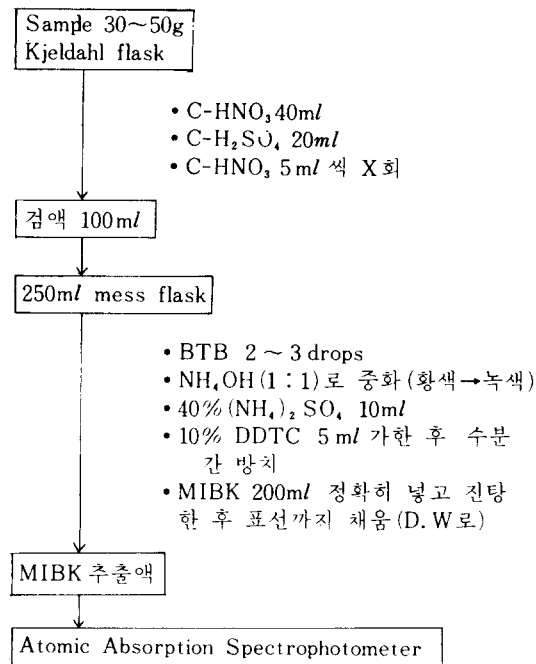


Fig.1. Determination method of heavy metals in Vegetables.

납과 카드뮴, 구리와 아연 그리고 망간의 함량—근채류와 과채류의 Pb와 Cd의 함량을 분석한 결과는 Fig.2 및 Table 4와 5에 나타내었다. 그리고 구리와 아연의 함량 측정결과는 Fig.3과 Table 6 및 7과 같으며 망간의 분석결과는 Fig.4 및 Table 8과 같다.

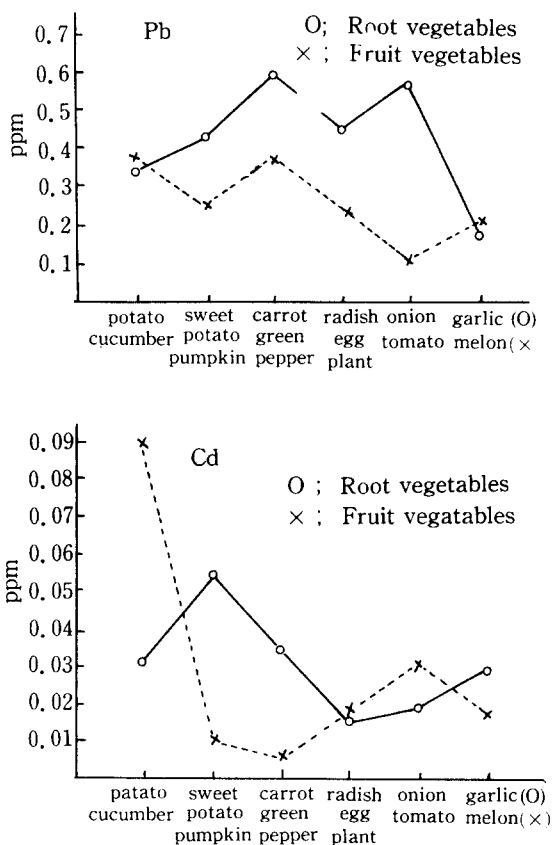


Fig.2. Comparison of contents of harmful trace elements between Root-vegetables and Fruit-vegetables.

Table 4. Lead contents in vegetable sample. ppm

		1	2	3	average
Root	Potato	0.412	0.347	0.248	0.336
Vegetables	Sweet potato	0.382	0.602	0.273	0.419
	Carrot	0.405	0.811	0.576	0.597
	Radish	0.413	0.046	0.205	0.446
	Onion	0.481	0.425	0.813	0.573
	Garlic	t	0.179	0.345	0.175
	Average				0.425
Fruit	Cucumber	0.420	0.246	0.476	0.381
Vegetables	Pumpkin	0.347	0.153	0.235	0.245
	Green pepper	0.642	0.234	0.212	0.363
	Egg plant	0.230	0.148	0.353	0.244
	Tomato	0.223	t	0.096	0.106
	Melon	t	0.212	0.425	0.212
Average				0.259	

*t : 0.005 ppm 이하

Table 5. Cadmium contents in vegetable samples.

		1	2	3	average
Root	Potato	0.021	0.049	0.024	0.031
Vegetables	Sweet potato	0.108	0.045	0.008	0.054
	Carrot	0.066	0.032	t	0.033
	Radish	0.012	neg	0.030	0.014
	Onion	0.031	t	0.028	0.019
	Garlic	t	0.058	0.092	0.030
	Average				0.030
Fruit	Cucumber	0.092	0.128	0.052	0.090
Vegetables	Pumpkin	0.014	t	0.016	0.010
	Green pepper	0.008	t	neg	0.003
	Egg plant	0.050	t	t	0.017
	Tomato	t	neg	0.152	0.031
	Melon	neg	neg	0.058	0.019
	Average				0.028

*t (trace) = 0.005 ppm 이하
neg (negative) = 불검출

이상의 Fig.2~4 그리고 Table 4~8의 결과에서 나타나 있듯이 납의 함량은 root vegetables의 경우 평균 0.425 ppm으로 fruit vegetables

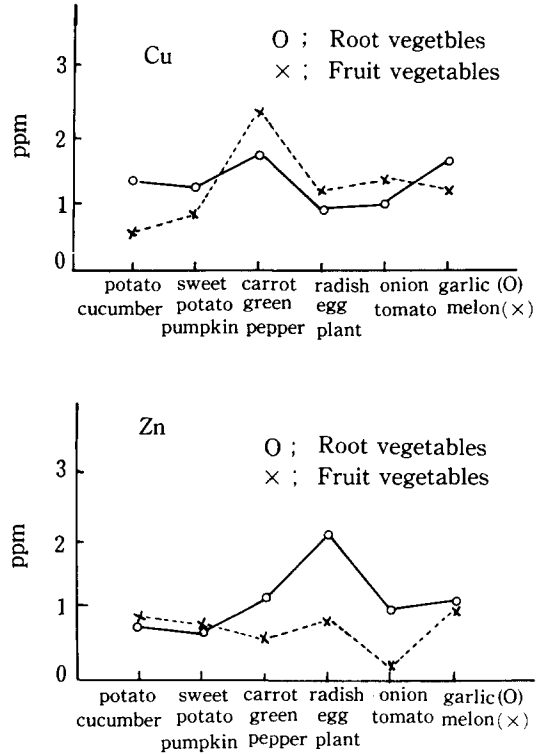


Fig.3 Comparison of contents of harmful trace elements between Root-vegetables and Fruit-vegetables.

의 평균 0.259ppm보다 높았다. root vegetables에서는 carrot이 평균 0.597 ppm으로 가장 높았고 onion이 0.573 ppm, radish가 0.446 ppm, sweet potato가 0.419 ppm, potato 0.336 ppm, 그리고 garlic은 0.175 ppm이었다. fruit vegetables에서는 cucumber가 평균 0.381 ppm으로 가장 높았고 green pepper 0.363 ppm, pumpkin 0.245 ppm, egg plant 0.244 ppm, melon 0.212 ppm 그리고 tomato의 경우는 0.106 ppm이었다. 이는 원예작물 중의 Pb의 허용기준량인 1~5 ppm 이하이며⁵² 또한 Thomas 등⁶³이 영국 각지에서 생산된 과채류 231 점을 채취하여서 Pb의 함량을 측정된 결과인 0.05 ppm(0.01~3.85 ppm)이나 warren 등⁶⁴의 결과보다는 아주 적은 양의 Pb를 함유하고 있음을 나타내고 있다. Cd의 경우에는 root vegetables의 평균 함량은 0.030 ppm이고 fruit

Table 6. Contents in vegetable sample.

		1	2	3	average
Root	Potato	1.980	0.823	1.211	1.338
Vegetables	Sweet potato	1.331	1.041	1.243	1.205
	Carrot	1.244	2.317	1.504	1.688
	Radish	0.502	1.351	0.823	0.892
	Onion	0.800	0.851	1.246	0.966
	Garlic	1.122	1.502	1.921	1.515
	Average				
Fruit	Cucumber	0.310	0.861	0.356	0.509
Vegetables	Pumpkin	0.512	0.938	1.037	0.829
	Green pepper	2.759	1.821	2.118	2.233
	Egg plant	1.041	1.023	0.965	1.009
	Tomato	1.620	0.872	1.254	1.249
	Melon	1.504	1.332	0.484	1.107
	Average				

Table 7. Zinc contents in vegetable samples.

		1	2	3	average
Root	Potato	3.492	4.274	4.002	3.923
Vegetables	Sweet potato	4.843	2.681	2.121	3.215
	Carrot	2.785	4.410	11.684	6.293
	Radish	10.252	12.694	9.223	10.722
	Onion	7.843	4.002	2.943	4.929
	Garlic	3.761	6.158	6.358	5.425
	Average				
Fruit	Cucumber	1.285	5.601	7.302	4.729
Vegetables	Pumpkin	2.427	6.305	3.332	4.021
	Green pepper	3.641	2.406	3.473	3.173
	Egg plant	2.363	6.123	4.421	4.302
	Tomato	0.921	0.813	0.625	0.786
	Melon	3.414	8.522	4.203	5.380
	Average				

vegetables는 0.0280 ppm으로 거의 차이가 없었다. root vegetables에서는 sweet potato가 평균 0.054 ppm으로써 가장 높았으며 carrot 0.033 ppm, potato 0.031 ppm, garlic 0.030 ppm, onion 0.019 ppm, 그리고 radish는 0.014 ppm이었다. fruit vegetables에서는 cucumber

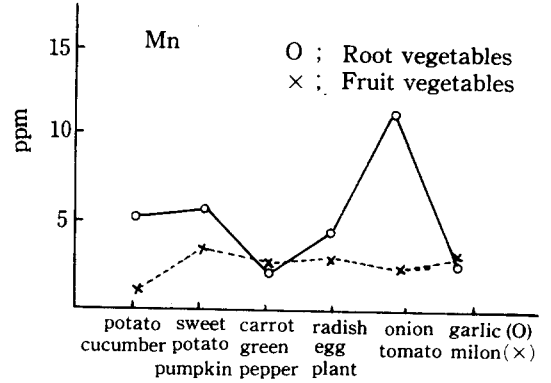


Fig.4 Comparison of contents of harmful trace elements between Root-vegetables and Fruit-vegetables.

가 평균 함량 0.090 ppm으로 가장 높았고 tomato는 0.031 ppm, melon 0.019 ppm, egg plant 0.017 ppm, pumpkin 0.010 ppm 그리고 green pepper는 0.003 ppm이었다.

Cu의 함량은 root vegetables의 평균함량은 1.267 ppm으로써 fruit vegetables 1.155 ppm과 거의 차이가 없었으며, root vegetables에서는 carrot이 평균 1.688 ppm으로 가장 높았고 garlic 1.515 ppm, sweet potato 1.205 ppm,

Table 8. Manganese contents in vegetable samples.

		1	2	3	average
Root	Potato	5.919	5.112	4.310	5.114
Vegetables	Sweet potato	6.218	4.425	7.214	5.952
	Carrot	3.642	2.635	1.625	2.394
	Radish	4.325	2.831	6.682	4.613
	Onion	9.619	6.782	18.446	11.616
	Garlic	2.841	2.607	2.322	2.590
	Total average				
Fruit	Cucumber	1.326	1.262	0.828	1.139
Vegetables	Pumpkin	5.021	4.263	2.278	3.854
	Green pepper	5.919	7.044	9.472	2.478
	Egg plant	3.221	2.635	4.717	3.524
	Tomato	3.907	1.611	2.012	2.510
	Melon	2.415	1.369	4.274	2.686
	Total average				

onion 0.966 ppm, 그리고 radish 0.892 ppm 의 순이었다. fruit vegetables에서는 green pepper 가 평균 2.233 ppm으로 가장 높았고 tomato 1.249 ppm, melon 1.107 ppm, egg plant 1.009 ppm, pumpkin 0.829 ppm 그리고 cucumber 가 0.509 ppm이었다. Zn의 root vegetable에서의 평균 함량은 7.395 ppm으로써 fruit vegetables의 평균함량인 3.732 ppm보다 높았다. root vegetables에서는 radish가 평균 10.722 ppm으로 가장 높았고 carrot 6.293 ppm, garlic 5.426 ppm, onion 4.929 ppm, potato 3.923 ppm, sweet potato 3.215 ppm의 순이었고 fruit vegetables에서는 melon 5.380 ppm, cucumber 4.729 ppm, egg plant 4.302 ppm, pumpkin 4.021 ppm, green pepper 3.173 ppm, tomato 0.786 ppm의 순이었다. Mn의 경우에는 root vegetables의 평균함량은 5.38 ppm으로 fruit vegetables의 2.699 ppm보다는 높게 나타났다. root vegetables에서는 onion이 평균 11.616 ppm으로 가장 높았고 sweet potato가 5.952 ppm, potato 5.114 ppm, radish 4.613 ppm, garlic 2.590 ppm, carrot 2.394 ppm의 순이었고 fruit vegetables에서는 pumpkin이 3.854 ppm, egg plant 3.524 ppm, melon 2.686 ppm, tomato 2.510 ppm, green pepper 2.478 ppm. 그리고 cucumber가 1.139 ppm의 순으로 나타났다.

結 論

야채류속에 함유되어 있는 유해 미량금속 중에서 Pb, Cd, Cu, Zn 및 Mn 등의 중금속의 함량을 규명하기 위해서 1986년 3월에 서울特別市 농수산물시장에서 root vegetables와 fruit vegetables를 구입하여 DDTC-MIBK로 추출을 하고 Atomic Absorption spectrophotometer(PerKin Elmer 38 D)로 분석을 하여서 얻은 결과로 다음과 같다는 결론을 얻었다.

1. Root vegetables에서 Pb는 carrot이 평균 0.597 ppm으로써 가장 높았으며 garlic이 평균 0.175 ppm으로써 가장 낮았고 Cd은 sweet potato가 평균 0.054 ppm으로 가장 높았으며,

radish가 평균 0.014 ppm으로 가장 낮았다. Cu는 carrot이 평균 1.688 ppm으로 가장 높았고 radish가 평균 0.892 ppm으로 가장 낮았으며, Zn은 radish가 평균 10.722 ppm으로 가장 높았고 sweet potato가 평균 3.215 ppm으로 가장 낮았으며 Mn은 onion이 평균 11.616 ppm으로 가장 높았고 carrot이 평균 2.394 ppm으로 가장 낮았다.

2. Fruit vegetables에서는 Pb의 경우에 cucumber가 평균 0.381 ppm으로 가장 높았고 tomato가 평균 0.106 ppm으로 가장 낮았으며 Cd도 cucumber가 평균 0.090 ppm으로 가장 높았고 green pepper가 평균 0.003 ppm으로 가장 낮았다. Cu는 green pepper가 평균 2.233 ppm으로 가장 높았고 cucumber가 평균 0.509 ppm으로 가장 낮았으며, Zn은 melon이 평균 5.380 ppm으로 가장 높았고 tomato가 평균 3.854 ppm으로 가장 높았고 cucumber가 평균 1.139 ppm으로 가장 낮았다.

3. Pb, Zn, Mn 등은 root vegetables의 평균 함량이 fruit vegetables의 평균함량보다 높게 나타났다. Cd와 Cu는 root vegetables의 평균함량과 fruit vegetables의 평균함량의 사이에 거의 차이가 없었다.

이상과 같은 결과에 의해서 얻은 유해 미량금속의 함량은 야채류속에 현저히 낮은 함량으로 나타나 있으며 또한 각 시료간에 그 검출량이 비교적 고른 수치를 보여주지 않고 수치의 기복이 큰 것은 토질, 기후 및 생활환경인자 등에 따라서 그 함량에 상당한 차이가 있다고 본다.

REFERENCES

1. Frank E. Guthrie and Jerome J. Perry: Introduction to Environmental Toxicology, Elsevier New York, 34(1980).
2. Karla Longree: Quantity food sanitation, second edition, A Wiley-Interscience Publication, 38(1972).
3. 末永泉二, 佐谷戸安好, 河内佐十, 新村壽夫: 環境衛生·食品衛生學, 廣川書店, 453(1975).
4. 川田十三夫·俣野景典: 最新衛生學, 講談社サイエンティフィック, 141(1975).

5. 福井忠孝編：營養士のための公衆衛生學，講談社サイエンティフィック，55(1975).
6. 河端俊治編：新訂加工食品と食品衛生，新思潮社，592(1984).
7. 土屈口博：危険食品—自然毒・汚染毒・添加物毒，三共出版 株式會社，122(1979).
8. 石館 守三編：生活 環境と発がん 一大氣・水・食品，朝倉書店，140(1979).
9. 粟飯原景昭・内山充 編著：食品の安全性 評價，學會 出版 センター，173(1983).
10. 宋哲：食品工業，韓國食品工業協會，19，76(1974).
11. Kiyoko Yamazaki, Hideo Yamanobe, Sukeji Suzuki and Hirofumi Harada: *Ann. Rep. Tokyo Metr. Res. P.H.*, **31**(1), 149(1980).
12. Takashi Amemiya, Masahiro Takeuchi and Hirofumi Harada: *Ann. Rep. Tokyo Metr. Res. Lab. P.H.*, **31**(1), 153(1980).
13. 金明燦：食品工業，韓國食品工業協會，**47**，32(1978).
14. Shczo Horii, Tatsunori Yamagishi, Tomoyuki Miyazaki, Seiji Kaneko and Hajime Murakami: *Ann. Rep. Tokyo Metr. Res. Lab. P.H.*, **31**(1), 156(1980).
15. Yasutaka Katsuki, Haruyo Ishii, Akiko Itoh, Yasuta Naoi and Yasuo Kimura: *Ann. Rep. Tokyo Metr. Res. Lab. P.H.*, **31**(1), 174(1980).
16. 高仁錫・盧晶培・宋哲・權赫姬・金吉生・延圭奉・俞炳天：國立保健研究院報，**10**，437(1973).
17. 盧晶培・宋哲・金吉生・沈漢燮・俞炳天：國立保健研究院報，171(1974).
18. Yamagishi, T., Akiyama, K., Morita, M., Takahashi, R., Miyazaki, T., and Kaneko, S.: *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **23**, 57(1979).
19. Gretch, F.M., Barry, T.L., Petzinger, G., and Gelman, J.: *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **23**, 165(1979).
20. Yamagishi, T., Miyazaki, T., Akiyama, K., Morita, M., NaKagawa, J. and Horii, S.: *Chemosphere*, **10**, 1137(1981).
21. Yasuyuki Murakami and Ryoich Tanaka: *J. Food Hyg. Soc. Japan* **26**(4), 343(1985).
22. De Man, J.M.: *Principles of Food Chemistry*, AVI, Westport, Connecticut, 171(1976).
23. Fennena, O.R.: *Principles of Food Science*, Marcel Pekker, New York and Basel, 350(1976).
24. 駒井嘉明，大實憲一，山岸 廣，白鳥憲行：食品衛生研究 **28**，747(1978).
25. 田村行弘，眞目俊夫，嶋村保詳，西恒進，直井家壽太：食衛誌 **20**，173(1979).
26. 盧晶培・宋哲・權赫姬・金吉生・李興在・元敬豐・池文條：國立保健研究院報 **12**，153(1975).
27. 宋哲・金吉生・權佑昌・李興在・元敬豐・金悟漢・盧晶培：國立保健研究元報 **13**，249(1976).
28. 小林純・森井ジ，村本茂樹，中島進：日衛誌，**25**，80(1970).
29. 小林純・村本茂樹・原一惠・中島進：日衛誌 **26**，144(1971).
30. Martung, R.: *Proc. Int. Conf. Transp. Persistent Chem. Aquat Ecosyst*, **1**，93(1974).
31. Mackay, N.J.: *Mar. Pollut. Bull.*, **6**(4), 57(1975).
32. Ciusa, W., D' Arrigo, V., Fiorenzi, G., Giaccio, Marico and Santoprete, Giancarlo: *Quad Merceol*, **16**，101(1977).
33. Takashi Amemiya, Mashiro Takeuchi, Koichi Ito, Kiyohide Ebato, Hirofumi Harada, Tetsuya Totani and Shigeru Matsumoto: *Ann. Rep. Tokyo Meter. Res. Lab. P.H.*, **27**(1), 122(1976).
34. Takashi Amemiya, Masahiro Takeuchi, Koich Ito, Kiyohide Ebato and Hirofumi Harada: *Ann. Rep. Tokyo Meter. Res. Lab. P.H.*, **28**(1), 104(1977).
35. Kazuo Yasuda, Yasutaka Katsuki, Kou Ueda and Yasuta Naoi: *Ann. Rep. Tokyo Meter. Res. Lab. P.H.*, **28**(1), 121(1977).
36. Takashi Amemiya, Masahiro Takeuchi, Koichi Ito, Kiyohide Ebato and Hirofumi Harada: *Ann. Rep. Tokyo Meter. Res. Lab. P.H.*, **29**(1), 167(1978).
37. Shozo Horii, Tatsunori Yamagishi and Hajime Murakami: *Ann. Rep. Tokyo Metr. Res. Lab. P.H.*, **29**(1), 170(1978).
38. Kazuo Yasuda, Yasutaka Katsuki, Kou

- Ueda and Yasuta Maoi: *Ann. Rep. Tokyo Metr. Res. Lab. P.H.*, **29**(1), 177(1978).
39. Takashi Amemiya, Masahiro Takeuchi and Hirofumi Harada: *Ann. Rep. Tokyo Metr. Res. Lab. P.H.*, **30**(1), 137(1979).
 40. Hideo Yamanobe, Takashi Amemiya, Masahiro Takeuchi and Taketoshi Yoshihara: *Ann. Rep. Tokyo Metr. Res. Lab. P.H.*, **32**(1), 148(1981).
 41. Yasutaka Katsuki, Akiko Ito, Yasuta Naoi and Yasuo Kimura: *Ann. Rep. Tokyo Metr. Res. Lab. P.H.*, **32**(1), 160(1981).
 42. 全亨一: 서울特別特 保健環境研究所報 **19**, 23(1983).
 43. Takashi Tatsuno, Takashi Suzuki and Mitsuru Uchiyama: *Eisei Shikenjo Hokoku No.101*, 136(1983).
 44. Takashi Suzuki, Takashi Tatsuno, Kazuhito Niyama and Mitsuru Uchiyama: *Eisei Shikenjo Hokoku No. 101*, 132(1983).
 45. 李夏鵬·金正憲·申明德·서울特別特 保健環境研究所報 **19**, 45(1983).
 46. Takashi Suzuki, Mitsucharu Takeda and Mitsuru Uchiyama: *Eisei Shikenjo Hokoku No.100*, 186(1982).
 47. Koichi Ito and Hirofumi Harada: *Ann. Rep. Tokyo Metr. Res. Lab. P.H.*, **31**(1), 142(1980).
 48. 金東俊: 韓國生活科學研究院 論業 **29**, 187(1982).
 49. 李靜子: 서울大學校 保健大學院 保健學科 保健學碩士學位論文 (1980).
 50. 沈奇煥·河永來: 韓國食品科學會誌, **10**, 229(1978).
 51. 李載寶·權佑昌·元敬豐·郭寅信·金華鉉·金悟漢·宋哲: 國立保健研究院報 **15**, 421(1978).
 52. 金正玉·宋在徹·梁漢喆·河永來: 韓國營養學會誌 **12**(3), 25(1979).
 53. 李尙建·尹政義·李盛鎬·許允行·李富雄: 韓國環境衛生學會誌 **3**(1) 13(1976).
 54. 清水武·前田正男·中村隆: 大阪農技士研報, **12**, 117(1975).
 55. 金溥榮·元敬豐·李達秀·金悟漢·宋哲: 國立保健研究院報 **17**, 523(1980).
 56. 金明燦·成洛癸·沈奇煥·李敏孝·李在仁: 韓國食品科學會誌 **13**(4), 299(1981).
 57. 洪思澳·朴承嬉: 韓國環境衛生學會誌 **10**(1), 33(1984).
 58. 金吉生·元敬豐·金準煥·李達秀·蘇西燮·宋哲: 國立保健院報 **18**, 363(1981).
 59. AOAC: *Official and Tentative Methods*, 13th edition, Chicago (1980).
 60. 小原哲二郎, 食品分析 ハンドブック, 建帛社, 33(1977).
 61. 日本分析化學會 關東支部: 公害分析 指針 7, 食品編 1~9(1972).
 62. Underwood E.J.: *Trace elements in Human and Anima Nutrition* (1962).
 63. Thomas, B., Roughan, J.A. and Water, E.D.: *J. Food Sci. Agr.* **23**, 1493(1972).
 64. Warren, H.V. and Delavault, R.E.: *Mem. Geol. Soc. Amer.* 123(1971).