

유기농 및 비유기농 채소류 중 중금속 함량 분석

김기동[†]

상지대학교 정밀화학신소재학과

Analysis of Heavy Metals in Organic and non-Organic Vegetables

Kee D. Kim[†]

Department of Fine Chemical and Advanced Materials, Sangji University, Wonju 220-702, Korea

Received January 6, 2010/Accepted March 15, 2010

Some of commercially available organic and non-organic vegetables in Wonju area were collected to evaluate the safety according to the heavy metal contents. The target metals included As, Cd, Co, Cr, Ni, Pb and Se. The analysis result showed that the Pb contents in organic green onion and non-organic green onion were 0.225 and 0.104 mg/kg, respectively. These values are over the safety criteria of 0.11mg/kg. Although below the criteria, organic lettuce and non-organic young radish turned out to contain 0.051 and 0.060 mg/kg of Pb, respectively. Non-organic leak also showed 0.042 mg/kg of Cd which was not over the guideline but not low concentration either. Co contents of the vegetables were relatively low (<0.1 mg/kg) except non-organic sesame leaf; it had 0.232 mg/kg. The Cr contents of organic young radish and organic green onion were all over 0.1 mg/kg. However, the rest of the vegetables had less than 0.5 mg/kg. All the samples showed less than 0.1 mg/kg of Ni contents. This result points out that the safety of organic vegetables may not be guaranteed in terms of the toxicity from heavy metals.

Key words: Heavy metals, Organic vegetables, non-Organic vegetables

1. 서 론

급속한 공업화로 인한 공해, 폐수, 농약, 매연 등으로 카드뮴, 납, 수은, 비소 등과 같은 중금속 화합물에 의한 환경오염이 심화되면서 대기, 수질, 토양오염이 문제시되고 있다. 수은, 납, 카드뮴 등의 중금속류는 생물체에 유해하고 자체 독성뿐 아니라 축적성도 있어 먹이 연쇄를 따라 농축된다.¹⁾ 또한 이들은 토양 중에 이동성이 적고 축적성이 높아서 토양오염의 원인이 되고 있으며,²⁾ 이로 인한 오염된 환경 속에 생산된 농산물도 오염될 가능성이 상당히 높아지고 있다. 중금속류는 유기물이나 영양염류와는 달리 자연분해 및 미생물에 의한 분해가 극히 어렵고 무기 성분들과의 흡착 및 유기물과의 배위 결합을 하여 안전한 형태로 장기간 잔류 축적 된다.^{3,4)} 중금속은 체내에서 13년 이상의 긴 생물

학적 반감기를 가지고 체내에 축적되어 금속을 포함하는 여러 효소의 활성을 저하시키고 뼈, 신장, 간 등에 만성중독을 유발하며,^{5,6)} 다른 중금속 또는 무기질과 상호작용하여 동물의 성장을 저해한다고 보고되고 있다.⁷⁾ 금속원소 중에는 미량으로 인체에 필수 불가결한 것도 있으나 필요 이상으로 존재하면 유해현상을 일으키는 것도 있다.⁸⁾ 농산물의 안전성에 문제를 일으키는 중금속은 미량일지라도 인체의 기능을 장해할 수 있는 유독금속(Cd, Pb, As, Hg 등)과 발암성 돌연변이성의 측면에서 유전자에 영향을 미치는 유전독성(Cd, Co, Mn 등)으로 구별할 수 있다. 수은, 납, 카드뮴 등은 생물체에서의 필요성이 전혀 밝혀져 있지 않고 오히려 유해할 뿐이며 축적성도 있어 미량의 섭취라도 계속되면 심각할 수 있다.^{9,10)}

이렇듯 급속한 산업화에 따른 오염 및 식량증산의 목

[†]To whom correspondence should be addressed.

Tel: 82-(0)33-730-0425, Fax: 82-(0)33-730-0403, E-mail: kdkim@sangji.ac.kr

적 하에 무분별하게 사용되는 농약 및 비료의 폐해에 대해 최근 들어 우리의 관심이 커지면서, 선진국에서는 수확된 농산물 중 납과 카드뮴 등의 중금속에 대한 잔류 농도를 정기적으로 모니터링하고 있다. 특히 국제간 농산물 무역에서의 표준을 제정하기 위해 CCFAC (Codex Committee on Food Additives and Contaminants)에서는 농산물 및 관련 식품별 유해 중금속 허용 기준을 설정하는 작업을 하고 있다. 우리나라에서도 미국을 통하여 간접적으로 참여를 하고 있다.

국내에서도 많은 소비자가 유기농산물을 구매함으로써 오염으로부터의 피해를 최소화하려는 경향이 증가되고 있으나 이는 농약으로부터의 안전성만을 고려대상으로 할 뿐이었다. 중금속 오염에 대한 대책은 2006년도 12월부터 시작되었으며 카드뮴과 납에 대해 일부 농산물의 규제가 시작되었다. 농산물의 오염원으로는 산업화 과정에서 중금속으로 오염된 하천 저질토를 사용하여 농업에 사용함으로써 토양의 중금속 오염을 가속화시킨 경우도 있을 수 있으며 중금속으로 오염된 광산의 유출수를 이용하여 경작을 함으로서 오염이 되는 경우도 있다. 그 외에 중금속 포함 물질의 소각에 의한 대기를 통한 오염도 있다. 또한 농산물 생산자가 유기농 농산물을 단순히 농약살포를 제한한 농작물로 인식함으로써, 합성비료 특히 phosphate 계열의 합성비료 살포시 불순물로서 오염되는 카드뮴의 영향에 대하여는 국내외적으로 연구가 미비한 상황이다.

본 연구에서는 원주 구역내 주 유통 경로인 대규모 마트를 통해 확보한 국내 유기농 및 일반 농산물의 중금속 수준을 분석하여 현재 유통되고 있는 농산물의 안전도를 평가하였다. 중금속 분석 항목은 비소(As), 카드뮴(Cd), 코발트(Co), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 납(Pb) 그리고 미량 필수 원소인 셀레늄(Se)으로 하였다.

2. 기기, 시약 및 전처리

기기는 inductively coupled plasma/mass spectrometer(Varian)를 사용하였다. Ar 가스는 99.99% 순도를 사용하였고 다원자 방해를 제거하기 위해 IMT(Interference management technology)를 사용하였다. 시료의 전처리는 Microwave furnace digestion(Mars)과 teflon 용기를 사용하여 준비하였다.

초순수는 Mili-Qi system을 사용하여 제조하였으며 실험에 사용된 모든 시약은 일본 Wako사의 잔류농약급을 사용하였다. 전처리는 식품공전의 유해성금속시험

법에 준하여 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

기본적으로 농작물의 중금속 축적은 토양내의 중금속이 흡수되어 발생하는 것이므로 토양내의 중금속 함량 그리고 농작물의 up-take value에 따라 농작물 내 중금속 함량이 달라진다. 토양의 중금속 오염 원인은 토양 자체의 중금속 함량이 가장 중요한 이유이지만, 토양의 비옥화를 위한 준설 저질토의 사용 및 혹은 농작물의 생육 시 사용되는 인산염비료에 불순물로 포함되어 있는 카드뮴이 원인 중의 하나 일 가능성도 있다(인산염 비료에 포함된 카드뮴 불순물에 의해 토양의 카드뮴 농도가 증가함).

국내 식품기준에 의하면 2006년 12월에 납과 카드뮴에 대하여만 중금속 기준을 설정하였고 그 외의 유해 중금속에 대해서는 기준이 설정된 바가 없다. 더욱이 설정된 농산물도 10종(쌀, 옥수수, 대두, 팥, 고구마, 감자, 배추, 시금치, 파, 무)에 대해서만 기준을 설정함으로써 국민 식생활에서의 중금속 오염에 대한 방비가 상당히 허술한 실정이다. 최근 CCFAC(Codex Committee on Food Additives and Contaminants)에서는 식품 내 중금속의 허용기준을 국제적인 합의하에 기준을 설정하는 작업을 하고 있으며 전반적으로 과거보다 엄격한 기준을 설정하는 방향으로 진행되고 있다.

본 연구에서 실시한 채소류 중 기준설정이 되어있는 항목은 파와 양배추(배추의 유사항목으로 간주) 뿐이다.

파의 기준은 납이 0.1 mg/kg, 카드뮴이 0.05 mg/kg 이며, 양배추(배추)의 기준은 납이 0.3 mg/kg, 카드뮴이 0.2 mg/kg 이다.

시판되는 채소를 구입하여 중금속 농도를 분석한 결과에 의하면 파(유기농), 파(일반)의 납 농도는 각각 0.225와 0.104 mg/kg으로 기준치인 0.1 mg/kg을 초과하고 있다. 기준치를 초과하지는 않았지만 상추(유기농)과 열무(일반)에서도 각각 0.051과 0.060 mg/kg의 납이 검출되고 있어 지속적인 관심이 필요하다. 타 시험 채소에 대한 기준이 아직 설정되지 않은 관계로 적상추의 카드뮴 기준치를 임의로 최저기준치인 카드뮴(0.050)로 설정하면 적상추(일반)의 카드뮴 농도 또한 0.059 mg/kg으로 기준인 0.05 mg/kg을 초과하게 된다. 비록 기준을 초과하지는 않았지만 부추(일반)의 카드뮴 농도 또한 0.042 mg/kg로 기준치에 상당히 근접하고 있다.

허용기준이 설정되어 있지는 않으나 Co, Cr 그리고

Ni 또한 독성이 알려진 중금속으로서 관찰이 필요하다. 코발트의 경우 대체적으로 0.1 mg/kg 이하의 저농도로 검출되었으나 깻잎(일반)에서는 0.232 mg/kg의 상대적으로 고농도로 검출되었다. 크롬은 열무(유기농) 파(유기농)에서 0.1 mg/kg의 검출농도를 나타내며 나머지 채소에서는 모두 0.5 mg/kg 이하로 검출되었다. 니켈은 전 품목 모두에서 0.1 mg/kg 이하로 나타났다.

필수 미량원소인 셀레늄은 거의 모든 시료에서 검출되지 않았으며 검출된 채소에서도 극히 미량이었을 뿐만 아니라 유기농, 비유기농 간의 차이를 볼 수는 없었다.

전반적으로 분석 결과를 보면 유기농, 비유기농의 구별에 관계없이 기준치를 초과하거나 기준치에 근접하는 농도를 포함하는 채소가 상당히 존재하고 있다. 대부분의 소비자들은 유기농 채소를 안전 식품으로 간주하고 소비하는 경향이 있으나 이는 농약에 제한되는 것으로 또 다른 유해 요소인 중금속에 대해서는 안전성이 의심될 수 있는 결과를 보여주고 있다. 특히 최근 들어 건강에 대한 관심이 높아지면서 육류를 줄이고 채소의 섭취를 늘이는 식단을 선호하는 경향을 고려할 때 생산지를 고려한 채소류 전반에 관한 중금속 함량 분석 및 그 결과를 이용한 제도적인 기준의 설정과 규제

Table 1. Method detection limit

µg/kg	As	Cd	Co	Cr	Ni	Pb	Se
Lab. blank 1	0.062	-0.009	0.092	0.916	19.145	2.936	0.264
Lab. blank 2	0.018	0.086	0.123	1.449	27.578	5.025	0.193
Lab. blank 3	0.020	0.054	0.042	0.867	13.860	3.371	0.178
Lab. blank 4	0.793	0.367	0.297	2.092	4.297	5.727	0.279
Lab. blank 5	0.040	0.020	0.079	0.965	2.788	2.298	0.138
Lab. blank 6	0.018	0.236	0.062	1.319	2.812	3.424	0.149
Lab. blank 7	-0.019	0.034	0.046	0.986	2.375	2.610	0.152
MDL	0.917	0.431	0.279	1.380	31.419	4.002	0.178
Blank(avg.)	0.133	0.113	0.106	1.228	10.408	3.627	0.193

Table 2. Heavy metal concentrations in the sample vegetables

mg/kg	As	Cd	Co	Cr	Ni	Pb	Se
Green pepper(org.)	ND	ND	0.025	0.015	0.692	ND	ND
Green pepper(gen.)	ND	0.007	0.039	ND	ND	ND	ND
Sesame leaf(org.)	ND	0.005	0.022	0.023	ND	ND	0.002
Sesame leaf(gen.)	ND	0.023	0.232	0.017	0.714	ND	0.002
Cherry tomato(org.)	ND	0.013	0.002	ND	ND	ND	ND
Cherry tomato(gen.)	ND	ND	0.006	ND	ND	ND	ND
Korean leek(org.)	ND	0.007	0.018	ND	ND	ND	ND
Korean leek(gen.)	ND	0.042	0.008	ND	ND	ND	ND
Lettuce(org.)	ND	0.011	0.020	0.066	0.524	0.051	0.010
Lettuce(gen.)	ND	0.012	0.022	0.015	ND	ND	ND
Green pumpkin(org.)	ND	ND	0.005	0.033	0.455	0.039	ND
Green pumpkin(gen.)	ND	ND	0.010	ND	ND	ND	ND
Cabbage(org.)	ND	ND	0.005	ND	ND	ND	ND
Cabbage(gen.)	ND	ND	0.072	ND	ND	ND	ND
Young radish(org.)	ND	0.008	0.040	0.116	ND	ND	0.003
Young radish(gen.)	ND	0.011	0.027	0.082	ND	0.060	ND
Red lettuce(org.)	ND	0.010	0.014	ND	ND	ND	ND
Red lettuce(gen.)	ND	0.059	0.014	0.021	ND	0.035	0.004
Green onion(org.)	ND	0.008	0.101	0.113	ND	0.255	ND
Green onion(gen.)	ND	ND	0.050	0.052	ND	0.104	ND
Paprika(org.)	ND	0.007	0.006	0.021	ND	0.054	ND
Paprika(gen.)	ND	ND	0.007	ND	ND	ND	ND

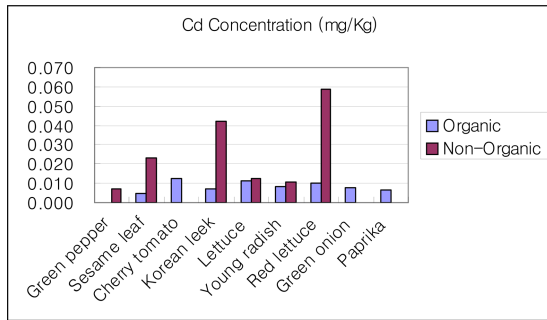


Fig. 1. Cd concentration in the vegetables.

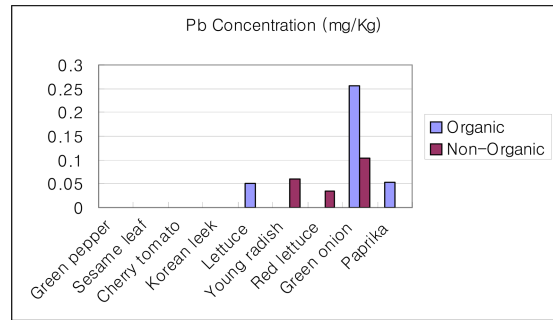


Fig. 3. Pb concentration in the vegetables.

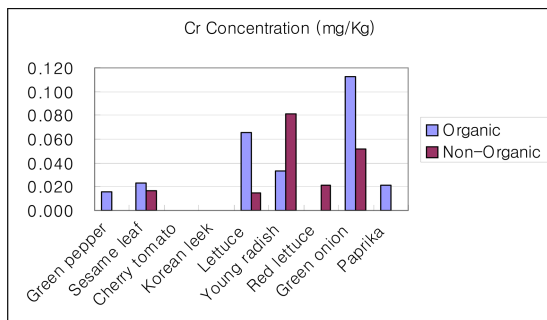


Fig. 2. Cr concentration in the vegetables.

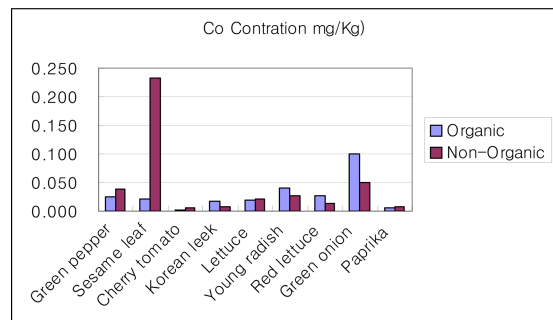


Fig. 4. Co concentration in the vegetables.

가 시급할 것으로 판단된다.

4. 결 론

현재 농산물의 잔여 중금속 기준은 납과 카드뮴에 대해서만 설정되어 있을 뿐 아니라 납과 카드뮴의 기준은 10종의 농산물에 대해서만 설정되어 있어 농산물에 대한 전반적인 유해 중금속의 평가는 상당히 어렵다. 그러나 매년 증가하는 중금속 오염에 대한 국민 식생활의 보호를 위해서는 그 설정이 시급한 것으로 판단된다.

본 연구에서 밝혀진 바와 같이 유기농작물에 비해 일반 농작물에서 카드뮴의 농도는 수배 이상 높게 검출이 되고 있음을 알 수 있다. 크롬과 납과 같은 다른 유해 중금속의 경우는 유기농, 비유기농의 구분에 관계없이 기준치를 초과하는 채소류가 보이고 있다.

농작물의 중금속 함량은 토양의 중금속 함량에 따라 좌우되므로, 비록 유기농이라 할지라도 몇 가지 채소류에서는 기준치 이상의 유해 중금속이 검출되는 것으로 보아 경작지의 선택이 매우 중요하다. 즉 유기농 채소는 농약으로부터의 안전성만을 보장해 줄 수 있으나,

또 다른 주요 위해 요소인 중금속으로부터의 안전성은 보장해 줄 수 없음을 예측할 수 있다. 또한 경작 시 농약의 사용을 최소화 하는 것뿐만 아니라 지속적인 농업 생산 및 카드뮴의 함량을 최소화하기 위해서는 인공 비료의 사용 또한 제한하는 것이 바람직하다.

이 연구에서의 제한 요소는 시료의 대표성 부족이다. 농작물의 중금속 오염 정도는 토양의 오염정도에 많은 영향을 받으므로 지역적 토양 특성을 포함한 그 지역에서 생산되는 많은 종류의 농작물의 잔여 중금속 분석이 필요하다. 본 연구에서는 다양한 종류의 농작물 획득이 쉽지 않았으며 본 연구는 추후 더욱 다양화된 시료의 분석을 위한 기초 자료로서 의미가 있다고 볼 수 있다.

그러나 비 유기농산물의 경우 인산 비료의 사용으로 인한 토양의 카드뮴 오염 및 그에 따른 농산물의 카드뮴 오염이란 설명은 상당한 원인이 될 수 있으므로 유기농작물 경작 시 합성 비료 사용의 유무 또한 신중하게 고려해야 할 사항으로 판단된다. 본 연구 결과에 의하면 실제 채소에서는 유기농 혹은 비유기농 채소 모두에서 모두 기준치 이상 혹은 위험 수준의 중금속이 검출되고 있으므로 모든 채소에 대해 개별 중금속 함

유 기준을 마련하고 규제하는 것이 시급할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 상지대학교 교내연구비의 지원을 받아 수행한 연구이며 이에 감사한다.

참고문헌

1. 이두호외 6인, 인간환경론, 나남출판사, **1993**, 327.
2. K. H. Ten, L.D. King, H.D. Morris, *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.*, **1971**, 35, 748.
3. G. Petruzzelli, G. Guid, L. Lubrano, *Soil Water Air Soil Pollut.*, **1978**, 9, 263.
4. 서상덕, 영남대 환경대학원 석사학위논문, **1991**.
5. S. Y. Jung, S. J. Rhee, J. A. Yang, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **1996**, 25, 575.
6. M. Norberg, *Inviron. Health persp.*, **1984**, 54, 13.
7. 최석영. 식품오염, 울산대학교 출판부, **1994**, p196, p213.
8. F. W. Oehme, *Toxicity of Heavy Metals in Environment*, Marcel Dekker, **1978**.
9. 송미란, 이화여자대학교 식품영양학 석사학위논문, **1986**.
10. 정래석, 신동우, 이진하, 김세은, 주인선, 강숙경, 허옥순, 신현수, 식품의약품안전청연구보고서, **2003**, 7, 529-537.