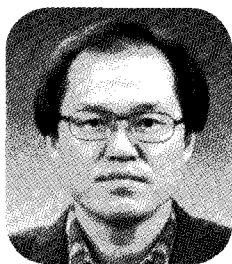


우유의 체세포 감소와 킬레이트 미네랄



임상훈

(주)이노바이오 부사장

1. 서론

원유의 생산과잉과 재고분유의 체화로 우리 낙농가들은 어려움에 처해있다.

생산과잉문제를 해소하기 위해 3만두의 젖소를 도태하고 있으나 정부가 금년 7월 1일자로 우유의 체세포 등급을 강화하고 유대를 조정하므로써 낙농가의 어려움은 가중되고 있다.

이제는 깨끗한 고품질의 우유를 생산하는 것만이 낙농산업의 활로를 여는 길이 되고 있는 것이다. 체세포의 등급강화 조치에 따라 시중에는 여러가지 첨가제들이 우후죽순으로 판매되고 있다.

그러나 현장의 소리를 들어보면 실제로 차별화된 체세포 감소효과를 보여주는 첨가제는 별로 없는 실정이다. 판매회사의 그럴듯한 판매 광고에 의해 실효가 없는 제품을 비싼값에 구입하고 있는 농가들을 보면 안타까운 생각을 금할수 없다.

본고에서는 체세포 관련 첨가제 중에서 킬레이트 미네랄에 대한 소개를 통해 농가의 체세포 문제 해소에 도움을 주고자한다.

2. 유기태 아연(Zinc)

아연은 과거 5대 영양소인 미네랄의 하나로써 그 기능이 제한되어 있었으나 80년대 이후 대장균과 각종 유해세균에 대한 항균제로써의 역할이 밝혀지면서 젖소의 부제병, 유방염 치료와 체세포수 감소 및 돼지의 설사와 회장염 예방을 위한 특효제로써 이용하게 되었다.

항생제는 내성문제 때문에 사료 첨가제로 그 사용이 제한 (유럽에서는 이미 아비라마이신을 비롯한 4종류 만 사용) 되고있는 반면 아연의 각종 체내 대사작용과 효소체계, 면역체계에 관여하는 역할과 효과들이 규명되면서 아연이 내성없는 항균제로써 새로이 각광을 받게 되었다.

그러나 현재 사료에 사용하고 있는 아연은 무기태 아연으로써 가축의 소화 흡수율이 20%이하로 낮아 첨가량의 대부분이 분뇨를 통해 체외로 배설되는데, 분뇨와 함께 배설된 아연은 축분 분해 미생물의 성장을 억제하여 부숙을 지연시키므로써 토양환경을 오염시키는 문제점이 발생하게 되었다.

무기태 아연의 토양 환경 문제를 해소키 위해 선진국에서는 무기태 아연보다 소화 흡수율이 3~4배 높은 킬레이트태 아연을 개발하므로써 가축의 생산성을 획기적으로 개선하면서 환경 문제를 해소할 수 있는 환경 친화적 축산이 가능케 되었던 것이다.

특히 킬레이트 미네랄이 젖소의 체세포 감소와 유방염, 부제병의 치료에 특효를 보여주면서 낙농선진국에서 광범위하게 사용되기에 이르렀다.

시중에는 여러종류의 체세포 감소용 첨가제가 시판되고 있으나 유기태아연을 제외한 브로멜라인이나 세레늄 같은 제품들은 아직까지 선진국에서도 그 효능을 검증하고 있는 초기 연구 단계에 있으며 실제 젖소사료에 첨가하지 않고 있어서 이러한 제품을 우리 낙농가에게 권장하기는 어려운 실정이다.

따라서 본고에서는 실제 체세포수 감소에 실효를 거두고 있고 낙농선진국에서 젖소사료의 첨가제로 광범위하게 사용되고 있는 킬레이트 아연에 대해 알아보기로 하자.

3. 유기태 미네랄의 연구사

아연은 미네랄중에서 효소체계와 가장 관련이 많은 미네랄로써 200개 이상의 체내효소의 구성 성분으로 거의 모든 체내 대사작용에 필요한 효소와 연관되어 있다.

효소 이외에도 갑상선호르몬, 성장호르몬, 성호르몬 등 호르몬체계에도 중요한 기능을 하는 것으로 밝혀져 있으며 아연의 또 다른 중요한 기능은 면역체계에 관한것으로 T세포와 Immunoglobulin을 생산하고 백혈구를 증가시켜 세균에 대한 항균력을 높여주며 감염부위를 치유한다.

그러나 아연은 항생제와는 달리 직접 세균에 작용하는 것이 아니라 각종 효소 체계에 관여하여 면역물질을 증가시키므로써 유방염 원인균을 억제하여 체세포를 감소시키는 것이다. 20세기 초부터 과학자들은 유기태 미네랄을 개발하기위해 연구해왔다.

그러나 오랜기간의 연구를 거친후에야 유기태 미네랄 중에서 가장 효과가 좋은 현재의 킬레이트 미네랄이 개발 되었으니 그 연구사를 살펴보기로 하자.

가. 유기산 제품

유기태 미네랄 중에서 가장 초기의 제품으로 1900년대 초반에 개발되었으며 초산과 미네랄이 2:1로 결합되어 있다.

미국의 Kemin사 제품으로 아직도 일부 사용되고 있으나 이 제품은 미네랄과 초산의 결합력이 약해 가축의 위내에서 미네랄이 초산과 분리되므로써 제품의 안정성과 흡수율이 매우 떨어지는 단점이 있다.

나. EDTA 제품

1950년대에 개발된 제품으로 초산 대신에 EDTA(Ethylene Diamine Tetra acetic acid)를 사용한 제품이다. 현재 비료에서 이용되고 있으나 EDTA도 이름에서 보듯 초산(acetic acid)의 일종으로 체내에서의 흡수이용율이 낮아 동물용으로는 성과를 보지 못하였다. 비슷한제품에 NTA와 그루콘산(gluconate)제품이 있다.

다. 해조류 제품 (Algal polysaccharide)

미역이나 다시마 등 해조류를 건조 분쇄하여 여기에 미네랄을 혼합시킨 제품으로 1970년대에 개

발 되었다. 해조류는 분자량이 큰 다당류를 함유하고 있으며 다당류의 틸새에 미네랄이 결합되어 있다. 미제품은 미국의 Quallitech사 제품으로 최근 해조류에서 다이옥신이 검출되어 국내에서 그 사용이 전면 금지 되었다.

라. 메탈 프로티네이트 (Metal proteinate)

이상의 단점을 보완하여 1980년대에 개발된 제품으로 단백질 분해물과 미네랄을 결합한 것으로 미국의 Alltech사 제품이 있다.

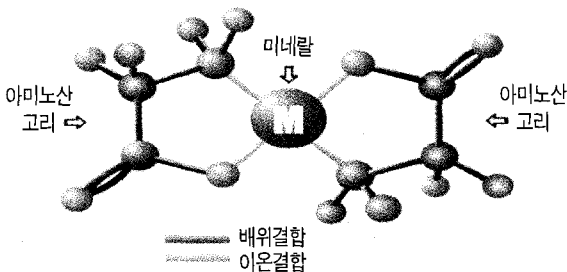
과거에 실패한 킬레이트의 이미지를 피하기 위해 'metal proteinate'로 명명하였다. 유기태 미네랄이 장점막을 통과하여 흡수되려면 분자량이 1000~1500 이하가 되어야 하는데 이 제품은 단백질을 분해할 때 펩톤, 펩타이드 등 분자량이 큰 물질이 많이 혼합되어 흡수율이 낮은 단점이 있다.

마. 아미노산 복합물 (Metal amino acid complex)

국내에 수입 판매되고 있으며 미네랄과 아미노산이 각 1분자씩 1 : 1로 결합된 제품이다. 콤플렉스라는 이름이 보여주듯이 미네랄과 아미노산의 결합형태가 킬레이트 결합이 아닌 복합물 형태로 되어 있다.

바. 아미노산 킬레이트 (Metal amino acid chelate)

앞의 여러가지 제품들의 단점을 보완하여 체내 흡수이용율을 극대화 시킨 최신 제품으로 1990년대 개발되어 세계적으로 사용되고 있다. 이 제품은 미네랄과 아미노산이 1 : 2로 결합되어 있으며 결합형태는 킬레이트 결합으로 이루어져 있다.



〈그림 1〉 킬레이트 아연의 화학적 구조(아연이 중심에 있고 양쪽에 매치온인 2분자가 배위결합과 이온결합된 모습)

미국의 AAFCO에서는 이제품을 “가용성 광물 질염으로 부터 용해된 1개의 광물질 이온과 아미노산 1-3 분자가 배위공유결합한 화합물 (AAFCO,1996)”이라고 정의하고 있다. 미국의 Albion사 제품이 여기에 속하며 국내에서는 최근 중앙대학교 백인기교수가 10년의 연구 끝에 개발하여 Innobio사에서 국산화에 성공하였다.

4. 킬레이트(Chelate)란 무엇인가?

지난 1세기 동안 흡수이용율이 높은 유기태 미네랄을 개발하려는 과학자들의 노력으로 킬레이트 미네랄이 개발되었음을 알 수 있었다. 그러면 킬레이트 미네랄이 무엇이고 어떻게 부체병과 유방염, 체수포수 감소에 특효를 갖게 되었는지 살펴보자.

미네랄은 철,구리,아연, 망간 등 2가의 양이온을 가진 금속이며 광물의 일종으로써 광물질 또는 무기물이라고도 한다. 우리가 지금까지 사료에 첨가하는 미네랄도 대부분 광석에서 추출된 것으로 무기태 미네랄이다. 그러나 동식물의 체내에서는 동식물이 섭취한 무기태 미네랄이 체내에서 유기물과 '킬레이트'라는 특수 결합을 하여 '킬레이트태 미네랄' 상태로 존재하고 있다.

킬레이트란 새로운 개념이 아니라 생물체내에서 미네랄의 흡수를 원활히 수행하기 위한 생명의 기본활동으로써 동식물체내의 혈액소와 철분(Fe), 엽록소와 마그네슘(Mg)이 대표적인 킬레이트 미네랄의 예이다. 철분은 헤모그로빈 내에서 4개의 질소와 킬레이트 결합이 되어 있다.

킬레이트는 영양학적으로 '2가의 광물질이 한개 이상의 아미노산과 공유결합 및 이온결합을 통하여 이형환상물(heterocyclic ring)을 형성하는 것'으로 정의하며 킬레이트 미네랄은 산화태나 인산태보다 생물체내에 존재하는 상태의 광물질과 유사하여 흡수이용율이 높고 결과적으로 영양학적으로 가축의 생산성을 향상시키는 것이다

미네랄의 형태에 따른 체내에서의 흡수이용율을 보면 <표 1>과 같다. 아미노산과 킬레이트된 미네랄은 각종 형태의 무기태 미네랄보다 3~4배 높은

〈표 1〉 Cu, Mg, Fe, Zn의 무기태 및 킬레이트의 흡수율 비교

구분	Contro	아미노산 킬레이트	탄산태	황산태	산화태
Cu	Trace	33	12	8	11
Mg	7	94	77	36	23
Fe	23	298	82	78	61
Zn	14	191	87	84	66

주) 수치는 dry mucosal tissue에서의 ppm.

〈표 2〉 Chelate mineral의 흡수기전

구분	무기태 mineral	아미노산 chelate mineral
흡수형태	· 이온흡수	· 활성흡수, 확산작용
흡수방법	· 금속이온이 장점막의 integral protein 과 결합 · pH변화에 의해 integral protein 에서 분리되어 carrier protein (운반단백질) 과 chelation · 점막세포의 기저부로부터 이동	· 무기태와 같은 이온화 과정을 거치지 않고 위장을 통과 bypass하여 dipeptide 가 흡수되는 것과 같은 방법으로 밀수(smuggle)되듯이 점막세포로 흡수
흡수장소	· pH가 낮아 용해성을 유지할 수 있는 십이지장 부위	· 십이지장의 이온흡수 장소를 지나서 소장에서 최대 흡수 · 세포막을 통과하여 혈장으로 흡수
흡수작용	· 장내 pH나 phosphate, oxalic acid, phytic acid, 섬유소 등에 의해 흡수 저해 · 음이온 물질과 결합하여 흡수불가능한 물질로 변형	· 장내 pH나 기타 방해물질의 영향을 적게 받으며 · 이온으로 분리되지 않고 신속히 흡수 (Ashmead 등, 1985., Ashmead와 Zunino, 1993)

흡수이용율을 보여주고 있다.

이와 같이 킬레이트 미네랄의 흡수 이용율이 높은 이유는 소화 흡수 기전이 틀리기 때문인데 무기태 미네랄 복잡한 이온흡수과정을 거쳐야 하는 반면, 킬레이트 미네랄은 복잡한 과정을 거치지 않고 아미노산의 흡수 경로를 따라 장점막 세포에서 곧바로 흡수되는 활성 흡수 방법으로 흡수 되기 때문이다.

또한 무기태 미네랄은 위내에서 이온형태로 분리될 때 2가의 양이온을 띄게 되는데 이때 장내에 존재하는 음이온을 띄는 인산, oxalic acid, phytic acid, 섬유소 등과 결합하여 불소화 물질이 되므로써 흡수 이용율이 현저히 낮아지게 되는 것이다.〈표 2 참조〉

5. Chelate의 조건 및 기본원리

요즘 국내 업계에서는 여러가지 형태의 유기태 미네랄이 시판되고 있으나 안타까운 것은 어느 제품이 가장 효율성이 높은 것인지, 정말 효과가 있

는 것인지, 농가는 물론 사료회사의 R&D 직원까지도 정확한 이해가 부족한 실정이다.

그 이유는 킬레이트 미네랄의 효율성을 측정하는 과학적인 방법이 아직까지 개발되어 있지 않다는 사실에 있다. 중요한 사실은 얼마나 킬레이트가 되어 있는냐인데 현재까지 개발된 X-ray diffraction 이나 NMR방법으로도 정확한 측정이 불가능하다는 것이다. 따라서 현재로서는 정확한 사양시험을 통한 가축의 생산성 향상 정도에 따라서 제품의 진위를 판단하는 것이 가장 좋은 방법이라고 하겠다.

세계에서 킬레이트 미네랄 분야에 최고 권위자이며 이 분야의 세계적인 회사인 Albion의 창업자인 Ashmead 박사는 킬레이트가 흡수 이용율이 높고 가축의 생산성을 향상시키기 위해서는 다음 조건에 부합해

야 한다고 하였다(Ashmead, 1982)

- 1) 광물질은 아미노산과 chelate를 만들 것
- 2) 체내에서 이용율을 높이기 위해서는 체내에서 일어나는 것과 비슷한 산, 염기, 효소를 이용하여 chelation 할 것
- 3) 장점막세포를 통과하기 위해서는 chelate 분자량이 1,000~1,500 이하일 것
- 4) 생체내에서 만들어지는 chelate와 같게 만들 것
- 5) 제조된 chelate는 pH변화에 대해 완충능력이 있으며 안정성이 유지될 것 등이다.

앞의 연구사에서 언급한 초기 제품들, 즉 아미노산이 아닌 초산이나 해조류와 결합된 제품과 단백질분해물과 결합한 메탈 프로티네이트 등은 이러한 기준을 충족시키지 못하므로 효율성이 좋은 제품이라고 하기는 힘들 것이다. 실제로 이러한 제품들은 1900년대 초반부터 1980년대 까지 연구 실험되었고 많은 학자들의 가축 사양시험 결과 큰 효

과를 보지 못하였다.

이에 반해 1980년대 후반부터 1990년대에 개발된 아미노산 킬레이트 미네랄은 과거의 제품과 차별화된 획기적인 사양시험 결과를 보여줌으로써 세계 시장에서 각광을 받기에 이르렀던 것이다.

한편 아미노산 킬레이트 제품이 높은 소화효율과 흡수율(Bioavailability)을 갖기 위해서는 다음과 같은 킬레이션의 기본 원리를 충족시켜야만 한다.

Chelation의 기본원리

- 1) 광물질과 아미노산이 이온결합과 배위공유결합으로 결합될 것
- 2) 한 개 또는 그 이상의 고리를 가진 환상물질(chelate ring)을 형성할 것
- 3) 환상물질은 5각형과 6각형 구조(5각형이 가장 안정적)일 것 (Ring의 숫자가 많을수록 안정적).
- 4) 금속이온과 친화력이 강한 아미노산(Methionine, Histidine, Cystein)과 결합할 것

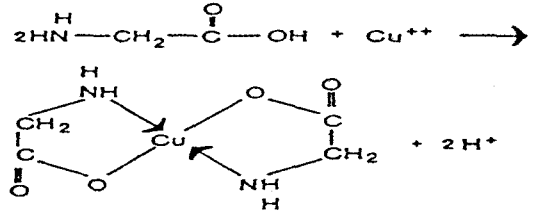
그러면 킬레이트의 기본원리에 대해 살펴보기로 하자. 첫째, 이온결합과 배위공유결합이 수반된 킬레이트 결합이란 무엇인가?

<그림 2>는 첫번째 원리를 충족시키는 구리킬레이트의 모습을 보여준다. 구리가 두개의 아미노산 중앙에 위치하는데 아미노산의 아미노기(NH₂)는 구리와 배위 공유결합을 이루고 있고 카복실기(COO⁻)는 구리와 이온결합을 이루어 구리를 중앙에 두고 두종류의 4개 결합이 구리이온을 붙잡아 주고 있는 꼴로써 이를 킬레이트결합이라고 한다.

배위공유결합은 화학결합 중에서 가장 안정된 형태의 결합으로써 가축이 섭취하였을 때 위장에서 미네랄과 아미노산이 분리되는 현상을 막아준다. 결합이 끊어져 미네랄이 아미노산과 분리되면 2가의 양이온을 띄게 되어 무기태 미네랄을 급여했을때와 같은 상태가 되어 이온흡수 과정을 거쳐야 흡수되므로 위장속의 음이온 물질, pH, 섬유소 등에 의해 흡수율이 현저히 낮아지게 된다.

따라서 유기태 제품을 급여했을때 가축의 위내에서 미네랄이 분리되어 이온화 한다면 아무런 효과가 없는 것이다. 위내에서 미네랄이 분리되지않

<그림 2> 디펩타이드 (dipeptide-like) 형태의 구리 킬레이트



는 성질을 안정성(stability)이라고 하며 안전성을 높이기 위해서는 올바른 킬레이트 결합이 필수적이다. 안정성이 높아야 위장을 통과(bypass) 하여 소장에서 직접 활성흡수가 될수 있기 때문이다.

둘째로는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 1개 이상의 5각형(또는 6각형)의 킬레이트 링(chelate ring)을 이루어야하는데 5각형이 6각형보다, 링의 숫자가 많을수록, 보다 안정된 킬레이트를 이루며 소화흡수율이 높은 것으로 밝혀졌다. 미네랄과 아미노산의 결합비율은 1:1, 1:2, 1:3의 경우가 있는데 이중 1:2가 가장 안정성과 흡수이용율(bioavailability)이 높은 것으로 밝혀져 있다. 1:1 결합시는 1개의 링을, 1:2 결합시는 2개의 링을 형성하므로 1:2 결합제품이 좋다고 하는 이유가 여기에 있으며 1:2 결합을 특별히 dipeptide-like chelation이라고 한다.

6. 결론

아미노산이 아닌 초산이나 해조류, 단백질 분해물등을 사용한 제품, 아미노산을 사용하였다해도 1:1결합이거나, 킬레이트 결합이 아닌제품, 또한 제품의 효능을 생각지 않고 가격만을 낮출 목적으로 저급 메치오닌을 사용한 제품 등은 기본 조건에 부합한다고 할수 없을 것이다. 또한 현재로써는 정확한 사양시험을 통한 가축의 생산성 향상 정도에 따라서 제품의 진위를 판단 하는 것이 가장 좋은 방법이므로 소비자는 실증시험 결과 확실한 성능이 밝혀진 제품을 구입할 것을 권장한다.

이러한 킬레이트의 기준과 기본원리에 충실한 제품을 찾는 노력을 기울여주실 것을 농가와 사료업계에 당부한다. ☎ (필자연락처: 011-9850-9999)