

축산식품중의 중금속 함량에 관한 조사연구

정지현, 황래홍, 윤은선, 김현정, 한인규

서울특별시 보건환경연구원 축산물부 시험과

A Study on the contents of the heavy metals in meat and meat products

Ji-Hun Jung, Lae-Hwong Hwang, En-Sun Yun, Hyun-Jung Kim, In-Kyou Han

Seoul Metropolitan Health and Environment Institute

Abstract

This study was performed to investigate the contents of the heavy metals such as cadmium(Cd), copper(Cu), iron(Fe), lead(Pb) and zinc(Zn) in meat and meat products. For this experiment, each 20 samples of beef and pork were collected at slaughterhouse in Seoul areas and 45 samples of meat products(ham, sausage, processed meat and seasoned meat) were purchased from commercial food markets. The contents of the heavy metals was determined by atomic absorption spectrophotometry from Jan. to Nov. in 1998. The results obtained were summarized as follows ;

1. In Korean native beef, mean values of the heavy metals(mg/kg) were Pb : 0.14 ± 0.10 , Cd : 0.07 ± 0.02 , Cu : 1.73 ± 0.95 , Zn : 42.82 ± 8.17 and Fe : 67.43 ± 24.18 , respectively.
2. In imported beef, mean values of the heavy metals(mg/kg) were Pb : 0.03 ± 0.08 , Cd : 0.06 ± 0.02 , Cu : 1.41 ± 0.62 , Zn : 42.93 ± 4.95 and Fe : 40.06 ± 12.77 , respectively.
3. In pork, mean values of the heavy metals(mg/kg) were Pb : not detected, Cd : 0.09 ± 0.02 , Cu : 1.08 ± 0.23 , Zn : 19.49 ± 6.02 and Fe : 30.21 ± 10.51 , respectively.
4. In ham, mean values of the heavy metals(mg/kg) were Pb : trace, Cd : trace, Cu : 1.19 ± 0.46 , Zn : 13.58 ± 4.99 and Fe : 31.43 ± 11.74 , respectively.
5. In sausage, mean values of the heavy metals(mg/kg) were Pb : 0.15 ± 0.34 , Cd : 0.08 ± 0.05 , Cu : 1.15 ± 0.46 , Zn : 13.70 ± 7.13 and Fe : 27.28 ± 15.05 , respectively.
6. In processed meat, mean values of the heavy metals(mg/kg) were Pb : 0.08 ± 0.13 , Cd : 0.09 ± 0.04 , Cu : 1.28 ± 0.60 , Zn : 14.72 ± 7.09 and Fe : 24.04 ± 10.33 , respectively.
7. In seasoned meat, mean values of the heavy metals(mg/kg) were Pb : 1.05 ± 2.21 , Cd : 0.13 ± 0.03 , Cu : 1.06 ± 0.16 , Zn : 17.53 ± 8.72 and Fe : 26.76 ± 9.02 , respectively.

Key words : Heavy metal, Beef, Fork, Meat products, Atomic absorption spectrophotometry

서 론

최근 산업의 발전과 인구증가에 따라 오염 물질 배출량이 자연의 자정능력을 초과하여 다량 배출됨으로 환경은 점점 오염되고 있다. 1972년 스웨덴에서 처음으로 국제인간환경회의가 열려 인간환경선언이 채택된 후, 전세계적으로 인간환경에 대한 관심이 크게 높아지고 있다. 환경오염 중에서도 식품공해가 국민보건 측면에서 중요시되고 있으며 식품을 통한 유해물질의 이행문제는 무엇보다도 인체에 미치는 영향이 크므로 주의해야 할 것이다¹⁾.

산업화에 따른 환경오염은 여러가지 유해중금속을 배출하게 되었고 이들 중금속은 먹이사슬을 통하여 인체에 축적되어 영향을 미치고 있으며²⁾³⁾, 1960년대 일본에서 발생한 수은에 의한 Minamata병, 카드뮴에 의한 Itai-Itai병 및 1970년대 Iraq에서 발생한 알킬수은(alkyl-Hg) 중독사건⁴⁾ 등이 알려져 있다.

중금속은 대체로 비중 4.0 이상의 금속으로 Na, K, Ca, Mg, Al 등을 제외한 대부분의 금속이 이에 포함되며, 이중 유해성 금속으로 분류되는 것은 약 30종으로 Hg, As, Cu, Cd, Sn, Zn, Mn, Se 등인데 특히 As, Hg, Pb, Cu, Zn, Sn 등이 식품위생상 문제가 되고 있다⁵⁾⁶⁾.

국민소득 증대에 따른 식생활 수준의 향상으로 축산물의 소비량이 지속적으로 증가하여 왔으며, 이와함께 축산물의 소비형태는 양위주의 소비패턴에서 탈피하여 고품질의 위생적인 축산물을 선호하는 경향으로의 이행이 가속되고 있다. 이러한 소비형태의 변화에 따라 축산물의 위생 및 안전성 확보 문제에 대한 소비자의 관심이 날로 증대되고 있으며 축산식품의 안전성 확보를 위한 잔류물질검사 및 규제 등 감시대세도 점차 강화되고 있어 축산물의 위생적인 처리와 철저한 검사 등 위생관리 강화가 더욱 필요한 실정이다.

국내의 축산식품에 대한 중금속의 연구는 오동⁷⁾, 조 등⁸⁾⁹⁾, 박 등¹⁰⁾이 소, 돼지, 닭, 계란, 원유에 대해 보고한 바 있고, 김¹¹⁾은 시유에 대한

조사를 수행하였으며, 손¹²⁾은 사료내 중금속 농도가 우유로의 천이효과에 대해 보고하였다. 많은 식품들에 대한 중금속의 분포상태를 파악하고자 노력하고 있으나, 축산식품 특히 축산가공품에 대한 중금속을 조사한 논문을 접할 기회는 없었다.

본 연구는 소, 돼지의 원료육과 축산물가공품에 대하여 Cd, Cu, Fe 등 5종의 중금속에 대해서 잔류량을 분석 조사함으로써, 중금속 오염수준을 파악하여 축산식품의 안전성을 도모하고, 위생적인 관리에 대한 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

공시재료

본 연구에 공시된 시료는 원료육의 경우 1998년 5월부터 1998년 10월까지 서울시 가락동 도축장에 출하된 소, 돼지 각 20두에서 근육을 채취하였고, 수입쇠고기는 축협 인천지소에서 지육으로 수입되는 소 20두에서 근육을 채취하였다. 축산물가공품은 서울시내에서 유통시판되는 식육가공품중 햄류 20건, 분쇄가공육 10건, 소시지류 10건, 양념육 5건 등 45건을 구입하여 사용하였다.

기기 및 시약

시약 : Cd, Cu, Fe, Pb, Zn Standard solution (Junsei, Japan) 원자흡광분석용, 1,000ppmNitric acid(Wako, Japan) 유해중금속분석용

기기 : SpectrAA-220FS(Varian, Australia), Microwave(Questron, USA)

분석조건

모든 중금속은 SpectrAA-220FS(Varian, Australia)를 사용하여 측정하였으며, 분석조건은 Table1과 같다.

Table 1. The operating conditions of Atomic absorption spectrophotometer

Condition	Elements				
	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
Wavelength(nm)	228.8	324.8	248.3	217.0	213.9
Lamp current(mA)	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0
Slit width(nm)	0.5	0.5	0.2	1.0	1.0
Air flow rate (L/min)	13.20	13.50	13.50	13.60	13.50
Acetylene flow rate (L/min)	2.00	2.00	2.90	2.30	2.00

분석방법

시료전처리는 Microwave digestion법을 사용하였다. Vessel에 시료 1g을 정량하여, 증류수와 질산 각 10ml을 첨가한 후, power 900, pressure 24-35 psi의 조건으로 150°C에서 7분 반응시킨 후 다시 170°C에서 7분 반응시켜 분해하였다.

결과 및 고찰

납 : 축산식품중 Pb의 잔류범위는 불검출~5.00ppm으로 측정되었으며, 가장 높게 검출된 시료는 양념육으로 1.05ppm이었고, 수입쇠고기가 0.03ppm 으로 가장 낮았으며, 돼지고기에서는 검출되지 않았고 햄에서는 미량 검출되었으며, 한우고기는 0.14ppm 으로 수입쇠고기보다 높게 검출되었다(Table 2).

박 등¹⁰⁾은 소 Pb함량이 근육에서 1.31ppm, 간장에서 1.75ppm, 신장에서 1.49ppm, 돼지 Pb함량이 근육에서 1.85ppm으로 가장 높고 폐에서 1.28ppm으로 가장 낮게 검출되었다고 보고하였으며, 오 등⁷⁾은 소에서는 근육에서 0.1172ppm, 간장에서 0.1980ppm, 신장에서 0.1680ppm, 돼지에서는 근육 0.1067ppm, 간장 0.1969ppm, 신장 0.1819ppm으로 보고하였는데, 이는 본 실험성적보다 높은 함량으로 나타났다. 다만 한우고기에서의 본 실험성적이 오 등⁷⁾의 결과보다 높은 수준을 보였다.

池邊 등¹²⁾은 소의 근육에서 0.05~0.43ppm, 간장에서 0.06~1.00ppm을, Masek 등¹³⁾은 소의 간장에서 0.39ppm이라 보고하였고, Kreuzer

등¹⁴⁾은 간장에서 0.059ppm, 신장에서 0.15ppm. 근육에서 0.009ppm을 보고하였는데, 이는 수입쇠고기에서 0.03ppm을 검출한 본 실험성적보다 높은 결과를 나타내었다. 다만 Kreuzer 등¹⁴⁾이 근육에서 본 실험치보다 낮은 0.009ppm의 함량을 보고한 것은 본 실험에서는 성축을 대상으로 한 반면에 18~20주된 송아지를 대상으로 했기 때문으로 사료된다. 또한 수입쇠고기보다 한우고기가 높은 함량을 보인 본 실험결과와 전반적으로 일치하는 경향을 보이고 있다. 가공품중 소시지, 분쇄가공육의 Pb 평균함량은 0.15ppm, 0.08ppm의 순으로 나타났다.

Pb는 식품중에 함유되어 있는 중금속 가운데서도 독성이 강한 것중의 하나로 미량이라도 장기간에 걸쳐 섭취하면 체내에 강한 독성작용을 나타내며, 급성중독보다는 만성중독으로 일어난다¹⁵⁾. 납중독은 중추신경계 및 말초신경계에 영향을 미쳐 기억상실, 불안, 수족마비, 감각장애, 신경장애 등의 증상을 일으키는 것으로 알려져 있다¹⁶⁾.

그러나 축산물에 대한 중금속 잔류허용량은 아직 규정되어 있지 못하는 실정이며 다만 축산물가공품중 캔제품에서 0.3ppm으로 허용기준량을 정하고 있는 실정이다. 외국의 경우 식품에 대한 허용기준량을 보면 캐나다에서는 수산물 100ppm, 야채류 20ppm 이하, 일본에서는 1.5ppm에서 최대 8.0ppm까지, 미국은 일반식품에서 2.75ppm까지 허용하고 있다¹⁰⁾.

본 실험에 의한 Pb함유량은 외국이나 우리나라의 일반식품에 대한 허용기준량 보다는 낮은 수준으로 축산식품 섭취에 따른 Pb의 만성중독 등 안정성 측면에서는 염려할 단계는 아니라고 사료된다.

Table 2. The concentrations of Pb in meats and meat products(ppm)

Samples	No	Min	Max	Mean± SD
Korean indigenous beef	20	ND	0.25	0.14± 0.10
Imported beef	20	ND	0.30	0.03± 0.08
Pork	20	ND	ND	ND
Ham	20	ND	trace	trace
Sausage	10	ND	0.75	0.15± 0.34
Processed meat	10	ND	0.25	0.08± 0.13
Seasoned meat	5	ND	5.00	1.05± 2.21

카드뮴 : 원료육중 Cd함량은 0.03~0.13ppm의 범위로서 돼지고기에서 0.09ppm으로 가장 높게 검출되었으며, 수입쇠고기가 0.06ppm으로 가장 낮게 검출되었다. 가공품 함량은 불검출~0.18ppm의 범위로 양념육이 0.13ppm으로 가장 높고 햄이 trace로 가장 낮은 함량을 보였다(Table 3).

이는 오 등⁷⁾이 보고한 소 근육에서 0.0083 ppm, 돼지 근육에서 0.0115ppm의 결과보다는 높은 함량을 보였지만, 박 등¹⁰⁾이 보고한 소 근육에서 0.10ppm, 돼지 근육에서 0.22ppm의 결과보다는 낮은 함량을 보였다. 반면에 조 등⁹⁾은 돼지고기에서 0.0916ppm의 결과를 보고하여 본 실험성과 비슷한 수준으로 일치하였다.

Kreuzer 등¹⁴⁾은 18~20주된 암송아지의 근육에서 0.001ppm의 Cd함량을 보고하였으며 池邊 등¹²⁾은 소 근육에서 0.01ppm 이하에서 0.04 ppm, 돼지 근육에서 0.01ppm 이하라고 보고하였다. 이상의 국내외 연구를 살펴볼 때, 수입쇠고기에서 0.06ppm으로 한우고기 0.07ppm과 국산돼지고기 0.09ppm보다 낮은 함량을 보인 본 실험결과와 비교하면 대체적으로 수입육이 국산육보다 Cd함량이 낮다는 측면에서 일치하는 결과를 보여준다. 이는 국내의 환경오염 정도와 사육환경이 열악하다는 것을 간접적으로 시사한다고 할 수 있겠다.

Cd은 미량으로도 비교적 독성이 강한 것으로 알려져 있으며 Pb와 마찬가지로 급성보다는 만성중독이 문제시되는 중금속이다. 주로 허리통증, 고관절부의 통증 등이 나타나며 중독증

상으로서 신장장해, 뼈의 연화를 주로하는 칼슘의 정상적인 신진대사의 실조 등이 나타난다¹⁷⁾.

축산물에 대한 Cd의 잔류허용량을 규정하는 나라는 없으며, 우리나라에서도 청량음료중의 Cd함량은 0.1 mg/kg이하로 규제되어 있으나 일반식품규격은 규정되어 있지 않다. 일본에서의 식품위생기준은 1.0ppm으로 본 실험성적은 이에 크게 못 미치는 바 안정성 면에서 아무런 문제가 없는 것으로 생각된다.

Table 3. The concentrations of Cd in meats and meat products(ppm)

Samples	No	Min	Max	Mean± SD
Korean indigenous beef	20	0.05	0.08	0.07± 0.02
Imported beef	20	0.03	0.10	0.06± 0.02
Pork	20	0.08	0.13	0.09± 0.02
Ham	20	ND	trace	trace
Sausage	10	ND	0.15	0.08± 0.05
Processed meat	10	0.03	0.13	0.09± 0.04
Seasoned meat	5	0.10	0.18	0.13± 0.03

구리 : Cu의 잔류는 0.43~3.68ppm의 범위로서 가장 높게 검출된 시료는 한우고기 1.73 ppm을 보인 반면 가장 낮게 검출된 시료는 양념육으로 1.06ppm이었다. 돼지고기는 1.08 ppm을 보였고, 1.41ppm을 나타낸 수입쇠고기 한우 다음으로 높은 함량을 보였다(Table 4).

축산물의 Cu함량에 관해서는 국내외에서 많은 보고가 있었는데 박 등¹⁰⁾이 소 근육에서 1.52 ppm, 돼지 근육에서 1.51ppm을 보고하였는데 이는 본 실험결과와 비슷한 수준을 나타냈다. 반면에 오 등⁷⁾은 소 근육에서 0.9655ppm, 돼지근육에서 0.9624ppm을 보고하였고, 池邊 등¹²⁾은 소 근육에서 0.80~0.92ppm, 돼지 근육에서 0.76~0.97ppm을 보고하여 본 실험성적보다는 낮은 수준을 보였다. Korsrud 등¹⁸⁾은 소 간장에서 27.8ppm, 신장에서 5.4ppm의 함량을 보고하여 근육보다는 높은 수준을 나타내었는데 이는 Cu가 간장, 신장조직에 농축함유되어 축적독성에 의해 간세포 괴사, 간장의 색소침착 등과 관련이 있는 것으로 사료된다.

가공품 중에서는 돼지고기를 원료로 한 소시지, 햄과 분쇄가공육이 1.15ppm, 1.19ppm, 1.28ppm으로 돼지고기에서의 함량보다 높은 수준을 보인 반면에 양념육은 1.06ppm으로 비슷한 수준을 보였다.

Cu는 생체의 필수미량원소로서 철의 조혈작용을 보조하고, tyrosinase, catalase의 구성성분으로 세포호흡에도 필수 불가결한 원소로 알려져 있으며, 섭취필요량은 소아가 1mg/day, 성인이 5mg/day이라고 한다¹⁹⁾.

축산물에 대한 Cu허용량은 국내외적으로 규정한 나라는 없으며, 캐나다에서는 식품에 따라 50~100ppm으로 규정하고 있고, 영국에서는 일반식품에 대해 허용량을 20ppm 이하로 하고 있다¹⁰⁾.

이로 미루어 볼 때, 본 실험성적은 외국의 일반식품에 대한 허용량에 비해 극히 낮은 수준으로 생체 필수미량원소로서의 Cu함량으로 적정한 양인 것으로 사료된다.

Table 4. The concentrations of Cu in meats and meat products(ppm)

Samples	No	Min	Max	Mean±SD
Korean indigenous beef	20	0.53	3.68	1.73±0.95
Imported beef	20	0.80	2.53	1.41±0.62
Pork	20	0.75	1.48	1.08±0.23
Ham	20	0.56	2.18	1.19±0.46
Sausage	10	0.63	2.15	1.15±0.46
Processed meat	10	0.43	2.43	1.28±0.60
Seasoned meat	5	0.93	1.33	1.06±0.16

철 : Fe의 잔류범위는 10.13~104.55ppm으로서 한우고기가 67.43ppm으로 가장 높게 검출되었고, 수입쇠고기와 돼지고기가 각각 40.06ppm, 30.21ppm으로 높게 검출되었다. 가공품은 소시지, 양념육, 분쇄가공육이 각 27.28ppm, 26.76ppm, 24.04ppm으로 거의 차이가 없었으며 햄이 31.43ppm으로 다소 높은 함량을 보였다 (Table 5).

박 등¹⁰⁾은 소 근육에서 44.53ppm, 돼지 근육에서 54.8ppm을 보고하였는데, 이는 인천시

관내 도축장에서 채취한 것으로서 본 실험성적에 비해 소 근육에서는 낮은 수준이었으나, 돼지근육에서는 높은 함량을 보여 차이점을 발견할 수 있었다.

Fe는 hemoglobin과 호흡효소의 구성성분으로 체내에 산소를 공급해주는 필수미량원소로서 1일 최소필요량은 연령, 성별, 생리적 상태에 따라 차이가 있지만 약 10~50mg으로 평가된다²⁰⁾. Fe을 과량섭취하면 혈색소증(hemochromatosis)이 일어나 Fe이 계속 축적되어 조직이 손상되는 것으로 알려져 있으며²¹⁾, 급성중독은 위장자극을 시작으로 위벽 출혈, 혈액응고 부전, 혼수상태를 유발시키며, 만성중독은 조직세포에 Fe함량이 축적되어 간경화, 당뇨, 성기능 장애 등을 야기한다¹⁶⁾.

Table 5. The concentrations of Fe in meats and meat products(ppm)

Samples	No	Min	Max	Mean±SD
Korean native beef	20	31.58	104.55	67.43±24.18
Imported beef	20	22.40	67.63	40.06±12.77
Pork	20	20.33	49.95	30.21±10.51
Ham	20	14.82	51.52	31.43±11.74
Sausage	10	10.13	62.48	27.28±15.05
Processed meat	10	10.85	43.48	24.04±10.33
Seasoned meat	5	16.48	36.08	26.76±9.02

아연 : Zn은 잔류범위가 최저 6.46ppm에서 최고 49.74ppm으로 가장 높게 검출된 시료는 수입쇠고기로 42.93ppm이었고, 한우고기는 비슷한 수준으로 42.82ppm, 햄은 가장 낮게 검출되어 13.58ppm이었다. 돼지고기는 19.49ppm이었고, 가공품인 소시지와 분쇄가공육, 양념육도 13.70ppm, 14.72ppm, 17.53ppm으로 비슷한 수준의 결과를 보였다(Table 6).

박 등¹⁰⁾은 소 근육에서 55.08ppm, 돼지 근육에서 30.12ppm을 보고하였고, 오 등⁷⁾은 소 근육에서 39.6305ppm, 돼지근육에서 26.7366ppm을 보고하였다. 본 실험성적과 비교해 볼때 오 등⁷⁾의 소 근육에서의 Zn함량을 제외하고는 모두 높은 결과를 보였으나, 소고기나 근육에서의

함량이 돼지고기나 근육에서의 함량보다 많다는 점에서는 모두 일치하는 결과를 보였다. 池邊 등¹²⁾은 소 근육에서 49.20~85.00ppm, 돼지 근육에서 19.00~50.50ppm으로 보고하여 본 실험성적보다 높은 수준을 나타내었고, Schricker 등²²⁾은 소, 돼지의 근육에서 각각 39.8~53.5 ppm과 13.9~28.0ppm을 보고하여 본 실험성적과 거의 유사한 수준의 결과를 보였다.

돼지고기를 주원료로 사용한 가공품인 소시지, 분쇄가공육, 양념육은 돼지고기에서의 19.49 ppm보다는 낮지만 13.70~17.53ppm 수준으로 비슷한 실험성적을 나타내었다.

Zn은 동물의 정상적인 성장과 번식활동에 관여하는 필수미량원소로서, 드물기는 하지만 과잉투여시 중독증상이 나타나는 중금속으로, 주로 도금한 용기에 담겨있는 산성식품을 섭취하였을때 일어나며 발열, 복통 및 설사 등의 증상을 일으킨다^{23),24)}.

외국의 식품에 대한 Zn 허용기준량을 보면 영국은 일반식품에서 50ppm 이하로 규정하였고, 캐나다에서는 수산물에 100ppm, 과일류에 50ppm 이하로 허용하고 있다. 본 실험성적은 외국의 일반식품 허용량보다 낮은 수준으로 필수미량원소로서 적절한 양으로 생각된다.

Table 6. The concentrations of Zn in meats and meat products(ppm)

Samples	No	Min	Max	Mean±SD
Korean native beef	20	31.13	49.74	42.82±8.17
Imported beef	20	33.89	48.94	42.93±4.95
Pork	20	10.39	27.39	19.49±6.02
Ham	20	8.63	24.87	13.58±4.99
Sausage	10	6.46	25.42	13.70±7.13
Processed meat	10	8.92	33.19	14.72±7.09
Seasoned meat	5	7.69	28.75	17.53±8.72

이상의 결과로서 본 실험성적은 외국의 일반식품에 대한 허용량에 비하여 낮은 수준으로 식품의 안정성 측면에서 축산물의 섭취에 따른 중금속의 만성중독증은 염려할 단계는 아니라고 생각된다. 그러나 본 실험이 충분치 못한 시료와

제한된 지역을 대상으로 한 점을 고려해볼 때 충분하고 다양한 시료와 광범위한 지역을 대상으로 한 지속적인 조사가 필요하며, 이를 기초로 축산물에 대한 중금속 잔류허용량을 설정하는 것이 시급한 과제라 생각된다.

결 론

축산식품중의 유해중금속에 대한 오염수준을 파악하여 식품의 안정성을 위한 기초자료를 제공하고자 서울 관내에서 도축되는 소, 돼지의 근육과 유통중인 식육가공품 및 수입쇠고기에 대해서 Cd, Pb, Cu 등 5종의 유해중금속 함량을 원자흡광광도법으로 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Cd는 불검출~0.18ppm으로 평균치는 한우고기 0.07ppm, 수입쇠고기 0.06ppm, 돼지고기 0.09ppm, 햄 trace, 소시지 0.08 ppm, 분쇄가공육 0.09ppm, 양념육 0.13 ppm으로 나타났다.
2. Cu는 0.43~3.68ppm으로 평균치는 한우고기 1.73ppm, 수입쇠고기 1.41ppm, 돼지고기 1.08ppm, 햄 1.19ppm, 소시지 1.15 ppm, 분쇄가공육 1.28ppm, 양념육 1.06 ppm으로 나타났다.
3. Fe는 10.13~104.55ppm으로 평균치는 한우고기 67.43ppm, 수입쇠고기 40.06ppm, 돼지고기 30.21ppm, 햄 31.43ppm, 소시지 27.28ppm, 분쇄가공육 24.04ppm, 양념육 26.76ppm으로 나타났다.
4. Pb는 불검출~5.00ppm으로 평균치는 한우고기 0.14ppm, 수입쇠고기 0.03ppm, 돼지고기 불검출, 햄 trace, 소시지 0.15ppm, 분쇄가공육 0.08ppm, 양념육 1.05ppm으로 나타났다.
5. Zn은 6.46~49.74ppm으로 평균치는 한우고기 42.82ppm, 수입쇠고기 42.93ppm, 돼지고기 19.49ppm, 햄 13.58ppm, 소시지 13.70ppm, 분쇄가공육 14.72ppm, 양념육 17.53ppm으로 나타났다.

참고문헌

1. 손태식. 1989. 도시근교 낙농에 있어서 사료내 중금속 농도와 우유로의 천이효과. 고려대학교 식량개발연구원. 석사학위논문.
2. 손동헌. 1975. 한국 토양중의 총수은함량에 관한 연구. 약학회지 23 : 95.
3. Friberg L, Vostal J. 1972. *Mercury in the environment*. CRS Press. Cleveland : 17.
4. Parvaneh V. 1979. A investigation on the mercury contamination of Persian gulf fish. *Bull Environm Contam Toxicol* 23 : 357.
5. 송 철. 1976. 중금속과 식품오염. 한국식품과학회 창립10주년기념 심포지엄 논문집.
6. 신호선. 1976. 식품중의 유해물질과 안전성. *주정공업* 6(2) :
7. 오수경, 김태중, 윤화중. 1984. 축산물중의 중금속 함량에 관한 조사연구. *한국수의공중보건학회지* 8(1) : 15~21.
8. 조태행, 정갑수, 손성완 등. 1984. 가금사료중의 유해물질 잔류량조사. *가위연시험연구보* : 7~9.
9. 조태행, 정갑수, 손성완 등. 1987. 양돈사료중 유해중금속의 잔류량조사. *한국식품위생학회지* 2(3) : 103~108.
10. 박향미, 김순재, 손봉환. 1990. 축산식품중의 미량원소 함량에 관한 연구. 우, 돈, 계, 계란 및 우유를 중심으로. *한가위지* 13(1) : 1~20.
11. 김대선. 1986. 시유중의 미량금속 함량에 관한 연구. 서울대학교 보건대학원 석사학위논문.
12. 池邊克彦, 田中之雄, 田中環一 等. 1977. 食品中の重金属の含有量くこついで (第六報). *食衛誌* 18(1) : 86~97.
13. Masek J. 1980. Lead content in the musculature and liver of cattle. *Vet Med* 10 : 621.
14. Kreuzer W, Rosopulo A, Sell D, ey al. 1989. Lead and cadmium contents in muscle, liver and kidneys of slaughter calves. 1. Calves from uncontaminated areas and/or farms that have passed meat inspection. *Vet Bull* 59(6) : 528.
15. 권병만. 1980. 우리나라 식품오염의 현황과 방지대책에 관한 연구. 중앙대학교 사회개발대학원 석사학위논문.
16. Doll J, Klaassen CD, Amdur MO. 1980. *Casarett and Doll's Toxicology*. Macmillan Pub Co, New York.
17. 김동훈. 1973. 식품화학. 탐구당, 서울.
18. Korsrud GO, Meldrum CD, Salisbury CD, et al. 1985. Trace element levels in liver and kidney from cattle, swine and poultry slaughtered in Canada. *Can J Comp Med* 49 : 159~163.
19. 문인순. 1985. 야채 중에 함유된 유해미량금속에 관한 연구. 한양대학교 환경과학대학원 석사학위논문.
20. Requirement of vitamin A, iron, folate and vitamin B12. Report of a joint FAO/WHO expert consultation, room, food and agriculture reorganization of the united nations. FAO Food and Nutrition Series 23.
21. Environment protection agency : Quality criteria for water, U.S. Washington. D.C. 20.
22. Schricker BR, Miller DD, Stouffer JR. 1982. Content of zinc selected muscles from beef, pork and lamb. *J Food Sci* 47(3) : 1020.
23. 하종규, 김기남, 박양자 등. 1985. 비타민 광물질 영양학. 향문사, 서울.
24. 조규상. 1980. 산업보건학. 수문사, 서울.