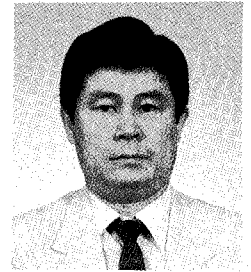


광물질(Ⅱ)

칼슘(Ca)과 인(P)



최진호
최진호연구소

칼슘과 인은 동물체내에 존재하는 광물질 중에서 가장 많이 함유되어 있는 광물질로 칼슘이 대략 1.6~2.0%, 인이 0.9~1.1% 함유되어 있다. 칼슘과 인은 주로 뼈에 많이 함유되어 있는데 주로 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 의 형태로 존재한다.

1. 뼈의 성분

뼈의 조성은 표1에서 보는 바와 같이 수분이 45%, 회분이 25%, 단백질 20% 및 지방이 10% 정도이다. 회분중에는 칼슘이 약 36%, 인이 약 17%, 마그네슘(Mg)이 1

% 정도 함유되어 있으며 나머지는 대부분이 인과 결합한 산소(O)이다(PO_4 의 형태로).

표1. 뼈의 조성분

성분	함량(%)
수분	45
회분	25
단백질	20
지방*	10

*뼈의 성분중에서 지방함량이 가장 변동이 많다.

2. 칼슘과 인의 중요성

1) 칼슘과 인은 함께 뼈의 구성성분이다.

체내에 존재하는 인의 약 80%는 뼈에 존재하며 나머지 20%가 몸전체에 분포되어 있다.

2) 칼슘은 심장 박동을 조절하는데 중요한 역할을 한다.

3) 칼슘은 혈액응고에도 관여하여 칼슘의 결핍시에는 혈액응고가 지연된다.

4) 칼슘은 각종 효소의 조효소로서 효소를 활성화시킨다. 칼슘이외에 마그네슘도 효소활성제로서 중요하다.

5) 인은 탄수화물대사에 있어서 중간대사물의 인산화(phosphorylation)에 필요하다.

6) 인은 지방대사에도 관여하는데 인지질을 합성하는데 필요하며 모든 체조직에 널리 분포되어 있는 인지질의 구성성분이다.

7) 혈액의 산-염기 균형에 관여한다.

8) 인은 인단백질 및 핵산의 구성성분이다.

9) 칼슘이나 인 또는 비타민 D의 결핍시 자라는 병아리에는 구루병(rickets)에 걸리고 성계에서는 골연증(Osteomalacia)에 걸린다.

3. 칼슘의 대사

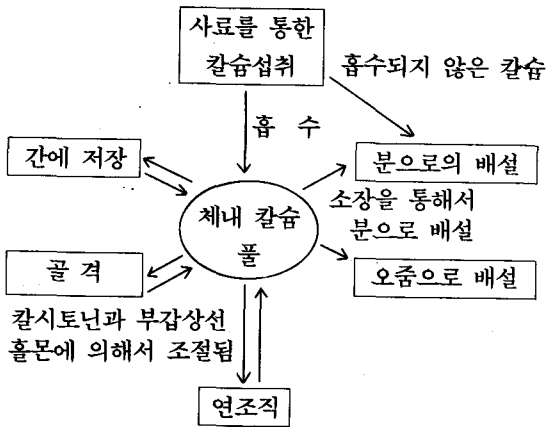
칼슘의 체내대사는 그림1의 모식도에서 보는 바와 같다. 사료를 통해서 섭취되는 칼슘의 일부는 흡수되지 않고 바로 분으로 배설된다. 흡수된 칼슘은 뼈와 기타 연조직에서 이용되고 일부는 간에 저장된다. 간에서는 칼슘외에도 철분(Fe), 구리(Cu), 코발

트(Co), 아연(Zn) 등도 저장하는데 특히 철분과 구리의 저장은 매우 중요하다.

혈청중의 칼슘의 약 40%는 단백질과 결합하여 세포막을 통과할 수 없는 교질상태로 존재하며 약 60%는 무기태 칼슘이온으로 존재하여 세포막을 쉽게 통과한다. 혈청의 칼슘 수준은 부갑상선 호르몬(parathyroid hormone)과 칼시토닌(calcitonin)이라고 하는 호르몬에 의해서 조절된다. 칼시토닌은 혈액내 칼슘의 골격으로의 침착을 촉진하여 혈액의 칼슘수준을 낮추는 작용을 하며 부갑상선 호르몬은 이와 반대로 골격의 칼슘을 혈액으로 용출시켜 혈액의 칼슘농도를 증가시키는 작용을 한다. 이 두가지 호르몬은 서로 반대 방향으로 작용하면서 균형을 이루으로써 혈액의 칼슘 농도를 일정하게 유지한다.

혈액의 칼슘이 일정수준이하로 떨어지면 동물은 불안증에 걸린다. 비유중인 젖소에서 칼슘공급이 부족할 때 우유를 통한 칼슘의 손실로 혈액내 칼슘수준이 부족한 채로 오래 지속되면 소위 테타니(tetany)라고 하는 병이 발생하는 것은 이 때문이다.

칼슘은 체내에서 골격형성에 이용된 것이든 인조직내의 칼슘이든 일단 이용되었다가도 이것이 분해되면 혈액으로 유입되었다가 다시 재이용된다. 칼슘의 궁극적인 배설은 두가지 경로를 통해서 이루어진다. 배설되는 칼슘의 일부는 혈액에서 장내로 유출되어 분과 함께 배설된다. 또한 일부는 신장을 거쳐 오줌으로 배설된다. 대부분의 가축의 경우 분으로의 배설이 칼슘 배설의 주 경로이다.



4. 칼슘과 인의 흡수에 영향을 미치는 요인

1) 무기태와 유기태

무기태의 칼슘과 인은 유기태 보다 잘 흡수 이용된다. 특히 식물성 사료에 들어 있는 인은 대부분 피틴(Phytin)형태로 되어 있는데 이것은 복잡한 구조를 가진 킬레이트(chelate) 유기 화합물로 그 구조가 매우 견고하여 쉽게 분해되지 않는다. 이것은 하나의 이노시톨(inositol) 분자에 여섯개의 인산(phosphate)이 결합되어 있는데 이들 여섯개의 인산사이에 칼슘 또는 마그네슘에 의해서 킬레이트 결합을 이루어 고리모양을 형성한 견고한 화합물로 단위동물의 소화기관에는 이것을 분해할 수 있는 효소가 없다.

반추동물에서는 반추위내의 미생물에 의하여 피틴이 분해되어 인을 이용할 수 있다. 단위가축에서도 소화기관내의 미생물에 의하여 어느 정도의 피틴태 인을 이용할 수 있는데 이용되는 정도는 대략 표 2에서 보

는 바와 같다.

킬레이트(chelate)란?

하나의 수소 또는 금속 원자가 한 분자 내의 다른 2개의 원자와 결합되는 것을 킬레이트 결합(chelation)이라 하고 이러한 화합물을 킬레이트 화합물(chelate compound)이라 한다. 일반적으로 이러한 화합물은 매우 안정된 구조를 가지고 있어서 쉽게 분해되지 않는 특성을 가진다.

표2. 가금에서 피틴태 인이 이용되는 정도

종 류	이용율(%)
어린 병아리	0~10
어린 칠면조	0
산란계	50

표2에서 보는 바와 같이 피틴태 인이 이용되는 정도는 어린 병아리에서는 매우 낮으나 성계에서는 비교적 높다. 일반적으로 곡류 및 곡류 부산물에 피틴태 인이 많이 함유되어 있으며 식물성 인이 닭에게 이용되는 비율을 평균적으로 30%로 계산하는 경향이 있다. 그러나 실제로는 표2에서 보는 바와 같이 닭의 나이에 따라서 피틴태 인의 이용정도에 큰차이가 있을 뿐 아니라 같은 식물성 사료라 하더라도 사료에 따라서 이용율이 다르고 동일한 원료라 하더라도 사료에 무기태 인의 수준에 따라서 유기태 인의 이용율이 달라진다. 다시 말하면 사료에 닭이 이용하기 쉬운 무기태 인의 함량이 충분할 경우에는 피틴태 인의 이용율이 낮아지고 사료에 무기태인이 부족할 경우에는 피틴태인을 이용하는 비율이 높아진다.

일반적으로 양계 사료의 인 함량을 따질 때 사료에 함유되어 있는 전체인 함량인 총인(total phosphorus)과 닭이 이용할 수 있는 형태의 인 함량인 유효인(available phosphorus)의 두가지 개념이 있다. 만일 사료에 총인 함량이 높다 하더라도 인이 주로 피틴태로 들어 있다면 닭이 실제로 이용할 수 있는 인의 함량은 얼마되지 않기 때문에 실제로는 인의 함량이 낮은 것과 같다. 따라서 양계 사료에서 총인의 함량은 큰 의미가 없다고 볼 수 있으며 유효인의 함량으로 계산하는 것이 논리적이다.

그러나 실제로 식물성 사료에 함유되어 있는 인의 이용율은 앞에서 언급한 바와 같이 여러가지 요인에 의해서 영향을 받기 때문에 유효인을 계산하고 적용하는데 충분한 이해가 필요하다. 일반적으로 인산칼슘제제를 통해서 공급되는 무기태 인과 골분(요즘에는 거의 사용하지 않고 있음)이나 어분 등 동물성 사료에 함유되어 있는 인의 이용율은 100%로 간주하고 식물성 사료를 통해서 공급되는 인의 이용율은 30%로 간주하여 유효인의 함량을 계산하는 것이 보통이다.

그러나 실제로 식물성 인의 이용율은 사료에 따라서 다르므로 모든 원료 사료의 인의 이용율을 각각 측정해서 사료 배합비를 작성하는 것이 한단계 발전한 방법이다. 그런데 인의 이용율 측정은 쉽지 않을 뿐 아니라 앞에서 언급한 바와 같이 같은 원료라 하더라도 닭의 나이와 사료의 무기태인 수준에 따라서 다르므로 실제의 정밀한 측정 은 거의 불가능하다. 따라서 유효인의 측정

과 이용은 어느 정도 융통성 있게 적용해야 한다.

2) 칼슘과 인의 비율

칼슘과 인은 소장에서 흡수되는데 칼슘은 주로 소장의 중간 부분에서 흡수되고 인은 소장의 끝부분에서 주로 흡수된다. 만일 사료에 칼슘함량이 지나치게 높은 경우에는 소장의 중간 부분에서 흡수되고 남은 칼슘이 인과 결합하여 불용성 화합물을 만들므로 소장 말단 부분에서 인의 흡수를 방해한다. 반대로 인의 공급이 너무 많을 때에도 칼슘의 이용을 저하시키므로 효과적인 칼슘과 인의 흡수를 위해서는 칼슘과 인의 비율이 적당해야 한다. 일반적으로 알맞은 칼슘 : 인의 비율은 뼈에서의 비율과 비슷한 1 : 1-2 : 1(평균 1.5 : 1) 정도이다. 단·산란계의 경우에는 난각형성을 위해서 높은 수준의 칼슘이 요구되므로 칼슘 : 인의 비율이 대략 7 : 1 정도가 된다.

3) 기타 광물질과의 관계

철분(Fe)이나 알루미늄(Al) 등의 광물질도 인과 결합하여 불용성 인산화합물을 만들어 인의 흡수를 방해한다. 한편 마그네슘(Mg)은 소장의 흡수부위에서 칼슘과 경합함으로써 칼슘의 흡수를 방해한다.

4) 지방함량

때로는 사료에 다량의 지방을 첨가할 때 지방과 칼슘이 결합하는 비누화 반응을 일으켜 칼슘의 흡수를 방해하기도 한다.

5) 비타민 D

비타민 D는 칼슘과 인의 흡수를 도우므로 높은 수준의 비타민 D는 칼슘과 인의 비율이 부적합하거나 칼슘 또는 인의 수준이 부족할 경우에도 이들 광물질의 이용을 돕는다.

5. 칼슘과 인의 공급원

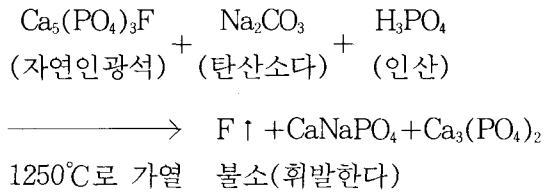
모든 곡류에는 모두 칼슘 함량이 낮으며 곡류의 껍질부위에는 곡물 자체보다 칼슘과 인의 함량이 높다. 조사료의 경우 잎에는 칼슘이 풍부한데 특히 두과 목초에 풍부하다. 곡류의 부산물(강피류)에는 인의 함량이 다소 높은 편이지만 이용율이 낮다. 어분이나 육골분은 칼슘과 인의 좋은 공급원이다.

무기태 칼슘의 공급제로는 패분(조개껍질), 석회석 등이 있는데 대략 38%의 칼슘을 함유하고 있다. 무기태 칼슘과 인의 동시 공급제로는 골분, 인산칼슘제제가 있는데 우리나라에서는 주로 수입한 인광석을 가공하여 만든 인산칼슘제제를 주로 사용하

고 있다.

인산칼슘의 원료인 자연 인광석에는 상당량의 불소(F)가 함유되어 있어서(대략 3.2%) 주의해야 한다. 불소는 필수 광물질로 닭이 반드시 섭취해야 하는 광물질이지만 동시에 중독 광물질이어서 지나치게 섭취하면 중독증에 걸린다. 따라서 자연 인광석으로부터 사료용 인산칼슘제제를 제조할 때에는 가열을 통해서 불소를 제거해야 한다.

불소제거 과정에서 일어나는 대표적인 화학반응은 다음과 같다.



미국 사료 협회에서 제정한 품질 규정에 의하면 인산칼슘제제의 불소함량은 인함량의 1/100 이하로 정하고 있다. 이는 다시 말하면 인산칼슘제제의 인함량이 18%라면 불소함량은 0.18% 이하이어야 하는 것이다. **참고**

**양계산업 전 부문이 경기침체로 인한 소비
둔화와 생산증가로 인해 장기 불황이 예고
되고 있으니 생산조절에 자진 참여합시다.**