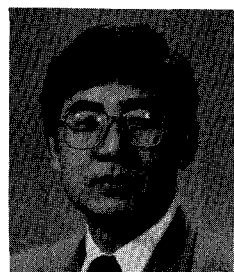


산란계 사료의 인(燐) 함량과 난각질



지 규 만
고려대학교 축산학과 교수

서론

인은 난각의 구성성분이 아니면서도 산란계사료 중의 인 함량은 난각의 강도에 중요한 영향을 미치고 있다. 일반적으로 인은 칼슘과 더불어 뼈의 주요구성 성분이 되는 것 이외에 근육에서 에너지대사, 탄수화물대사, 아미노산 및 지방대사에 필수적인 역할을 하며, 신경조직과 혈액의 정상적인 기능, 세포막의 정상적 기능 유지 등에 관하여 DNA와 RNA같은 핵산의 주요 구성원이기도 해서 생체 내에서 일어나는 거의 모든 대사과정에 관여하고 있다.

인의 심한 결핍은 식욕감퇴와 성장저해, 뼈의 발육부진 등을 일으키나 그럼에도 불구하고 혈액 중의 인 함량은 거의 정상수준으로 유지되는 경향을

보인다. 이는 뼈에 축적된 인이 혈액으로 유입되어 생체의 여러 부분에 인을 공급하여 생명현상의 유지를 돕게 하기 위한 것이다. 흥미로운 것은 산란계에서 생체내 인의 함량이 칼슘에 비해 비교할 수 없을 정도로 적음에도 불구하고 혈액속의 총인 함량이 혈장(plasma) 100ml 당 35~45mg으로 오히려 칼슘농도 11~20mg보다 세배정도 더 많은 것도 특이한 현상으로 이 역시 인의 중요성을 나타내는 척도의 하나로 생각해 볼 수 있다.

채란시설의 자동화와 계란의 GP 작업 의존도가 높아짐에 따라 난각의 품질은 날이 갈수록 중요한 문제로 부각되고 있다. 산란계 사료에서 인 함량은 다른 여러 요인들과 더불어 난각질 뿐만 아니라 산란율에도 중대한 영향을 미치는 영양적 요인으로 간주되고 있으며, 특히 경제적 관점에서도 인은 공

표1. NRC 사양표준에서 산란계를 위한 칼슘과 인 요구량의 변천

연도별	칼슘		총인		유효인	
	g/hen/day	% diet	g/hen/day	% diet	g/hen/day	% diet
1944	2.27	2.25	0.75	0.75	-	-
1950	-	2.25	-	0.75	-	-
1954	2.46	2.25	0.66	0.60	-	-
1960	2.46	2.25	0.66	0.60	0.43	0.39
1966	3.00	2.75	0.66	0.60	0.43	0.39
1971	3.00	2.75	0.66	0.60	0.43	0.39
1977	3.60	3.25	0.66	0.50	0.32	0.29
1984	3.75	3.40	-	-	0.35	0.32

Roland(1986)

급 가격이 비싸기 때문에 특히 주의를 요하는 성분이다. 인이 갖고 있는 영양적 특징의 하나는 최적의 난각형성과 최대의 산란율을 위해 최소한도 어느 수준의 양이 필요하지만 비교적 적은 수준이라도 요구량보다 과량을 급여할 때 오히려 역효과가 쉽게 나타난다는 점이다. 산란계의 유지와 생산을 위한 유효인의 요구량이 하루에 약 400mg이며 하루 500mg 이상을 섭취하면 난각질이 현저히 나빠진다는 연구 보고가 있을 정도로 요구량과 유해수준의 차이가 크지 않은 것을 알 수 있다.

혈액속의 인 함량이 높을수록 난각의 비중(specific gravity)이 저하된다(즉 난각질이 나빠짐)는 것은 이미 인정되고 있는 사실이다. 그러나 왜 이런 현상이 일어나는지는 아직 명확히 밝혀져 있지 않은 것 같다. 혈액 속의 과도한 인이 한밤중 난각이 형성될 시간에 골격에 저장되어 있는 인산 칼슘의 유리를 방해하기 때문인지 또는 혈중 인이 난각형성 과정에 직접적으로 길항적인 작용을 하는지 확실치 않다.

산란계의 인 요구량

표1은 과거 40년간 미국 NRC 사양표준에서 산란계의 칼슘과 인 요구량의 변천을, 표2는 현재

표2. 산란계의 칼슘과 인 요구량¹⁾

사양표준	칼슘		총인		유효인	
	g/day	g/kg	g/day	g/kg	g/day	g/kg
ARC 1975	4.0	33.3	-	-	0.35	2.9
NRC 1977	3.6	30.0	0.66	5.5	0.32	2.7
NRC 1984	3.75	31.3	-	-	0.35	2.9
WPSA 1984	4.6	38	-	-	0.38	3.2

1) 하루 사료섭취량 평균 120g 을 기준함.

NRC와 영국의 ARC 사양표준 및 세계가금학회(WPSA)에서 권장하는 칼슘과 인의 요구량을 보여주고 있다. 이들 요구량은 계속 변해 왔는데 칼슘 요구량이 사료중 2.25%에서 3.40%로 계속 증가하는 경향인데 비해 인의 요구량은 총인의 경우 0.75%에서 0.5%로 반대로 계속 감소하는 추세를 보이고 있다.

표1에서 유효 인(available P)의 개념이 1960년도부터 NRC 사양표준에 반영되기 시작하였음을 알 수 있다. 유효인의 요구량은 1960년도에 사료중 0.39%였고 현재의 사양표준에는 0.32%로 떨어져 있다.

유효인이란 동물의 소장벽을 통해 실제로 흡수될 수 있는 인을 말하며, 그런 점에서 사료속에 들어있는 인 전체, 다시말해 실제로 소화 이용될 수 있는 것과 그렇지 못하는 인 전체를 묶어 표현하는

총인(total phosphorus)과 다르다. 유효인과 같은 성격으로 사료에 함유된 영양소 중에서 동물체에 실제로 흡수되어 이용될 수 있는 영양소를 나타내는 유사한 개념으로 이미 대사에너지, 가소화 조단 백질 또는 유효 아미노산(available amino acids) 등이 널리 사용되고 있다. 섭취한 사료 영양소가 동물에게 이용되려면 소장에서 소화, 흡수되어야만 하므로 유효인을 기준하는 것은 지극히 당연하다.

표2에서는 서로 다른 세가지의 권장량을 사료에 에너지 함량이 일정한 기준에서 비교하기 위해 하루 사료섭취량을 120g으로 고정하고 환산한 것이다. 따라서 NRC(1984)의 경우 본래 칼슘의 요구량이 사료 kg당 34.0g이고 인은 3.2g이었는데 여기서는 각각 31.3과 2.9g으로 계산되었다. 그럼에도 불구하고 산란계가 하루에 실제로 섭취하는 칼슘과 인의 함량은 각각 3.75와 0.35g으로 본래 NRC(1984)에서 권장하는 양과 같다.

산란계의 인 요구량을 유효인으로 나타낼 때 현재 NRC에서 권장하고 있는 것보다도 더 낮을 수 있다는 보고가 많다. 유효인 함량이 사료 kg당 2.5g인 것을 급여한 결과 유효인 함량 5.5g인 것에 비해 산란율은 같은 수준이면서 난각의 파괴강도는 유의하게 더 좋게 나타났다(Antillon, 1976). 한

편 유효인 함량을 NRC 요구량 보다 더 높였을 때 난각질이 저하되었다고 한다. Dagher 등(1985)이 옥수수-대두박 위주의 사료에서 유효인 함량을 사료 kg당 1.5, 2.5, 3.5 및 4.5g으로 하여 26주령부터 74주령까지 급여한 결과 산란율은 유효인 최저 수준의 사료구(일당 0.16g 인 섭취)에서 물론 가장 저조하였다. 그러나 난각 두께는 유효인을 하루에 0.36g 이상 섭취한 경우(kg당 3.5g 이상 처리구)에는 가장 나쁘게 나타났다. Rodriguez 등(1984)의 실험에서도 하루에 0.15g의 유효인을 섭취하면 산란율은 떨어지나 난각질이 개선됨을 보였다.

유효인의 요구량이 표2에서 사료중 0.29~0.32%로서 매우 낮다는 것에 주의할 필요가 있다. 이와 같이 적은 양의 유효인을 정확하게 공급하기 위해서는 사료내 인의 분석에 신중해야 한다는 것을 의미한다.

사료내 유효인 함량 및 그의 분석방법

사료내 총인은 무기태와 유기태의 두가지 형태로 존재한다. 식물성 원료중의 인은 평균 2/3가 유기태 인으로 phytin과 결합되어 있으며, 나머지 비

표3. 일반 식물성 원료사료중의 인 함량

원료 사료	총 인	Phytin 인	비Phytin 인	무기태 인	유효 인	총인중 유효인
	%	%	%	%	%	%
소 맥	0.39	0.22	0.17	0.11	0.12	30.8
대 맥	0.43	0.24	0.19	0.12	0.13	30.2
귀 리	0.36	0.19	0.17	0.12	0.11	30.6
옥수수	0.3	0.2	0.1	0.12	0.09	30.0
트리티케일	0.44	0.3	0.14	0.15	0.13	29.5
옥수수 그루텐 피드	0.72	0.29	0.43	0.26	0.17	23.6
대두박, 추출	0.7	0.3	0.4	0.14	0.21	30.0
전지 대두	0.53	0.23	0.3	0.12	0.16	30.2
채종박, 추출	1.24	0.21	1.03	0.17	0.37	29.8
해바라기 씨박, 추출	0.94	0.30	0.64	0.14	0.28	29.8

phytin(non-phytin) 형태중 대부분이 무기태 인으로 되어 있다. 식물성 사료내의 무기태 인은 100% 이용될 수 있으며, 반면에 phytin과 결합된 인은 전혀 이용될 수 없다고 알려져 있다. 따라서 일반적으로 식물성 사료에 들어있는 총인중 평균 약 30%가 유효인으로 간주되고 있다.

한편 동물성 사료 중의 인은 모두 무기태 인이며 이들의 이용성은 역시 100%로 간주된다. 그러나 광물질 원료중의 인, 예를 들어 제 3 인산칼슘(tri-calcium phosphate), 제 2 인산칼슘(dicalcium phosphate) 또는 탈불 인광석(deflourinated rock phosphate)같은 것에 함유되어 있는 인의 이용성은 제품에 따라 생체이용성이 60~100% 정도의 심한 차이를 보이고 있다. 특히 광물질 인산 첨가제의 경우 metaphosphate나 pyrophosphate같은 화학적 구조를 갖고 있는 인산 제품에서는 인이 전혀 이용되지 못하는 것도 있다. 표3에서는 식물성 원료사료중 총인, phytin태인, 무기태인 및 유효인의 함량을 보여주고 있다. 총인중 유효인의 함량비율은 옥수수그루टे 피드같은 경우를 제외하면 평균 30% 수준에 매우 가깝다는 것을 알 수 있다.

사료배합표를 작성할 경우 인의 함량은 무기태 인, 즉 유효인을 기준해서 요구량을 충족시키도록 하여야 하는데 이는 식물성 사료 중의 유효인, 동물성사료 중의 총인 및 광물질 인산 칼슘제에 들어있는 인의 양을 합친 것을 말한다. 식물성 사료 중의 유효인은 다음에 설명한 방법으로 측정하여 사용하면 되는데 그 보다는 광물질 인산칼슘제에 들어있는 인의 이용성이 더 큰 중요성을 갖는다. 그 이유는 광물질 첨가제가 공급하는 인이 전체 인중에서 차지하는 비율이 가장 크며, 또한 광물질 첨가제에 함유된 인의 이용성이 제품에 따라 많은 차이를 보이기 때문이다. 다음 표4의 내용은 고려대학에서 병아리를 이용하여 조사한 결과로서 인산칼슘 공급원의 여러 제품간에 인의 이용성에 현저한 차이가 있을 수 있음을 보여주고 있다.

표4. 인산칼슘공급제의 인 이용성 측정결과

인 급원	칼슘함량	인 함량	인 이용성
%			
Dicalcium phosphate			
A	25.7	18.1	77.1
B	30.4	14.4	91.0
C	23.4	16.5	96.4
D	26.8	17.5	95.5
Tricalcium phosphate			
A	32.9	17.6	94.1
B	33.3	18.3	95.0
C	33.3	17.4	99.5

이재호, 지규만(1988)

인의 이용성은 최종적으로 동물실험에 의해 측정되어야 하지만 그보다 화학적 방법에 의한 간접적인 평가가 많이 연구되고 있다. 식물성 단미사료에서 총인의 함량은 먼저 유기물을 제거한후 염산 추출물을 황색의 phospho-vanado-molybdate로 발색시켜 분광비색법에 의해 측정한다. 물론 이 경우 무기태 인과 무기태 인이 모두 검출된다. 그런데 식물성 원료에서 실제로 이용될 수 있는 것은 무기태 인이므로 이것만을 별도로 평가할 필요가 있다. 무기태 인은 0.75M trichloroacetic acid로 추출한후 charcoal로 탈색하고 황색의 phospho-vanado-molybdate를 발색시켜 분광비색법에 의해 측정한다.

최근에는 phytin태 인을 선택적으로, 빠르고 정확하게 측정하는 방법에 많은 관심이 모아지고 있다. Haug와 Lantzs(1983)는 phytin을 산으로 추출하여 3가(價) 철 용액으로 침전시킨후 상등액 중 철이온의 양적 변화로 phytin 함량을 조사하고 신속한 방법을 개발하였다. 이에 앞서 1935년에 Mccance와 Widdowson은 phytate를 염산으로 추출하고, 3가(價) 철로 침전시킨후 황산~과염산용액으로 분해하여 침전물속의 인을 분광비색계로 측정하는 방법을 제시하였다. 한편 Graf와 Dinitzis(1982)는 HPLC를 사용하여 phytin태 인을 분석하

는 방법을 발표하였다.

Chicken'가 좋은 참고가 되리라 믿는다.

표5. 세가지 분석방법에 따른 원료사료의 phytin 태 인함량 비교

원료사료	Phytin 태인함량		
	맥켄스 및 위도슨	허그 와 랜취	그라프와 디니츠
		mg P/kg	
소 맥	2.0	2.1	1.9
옥수수	2.6	2.3	2.5
대 맥	2.1	2.1	2.0
옥수수그루텐피드	2.4	2.3	2.3
미강, 탈지	15.3	15.8	14.6
채종박	2.3	2.1	2.1
대두박	3.5	3.5	3.4
전지대두	2.8	2.9	2.5
완 두	1.8	2.0	1.7
양계사료 1	2.5	2.4	2.4
2	2.5	2.3	2.3
3	2.7	2.7	2.4

표5는 분석방법에 따른 단미사료내 phytin태 인의 함량의 차이를 보여주고 있다. 세가지 방법간에 phytin태 인의 함량에 별다른 차이가 없음을 알 수 있고 따라서 분석시간이 가장 빠른 Haug와 Lantzs(1983) 방식이 널리 채택되고 있다.

여러 단미사료의 유효인 함량과 인산칼슘첨가제들의 유효인 함량에 대한 더 많은 자료가 필요한 경우 M.L. Scott 박사 등의 저서 'Nutrition of the

결론

난각의 품질은 집란과 GP 시설의 자동화에 따라 더욱 중요해져 가고 있다. 사료중 인은 요구량과 과잉 수준이 매우 좁은 범위에 걸쳐 있어 그의 공급에 신중을 요한다. 특히 식물성 단미사료에 들어 있는 인의 2/3 이상이 phytin 형태의 유기태 인으로 닭에서 전혀 이용되지 못하고 있다. 평균적으로 식물성 인의 30% 만이 유효인으로 간주된다. 산란계의 유효인 요구량은 하루에 350~380mg이며, 이는 하루에 사료 120g을 섭취하는 것을 기준할 때 사료 kg당 2.9~3.2g에 해당한다. 하루에 500mg 이상을 섭취하면 난각질에 중대한 영향을 미친다는 보고가 있다.

유효인의 요구량을 정확하게 공급하는 것은 영양적인 관점 못지 않게 사료생산비 측면에서도 중요하다. 따라서 단미사료의 유효인 함량을 정확하게 평가하는 것이 필요하며, 특히 사료 대사에너지 함량의 정확한 평가는 절대적으로 중요하다. 사료의 에너지 함량은 사료섭취량을 결정하는 가장 기본적인 척도가 되기 때문이다. 사료에너지 함량의 변화에 따른 섭취량을 예측하고 그에 알맞는 농도의 유효인을 공급해 주는 것이 난각의 비중을 향상시키는 첩경이다.

(본문 중의 많은 내용을 D.J.A. Cole이 편집한 *Advances in Poultry Nutrition*에서 인용하였음을 밝혀둔다.)

「월간 양계지」는 본회 회원 여러분의 권익을 보호하며 각종 정보를 전달하여 양계의 선진화를 추구하기 위해 발행되고 있습니다.