

근육조성에 따른 축종특이성 구명

Ⅲ. 축종별 근육중 무기물 함량

이 명 현 · 김 상 근

충남대학교 수의과대학
(1999년 2월 1일 접수)

Species characterization of animal by muscle composition analysis Ⅲ. The contents of minerals in muscle from various species

Myoung-heon Lee, Sang-keun Kim

College of Veterinary Medicine, Chungnam National University

(Received Feb 1, 1999)

Abstract : We analyzed the contents of 12 types of minerals such as calcium in muscle from various species. Thereafter we observed changes of the concentrations according to age, part and sex in major domestic animals. The concentrations of calcium, iron, sodium, potassium, magnesium and zinc were high respectively whilst the content of cobalt, chromium, copper, manganese, molybdenum and nickel were low respectively in the muscle. The concentration of calcium was high in duck and dog but low in pig and horse. Also high level of sodium content was detected in dog and the content of potassium, iron showed high level in horse compared with the content in other animals. In 6 types of microminerals as cobalt, the level of muscle were no more than 1 ppm showing very low content in all animal, but 2.99 ± 0.85 ppm of copper in duck was an exceptional case. According to the age some species showed small range of variation centering on macrominerals and there was no remarkable change in microminerals. Distribution of minerals was different according to the part and the variation was very diverse compared with other factors such as age and sex. Additionally, the content of minerals in muscle was higher in female than in male chicken and duck. In conclusion, the difference of the content of minerals according to the species was mainly focused on macrominerals.

Key words : species characterization, content, mineral, muscle.

서 론

지구상에는 약 100여가지의 원소가 존재하며 이중 원자량이 16이하인 주요원소(C, H, O, N)들은 유기물의 구성성분으로 광범위한 분포를 보이는 반면 3-5주기의 금속원소들은 대개가 미량이나 생명현상을 유지하기 위하여 생체에 필수적인 것으로 알려져 있다¹⁻³.

광물질은 체조직의 2~5%에 해당하는 미량성분으로서 약 20여가지의 원소들이 생체내에서 골격형성, 산염기의 평형유지, 삼투압 조절, 신경의 자극전달 등 다양하고 복합적인 기능을 수행한다. 일반적으로 광물질은 생체내 대사과정을 통하여 상호 광범위하고 복잡한 교호작용을 반복하면서 생리적 요구량의 다양성을 발현한다. Wilgus와 Patton⁴에 따르면 닭에 칼슘과 인을 과다하게 급여하면 생체내 망간 요구량이 증가하는 것으로 알려져 있으며 Boyd⁵는 식이중 아연, 망간, 인 등이 철의 생체이용율을 저하시키고 특히 아연은 철의 흡수를 차단하여 빈혈을 유발한다고 보고하였다. 아울러 대다수의 광물질은 체내 합성이 불가능하고 섭생에 의존하므로 결핍시에는 골연화증, 신경과민증, 갑상선 비대증, 근위축증 등 각종의 병적상태를 야기하는 것으로 알려져 있다⁶⁻⁹. 최근에 들어서는 생체내 특정 광물질과 면역기능 및 내병성의 상관성에 대한 연구^{6,7,10,11}가 활발하게 진행되고 있는 추세로 Woolliams *et al*¹²은 구리 결핍증에 이환된 면양이 정상동물에 비하여 세균성 질병에 상대적으로 취약하지만 구리를 보충 급여할 경우 경감되었다고 보고하였다. Macpherson *et al*¹³은 코발트 결핍시에 호중구의 candidacidal activity가 저하되며 이러한 증상은 혈중 비타민 B₁₂ 감소나 methylmalonic acid 농도의 증가와 같은 전형적인 코발트 결핍증후군의 발현에 선행한다고 하였다. 반면에 저혈철증이 심급성 감염증에 있어서 중요한 항병인자로 작용한다는 Weinberg¹⁴의 보고는 매우 흥미로운 사실로 생각된다.

근육중 광물질 함량은 대개 근육총량의 1% 전후로 세포액의 염류농도를 조절하고 근육의 수축과 이완에 관여하며 탄수화물 대사를 관장하는 일련의 효소계에 보결 분자단으로서 참여하게 된다¹. 특히 다가금속인 마그네슘, 칼슘, 아연 및 철은 효소의 활성화를 촉진하거나 에너지 대사를 관장하는 등 그 생리적 기능이 비교적 상세하게 알려져 있다. 뿐만 아니라 근조직은 중요한 식육

자원으로서 근육중 광물질은 식육 및 육제품의 보수성이나 지방의 산패와 풍미에도 다양한 영향을 미치는 것으로 사료된다. 아울러 급속한 경제발전과 더불어 식생활 수준이 향상되고 서구화되면서 육류소비가 꾸준히 증가하는 경향에 따라 육류중의 각종 영양성분과 광물질에 대한 관심이 급증하고 있는 실정이다. Salisbury *et al*¹⁵은 소를 비롯한 5종의 가축을 대상으로 구리 등 주요 광물질의 체조직중 분포양상을 보고하였으며 Coleman *et al*¹⁶은 주요 가축과 가금의 근육 및 실질장기에서 필수 광물질 함량과 더불어 카드뮴, 비소, 납 등 유해중금속의 오염실태를 조사한 바 있다. 국내에서는 이 등¹⁷ 및 강¹⁸이 쇠고기 및 가공제품에서, 문¹⁹이 개와 비둘기의 폐장에서 중금속 함량을 보고하였으며, 조 등²⁰은 닭과 돼지의 근육과 신장에서 미량광물질과 비소 등 유해중금속 10종에 대한 잔류조사를 실시하였다.

광물질은 대사특성상 상호간 끊임없는 대사작용을 교류하면서 생리수준을 유지하며 축종, 성별, 연령, 사양조건 등 다양한 요인에 의하여 체조직중의 함량이 달라진다². Blum과 Zuber²¹는 유우에서 체조직을 대상으로 연령별로 광물질 함량을 보고하였으며, Doyle과 Spaulding¹은 생체내의 특정 광물질 함량이 체조직중에 분포된 다른 광물질의 조성이나 수준에 의하여 영향을 받으며 이는 광물질간의 상호작용에 기인한다고 하였다. 사양조건에 따른 무기물 함량은 비교적 많은 연구자²²⁻²⁸들에 의하여 보고된 바 있으며 국내에서도 홍²⁹이 한우고기와 수입쇠고기의 무기물 함량 차이를 보고하였고, 오 등³⁰은 사양지역이 상이한 소, 돼지, 닭의 근육중 무기물 함량차이를 조사하였다.

가축의 근육중 광물질 함량에 대한 보문은 대체로 일부 축종에서 생리학적 중요성이 입증된 특정원소를 중심으로한 단편적인 연구결과나 유해 중금속의 잔류조사가 주류를 이루고 있으며 다양한 축종을 대상으로 연령, 부위, 성별에 따른 변동을 고려한 체계적인 보고는 거의 찾아볼 수 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 소 등 9종의 가축을 대상으로 신선근육을 공시하여 칼슘을 비롯한 12종의 광물질 함량을 분석하고 각종요인에 따른 변동을 파악하여 생리수준을 제시함으로써 축종별로 그 특성을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료: 소를 비롯한 9종의 가축을 대상으로 도살 즉시 채취한 신선근육을 공시하였으며 주요 축종은 연령, 부위, 성별을 구분하였다.

검액의 조제: 분쇄한 시료 일정량을 채취하여 분해액(50% nitric acid, Merck, Germany)을 가한 다음 선발된 분해조건에 따라 초음파 분해장치(Microwave Digestion System: MDS, Questron, USA)로 분해하였다. 분해가 완료된 시료는 얼음속에 침지시켜 충분히 냉각시킨 후 진탕하여 균질화된 분해액을 membrane filter(Millipore, USA)로 여과한 다음 검액으로 사용하였다.

분석장치: 근육중 광물질의 분석은 시료를 초고압 초음파 분해장치로 분해하여 유도결합 플라즈마 발광 분광광도계(Inductively Coupled Argon Plasma Atomic Emission Spectrometry: ICAP-AES, Labtam, Australia)를 이용하여 측정하였다.

분석방법: 검액중 광물질 함량은 ICAP-AES의 흡수관에 직접 시료용액을 주입하여 광물질의 각 파장에 따른 흡광도를 측정한 다음, 별도로 준비된 표준용액으로 작성한 표준정량곡선을 이용하여 각 광물질의 양(ppm)을 산출하였다.

통계처리: 일반선형모형(General Linear Models Procedure, GLMP)에 따라 분산분석을 실시하여 축종간 근육중 광물질 함량의 차이를 분석하고 연령, 부위 및 성별에 따른 함량변화를 통계적으로 검증하였다.

결 과

축종별 근육중 광물질 함량: 소 등 9종의 가축을 대상으로 신선한 근육을 공시하여 칼슘 등 12종의 광물질 수준을 분석한 결과 모든 축종에서 칼슘, 철, 칼륨, 마그네슘, 나트륨 및 아연(다량광물질)의 함량은 비교적 높았으며 코발트, 크롬, 구리, 망간, 몰리브덴 및 니켈(미량광물질)은 미미한 분포 양상을 시사하였다.

근육중 다량광물질(Ca, Fe, K, Mg, Na, Zn) 함량: 근육중 다량광물질 함량은 축종별로 상이하였으며 특히 칼슘, 칼륨 및 나트륨 함량은 일부 축종에서 타 축종과 현저한 차이를 보였다(Table 1, 2). 칼슘은 오리과 개의 근육에서 높게 나타난 반면 돼지와 말은 매우 낮은 수준이었고 나트륨 함량은 개의 근육에서 월등하였다. 또한 말의 근육에는 특징적으로 철과 칼륨이 다량 분포하였으며 특히 철의 함량이 닭의 약 10배에 이르는 수준으로 현격한 차이를 확인할 수 있었다. 한편 마그네슘 함량은 대체로 유사하였으며 축종에 따른 함량 차이는 미미하였다.

근육중 미량광물질(Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni) 함량: 전 축종에서 근육중 코발트 등 6종의 무기물 함량은 비교적 낮은 수준이었으며 일부 축종의 구리 함량을 제외하고 1ppm 이하로 나타났다(Table 3, 4). 한편 말의 근육

Table 1. The contents of macrominerals in muscle of various species

Species	Macrominerals(ppm)		
	Ca	Fe	K
Cattle	98.26 ± 15.31(71.77~135.24)	25.20 ± 7.80(12.90~41.67)	3618.78 ± 512.35(2776.28~4685.36)
Pig	27.71 ± 6.98(14.50~48.04)	15.95 ± 6.08(7.66~27.60)	3802.75 ± 411.36(3007.02~4568.67)
Horse	35.48 ± 6.93(20.18~48.80)	70.08 ± 16.02(33.78~103.34)	4023.40 ± 491.52(2937.07~5269.04)
Chicken	113.57 ± 22.81(85.69~173.03)	7.50 ± 2.03(2.07~10.31)	2084.39 ± 488.75(1204.96~3367.22)
Duck	142.64 ± 21.40(99.05~181.85)	21.67 ± 6.56(12.13~34.79)	3874.63 ± 567.74(3000.60~5231.74)
Dog	141.45 ± 11.36(125.54~168.35)	31.06 ± 5.42(19.27~41.39)	3549.39 ± 385.86(2784.38~4284.52)
Sheep	48.90 ± 10.14(39.64~59.28)	21.26 ± 1.54(19.24~22.79)	3399.23 ± 182.92(3286.49~3671.49)
Goat	59.49 ± 7.86(43.62~73.24)	48.27 ± 7.46(29.20~62.12)	3578.96 ± 336.25(2986.37~4026.23)
Turkey	76.42 ± 6.26(65.59~83.79)	13.98 ± 3.86(10.03~19.24)	2424.09 ± 244.96(2244.64~2785.12)

The results are represented as mean ± SD. Figures in parentheses are range.

Table 2. The contents of macrominerals in muscle of various species

Species	Macrominerals(ppm)		
	Mg	Na	Zn
Cattle	21.56±3.40(10.76~27.71)	442.77±87.14(299.19~696.58)	40.31±16.61(20.29~73.61)
Pig	22.58±3.62(15.74~29.84)	565.14±120.17(379.95~810.57)	23.84±10.94(10.59~59.19)
Horse	23.26±3.24(16.81~29.47)	338.09±109.24(202.10~562.70)	35.14±13.92(15.10~57.29)
Chicken	21.53±5.77(9.55~31.15)	374.17±59.84(256.56~479.16)	17.79±5.64(9.53~27.60)
Duck	20.45±3.36(9.92~26.44)	545.60±88.32(343.74~736.41)	23.54±9.89(9.75~47.54)
Dog	16.55±3.02(11.28~21.73)	1512.87±212.85(1228.65~1987.35)	30.96±6.91(12.58~42.65)
Sheep	22.26±8.13(11.66~30.72)	563.24±74.05(521.03~673.94)	25.33±4.18(21.99~31.24)
Goat	16.14±2.51(11.47~20.04)	481.18±31.38(421.36~532.17)	43.03±4.27(34.67~51.11)
Turkey	26.51±2.33(23.88~30.07)	480.62±42.73(401.99~520.72)	27.86±2.06(25.33~30.56)

The results are represented as mean±SD. Figures in parentheses are range.

Table 3. The contents of microminerals in muscle of various species

Species	Microminerals(ppm)		
	Co	Cr	Cu
Cattle	ND	0.27±0.17(0.13~0.87)	0.86±0.25(0.39~1.59)
Pig	0.08±0.07(0.01~0.25)	0.30±0.09(0.17~0.53)	0.85±0.35(0.12~1.77)
Horse	ND	0.09±0.06(0.02~0.27)	1.81±0.53(1.10~3.09)
Chicken	0.03±0.02(0.01~0.10)	0.27±0.07(0.19~0.41)	0.76±0.13(0.47~1.04)
Duck	0.15±0.12(0.02~0.43)	0.64±0.28(0.26~1.43)	2.99±0.85(1.10~4.46)
Dog	0.29±0.06(0.18~0.41)	0.56±0.19(0.22~0.95)	1.44±0.32(0.98~2.03)
Sheep	0.26±0.01(0.24~0.28)	0.48±0.19(0.36~0.76)	0.99±0.10(0.88~1.10)
Goat	0.17±0.05(0.09~0.29)	0.49±0.10(0.24~0.65)	0.49±0.07(0.39~0.67)
Turkey	0.34±0.03(0.30~0.38)	0.57±0.12(0.44~0.78)	0.85±0.08(0.76~1.01)

The results are represented as mean±SD. Figures in parentheses are range. ND : Not Detected.

에는 코발트, 몰리브덴, 니켈이, 소에서는 코발트와 망간이 검출한계 이하로 나타났다. 미량광물질군에서는 축종간 함량차이를 확인할 수 없었으나 다만 오리는 구리의 함량이 2.99±0.85ppm으로 타 축종에 비하여 높은 수준이었다.

연령에 따른 축종별 근육중 광물질 함량 : 소, 돼지, 닭, 말 및 오리를 대상으로 연령을 구분하여 광물질 함량을 분석한 결과 소는 철과 아연의 함량이 연령에 따라

유의적으로 증가한 반면 칼륨의 경우 1세에서 3819.05±239.10ppm으로 가장 높았으며 이후 감소하는 추세였다 (p < 0.05). 또한 근육중 칼슘과 나트륨 함량은 성장단계 별로 점차 증가하였으며 크롬, 몰리브덴 및 니켈의 함량도 유사한 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다. 돼지와 닭은 연령에 따라 무기물 함량에 유의한 변화는 없었으나 말의 경우 나트륨 함량이 6세에서 가장 높은 수치를 보였고 오리는 30일령에서 553.87±47.79ppm, 50일

Table 4. The contents of microminerals in muscle of various species

Species	Microminerals(ppm)		
	Mn	Mo	Ni
Cattle	ND	0.19±0.11(0.06-0.42)	0.27±0.23(0.01-0.74)
Pig	ND	0.38±0.17(0.15-0.76)	0.34±0.25(0.10-1.03)
Horse	0.11±0.08(0.004-0.32)	ND	ND
Chicken	0.03±0.02(0.01-0.10)	0.23±0.06(0.11-0.39)	0.19±0.05(0.12-0.29)
Duck	0.10±0.06(0.003-0.23)	0.36±0.22(0.13-0.81)	0.72±0.59(0.18-2.23)
Dog	0.19±0.06(0.10-0.31)	0.36±0.11(0.16-0.58)	0.72±0.16(0.36-1.01)
Sheep	0.07±0.02(0.05-0.09)	0.33±0.02(0.30-0.34)	0.65±0.09(0.57-0.76)
Goat	0.06±0.03(0.01-0.13)	0.32±0.06(0.19-0.39)	0.44±0.10(0.23-0.64)
Turkey	0.15±0.03(0.11-0.19)	0.38±0.05(0.29-0.42)	0.72±0.07(0.60-0.81)

The results are represented as mean±SD. Figures in parentheses are range. ND: Not Detected.

령 558.82±43.23ppm으로 일정한 수준을 유지하다가 67일령에 이르러서 407.53±46.12ppm으로 감소하는 추세였다($p < 0.05$)(Fig 1).

부위에 따른 축종별 근육중 광물질 함량 : 부위별 무기물 함량분포는 축종별로 상이하였으며 주로 다량광물질군에서 유의적인 함량차이를 확인할 수 있었다. 소는 등심의 칼슘 함량이 125.49±7.11ppm으로 타 부위에 비하여 현저히 높았으며 안심이 79.74±9.18ppm으로 가장 낮은 수준을 보였다($p < 0.05$). 아연의 함량은 목살에서 최고치였으며 안심, 등심, 대퇴의 순으로 분석되었다. 돼지는 칼륨, 마그네슘 및 아연의 함량이 부위별로 차이를 보였으나 미량광물질군에서는 유의한 변화가 없었으며 몰리브덴과 니켈의 함량이 안심에서 다소 높았다. 닭은 칼슘의 함량이 가슴 99.90±6.96ppm, 다리 104.58±4.55ppm에 비하여 날개가 159.76±11.33ppm으로 높게 나타난 반면 아연은 날개가 가장 낮은 수준으로 분석되어 부위에 따른 광물질 함량차이를 확인할 수 있었다($p < 0.05$). 말은 대부분의 광물질 함량이 목살에서 최고수준으로 독특한 양상이었으며 특히 나트륨과 아연 함량은 유적으로 높게 나타나 다른 부위와는 광물질 조성에서 현저한 차이를 보였다($p < 0.05$). 오리는 나트륨과 아연 함량의 부위별 편이가 특징적이었으며 니켈, 몰리브덴 및 코발트는 다리에 다량 분포하는 것으로 나타났다(Fig 2).

성별에 따른 축종별 근육중 광물질 함량 : 소는 12종

의 광물질에서 모두 성에 따른 함량차이를 확인할 수 없었고 돼지의 칼륨 함량은 수컷에서, 나트륨은 암컷에서 상대적으로 높은 수준이었다($p < 0.05$). 닭과 오리는 대부분의 광물질에서 수컷보다 암컷의 함량이 높았으며 특히 닭의 경우 철과 칼륨의 함량은 성에 따라 상당한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Fig 3).

근육중 광물질 함량차이에 따른 종 특이성 : 광물질 함량을 토대로 종간의 특성을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 칼슘은 종에 따른 함량차이가 현저하여 오리와 개, 닭, 소, 칠면조, 염소와 양 그리고 말과 돼지는 각각 독특한 수준을 보였다. 또한 말은 철 함량을 근거로 타 축종과 구분이 가능하였고, 개의 나트륨 함량은 월등한 수준으로 근육중 광물질 조성의 특성을 보였다. 한편 구리 등 일부 미량광물질 함량에 있어서도 축종별로 상이한 양상을 보였으나 그 함량의 절대치가 미미한 수준임을 감안할 때 종간의 차이를 밝히기에는 미흡하였다.

고 찰

광물질은 생명현상을 관장하고 생리상태를 유지하는데 있어서 복잡하고 다양한 기능을 수행하는 무기질 영양소로 체조직중의 함량이나 요구량이 비교적 많은 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨, 인, 염소, 황 등의 다량광물질과 망간, 철, 요오드, 아연, 구리, 몰리브덴, 크롬, 니켈

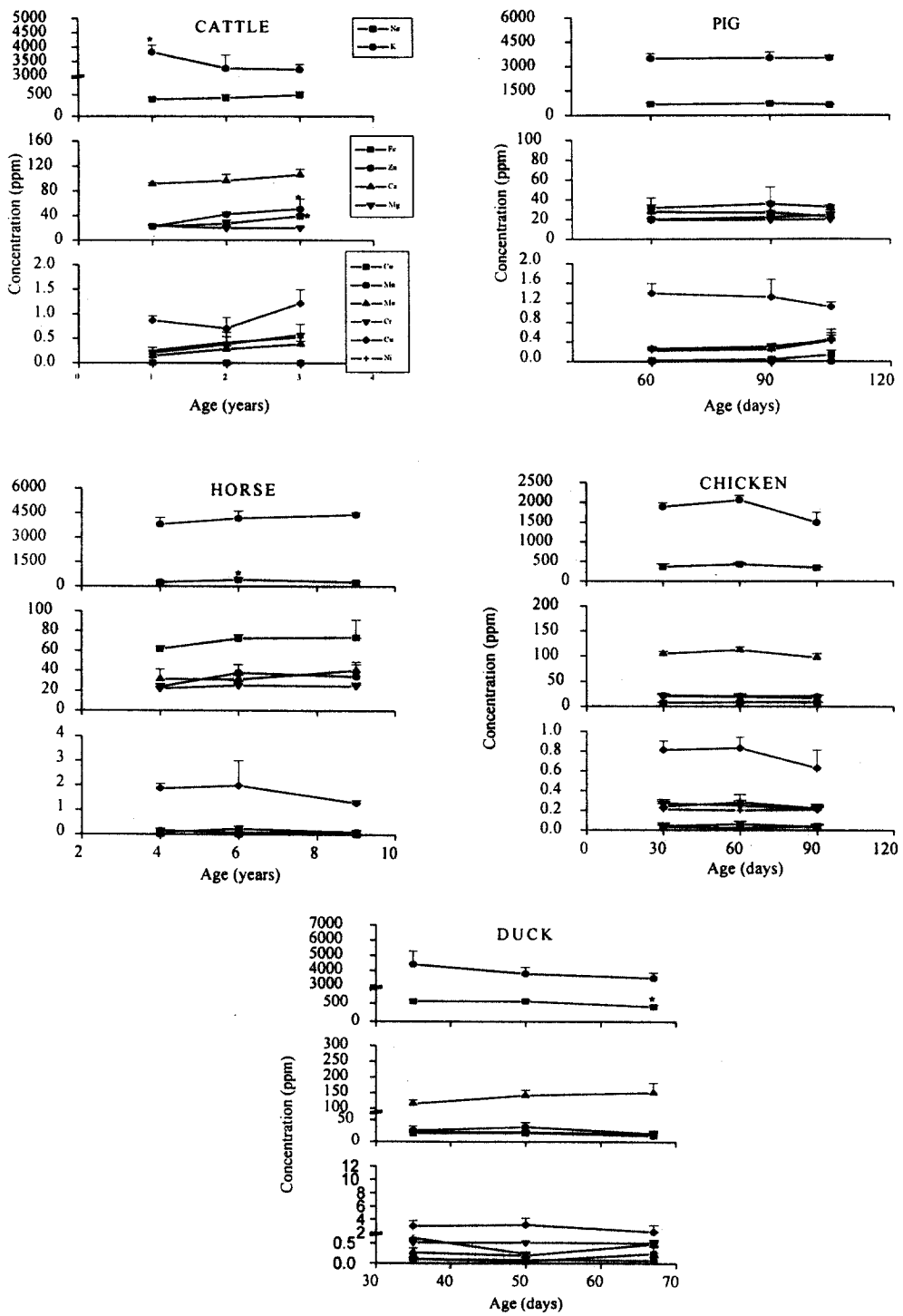


Fig 1. The effects of age on the contents of minerals in muscle from various animals. * : $p < 0.05$.

Fig 2. The variations in contents of minerals according to part in various animals. * : $p < 0.05$.

Fig 3. The effects of sex on contents of minerals in muscle from various animals. *: $p < 0.05$.

등 체조직중 함량이 적은 미량광물질로 구분할 수 있다. 소 등 9종의 가축을 대상으로 근육중의 광물질 함량을 조사한 결과 그 분포양상이 여타의 체조직과 대체로 유사하였으나 근육중에는 철과 아연의 함량이 다른 체조직에 비하여 비교적 많았으며 이러한 성적은 다른 보고자들의 결과와 부합하는 것으로 생각된다^{16,20}. 근육중 광물질 함량에 대한 보고는 대부분이 일부 축종에 대한 단

편적이고 부분적인 연구^{18,20,24,31,32}로 보고자에 따라 그 결과가 상이한 것으로 생각되며 이러한 양상은 품종, 사양조건, 연령, 성별 등 일반적인 요인 이외에 사료중의 수분함량, 분석방법 등 실험상의 가변적이고 다양한 요소에 기인하는 것으로 사료된다³³. 성숙동물을 기준으로 소의 근육중 칼슘 함량은 약 120mg/kg, 칼륨 3380mg/kg, 철 30mg/kg³⁴, 돼지의 경우 칼륨이 약 4000mg/kg, 철이

Table 5. Analysis of variance in contents of macrominerals in muscle of various species

Minerals	Species grouping									
Ca (238.60*)	<u>Duck</u>	<u>Dog</u>	<u>Chicken</u>	<u>Beef</u>	<u>Turkey</u>	<u>Goat</u>	<u>Sheep</u>	<u>Horse</u>	<u>Pig</u>	
	A		B	C	D	E		F		
Fe (131.68)	<u>Horse</u>	<u>Goat</u>	<u>Dog</u>	<u>Beef</u>	<u>Duck</u>	<u>Sheep</u>	<u>Pig</u>	<u>Turkey</u>	<u>Chicken</u>	
	A	B	C		D			E	F	G
K (41.65)	<u>Horse</u>	<u>Duck</u>	<u>Pig</u>	<u>Beef</u>	<u>Goat</u>	<u>Dog</u>	<u>Sheep</u>	<u>Turkey</u>	<u>Chicken</u>	
	A			B				C	D	
Mg (11.84)	<u>Turkey</u>	<u>Horse</u>	<u>Pig</u>	<u>Sheep</u>	<u>Beef</u>	<u>Chicken</u>	<u>Duck</u>	<u>Dog</u>	<u>Goat</u>	
	A	B					C	D	E	
Na (231.29)	<u>Dog</u>	<u>Pig</u>	<u>Sheep</u>	<u>Duck</u>	<u>Goat</u>	<u>Turkey</u>	<u>Beef</u>	<u>Chicken</u>	<u>Horse</u>	
	A	B			C			D	E	
Zn (14.55)	<u>Goat</u>	<u>Beef</u>	<u>Horse</u>	<u>Dog</u>	<u>Turkey</u>	<u>Sheep</u>	<u>Pig</u>	<u>Duck</u>	<u>Chicken</u>	
	A			B			C		D	

* : F-value, significant(p < 0.01), difference between underlined treatment by Duncan's multiple range test(p < 0.05).

15mg/kg³⁵으로 알려져 있다. 또한 주요 가축의 근육에서 광물질 함량을 조사한 Coleman *et al*¹⁶의 결과를 보면 소에서 철과 아연의 함량이 각각 14.3±7.30ppm, 32.8±10.5 ppm으로 본 연구결과와 유사하였다. 근육중 코발트 등 6종의 미량광물질 함량은 모든 축종에서 매우 미미한 수준으로 나타났으며 이는 다른 연구자들의 연구결과^{15,16,20}와 일치하였으나 소, 돼지, 말의 근육중 일부 광물질이 검출한계 이하로 분석된 것은 사양조건, 지역적 차이에 따른 변동으로 추측된다^{20,30}. 국내 시판중인 축산물중 미량원소의 잔류량을 조사한 조 등²⁰은 돼지고기와 닭고기에서 코발트, 크롬, 구리, 망간 및 몰리브덴의 함량을 보고하였는데 본 연구의 결과보다는 다소 높은 수치였고 오 등³⁰의 보고와도 다소 상이한 부분이 있었으나 그 차이는 미미하였다. 1975년부터 2년간 미국에서 도축된 주요 가축 14종 2,314건의 근육중 광물질 함량에 대한 보고¹⁶에서도 코발트, 구리, 망간, 니켈 등 미량광물질은 1ppm 이하의 낮은 수준으로 국내의 연구결과와 일치하였다.

한편 동물체의 광물질 함량은 축종, 연령, 성별, 사양관리, 영양상태 및 토양중의 미량광물질 분포 등 복잡하고 다양한 요인에 따라 변동될 수 있다^{12,36}. Reid *et al*³⁷

은 소에 있어서 연령에 따라 혈중 칼슘함량이 유의적으로 증가한다고 보고하였으며, Marsh와 Swingle³⁶은 소의 혈중 무기물 농도는 성장할수록 감소한다고 결론지었다. 또한 건강한 육계의 주령별 혈청중 광물질 함량을 분석한 최³⁸는 칼슘, 마그네슘, 칼륨, 나트륨 등 다량광물질의 경우 성장에 따라 감소하였고 반면에 코발트, 구리, 철, 아연과 같은 미량광물질 함량은 대체로 증가하였다고 밝혔다. 돼지와 닭도 성숙개체가 어린동물에 비하여 철이나 아연 등의 금속원소를 다량 함유하는 것으로 알려져 있으며³⁵ Coleman *et al*¹⁶의 보고에 따르면 소는 성숙동물에서의 철 함량이 높았을 뿐 성장단계별로 광물질 함량에 특징적인 변화가 없는 것으로 보고하였다. 이러한 경향은 본 연구에서도 대체로 유사하였으며 동물의 성장이 성장초기 골격최대 성장기를 거쳐 근육최대 성장기로 이어지며 성숙 이후 지방최대 축적기의 세가지 단계로 대별되어 각각의 성장기마다 광물질의 생리적 요구량이나 분포양상이 상이한 때문으로 판단된다. 근육중 광물질 함량에 영향을 미칠 수 있는 요인은 다양하게 거론되고 있으나 본 연구에서는 부위에 따른 변동이 연령이나 성별에 비하여 다양하게 나타났다. 농촌진흥청³⁹에 의하면 칼슘 함량은 소의 경우 등심이 110ppm

으로 가장 높았고 안심은 80ppm으로 상대적으로 낮은 수준이었으며, 닭은 날개의 칼슘 함량이 타 부위보다 많은 것으로 밝혀져 본 연구결과와 일치하였다. 광물질 함량이 부위별로 상이하게 나타나는 것은 부위에 따라 근육의 성장속도나 성장률이 다르고 이와 관련하여 광물질의 조성에도 다양한 변동이 동반되는 것으로 생각된다. 성별에 따른 근육중 광물질 함량은 포유류에 비하여 조류에 있어서 현격한 차이를 보였으며 대체로 암컷에서 광물질 함량이 높았다. 특히 암컷에서 높은 수준을 보인 철, 칼슘, 칼륨 등이 주로 난각의 주요 성분이라는 사실은 암컷의 난생산과 연관지어볼 때 매우 흥미로운 결과로 생각된다.

근육중의 광물질 함량은 채액, 혈청 등 여타의 체조직에 비하여 여러가지 요인에 의한 변동이 비교적 적으며 특히 정상상태의 동물체의 경우에는 일정한 수준을 견지하면서 항상성을 유지하므로 그 생리수준은 축종에 따라 다른 것으로 보인다. Doyle과 Spaulding¹은 동물조직중 특정 광물질의 함량은 축종별로 차이를 보이며 이는 생명현상을 유지하기 위한 생리적 요구량이 서로 다르기 때문이라고 주장하였다. 본 연구에서도 근육중 무기물 함량은 축종별로 매우 다양한 수준이었으며 특히 다량광물질군에서 축종간의 유의한 차이를 확인할 수 있었다. 돼지는 칼슘 함량이 특징적으로 낮은 수준이어서 다른 축종과 확연한 차이를 보였으며 개의 나트륨 함량은 월등하게 높은 수준으로 종 특이성을 반영하였다. 이러한 결과는 각종 육류 및 육제품의 광물질 성분을 분석한 농촌진흥청³⁹의 결과와 일치하였다. 또한 철이나 칼륨의 함량은 말에서 근육조성의 특성을 이해하는데 유용한 지표로 생각된다. 한편 미량광물질군의 함량은 전 축종에서 극히 미미한 수준으로 종 특이성을 구명하기에는 축종간의 변별력이 미흡한 것으로 생각된다.

따라서 광물질 함량차이는 축종간의 대사기전이나 생리현상의 상이성에서 비롯되는 다양성을 반영하는 것으로 생각되며 본 연구결과를 토대로 볼 때 연령, 성별, 부위 등의 변동요인을 감안하더라도 근육중의 일부 광물질 함량은 축종간 근육조성의 특성을 이해하는데 있어서 유용한 것으로 사료된다.

결 론

근육중 광물질 분포양상을 파악하고 그 생리수준을

제시함으로써 근육조성에 따른 종 특이성을 구명하기 위하여 소 등 9종의 신선근육에서 칼슘을 비롯한 12종의 광물질 함량을 분석하고 연령, 부위 및 성별 등 여러 요인에 따른 함량변화를 조사하였던 바 근육중에는 칼슘, 철, 나트륨, 칼륨, 마그네슘 및 아연의 함량이 비교적 높았고 코발트, 크롬, 구리, 망간, 폴리브덴 및 니켈은 미미한 수준이었다. 축종별 광물질 함량은 칼슘이 오리와 개에서 타 축종보다 높았고, 나트륨은 개의 근육에서 다량 검출되었으며, 말에는 칼륨과 철의 함량이 월등하였다. 한편 코발트 등 6종의 미량광물질 함량은 전 축종에서 매우 낮은 수준으로 1ppm 이하였으나 오리의 구리 함량은 2.99 ± 0.85 ppm으로 예외적이었다. 연령에 따라서 일부 축종은 주로 다량광물질군(macrominerals)을 중심으로 소폭의 함량변동을 보였으며 미량광물질군에서는 특별한 차이가 없었다. 부위별로 광물질 분포양상은 상이하였으며 연령이나 성별 등 다른 요인에 비하여 그 변화추이가 다양하였다. 닭, 오리는 수컷보다 암컷의 근육에 광물질이 다량 분포하는 것으로 나타났다. 결론적으로 근육중 광물질 함량은 축종별로 매우 다양한 수준이었으며 칼슘, 나트륨 및 철 등 일부 다량광물질의 함량을 토대로 근육조성에 따른 축종 특이성을 구명할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Doyle JJ, Spaulding JE. Toxic and essential trace element in meat. *J Anim Sci*, 47(2):398-419, 1978.
2. Pope AL. Mineral interrelationship in ovine nutrition. *JAVMA*, 166:264-268, 1975.
3. Shacklette HT. Geological survey study of elements in soils and other surficial materials in the United States. *Environ Health Univ Missouri*, 4:35-45, 1970.
4. Wilgus HS, Patton AR. Factors affecting manganese utilization in the chicken. *J Nutr*, 18:35-45, 1939.
5. Boyd O. Mineral interaction relevant to nutrient requirement. *J Nutr*, 119:1832-1838, 1989.
6. Boyne R, Arthur JR. Effects of molybdenum or iron induced copper deficiency on the viability and function of neutrophils from cattle. *Res Vet Sci*, 41:417-419, 1986.
7. Boyne R, Arthur JR. Effects of copper and selenium deficiency on neutrophil function in cattle. *J Comp*

- Path*, 91:271-276, 1981.
8. Jones DG, Suttle NF. Some effects of copper deficiency on leucocyte function in sheep and cattle. *Res Vet Sci*, 31:151-156, 1981.
 9. Ott EA, Smith WH, Stob M, *et al.* Zinc deficiency syndrome in the young calf. *J Anim Sci*, 24:735-741, 1965.
 10. Reffett JK, Spears JW, Brown TT. Effects of dietary selenium on the primary and secondary immune response in calves challenged with infectious bovine rhinotracheitis virus. *J Nutr*, 118:229-235, 1988.
 11. Suttle NF, Jones DG. Copper and disease resistance in sheep; A rare natural confirmation of interaction between a specific nutrient and infection. *Proc Nutr Soc*, 45:317-325, 1986.
 12. Woolliams C, Suttle NF, Woolliams JA, *et al.* Studies on lambs genetically selected for low and high copper status. 1. Differences in mortality. *Anim Prod*, 43:293-301, 1986.
 13. Macpherson A, Gray D, Mitchell GBB, *et al.* Ostretagia infection and neutrophil function in cobalt-deficient and cobalt supplemented cattle. *Br Vet J*, 143:348-353, 1987.
 14. Weinberg E. Iron withholding; A defense against infection and neoplasia. *Physiol Rev*, 64:65-102, 1984.
 15. Salisbury DCC, Chan W, Saschenbrecker PW. Multielement concentrations in liver and kidney tissues from five species of Canadian slaughter animals. *J AOAC*, 74(4):587-591, 1991.
 16. Coleman ME, Elder RS, Basu P. Trace metals in edible tissues of livestock and poultry. *J AOAC*, 75(4):615-625, 1992.
 17. 이재관, 권유창, 원경풍 등. 가공식품중에 포함된 미량금속 분포에 관한 연구. 국립보건연구원보, 15:421-425, 1978.
 18. 강희곤. 우체조직중의 중금속 잔류량에 관한 연구. 건국대학교 대학원 석사학위 논문, 1982.
 19. 문홍식. 개와 비둘기 폐의 중금속 함량. 한국수의공중보건학회지, 5(2):105-110, 1981.
 20. 조태행, 인영민, 박종명 등. 축산물중 미량원소의 잔류량 조사. 농시논문집(가축위생편), 32(2):37-44, 1990.
 21. Blum JW, Zuber U. Iron stores of liver, spleen and bone marrow and serum iron concentrations in female dairy cattle in relationship to age. *Res Vet Sci*, 18:294-298, 1975.
 22. Hedges JD, Kornegay ET. Interrelationships of dietary copper and iron as measured by blood parameters, tissue stores and feedlot performance of swine. *J Anim Sci*, 37:1147-1154, 1973.
 23. Hoekstra WG, Foltin EC, Lin CW, *et al.* Zinc deficiency in reproducing gilts fed a diet high in calcium and its effect on tissue zinc and blood serum alkaline phosphatase. *J Anim Sci*, 26:13-48, 1967.
 24. Hsu FS, Krook L, Pond WG, *et al.* Interactions of dietary calcium with toxic levels of lead and zinc in pigs. *J Nutr*, 105:112-118, 1975.
 25. Hunt JR, Johnson PE, Swan PB. Dietary conditions influencing relative zinc availability from foods to the rat and correlations with *in vitro* measurements. *J Nutr*, 117:1913-1923, 1987.
 26. L'abbe MR, Fischer PWF. The effects of high dietary zinc and copper deficiency on the activity of copper requiring metalloenzymes in the growing rat. *J Nutr*, 114:813-822, 1984.
 27. Rahim AGA, Arthur JR, Mills CF. Effects of dietary copper, cadmium, iron, molybdenum and manganese on selenium utilization by the rat. *J Nutr*, 116:403-411, 1986.
 28. Standish JF, Ammerman CB, Simpson CF, *et al.* Influence of graded levels of dietary iron as ferrous sulfate on performance and tissue mineral composition of steers. *J Anim Sci*, 29:496-505, 1969.
 29. 홍병주. 한우고기와 수입고기의 육조성 특성규명. 농촌진흥청 특정연구보고서, 34-35, 1993.
 30. 오수경, 김태중, 윤화중. 축산물중 중금속 함량에 관한 조사연구. 한국수의공중보건학회지, 8(1):15-31, 1984.
 31. Ivan M, Grene CM. Effect of zinc, copper and manganese supplementation high concentrate rations on digestibility, growth and tissue content of Holstein calves. *J Dairy Sci*, 58:410-415, 1975.
 32. Turk DE. Effect of diet on the tissue zinc distribution

- and reproduction in the fowl. *Poul Sci*, 44:122-126, 1965.
33. Ullerey DE. Analytical problems in evaluating mineral concentrations in animal tissues. *J Anim Sci*, 44:475-484, 1977.
34. 정순동. 가축과 실험동물의 생리자료. 광일문화사, 서울:98-102, 1996.
35. 한인규. 동물영양학. 신판출판사, 서울:154-158, 1996.
36. Marsh H, Swingle KF. The calcium phosphorus, magnesium carotene and vitamin A content of the bloods of range cattle in eastern Montana. *Am J Vet Res*, 21: 212-221, 1960.
37. Reid JT, Ward GM, Salsbury BL. Simple versus complex concentrate mixtures for young breeding bulls. I. Growth, blood composition and cost. *J Dairy Sci*, 31: 429-438, 1948.
38. 최중태. 건강한 육계의 혈청중 미량 광물질함량 조사. 건국대학교 석사학위 논문, 1996.
39. 농촌진흥청. 식품성분 분석표. 4집, 수원:55-57, 1991.
-