

난각의 질에 영향을 미치는 영양 생리적 요인



최진호
최진호 연구소

일 반적으로 아침에 산란한 계란보다 오후에 산란한 계란의 난각이 두껍다는 것은 잘 알려진 사실이다. 표1에서는 산란시각에 따른 난중과 난각의 질의 변화를 보여주고 있다. 계란을 2시간 간격으로 집란하였을 때 난각의 무게는 아침 일찍 산란한 계란에 있어서 다소 높지만 시간이 지날 수록 다소 감소하였다가 오후에 다시 증가하는 것을 볼 수 있다. 난중은 역시 아침 일찍 산란한 알에서 높았으나 그 후 감소하였다.

아침 일찍 산란한 계란의 난중이 무거운 것

은 다음과 같이 설명할 수 있다. 닭이 며칠간 연속해서 산란할 때 보통 그 맨 첫번째 알이

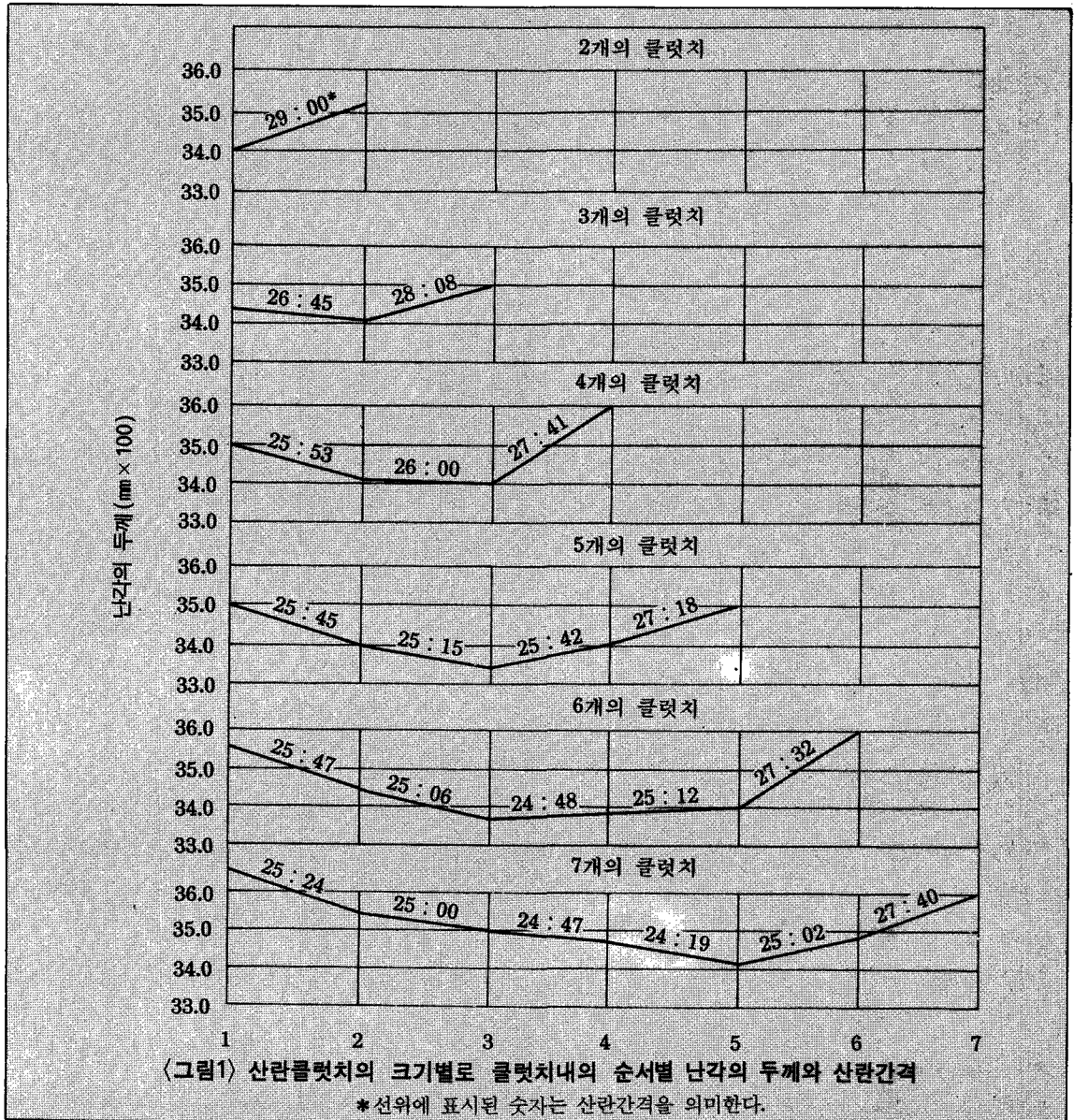
표1. 산란시각에 따른 난중과 난각의 질의 변화

산란시각	난중(g)	난각의 무게(g)
	평균±표준편차	평균±표준편차
05 : 30~07 : 30	55.9±3.8	5.27±0.44
07 : 30~09 : 30	55.3±3.5	5.19±0.40
09 : 30~11 : 30	54.6±3.7	5.19±0.41
11 : 30~13 : 30	54.3±3.5	5.29±0.42
13 : 30~15 : 30	54.3±3.4	5.50±0.47
15 : 30~17 : 30	54.8±3.5	5.64±0.45

가장 무겁고 그 이후에 낳는 알의 난중은 점차 감소한다. 연속해서 산란하는 기간을 클릿치 (clutch)라고 하는데 한 클릿치 내의 첫번째 알은 보통 아침 일찍 산란하며 그 다음 계란의 산란시각은 점차 늦어진다. 아침 일찍 산란한 계란 중에는 클릿치 내의 첫번째 알이 포함될

가능성이 높으며, 따라서 그 이후에 낳는 알보다 무거운 알이 많다.

아침 일찍 산란한 알의 난각의 무게가 무거운 것도 같은 개념으로 설명할 수 있다. 그러나 난각의 경우에는 한 클릿치 내의 첫번째 알만이 아니라 마지막의 알도 그 중간의 알에 비



하여 두껍다. 그림 1에서 잘 보여주고 있듯이 3개 이상이 클러치에서 첫번째 알의 난각이 다소 두꺼우며, 클러치의 마지막 알은 보통 오후에 산란하게 되므로 오후에 산란한 계란 중에는 클러치의 마지막 알이 많이 포함될 것이고 따라서 평균난각은 두꺼워 진다.

한편 산란간격(전일의 산란시각과 다음날 산란시각간의 간격)은 난각의 질과 상관관계가 있다. 이 사실은 계란과 계란사이의 평균산란간격이 길수록 난각이 두껍다는 것을 의미한다. 이것은 다시 해석하면 산란율이 높은 닭은 일반적으로 적게 산란하는 닭보다 산란간격이 짧으므로 고능력계일수록 난각의 질은 약하다는 것을 의미한다. 그러나 사실은 반드시 그렇지 않다. 유전능력이 우수한 닭은 그렇지 못한 닭에 비해서 산란율도 높으면서 난각의 질도 우수한 경향이 있다. 그러나 만일 동일한 유전능력의 닭이라고 가정하면 산란율이 높을 경우에 난각은 얇아질 것이다.

그러나 산란간격은 난중에는 영향을 미치지 않는 것으로 알려지고 있다. 계란과 계란사이의 산란간격의 길고 짧은 차이는 난황이나 난백을 형성하는데 걸리는 시간에 의해서 나타나는 것이 아니고 난각이 형성되는 부위인 난각 분비부(shell gland)에서 알이 머무는 시간의 차이에 기인한다고 한다. 따라서 산란간격의 길이는 난중에는 영향을 미치지 않지만 난각의 분비량에 영향을 미치는 것이다.

난각의 질에 미치는 영양학적인 요인에 대해서 과거 50년 동안 연구자들은 많은 관심을 보여 왔으며, 그 결과 어느 정도 성과를 거두었다.

1960년에 미국 아이다호(Idaho) 대학교의

피터슨 교수팀은 산란계 사료에 칼슘함량을 증가시켰을 때 난각의 질이 개선되었다고 보고하였다. 지금 우리가 알고 있는 지식과 비교할 때 이것은 지극히 상식적인 사실이지만 그 당시에는 큰 발견이었던 것이다. 그 당시에 미국의 NRC 사양표준에서는 산란계 사료의 칼슘 요구량을 2.25%로 정하고 있었는데 사료의 칼슘함량을 3.75%로 증가시켰을 때 계란의 비중(난각의 질을 측정하는 하나의 척도)이 현저히 증가하였다. 이 보고가 발표된 후 많은 학자들이 이에 관심을 보였으며 추시결과 이 사실이 확인되었다.

이러한 시험결과 중의 하나를 소개하면 표2와 같다. 사료의 칼슘함량을 2.5%에서 4.6%로 증가시켰을 때 난각의 두께만이 아니라 산란율도 증가하였음을 볼 수 있다. 한편 어떤 연구결과에 의하면 산란계 사료에 비타민 C를 첨가함으로써 난각의 질이 개선된다고 하지만 비타민 C의 효과는 일관성이 없다.

표2. 사료의 칼슘수준이 난각의 두께와 산란율에 미치는 영향

칼슘 (%)	난각의 두께 (mm±1000)		산란율 (%)	
	시험1	시험2	시험1	시험2
2.5	315	306	62.8	63.5
4.6	323	317	66.8	64.7

표3. 사료의 칼슘수준과 난각의 두께

칼슘 (%)	산란율 (%)	난각의 두께 (mm±1000)		
		3개월	6개월	9개월
2.00	59.7	305	279	275
3.75	73.2	336	308	313
5.50	73.1	346	324	327

한 시험에서는 2.0, 3.75 및 5.5%의 칼슘을

10개월간 급여하였다. 사료의 칼슘함량을 2.0%에서 3.75%로 증가시켰을 때 산란율이 증가하였으나 사료의 칼슘함량이 3.75%에서 5.5%로 증가할 때에는 산란율이 더이상 증가하지 않았다(표3). 그러나 사료의 칼슘함량을 3.75%에서 5.5%까지 증가시켰을 때에도 난각의 두께는 증가하였다. 이 사실은 난각의 질을 유지하는데 필요한 칼슘의 요구량은 최고 산란율을 위한 요구량보다 높다는 것을 의미한다. 한편 사료의 칼슘함량을 5.5%까지 급여하여도 닭의 주령이 증가함에 따라 난각의 질은 역시 감소하였다. 따라서 이 결과는 사료의 칼슘함량을 아무리 높여 주어도 노계에 있어서 난각의 질의 저하는 막을 수 없다는 사실을 의미한다. 과거 20년전에 비하여 오늘날의 산란계는 칼슘함량이 훨씬 높은 사료를 섭취하고 있으나 난각의 질 문제는 여전히 미해결 상태인 것이다.

계란 한개의 난각에는 약 2,100mg(2.1g)의 칼슘과 20mg의 인을 함유하고 있다. 난황에는 약 130~140mg의 인이 함유되어 있다. 따라서 계란 한개에 함유되어 있는 인의 총량은 대략 160mg 정도이다. 이러한 관점에서 볼 때 난각의 질과 칼슘을 연관지어서 생각하는 것은 당연하다고 하겠다. 난각에 함유되어 있는 인의 양은 매우 적으므로 난각의 질을 연구하는 학자들이 인(P)에 대해서 많은 관심을 갖지 않았다는 것은 놀라운 일이 아니다. 그러나 사료의 인 함량이 필요이상으로 높을 때 난각의 질은 떨어진다.

표4는 1962년에 발표된 연구결과의 일부를 요약한 것이다. 사료의 인 함량이 0.6%에서 0.9%로 증가하였을 때 혈액의 인농도가 증가하였으며 계란의 비중이 감소하였다. 이 논문

이 처음 보고 되었을 때 학자들은 별로 관심을 보이지 않았다. 칼슘대사에는 인이 필요한 것이기 때문에 인이 칼슘대사를 방해해서 난각형성을 저해 한다고는 믿을 수 없었던 것이다. 그러나 필요이상의 인은 분명히 난각의 질을 떨어뜨린다.

표4. 사료의 인함량과 난각의 질

사료 인함량 (%)	혈액내의 인함량 (mg/100mℓ)	계란의 비중
0.6	4.6	1.0757
0.9	5.4	1.0743

과다한 인의 급여가 난각의 질을 떨어뜨리는 이유는 산란계의 인 요구량은 하루 중에도 시간에 따라서 다르기 때문이다. 이것을 설명하기 위해서는 한개의 계란이 닭의 난관 내에서 어떻게 형성되는가를 이해할 필요가 있다. 난소에서 난황이 배란되면 이것은 맨 먼저 누두부를 통과하게 되며 여기에는 약 15분이 소요된다. 누두부를 통과한 난황은 난백 분비부를 지나게 되는데 이곳에서는 난백이 분비되며 여기에는 약 2시간 45분이 걸린다. 그 다음으로는 협부에서 난각막이 형성되는데 이 부위를 통과하는데 걸리는 시간은 약 1시간 15분이다. 그 다음은 난각 분비부에 들어가서 가장 많은 시간을 이곳에서 머물게 되며 이 곳에서 난각이 형성된다. 계란이 난각 분비부에 들어간 후 처음 몇시간 동안은 칼슘이 서서히 분비되기 시작하여 약 4시간 동안 분비되는 속도가 계속 증가한다. 그런 후에 본격적인 난각형성은 15~16시간 동안 활발히 일어나며 산란하기 1~2시간 전에 완료된다. 계란이 산란된 후 다음 알은 보통 30분 이내에 배란된다.

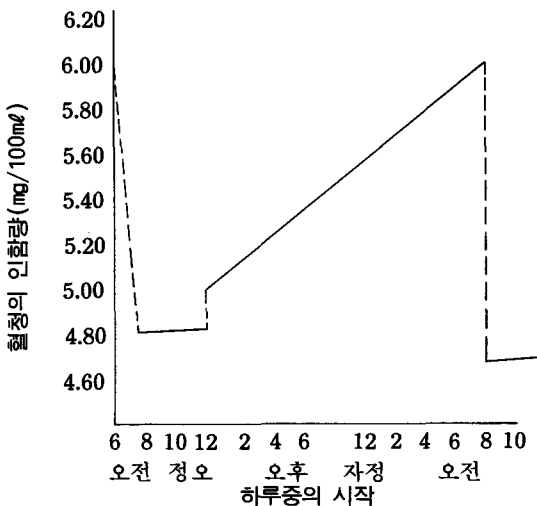
난각형성에 필요한 칼슘은 궁극적으로는 사료로부터 공급되어야 한다. 그러나 난각형성이 활발히 일어나고 있는 동안에는 소화기관으로부터 흡수되는 칼슘만으로는 충분치 못하다. 뿐만 아니라 대부분의 닭은 오전에 산란하므로 실제 난각을 형성하는데 소요되는 시간의 대부분은 닭이 사료를 먹지 않는 밤이다. 따라서 난각형성이 진행되는 동안 사료 이외의 다른 곳으로부터 칼슘이 공급되어야 하는데 이 역할을 하는 것은 뼈이다. 즉 난각이 형성되는 동안에는 뼈로부터 칼슘이 공급되는 것이다.

뼈로부터 칼슘이 동원될 때에는 뼈에 함유되어 있던 인도 함께 유리된다. 이 때 칼슘은 사료로부터 흡수된 칼슘과 함께 난각으로 이전된다. 그러나 난각형성에 인은 필요치 않으므로 혈액에 남게 되고 혈액내의 인함량이 증가하게 된다. 따라서 산란계의 혈액내 인함량은 산란주기와 밀접한 관계를 가지면서 하루 중에도 주기적으로 변한다(그림2). 난각이 형성되는

동안 필요치 않게 된 인은 오줌으로 배설되지만 일부는 혈액내에 남아서 혈중 인의 농도는 난각형성이 완료되는 산란 1~2시간 전까지 꾸준히 증가한다. 그 후 혈중 인의 농도는 급격히 떨어져서 하루 중 최저수준이 되며 이 수준에서 5~6시간 지속된다. 이 기간 동안에는 뼈가 재합성된다. 뼈의 재형성에는 칼슘과 함께 인도 동시에 필요하므로 이 기간 동안에는 혈액내의 인이 뼈의 재합성에 사용되어서 인의 혈중농도가 감소하는 것이다. 그러나 다음 계란의 난각형성이 시작되면 인의 혈중농도는 다시 증가하기 시작한다. 이러한 관점에서 볼 때 산란계는 하루중 뼈를 재합성하는 5~6시간 동안에 높은 수준의 인을 요구하지만 난각을 형성하는 나머지 시간에는 인이 전혀 필요치 않음을 알 수 있다.

난각이 형성되는 동안 인의 혈중농도의 상승은 더이상의 칼슘이 뼈로부터 동원되는 것을 방해하기 때문에 만약 이것을 막을 수 있다면 뼈로부터 보다 많은 양의 칼슘을 동원할 수 있을 것이며, 난각의 질을 개선할 수 있을 것이다. 사료의 인함량이 필요이상으로 높을 때 난각의 질을 떨어뜨리는 이유는 여기에 있다. 따라서 난각을 형성하는 동안에는 사료의 인함량을 낮춰 줌으로써 혈중 인농도를 가능한 한 낮춰 준다면 난각의 질은 개선될 것이다. 산란계는 오직 뼈의 재형성이 일어나는 동안에만 사료 중의 인을 요구한다. 이러한 가정을 토대로 몇가지 시험에서는 하루 중의 각기 다른 시간에 인함량이 다른 사료를 급여해 보았다.

표5는 두번의 시험결과를 요약한 것인데 시험을 시작하기 전에 0.75%의 인을 함유하는 사료를 급여하였다. 시험기간 중에 오전 6시부



(그림2) 한 산란주기 동안의 산란계의 혈액내 인함량의 변화

터 11시까지 같은 사료를 급여하였다. 오전 11시부터 오후 3시까지는 사료를 급여하지 않고 오후 3시부터 8시까지는 각각 0.75, 0.33 및 1.50%의 인을 급여하였다. 시험결과에 의하면 오후에 인 함량이 낮은 사료를 급여한 구에서는 난각의 질이 개선되었으며 오후에 인함량이 높은 사료를 급여한 구에서는 난각의 질이 떨어졌다.

표5. 오후에 인함량이 다른 사료를 주었을 때 난각의 질에 미치는 영향

오전6~11시	오후3~8시	계란의 비중	
사료의 인함량		시험1	시험2
0.75	0.75	1.071	1.072
0.75	0.33	1.072	1.073
0.75	1.50	1.070	1.071

산-염기 균형이 난각의 질에 영향을 미친다고 한다. 난각이 형성되는 동안 산란계의 혈액의 pH는 감소한다. 한편 난각에의 탄산칼슘 침착은 혈액의 pH에 의하여 영향을 받으며 공기중에 탄산가스의 농도를 높이거나 염산 암모니움을 급여하여 혈액의 pH를 낮추어 주면 난각의 질이 떨어진다. 사료의 나트륨(Na) 함량과 염소(Cl) 함량의 비율을 변화시킴으로써 닭의 체내에 대사성 산성증 또는 알칼리증을 유도할 수 있다. 많은 연구자들은 사료에 중조(NaHCO_3)를 첨가함으로써 난각의 질을 개선할 수 있다고 보고하였다. 그 중의 한 예를 소개하면 표6과 같다.

이 시험에서 대조구의 닭은 0.4%의 소금을 함유하는 옥수수, 대두박 사료를 급여하였으며 다른 구에서는 소금함량을 0.1%로 낮추고 대신 중조를 첨가하여 두가지 사료의 나트륨 함

표6. 사료에 중조(NaHCO_3)의 첨가가 난각의 질에 미치는 영향

처 리	계란의 비중	
	제 14일	제 55일
대 조 구	1.0790	1.0812
중조첨가구	1.0808	1.0834

표7. 사료에 염산(HCl)을 첨가하였을 때 난각의 질에 미치는 영향

처 리	계란의 비중
대 조 구	1.0802
염산첨가구	1.0748

량을 동일하게 하였다. 결과는 중조를 급여하였을 때 계란의 비중이 개선되었음을 볼 수 있다. 한편 표7에서는 사료에 염산(HCl)을 첨가하였을 때 계란의 비중이 현저히 떨어짐을 볼 수 있다.

중조를 급여함으로써 얻어지는 난각질의 개선효과는 사료중의 염소(Cl) 함량에 대한 나트륨(Na)의 비율을 높여 줌으로 대사성 알칼리증을 유도하는데 기인된다. 따라서 HCl을 첨가함으로써 난각의 질이 떨어지는 것은 그 반대의 현상으로 설명할 수 있다.

중조급여의 효과는 항상 일정하지는 않다. 이와 관련된 연구에서 많은 경우에 사료의 소금함량이나 나트륨함량을 고려하지 않았다. 뿐만 아니라 사료의 인함량과 소금의 함량 간에는 교호작용이 있어서 산란율에 영향을 미친다. 인함량이 높은 사료를 급여하는 닭에게 높은 수준의 소금을 급여했을 때 산란율이 증가하였으나 인이 부족한 사료에 높은 수준의 소금을 첨가했을 때는 산란율이 감소하였다. **양계**