

국내 유통 중인 식용란의 중금속 함량 조사

강경숙* · 박형숙 · 최태석 · 신방우 · 이정학

서울특별시보건환경연구원

(접수 2011. 5. 19; 수정 2011. 9. 5; 게재승인 2011. 9. 16)

Survey of the heavy metal contents in avian eggs from Korean markets

Kyoung-Sook Kang*, Hyoung-Sook Park, Tae-Seok Choi,
Bang-Woo Shin, Jeong-Hark Lee

Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, Seoul 427-070, Korea

(Received 19 May 2011; revised 5 September 2011; accepted 16 September 2011)

Abstract

This study was carried out to estimate the heavy metal contents (Pb, Cd, Cr, Cu, Mn) in avian eggs sold in Seoul area, Korea from August to December, 2010. The contents of lead, cadmium, chrome, copper, manganese were estimated by inductively coupled plasma mass spectrometry. The concentrations of heavy metals (mean±standard deviation, mg/kg) in the avian eggs were as follows: Pb 0.010±0.018, Cd 0.000±0.001, Cr 0.018±0.022, Cu 0.637±0.163, Mn 0.397±0.132. The contents of lead and cadmium in the eggs were lower than that in meat and other foods of previously reported results. Whereas the contents of copper, manganese were similar to the previously reported results. The average daily intakes of lead and cadmium in the avian eggs were 0.1 and 0.8% respectively, as compared with PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intakes) established by FAO/WHO Expert Committee for Food Safety Evaluation.

Key words : Avian eggs, Heavy metals, Lead, ICP-MS, PTWI

서 론

각종 산업체로부터 발생하는 중금속 물질로 인한 대기, 수질, 토양 등의 환경오염이 날로 심각해지면서 동식물의 생육 환경 오염에 따른 식품의 중금속 오염 노출 가능성이 매우 증가하였다. 중금속은 자연적 또는 인위적인 방법으로 쉽게 분해되거나 제거되지 않으며 저농도일지라도 인체에 유입되었을 때 축적되어 심각한 건강상의 위해를 끼칠 우려가 있고(김 등, 2003), 오염원의 분포가 광범위하므로 국내를 비롯하여 세계 여러 나라에서는 토양, 농업용수 등에

대한 중금속 오염 실태조사를 하고 있고, 유통 판매되고 있는 각종 농수산물 및 그 가공식품들에 대하여 중금속 함량 감시를 지속적으로 수행해오고 있다(김 등, 2009).

국내에서는 중금속 중 납, 카드뮴, 총 수은에 대하여 잔류기준을 두고 있는데 주로 쌀, 옥수수, 배추, 시금치 등과 같은 농산물과 어패류, 연체류이며 축산물에 대한 중금속 규제기준은 지난 2009년 식품공전을 개정하여 축산물 중 중금속 허용기준을 신설하였다.

하지만 축산물의 중금속 기준이 식육과 일부 식육 부산물에 국한하고 있고 국민 다수가 매일 섭취하고 있는 계란과 같은 다소비 축산물에 대한 중금속 기준은 마련하고 있지 않다.

*Corresponding author: Kyoung-Sook Kang, Tel. +82-2-570-3433, Fax. +82-2-570-3043, E-mail. vet90@seoul.go.kr

또한, 최근에는 친환경 유기농 제품 소비가 늘면서 계란도 자연 방사성 사육으로 생산한 유정란이 증가하고 있는데 외부 환경의 중금속 오염이 증대되고 있는 요즘 유정란과 같이 방사 사육한 경우 중금속 오염 가능성은 더욱 높아 실태조사가 필요한 시점이라 하겠다.

국내에서 식품으로 섭취하고 있는 난류(卵類)는 계란, 오리알, 메추리알로 구분하고 있으며(축산물위생관리법) 오리알, 메추리알 생산농가의 경우 양계업에 비해 소규모이고 사양관리가 열악한 상황으로 메추리알, 오리알에 대한 중금속 잔류 여부 검사가 요구된다.

계란 등 식용란은 단백질, 지방, 무기질 등 영양소가 골고루 갖추어진 완전식품이면서 값이 저렴하고 기호성이 높아 각종 식재료로 이용되고 있는 다소비 축산물이다. 식용란을 이용한 난(卵)제품은 보건복지부에서 수행하는 2008년 국민건강통계 제4기 국민건강영양조사 2차년도 조사 결과에서 전체 단백질 급원 식품 중 4.1%를 차지하는 만큼 자주 많이 섭취하고 있는 축산물이다. 그럼에도 그동안 계란 등의 영양학적 분석은 많았으나 중금속 잔류량의 조사 결과는 매우 희박하여 식용란에 대한 중금속 실태조사가 먼저 필요한 실정이다. 또한, 국내를 비롯한 국제식품규격위원회(CODEX)에서도 계란 등 식용란에 대한 중금속 잔류허용기준을 두고 있지 않아 식용란의 중금속 안전관리를 위한 보다 많은 연구와 지속적인 감시가 요구되고 있다(식품의약품안전청, 2009).

이번 연구에서는 서울 시내 대형할인점 중심으로 유통되고 있는 계란 등 식용란을 채취하여 미량으로도 인체 유해성이 큰 납(Pb), 카드뮴(Cd)의 중금속 함량과 필수 구성성분이나 과량 섭취 시 중독을 일으키는 크롬(Cr), 구리(Cu), 망간(Mn)에 대한 함량을 조사하였다. 이를 통해 식용란의 중금속 잔류함량 실태를 파악하고 다른 다소비 식품군 내 중금속 함량과의 비교와 FAO/WHO의 주간섭취허용량인 PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake)와 비교를 통해 계란, 메추리알 등 식용란의 중금속 안전성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

시료

이 실험의 재료는 2010년 8월부터 9월까지 서울지역 대형할인점에서 판매하고 있는 식용란을 수거하

여 사용하였다. 식용란은 그 종류에 따라 계란 182건, 메추리알 16건, 오리알 2건으로 총 200건을 수거하였고 계란은 다시 그 종류를 무정란과 유정란으로 나눌 수 있는데 이번 실험에서는 무정란이 133건, 유정란이 49건이었다.

시약 및 기기

분해용 시약으로는 반도체급의 질산(Dongwoo Fine Chem, Iksan, Korea)과 과산화수소를 사용하였고, 실험에 사용되는 증류수는 18.2 Ω 수준으로 정제된 물을 사용하였다. 분해장치는 Microwave (START-D, Milestone, EU)를 이용하여 분석은 ICP-MS (DRC-e, PerkinElmer, USA)로 실시하였다. 표준액은 납, 카드뮴, 크롬, 구리, 망간 혼합 표준액 10 mg/kg (Multi-Element, PerkinElmer, USA)을 적정 희석하여 사용하였다.

시료 전처리 및 기기분석

시료는 전란액(全卵液)을 분쇄기를 이용하여 균질화하여 시료 0.7 g을 마이크로웨이브용 PTEE (polytetrafluoroethylene) vessel에 정밀히 달아 질산(70%) 9 ml과 과산화수소 1 ml을 가하여 마이크로웨이브를 이용하여 1,000 W power에서 24분 동안 180°C까지 상승시킨 후 20분간 온도 유지하여 분해하고 다시 방냉한 후 탈기하였다. 이를 초순수로 총 용량 50 ml가 되도록 희석하여 ICP-MS로 측정하였으며 기기 분석 조건은 Table 1과 같았다.

분석대상 원소의 질량값은 원소의 질량별 분포비율(mass abundance)에 따라 분포도가 가장 높은 질량값을 설정하였으며 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구

Table 1. The conditions of ICP-MS

Parameter	Value
RF power	1,400 watts
Lense Voltage	6.75 V
Nebulizer gas flow (Ar)	0.96 L/min
Plasma gas flow (Ar)	18 L/min
Auxillary gas flow (Ar)	1.5 L/min
Dwell time	150 ms
Sacanning Mode	Peak hop
Number of replicates	3
Detector	Dual
Analytical elements	Pb (208), Cd (114), Cr (52), Cu (63), Mn (55)

리(Cu), 망간(Mn)이 각각 208, 114, 52, 63, 55이다.

결과 및 고찰

직선성

분석을 위한 검량선은 납, 카드뮴, 크롬, 구리, 망간 5종 혼합표준액 10 mg/kg을 증류수를 이용하여 0.5, 1, 10, 50 µg/kg으로 희석하여 ICP-MS로 측정하여 검량선을 작성한 결과 납, 카드뮴, 크롬, 구리, 망간 모두 0.999 이상의 정의 상관관계(r^2)를 보였다.

정량 및 검출한계

검출한계(limit of detection, LOD)와 정량한계(limit of quantitation, LOQ)는 공시료를 10회 반복 분석하여 구한 표준편차와 검량선의 기울기를 이용하여 구하였으며 각각의 원소별 검출한계와 정량한계는 Table 2와 같았다.

정확도 및 정밀도

5종의 금속에 대한 회수율은 각 시료에 3가지 농도

를 사용하여 분석하였다. 시료 중에 각 중금속 함량을 분석할 때와 동일한 방법으로 측정하여 회수율을 구하였고 5종 금속 전체의 회수율은 87.4~107%이었다.

정밀도를 위한 변동계수(coefficient of variation)가 0.3~7.3%로 분석범위가 10~100 µg/kg인 경우 70~110%의 회수율, 20~30%의 변동계수를 요구하는 CODEX 기준에 부합되는 것으로 확인되었다(Table 3).

식용란에서의 중금속 함량

서울 시내 유통 중인 식용란에 대한 중금속 함량을 측정한 결과는 Table 4와 같았다. 계란, 메추리알, 오리알의 식용란 종류별로 유해중금속인 납, 카드뮴,

Table 2. Limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) of heavy metals

Analyte	LOD* (µg/kg)	LOQ [†] (µg/kg)
Pb	0.004	0.012
Cd	0.002	0.006
Cr	0.013	0.039
Cu	0.010	0.031
Mn	0.006	0.019

*3.3 (σ/S), [†]10 (σ/S). σ=standard deviation of the response, S=slope of the calibration curve.

Table 3. Recovery of heavy metals (standards addition method)

Sample	Analyte	Recovery rate (% , mean±SD, n=3)				Coefficient of variation (%)			
		10 (µg/kg)	20 (µg/kg)	30 (µg/kg)	Mean	10 (µg/kg)	20 (µg/kg)	30 (µg/kg)	Mean
Avian egg	Pb	101.9±1.6	98.2±5.3	100.0±7.0	100.0±4.7	1.6	5.4	7.0	4.7
	Cd	91.9±1.4	90.7±0.8	87.4±0.8	89.9±2.2	1.5	0.9	0.9	1.1
	Cr	107.0±2.2	103.6±0.6	104.3±4.4	104.9±2.9	2.0	0.6	4.2	2.3
	Cu	98.7±0.3	93.6±1.7	94.2±4.1	95.5±3.3	0.3	1.8	4.4	2.2
	Mn	101.9±2.4	99.4±0.5	100.7±3.8	100.7±2.5	2.3	0.5	3.8	2.2

Table 4. Concentration of heavy metals (Pb, Cd, Cr, Cu, Mn) in avian eggs

Sample	No.	Concentration of heavy metals (mean±SD, mg/kg)				
		Pb	Cd	Cr	Cu	Mn
Hens' egg	182	0.010±0.017 (N.D~0.090)	0.000±0.001 (N.D~0.016)	0.018±0.022 (N.D~0.093)	0.605±0.015 (0.374~1.295)	0.375±0.107 (0.172~0.624)
Quails' egg	16	0.013±0.025 (N.D~0.099)	0.000±0.001 (N.D~0.006)	0.020±0.025 (N.D~0.084)	0.919±0.186 (0.612~1.322)	0.635±0.144 (0.413~0.903)
Ducks' egg	2	0.015±0.017 (0.011~0.019)	0.003±0.005 (N.D~0.007)	0.021±0.008 (0.015~0.027)	1.228±0.143 (1.127~1.329)	0.528±0.069 (0.479~0.577)
Total	200	0.010±0.018 (N.D~0.099)	0.000±0.001 (N.D~0.016)	0.018±0.022 (N.D~0.093)	0.637±0.163 (0.374~1.329)	0.397±0.132 (0.172~0.903)

크롬의 함량에 유의미한 차이가 없었으나 필수 미량 영양성분인 구리와 망간 함량은 식용란간 다소 차이가 있었다.

당초 메추리알과 오리알 생산이 양계업에 비해 소규모이고 위생관리가 취약한 점과 특히 오리의 경우 잔반(殘飯)사료를 먹이는 경우가 있어 오리알의 중금속 오염 가능성을 고려하였으나 측정결과 함량차이는 없었다. 하지만 이번 실험이 시료 채취의 어려움으로 인해 충분한 시료수를 확보하여 반영된 결과가 아니라란 점을 고려할 때 향후 메추리알, 오리알에 대한 보다 많은 중금속 검사가 필요하다고 하겠다.

계란은 유정란과 무정란으로 구분하여 중금속 함량을 조사하였는데 그 결과는 Table 5와 같았다. 유정란이 산란계(産卵鷄) 암수를 외부에 방사 사육하여 수정시켜 채취한 계란으로 토양, 수질 등 외부환경의 중금속 오염에 따라 유정란이 무정란에 비해 중금속 오염 가능성이 높을 것으로 생각하나 실험결과에서는 의미 있는 차이가 없었다.

그러나 유정란 생산과 판매가 급격히 증가한 것이 최근이고 그동안 무정란과 유정란의 중금속 함량 비교 조사가 희박하였기에 앞으로 지속적인 비교 조사를 통해 외부 사육방식에 따른 중금속 오염 가능성 여부를 점검할 필요가 있겠다.

납(Pb)

축적 독성이 강한 미량금속 중 대표적인 납은 신경, 평활근 장애와 적혈구 중에 헤모글로빈을 감소시켜 빈혈을 유발하며 빈혈, 뇌손상마비, 신장장애 등의 급성 독성 증상과 창백한 피부, 두통, 식욕 감퇴 등의 만성증상을 일으키는 것으로 알려졌다(유 등, 2010). 이 실험에서 조사된 계란의 납 잔류함량은 0.010±0.017 mg/kg이고, 메추리알은 0.013±0.025 mg/kg, 오리알은 0.015±0.017 mg/kg으로 식용란의 종류에 따른 차이는 없었다.

이 실험 결과 계란의 납 함량은 박 등(1990)의 측정결과 0.57 mg/kg과 비교하여 매우 낮은 수준이었으며 유사 식품군인 식육에 대한 납 함량 조사결과 0.011~0.211 mg/kg(최 등, 2010), 0.49 mg/kg(김 등, 2003)와 비교하여 낮은 수준이었다. 다른 식품군의 납 함량 조사결과 채소류가 0.0026±0.0084 mg/kg(유 등, 2010), 0.03 mg/kg(김 등, 2003)이고, 유통 어류가 0.000~0.323 mg/kg(김 등, 2007)이고, 김 등(2009)이 조사한 쌀의 납 함량 0.021±0.006 mg/kg과 비교하였을 때 낮은 수치를 나타냈다.

국내외 CODEX 모두 축산물에 대한 납의 잔류허용기준은 식육과 식육부산물에 0.1 mg/kg으로 설정하고 있으며 그 밖의 어류, 채소류, 쌀에 대한 국내 기준은 각각 0.5 mg/kg이하, 0.3 mg/kg이하, 0.2 mg/kg이다.

카드뮴(Cd)

카드뮴은 적은 양으로도 신장독성을 일으키며, 산성식품과 접촉하여 쉽게 용출된다. 초기증상은 단백뇨를 일으키며 장기간 노출 시 골조직에서 칼슘과 인 대사 불균형을 초래하여 골다공증과 골연화증, 비장의 기능장애, 고혈압, 간장손상, 폐손상, 기형발생 등을 일으킨다(유 등, 2010). 이번에 조사된 식용란의 카드뮴 함량은 계란 0.000±0.001 mg/kg, 메추리알 0.000±0.001 mg/kg, 오리알 0.003±0.005 mg/kg으로 종류별 차이는 없었다. 이러한 결과는 박 등(1990)이 측정한 계란의 카드뮴 함량 0.03 mg/kg에 비해 매우 낮은 수치였으며, 최 등(2010)이 조사한 식육에서의 카드뮴 함량 0.02~3.80 µg/kg과 김 등(2003)이 조사한 0.01~0.02 mg/kg과 비교할 때에도 낮은 수준이었다.

또한, 다른 식품군으로 채소류와 어류, 쌀의 카드뮴 함량 조사 결과가 각각 0.0017±0.0084 mg/kg(유 등, 2010), 0.017(N.D~0.108) mg/kg(김 등, 2007), 0.021±0.014 mg/kg(김 등, 2009)으로 본 실험결과가 낮은 수준이었다. 카드뮴의 잔류허용기준은 국내,

Table 5. Concentration of heavy metals (Pb, Cd, Cr, Cu, Mn) in hen's eggs

Sample	No.	Concentration of heavy metals (mean±SD, mg/kg)				
		Pb	Cd	Cr	Cu	Mn
Infertile eggs	133	0.009±0.017 (N.D~0.090)	0.000±0.001 (N.D~0.016)	0.018±0.021 (N.D~0.081)	0.612±0.127 (0.374~1.295)	0.399±0.102 (0.203~0.616)
Fertile eggs	49	0.011±0.018 (N.D~0.080)	0.000±0.001 (N.D~0.002)	0.017±0.024 (N.D~0.093)	0.585±0.098 (0.427~0.831)	0.308±0.095 (0.172~0.624)

CODEX 모두 식육과 식육부산물에서 0.05 mg/kg 이하로 제한하고 있으며 그 밖의 어류, 채소류, 쌀에 대한 국내 기준은 각각 0.5 mg/kg 이하, 0.3 mg/kg 이하, 0.2 mg/kg 이하이다.

크롬(Cr)

크롬은 일반적으로 공기 및 습기에 대해서 매우 안정하고 단단한 중금속이며, 인체에 유해하게 작용하는 것은 6가 크롬을 포함하는 크롬산과 중크롬산이며 호흡기, 피부 등을 통해 체내로 유입되어 간, 신장, 골수에 축적되며 신장, 대변을 통해 배출되나 과량 섭취 시 간의 궤양이나 변성을 일으키며 호흡기암의 추정물질로 규정되어 있다(유 등, 2010). 현재 크롬에 대해서는 잔류허용기준이 설정되어 있지 아니하며, 이번 실험 결과 계란이 0.018±0.022 mg/kg 메추리알은 0.020±0.025 mg/kg 오리알은 0.021±0.008 mg/kg 이었으며, 이번 결과는 박 등(1990)의 계란에서의 크롬 측정 결과 0.29 mg/kg과 비교하여 매우 낮은 수준이었다. 또한, 유 등(2010)이 수행한 채소류의 크롬 평균 함량 0.015±0.021 mg/kg과 비슷한 수준이었으며, 목 등(2010)이 보고한 국내 연안산 조개류의 크롬 함량 0.233±0.234 mg/kg보다는 낮은 수치였다.

구리(Cu)

구리는 자연계에 널리 분포된 필수 금속원소로 산화효소의 구성성분이며 결핍 시에는 헤모글로빈 합성의 결손으로 저색소 빈혈을 유발하기도 한다. 과량 섭취시에는 구토, 설사, 복통, 경련 및 혼수 등의 증상을 일으킨다(유 등, 2010). 이번에 조사된 식용란의 구리 함량은 계란 0.605±0.015 mg/kg으로 박 등(1990)의 측정 결과 1.05 mg/kg보다는 다소 낮게 나타났다. 메추리알과 오리알은 각각 0.919±0.186 mg/kg, 1.228±0.143

mg/kg로 계란에 비해 구리함량이 다소 높았다. 식품 중의 구리 권장 섭취량은 약 0.3~0.8 mg/day(한국영양학회, 2005)이며 계란류의 1일 평균 섭취량 22.3 g(보건복지부, 2008)에 따라 계란류를 통한 구리 섭취량을 산정한 결과 약 0.014 mg/day이었다.

망간(Mn)

망간은 인간과 동물에 필수 미량금속으로 다양한 범위로 함유되어 있으며 인체에는 인산화 반응, 콜레스테롤과 지방산 합성에 관여하는 효소 보조 인자로 알려졌으나 만성 중독시 중추신경 장애 및 간경화 등을 발생시킨다(유 등, 2010). 이번에 조사된 식용란의 망간 함량은 계란 0.375±0.107 mg/kg, 메추리알 0.635±0.144 mg/kg, 오리알 0.528±0.069 mg/kg으로 메추리알과 오리알이 계란에 비해 다소 높았으며, 계란의 결과는 박 등(1990)의 측정결과 0.27 mg/kg보다 다소 높은 수준이었다. 망간의 일일 충분섭취량은 0.8~3.0 mg/day(한국영양학회, 2005)로 이번 실험 결과와 계란류 1일 섭취량(22.3g)을 토대로 망간의 일일 섭취량을 산정한 결과 약 0.01 mg/day이었다.

계란을 통한 중금속 PTWI

중금속이 인체로 유입되는 경로는 주로 식품을 통하여 이루어진다. 그러므로 중금속의 섭취량은 섭취된 식품에 함유된 중금속의 함량을 통해 추정할 수 있다(유 등, 2010). 이번 조사결과를 토대로 계산한 주간 섭취량과 FAO/WHO 합동식품첨가물 전문가 위원회에서 안전성 평가를 위해 설정하고 있는 PTWI와 비교하여 본 연구에서 조사한 식용란의 섭취에 의한 안전성을 평가하였다.

식용란의 1인 1일 섭취량은 2008년 국민건강영양조사 결과보고서(보건복지부, 2008)를 참조하였으며

Table 6. Comparison of average weekly intakes of heavy metals from surveyed eggs with PTWI established by FAO/WHO

Metals	PTWI (µg/kg b.w*/week)	Daily intake of heavy metals [†] (µg/person/day)	Weekly intake [‡] (µg/kg b.w/week)	% PTWI
Pb	25	0.225	0.026	0.1
Cd	7	0.008	0.055	0.8

*Body weight, [†]Daily intake of heavy metals per adult (µg/person/day)=Σ [(concentration of heavy metals in each food×daily intakes of food (g/person/day)], [‡][Weekly intake of heavy metals (µg/kg b.w/week)=daily intake of heavy metals per adult (µg/person/day)×7 days/week]/60 (body weight per adult).

주간섭취량의 계산시 성인 1인 체중을 60 kg으로 고려하였으며, 1일 섭취량, 성인 1인 주간 섭취량을 산출하였다(Table 6).

서울시내 유통 식용란에서 섭취되는 중금속 함량을 PTWI와 비교시 납과 카드뮴이 각각 0.1 및 0.8%로 나타났고 이 결과를 볼 때 식용란의 중금속 섭취량은 안전한 수준으로 판단된다.

결 론

이 연구는 서울 시내에서 유통되고 있는 식용란 200건을 대상으로 납, 카드뮴, 크롬, 구리, 망간의 함량을 분석하였다. Microwave로 습식분해 후 ICP-MS를 이용하여 분석한 결과 식용란의 평균 중금속 함량은 납 0.010 ± 0.018 mg/kg, 카드뮴 0.000 ± 0.001 mg/kg, 크롬 0.018 ± 0.022 mg/kg, 구리 0.637 ± 0.163 mg/kg, 망간 0.397 ± 0.132 mg/kg으로 나타났다.

이 연구를 통해 얻어진 결과 중 유해 중금속인 납, 카드뮴은 기존에 조사된 식육 및 타 식품군과 비교하여 낮은 수준이었으며, 구리, 망간은 기존 조사결과와 비슷한 수준이었다. 또한, 식용란의 주간 섭취량을 FAO/WHO에서 안전성평가를 위해 설정한 PTWI 기준과 비교한 결과 그 수준이 매우 낮았다. 이 연구 결과는 아직 중금속 잔류 허용기준이 설정되어 있지 않은 계란 등 식용란의 중금속 기준을 설정하는 데 있어 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 김미혜, 김정수, 소유섭, 정소영, 이종욱. 2003. 여러 가지 식품 중 중금속 함량에 관한 연구. 한국식품과학회지 35: 561-567.
- 김희연, 김재인, 김진철, 박지은, 이경진, 김성일, 오재호, 장영미. 2009. 국내 유통 중인 농산물의 중금속 함량 모니터링. 한국식품과학회지 41: 238-244.
- 김희연, 김진철, 이진하, 장영미, 이명숙, 박종석, 이광호. 2007. 유통중인 어류의 중금속 모니터링-비소, 카드뮴, 구리, 납, 망간, 아연, 총수은. 한국식품과학회지 39: 353-359.
- 목중수, 이가정, 심길보, 이태식, 송기철, 김지희. 2010. 한국 연안산 해산 무척추동물의 중금속 함량. 한국식품영양과학회지 39: 894-901.
- 박향미, 김순재, 손봉환. 1990. 축산식품중의 미량원소 함량에 관한 연구. 한국가축위생학회지 13: 1-20.
- 보건복지부(Ministry of Health and Welfare). 2008. The Korea national health and nutrition survey report. 4th ed. pp. 144-355.
- 식품의약품안전청(KFDA Korea Food and Drug Administration). 2009. Food code. pp. 2-1-9.
- 유하영, 정진주, 최은주, 강성태. 2010. 국내에서 유통 중인 채소류의 중금속 함량에 관한 연구. 한국식품과학회지 42: 502-507.
- 최윤화, 김연주, 이경혜, 강영일, 이정학. 2010. 유통식육에서 중금속 함량 조사. 한국가축위생학회지 33: 299-302.
- 한국영양학회. 2005. 한국인영양섭취기준(KDRIs, Dietary Reference Intakes for Koreans). pp. 407-502.