

유기태 광물질의 이용



백 인 기

중앙대학교 동물자원학과 교수
본회 R&D위원

1. 서 론

가축영양에 있어서 광물질의 흡수 이용을 향상을 위하여 무기태 보다는 유기태 광물질의 이용이 권장되고 있다. 판매되고 있는 유기태 광물질들은 영양적으로 필요한 광물질을 유기물질들 즉, 유기산(예; gluconic acid), 다당류 (예; algal polysaccharides), 아미노산(예; 메치오닌, 라이신 등), peptides등과 결합시켜 chelates 또는 complex형태로 제조된 것을 의미한다. Chelation(착염)의 어원은 그리스어의 “chel”로부터 왔는데 이는 영어의 claw 즉 발톱이란 뜻이다. 즉, 광물질이 ligand에 의해 발톱으로 잡히듯이 결합한다는 뜻이다. Chelation은 새로운 개념이 아니라 식물이나 동물에 있어서 광물질의 흡수나 대사를 원활히 수행하기 위하여 자연스럽게 이루어지는 생명의 기본 활동인 것이다.

예를 들어 혈색소에 들어있는 철분은 chelate 되어 있다. 만약 철분이 혈색소 분자 내의 아미노산과 chelate 되어 있지 않다면 산소와 결합할 때 산화철로 변하여 생명이

중지될 것이다. 엽록소에 들어있는 마그네슘도 역시 chelate로 되어 있으며 만약 Mg가 chelate 되어있지 않다면 광합성이 일어날 수 없을 것이다.

이와 같이 광물질의 chelation은 생물에 있어서 절대적으로 필수적인 화학작용인 것이다. Chelation의 의미를 동물영양학의 테두리 안에서 말한다면 2가 광물질이 한 개 또는 그 이상의 유기물(특히 아미노산)과 공유결합과 이온결합을 통하여 heterocyclic ring을 형성하는 것을 말한다. 이러한 chelate 상태의 광물질은 산화태나 인산태 보다 생물체내에서 존재하는 자연 상태의 광물질과 더 유사하며 결과적으로 흡수 이용율이 높다. 따라서 광물질을 chelation하여 공급함으로써 필수 광물질의 이용율을 높이고 가축의 생산성을 향상시키는 것이 중요한 관심사로 대두되어 왔다.

특히 영양소 요구량 이상으로 사용되어 super normal level, super nutritional level 또는 pharmacological level로 불리며 고 수준으로 사용되는 광물질들 (Cu, Zn 등)은 배설량 과

다로 가축분의 발효 처리에 영향을 줄 수 있으며 가축분을 유기질 비료로 사용 시 광물질이 토양에 과다하게 축적되므로 chelation의 필요성이 강조되고 있다. 이러한 chelated 광물질에 대한 기대 때문에 1960-70년대에는 EDTA, NTA, gluconate 등을 이용한 chelated 광물질 제조와 이용이 활발하게 전개되었으나 기대와는 달리 큰 성과를 얻지 못하였다.

이는 chelation 여부에 관계없이 광물질을 아미노산과 혼합한 물질을 metal amino acid complex라고 부르고 유통시켰으나 chelation 여부를 판단할 수 있는 적당한 분석 방법이 없었기 때문에 여러 가지 불신과 부작용이 발생했기 때문이었다. 근래에 와서 Electrodes, FT-IR, XRD 등의 첨단 분석 장비들로 chelation의 여부를 확인할 수 있기 때문에 새로운 관심을 끌고 있다.

그 동안 아미노산 chelates가 널리 소개되었는데 AAFCO의 metal amino acid chelate에 대한 정의는 可溶性 광물질염으로 부터 용해된 1개의 광물질 이온과 아미노산 1-3 (2가 가장 적합) 분자가 배위공유결합한 화합물질을 말한다. 아미노산의 평균 무게는 150 그리고 chelate 의 무게는 800~1000 dalton을 초과하지 않아야 하고 최소 광물질 함량과 아미노산의 종류를 명시해야한다.

근래에는 값비싼 아미노산 대신에 소화시킨 단백질을 이용한 peptides complex (metal-proteinates)가 개발되고 있다. 단백질원료 특히 대두박을 소화시키면 여러 가지 분자량의 다양한 peptides가 생성되고 이들과 광물질을 결합시키면 다양한 ligands와 다양하게 결합

하므로 이들을 proteinates라고 부른다. 본 원고에서는 몇몇 중요한 super normal level의 metal-chelates의 이용에 대하여 소개한다.

2. Cu chelate

Cu는 체내 필수광물질로써 cytochrome oxidase, lysyl oxidase, ceruloplasmin, superoxide dismutase 등과 같은 여러 가지 중요 효소들의 보조인자로 작용한다. 특히 구리를 영양소요구량 보다 훨씬 높은 수준인 125~250 ppm을 급여 시 육계 와 돼지의 사료효율과 성장률이 개선되었다는 많은 보고가 있다.

구리의 성장개선효과는 장내 유해 미생물 균총을 억제하기 때문인 것으로 알려져 있다. 그러나 장내 미생물 균총에 미치는 영향만으로는 구리의 효과를 설명할 수 없다. Zhou 등(1994)은 이유자돈에게 구리를 혈관 주사하였을 때 성장이 촉진되는 결과를 얻었으며 이 결과는 구리가 자돈의 성장조절 시스템에 관여한다는 것을 시사한다.

근래에 와서는 구리를 다량 급여 시 육계의 가슴살과 혈장 cholesterol과 혈장 중성지방을 감소시켰다는 보고가 있었고 난황의 cholesterol도 감소시킬 수 있다는 보고도 있었다. Cu chelates에 대한 대표적인 사양시험 결과는 <표 1>에 요약한 바와 같은데 Cu chelates의 첨가 효과는 축종 간에 차이가 있어 돼지(이유자돈)에서 가장 뚜렷한 효과가 있었고 육계에서도 생산성 개선효과가 있었으나 쥐에서는 오히려 성장률을 감소시켰다.

〈표 1〉 Cu chelates의 첨가가 축종별 생산성에 미치는 영향

축종	Cu 공급원과 첨가수준, Cu, ppm	무첨가 대조구와의 차이, %		
		증체량	사료섭취량	사료전환율
쥐	CuSO ₄ , 200	-7.0	-5.3	1.9
	Met-Cu, 200	-7.5	-3.7	3.8
	FM-Cu, 200	-6.3	-3.0	3.4
육계	Met-Cu, 50	2.55	12.14	1.91
	Met-Cu, 100	0.64	5.39	- 0.38
	Met-Cu, 150	1.78	8.12	- 0.19
	Met-Cu, 200	2.82	3.10	- 3.88
돼지	CuSO ₄ , 200	7.5	-5.9	-3.8
	Met - Cu, 100	10.1	0.4	-1.9
	Met - Cu, 200	8.2	9.6	0.0

Footnotes: CuSO₄; CuSO₄ · 5H₂O, Met-Cu; methionine copper chelate, FM-Cu; fish meal digest Cu complex

유사한 반복시험의 결과를 종합해 보면 전반적으로 사료전환율 (FCR)은 구리의 공급원에 관계없이 구리첨가에 의해 향상되었고 증체율은 구리의 공급원, 축종, 연령, 실험환경 등의 변수에 의해 영향을 받았다. 돼지와 육계 시험의 결과를 종합해 보면 육계와 이유자돈사료에 chelate태 구리 100-125ppm을 첨가하는 것이 생산성향상에 적합한 수준인 것으로 사료된다. 구리의 사용은 이유자돈시기에만 제한적으로 사용하고 육성비육돈에서는 사용하지 않음으로써 환경에 미치는 영향을 최소화 할 수 있다.

종전의 황산동태 구리200-250ppm 수준의 사용은 현재 법적으로 금지되었고 GPA로서의 항생제 사용도 규제하는 상황에서 항생제 대체제로서의 역할도 기대할 수 있다. Cu와 amino acids와의 chelate 결합에는 methionine과의 결합이 가장 효과적이다(Wang 등, 1987).

일반적으로 산란계에서는 근위궤양의 발생 우려 때문에 약리적 수준에서의 구리사용이 실시되지 못하고 있다.

그러나 Cu-methionine태 구리 75ppm을 첨가 시 산란율, 난중, FCR 및 난각강도가 개선되었다.

3. Zn chelate

Zn는 carbonic anhydrase의 구성성분으로 동물에 있어서 필수적인 영양소라는 것이 밝혀진 후 여러 가지 metalloenzymes에도 들어 있으며 단백질과 탄수화물대사에 관여한다는 것이 밝혀졌다. Zn가 결핍될 경우에는 parakeratosis, 성장지연, 골격이상, 성성숙지연, 산란율저하, 우모불량, 부화이상등이 유발되며 Zn의 추가공급은 면역력 증강, 상처

회복 촉진, 젖소에서 체세포수 감소, foot-rot의 치료등의 효과가 있다고 보고되었다.

근래에 와서 이유자돈 사료에 2000~3000 ppm 또는 그 이상의 Zn를 oxide형태로 급여하면 자돈하리가 방지되고 성장률이 향상된다. 그러나 혈중 IgG 수준은 감소되었는데 Zn-methionine chelate (Met-Zn) 급여 시는 ZnO 급여시보다 IgG 수준이 유의하게 높았고 혈중 Alkaline phosphatase 수준은 Zn 수준이 증가할수록 유의하게 증가되었다. <표 2> 실험 1에서 Met-Zn 100 또는 200ppm (Zn 기준)구는 ZnO 100ppm(Zn 기준)구에 비해 증체율이 높았고 실험 2의 결과를 보면 ZnO 1000~2000ppm구는 대조구(ZnO, 100ppm)보다 10% 이상 증체율이 높았다. Met-Zn 100ppm 구는 대조구에 비해 15.6%의 증체율 향상 효과가 있었으나 Met-Zn 1000ppm과 2000ppm으로 수준을 높이면 역효과가 나타났다. 이러한 역효과는 과다한 메치오닌 공급에 따른 것으로 보인다.

4. Fe chelate

철분은 일반적으로 super nutritional level에서 사용되지 않으나 자돈의 빈혈예방 및 치료나 철분강화란 또는 철분강화 육제품 제조와 같은 특수한 경우 높은 수준에서 사용될 수 있다.

과거에는 모돈에게 투여한 철분은 자돈에게로 이행되지 않는 것으로 알려져 왔다. 그러나 근래의 시험결과들을 보면 모돈에게 Fe-chelate 500ppm (Fe 기준 100ppm)를 급여한 경우 철분이 태아에게 이행되는 것으로 보고되고 있다. 또한 철분은 돼지태아의 성장에는 요구되지 않으나 간에 축적이 되고 Fe-chelate를 급여 받은 모돈에서 태어난 자돈은 철분함량이 유의하게 높다고 하였다.

Iron dextran을 생후 3일과 12일에 100 mg (철분기준)주사 했을 때 혈색소의 수준은 충분하나 혈장의 철분수준이 급작스럽게 증가하게 된다. 철분이 과다하게 되면 일부 유해

<표 2> ZnO 와 Zn-methionine이 이유자돈의 생산성에 미치는 영향

실험	아연의 공급원 및 첨가수준, ppm	대조구(ZnO, 100 ppm)와 의 차이, %		
		증체량	사료섭취량	사료전환율
1	ZnO, 200	8.3	9.6	0.5
	Met-Zn, 100	3.0	3.0	0.5
	Met-Zn, 200	18.8	15.1	-3.8
2	ZnO, 1000	10.0	9.2	-1.4
	ZnO, 2000	11.0	12.8	1.4
	Met-Zn, 100	15.6	15.9	0.0
	Met-Zn, 1000	6.5	12.2	7.6
	Met-Zn, 2000	-2.0	9.4	11.7

세균의 성장을 촉진하게 되는 부작용도 우려가 된다. Dipeptide-like amino acid chelate는 적혈구로부터 분리한 철분화합물과 비슷하기 때문에 흡수된 후 간으로 가기보다는 직접 비장으로 이동하게 된다. 철분은 비장에서 서부터 골수로 이동하여 이곳에서 새로운 적혈구를 생산하는데 사용된다. 근래에 와서 기능성 식품의 개발이 활발히 전개되고 있다. Fe-methionine를 이용하여 철분 강화란과 철분강화 계육을 개발하는 연구가 시도되었으며 Fe-methionine 100ppm (Fe 기준)을 산란계에 급여하면 15일 후에 난황의 철분이 약 20% 강화된 계란을 생산할 수 있다. 육계

의 경우 Fe-soy-proteinate를 철분기준으로 100ppm 급여 시 가슴근육 내 철분함량이 25%, 적색도가 24% 증가하였으며 200ppm 급여 시는 가슴근육 내 철분함량이 83% 그리고 적색도가 76% 증가하였다.

결론적으로 chelate 태의 유기 광물질은 유한한 광물질 자원을 절약하고, 소화 흡수율을 높이고 배설량을 감소시킴으로 환경보호에 기여하며, super nutritional level에서 사용시 항생제 대체제 (Cu, Zn)와 기능성 식품의 생산 (Fe로 철분 강화)에 효과적으로 이용될 수 있다. ☞