

산란사료 내 석회석에 대한 고막조개 패분의 부분 대체 급여가 산란후기의 난 생산성 및 난각질에 미치는 영향

박태순 · 유선종 · 김성권 · 안병기 · 강창원[†]

건국대학교 축산대학 동물자원연구센터

Effects of Dietary Granular Ark Shell Partially Replacing Limestone on Laying Performance and Eggshell Quality in Aged Hens

T. S. Park, S. J. Ryu, S. K. Kim, B. K. Ahn and C. W. Kang[†]

Animal Resources Research Center, College of Animal Husbandry, Konkuk University,
1 Hwayang-Dong, Kwangjin-Gu, Seoul 143-701, South Korea

ABSTRACT This experiment was conducted to examine the dietary effects of local granular ark shell(GAS) replacing limestone on egg shell quality in aged hens. A total of 200 Hy-Line Brown layers of 54-weeks-old were allotted into four treatments with five replications each. They were fed control(limestone only) 1% GAS, 2% GAS and 3% GAS diets for 6 weeks. GAS was substituted for coarse-type limestone at 0, 1, 2 or 3% of diet on weight basis. Particle sizes of limestone and GAS were within the ranges of 2~4 mm in diameters. *In vitro* HCl solubility of GAS was significantly lower(6.27 vs. 7.90%) compared to that of limestone($P < 0.05$). The dietary treatment did not affect feed intake and egg production rate of the birds. Egg shell strength and thickness tended to be improved for birds fed the diets containing higher levels of GAS. The average egg shell strength and thickness of 2 or 3% GAS groups were significantly greater than those of the control ($P < 0.05$). The Tibial ash content of birds from 3% GAS group increased significantly as compared to that of the control. Tibial breaking strength, however, was not affected by the dietary treatment. Serum Ca and P contents of the birds were also not different among the dietary treatments. In conclusion, locally prepared GAS can be used as a calcium source in aged layer diet.

(Key words: granular ark shell, limestone, eggshell quality, aged hen)

서 론

난각 상태는 계란의 주요한 외관적 품질 항목으로, 난각 질(구성성분 및 구조적 강도)의 강약에 의해 직접적으로 손상 여부가 결정된다. 난각 손상은 생산자에게도 큰 손실을 입히는데(Austic and Nesheim, 1990; Hamilton et al., 1979), 생산된 계란의 7.77%가 이미 계사 내에서 파손되며(Roland, 1977), 집란 및 운반과정에서 생기는 6~7%의 난각의 손상을 포함하면 총 생산량의 약 14%에 달하며, 국립농산물품질 관리원의 보고서(2002)에서는 국내에서 연간 생산되는 계란 수를 107억 개로, 계란 개당 가격을 74.6원으로 계산할 때 파란으로 인한 경제적 손실은 연간 약 558억원 정도인 것으로

파악하고 있다.

계란의 난각질에 영향을 미치는 인자는 매우 다양한데, 유전적 인자에 의한 영향(Kang et al., 1996b)과 사양관리, 영양 및 질병 요인과 같은 환경적 인자를 들 수 있다(Roland, 1988). 난각질에 가장 큰 영향을 미치는 영양적 요인으로는 사료 내 Ca 수준을 들 수 있지만, 산란계 사료 내 Ca 공급원 및 공급원의 입자도에 따라서도 난각질은 변화될 수 있다(Roland, 1986). 패분은 석회석과 대체하여 가장 많이 이용된 Ca 공급원으로, 산란중기 이후의 난각질 저하를 막기 위해 가장 보편적으로 이용된다(Makled and Charles, 1987). 초기의 연구 결과를 보면 석회석과 패분은 Ca 공급원으로서 유사한 가치를 가지는 것으로 생각되어 왔으며(Buckner et al.,

[†] To whom correspondence should be addressed : kkuwkwang@kkucc.konkuk.ac.kr

1923), 탄산칼슘, 인산칼슘, 석회석의 Ca 이용성을 조사한 연구에서도 큰 차이가 없었다는 결과가 시사되었다(Waldroup et al., 1964). 대조적으로 Miller and Sunde(1972)는 미분한 석회석을 대체하여 큰 입자의 폐분을 급여했을 때 난각 강도가 개선된다고 하였고, Scott et al.(1971)도 역시 석회석의 2/3를 폐분으로 대체했을 때 난각질의 개선 효과가 뚜렷하게 인정되었다고 보고하였다.

폐분의 대체 및 추가 급여에 의한 난각 강도 개선은 폐분과 같은 큰 입자의 Ca 공급원을 급여했을 때 근위 내의 체재 시간이 증가함으로써 주로 야간에 난각이 형성될 때 효율적으로 이용되기 때문이라고 사료되는데(Scott et al., 1971), Rabon and Roland(1985)는 유사한 입자의 석회석과 다양한 종류의 폐분을 조사했을 때 용해도에서 크게는 62%까지 차이를 보인다고 하였으며, 이는 Scott et al.(1971)의 설명을 뒷받침하는 결과로 생각된다. 반면 Muir et al.(1975)은 입자도가 난각 두께, 난각 파쇄 강도 및 난 비중에 영향을 미치지 않았다는 상반된 결과를 보고한 바 있다. 폐분은 노계에 공급했을 때 더욱 효과적인 것으로 보이는데, Rabon et al.(1991)은 75주령의 공시계에 큰 입자의 폐분(hen-sized oyster shell)을 50% 대체 급여했을 때 난 비중이 유의하게 증가한다는 결과를 관찰하였다. 대조적으로 송만강 등(1981)은 거친 입자의 폐분 공급에 의해 난각중, 난각 두께 및 난각 Ca 함량이 약간 개선되었으나 유의한 차이는 아니었다고 하였다. Roland(1986)는 수십 편의 관련 연구 결과를 정리한 종설에서 폐분의 급여 효과가 그리 크지 않다고 주장하면서 폐분을 미립자 석회석과 대체한 연구에서는 그 효과가 인정되지만, 큰 입자의 석회석과 대체했을 때 난각질이 유의하게 개선되었다는 연구 보고는 20% 정도에 불과하다고 설명하였다. 이러한 결과는 폐분의 추가 공급이 아닌 석회석과의 대체 시에 대체 수준 및 석회석의 입자도에 따라 난각질 개선 효과가 상이하게 나타날 수 있음을 시사하는 것이다.

고막(*Tegillarca granosa*)은 연체동물 사새목 고막조개과의 부족류로서 조간대에서 수심 10 m까지의 진흙질 바닥에서 서식하며 고막, 고막조개, 안다미조개라고도 한다. 한자어로는 감(蚌), 복로(伏老), 괴합(魁蛤) 등으로 불린다. 껍데기는 길이 약 5 cm, 높이 약 4 cm, 너비 약 3.5 cm 정도로 국내에서는 남해안과 서해안의 갯벌에서 주로 서식한다. 국내에서 채취되는 피조개, 새고막, 참고막을 포함하여 연간 약 3만 톤 정도가 생산되고 있고 폐각분으로서 1만~1만 5천 톤 정도가 분리되고 있는데, 주로 공업용, 인체용 등 다양하게 사용되고 있으나 그 수요가 많지 않아 자원화 되지 못하고 있는 실정이다.

본 실험은 산란계의 Ca 공급원으로서 입자도가 유사하도록 조절하여 국내산 고막조개 폐분을 석회석과 대체하여 급여했을 때 산란후기의 난각질에 미치는 영향을 조사함으로써 국내 부존 원료의 사료 자원화 가능성을 시험하기 위한 목적으로 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험설계, 공시동물 및 사양관리

54주령 Hy-Line Brown 산란계 암탉 200수를 공시하여 총 4처리, 5반복에 반복당 10수씩 임의배치하였다. Ca 3.6% 수준의 실험사료(Control)에 고막조개 폐분(Granular ark shell; GAS)을 1%, 2% 및 3% 수준으로 석회석과 대체하여 첨가한 실험사료(GAS 1%, GAS 2% 및 GAS 3%)를 총 6주간 급여하였다.

공시계는 반복 당 각 10수씩 수용하는 2단 철제 케이지(너비 90 cm, 깊이 90 cm; 수당 735 cm²)에서 사육하였다. 실험사료와 물은 자유 채식 및 자유 음수시켰으며, 점등은 전 실험기간 동안 16L:8D로 고정하였다. 기타 사양관리는 사양관리의 관행적인 방법에 준하여 실시하였다(Hy-Line Brown, 2000).

2. 실험사료

실험에 이용한 고막조개 폐분은 국산 고막조개 폐분을 제조 판매하는 전문 업체(피드플러스, 전남 여수시 소재)를 통해 구입하였다. 사용된 사료는 옥수수과 대두박을 기초로 하여 대사에너지(TME_n)는 2,780 kcal/kg으로, 조단백질 함량은 15%로 동일하게 배합하였으며, 실험사료 내 영양소 함량은 NRC(1994) 요구량에 명시된 양을 충족시키거나 상회하는 수준으로 하였다. 실험사료 내 유효인, 라이신 함량 및 함유량 아미노산 함량 역시 각각 0.30%, 0.80% 및 0.64%로 동일한 수준으로 하였다. 본 실험에 이용된 석회석과 GAS의 사전 분석을 통해 Ca 함량이 각각 37.9%와 38.1%로 분석되었기 때문에 모든 실험사료의 Ca 수준 역시 공히 3.6%로 동일하였다. 입자도의 차이에 의한 영향을 배제하기 위해 대조구 및 실험구 사료 내에는 전량 큰 입자의 석회석과 GAS를 선별[US screen No. 5~10 (2~4 mm)]하여 사용하였다. 실험사료의 배합비 및 성분조성을 Table 1에 나타내었다.

3. 조사항목

1) *In vitro* 용해도

본 실험에 이용된 석회석과 GAS의 용해도는 Cheng and Coon(1990)에 의해 제안된 percentage weight loss method (Minnesota method)를 일부 수정하여 조사하였다. US screen No. 5~10을 이용하여 2~4 mm의 균일한 시료를 각각 6점을 채취한 후 분석용 시료로 이용하였다. 용해도 측정을 위해 비이커에 담아 둔 100 mL의 0.1 M HCl을 42°C water bath에

서 15분간 60 Hz로 흔들어 주었다. 시료 2 g을 정확히 칭량한 후 0.1 M HCl이 들어있는 비이커에 넣고 10분간 정치하였으며, filter paper(Whatman No. 42)를 이용하여 여과시켰다. 비이커에 남아 있는 시료를 완전히 옮기기 위해 3차 증류수로 세척하고, filter paper와 시료를 70°C에서 10시간 동안 건조시킨 다음 무게를 정량하여 손실된 무게 %를 용해도로 나타내었다.

Table 1. Formula and chemical composition of experimental diets¹⁾

Items	Control	GAS 1%	GAS 2%	GAS 3%
Limestone	8.74	7.74	6.74	5.74
Granular ark shell(GAS)	-	1.00	2.00	3.00
Dicalcium phosphate	1.07	1.07	1.07	1.07
Yellow corn	61.66	61.66	61.66	61.66
Soybean meal	16.63	16.63	16.63	16.63
Corn gluten meal	2.00	2.00	2.00	2.00
Wheat bran	7.90	7.90	7.90	7.90
Animal tallow	1.20	1.20	1.20	1.20
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Lysine-HCl	0.11	0.11	0.11	0.11
DL-Methionine	0.09	0.09	0.09	0.09
Choline-Cl	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral mix ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Vitamin mix ³⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Calculated values				
Crude protein, %		15.00		
Ether extract, %		4.00		
Crude fiber, %		3.20		
Ca, %		3.60		
Available P, %		0.30		
Lysine, %		0.80		
TSAA, %		0.64		
TME _n , kcal/kg		2,780		

¹⁾ GAS, granular ark shell.

²⁾ Mineral mixture provided following nutrients per kg of diet : Fe, 40 mg; Zn, 65 mg; Mn, 87 mg; Cu, 66 mg; I, 1.5 mg; Se, 0.1 mg.

³⁾ Vitamin mixture provided following nutrients per kg of diet : vitamin A, 10,000 IU; vitamin D₃, 300 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K₃, 2mg; vitamin B₁, 2 mg; vitamin B₂, 5 mg; vitamin B₆, 3.5 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg; pantothenic acid, 12 mg; niacin, 30 mg; biotin, 0.12 mg; folic acid 0.7 mg.

2) 사료섭취량 및 난생산성

사료섭취량은 급여량과 잔량을 1주 간격으로 조사하여 각 반복별로 주당 섭취량을 산출하였다. 실험기간 동안 매일 오후 3시에 수집한 정상산란 개수와 연관, 파란 등을 합한 총 산란 개수를 사육수수로 나누어 산란율을 구하였으며, 수집된 정상란 전부의 무게를 측정하여 정상 계란 수로 나누어 평균 난중을 산출하였다.

3) 난질 및 난각질

실험 사료 급여 후 주 단위로 생산된 계란을 반복구당 10 개씩 수집하여 난각 강도, 난각 두께 등 난각질 관련 항목을 조사하였다.

난각 강도는 난각 강도계(FHK 卵殼強度計, 富士平工業株式會社, Japan)를 이용하여 계란의 둔단부를 위로하고 수직으로 고정된 후 압력을 가하여 파각되는 순간의 압력을 측정하였다. 난각 강도 측정 후 난각 두께는 계란 중앙부의 난각 파편을 채취하여 난각 후도계(FHK Peacock, 富士平工業株式會社, Japan)를 통해 측정된 두께의 평균치로 하였다.

4) 경골 강도 및 화학적 분석

실험종료 시에 반복구별로 체중이 유사한 개체를 2수씩 선발하여 희생시킨 후 우측 경골을 적출하였고, 경골의 길이와 중량을 측정하였다. 채취한 경골 시료는 분석 전까지 뼈의 손상이 가장 적은 -20°C에서 보관하였다(Seldin, 1965). Instron (Model 4465, Instron Standard Testing Machine, Canada)을 이용하여 경골 중심부위의 파쇄 강도를 측정하였으며(Zhang and Coon, 1997), 강도는 Newton(N)으로 표시하였다. 경골 시료는 잘게 세절하고 600°C에서 24시간동안 회화시킨 후 무게를 측정하여 회분함량을 조사하였다(Cheng and Coon, 1990).

5) 혈액 내 Ca 및 P 농도에 미치는 영향

사양실험 종료 시에 혈액 성분의 조사를 위해 09:00시와 15:00시에 각 반복구별(rotation base)로 선발한 개체의 익하

정맥에서 혈액을 채취하여 실험 1과 동일한 방법으로 혈청을 분리하였다. 준비된 혈청은 자동혈액분석기(CX-7 Operator, Beckman Counter, USA)를 사용하여 분석기에 설치된 반응기 내에서 각각의 시약과 반응시킨 후 흡광도를 측정함으로써 혈청 내 Ca 및 P 농도를 조사하였다.

4. 통계분석

실험에서 얻어진 자료들의 통계분석은 Statistical Analysis System(SAS Institute, 2002)의 General Lineal Model(GLM) Program(one-way ANOVA procedure)를 이용하여 실시하였고 분산분석 상의 유의차가 인정되는 경우 Duncan의 multiple range test를 이용하여 처리간의 유의성을 검정하였다(Duncan, 1955). 얻어진 결과치는 평균값과 표준오차로서 표시하였다.

결과 및 고찰

1. *In vitro* 용해도

본 실험에 이용된 석회석과 GAS의 *in vitro* 용해도에 대한 실험 결과를 Table 2에 나타내었다. GAS의 *in vitro* 용해도는 6.27%로 석회석에서의 7.90%에 비해 유의하게 낮은 것으로 분석되었다($P < 0.05$). Rabon and Roland(1985)는 용해도 실험을 통해 유사한 입자 크기의 석회석과 다양한 종류의 패분을 조사했을 때 용해도에서 62%까지 차이를 보이며, 이는 사용하는 원료에 따라 Ca의 이용성에서 상이한 영향을 미칠 수 있음을 시사하는 결과이다. Cheng and Coon(1990)은 다양한 실험방법을 이용하여 9종의 석회석의 용해도를 조사하였는데 최고 12.16%에서부터 최저 2.07%까지 변이가 매우 크다는 결과를 관찰한 바 있다. 또한 percentage weight loss method(Minnesota method)를 이용한 용해도 실험에서 석회석의 입자도에 따라 용해도가 상이하며, 입자도가 작을수록 용해도는 증가한다고 하였다.

Ca 공급원의 용해도는 분석방법에 대한 표준이 정해지지

Table 2. Comparison of *in vitro* solubility by Minnesota method between two different calcium sources^{1),2)}

	Limestone	GAS
Solubility, %	7.90±0.41 ^a	6.27±0.13 ^b

¹⁾ GAS, granular ark shell.

²⁾ Mean±SE.

^{ab} Values with different superscripts differ significantly($P < 0.05$).

않고 있으며 다양한 방법으로 분석되고 있으며, 또한 분석 방법에 따라서도 다양한 결과를 보이고 있다. 본 실험에서는 최근 많이 사용하고 있는 Minnesota method를 이용하여 분석하였으며 석회석의 입자도는 균일한 입자 조건(US screen NO. 5~10, 2~4 mm)에서 실험한 결과 평균 석회석의 입자도에 따른 용해도는 7.90%로 Cheng과 Coon (1990)이 실험한 입자 조건(US screen NO. 6)의 평균 용해도 6.85%와 유사한 결과가 얻어졌다. Zhang and Coon(1997)은 근위 내 석회석의 체류시간은 *in vitro*에서 용해도가 감소할수록 증가하고, *in vivo*의 석회석의 용해도는 Ca의 급여 수준이 증가함에 따라 감소한다고 하였다. 또한 큰 입자도의 용해도가 낮은 석회석은 근위 내에서 더 오랜 시간 머문다고 하였다. Rao and Roland(1989)는 Ca의 공급이 증가함에 따라 근위 내의 Ca의 용해도는 감소하고, *in vitro*에서 큰 입자의 석회석은 작은 입자의 석회석에 비하여 근위 내에서 오랫동안 머문다고 하였다. 이와 같은 선행연구를 통하여 본 실험의 용해도 분석의 결과는 같은 크기의 석회석과 GAS의 용해도에서 GAS 용해도가 유의하게 낮은 결과로 미루어 볼 때 GAS와 같은 용해도가 낮은 Ca 공급제를 대체함으로써 난각질에 긍정적인 결과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 사료섭취량 및 난 생산성에 미치는 영향

Ca 공급원으로서 GAS의 수준별 대체급여가 사료섭취량, 산란율 및 난중에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다. 사료섭취량은 처리간에 통계적인 유의성 있는 차이는 없었으나, 대체로 대조구에 비해 GAS 급여구에서 다소 증가한 것으로 나타났다. 산란율은 GAS 3% 급여구에서 73.33%로 가장 높았고, GAS 1% 급여구에서 65.95%로 가장 낮았으나, 처리 간에 유의한 차이는 인정되지 않았다. 난중에서도 처리 간에 큰 차이는 관찰되지 않았으며, GAS 대체

Table 3. The feed intake and laying performances in hens fed experimental diets supplemented with graded levels of GAS replacing limestone^{1),2)}

Treatments	Feed intake	Egg production	Egg weight
	g/hen/day	%	g/egg
Control	115.23±1.92	67.28±6.31	64.85±1.05
GAS 1%	118.33±3.66	65.93±5.18	64.85±0.39
GAS 2%	124.85±1.52	71.85±5.26	64.30±0.69
GAS 3%	120.63±1.47	73.33±3.62	64.00±0.40

¹⁾ GAS, granular ark shell.

²⁾ Mean±SE.

에 의한 유의한 변화는 인정되지 않았다.

Miller and Sunde(1972) 및 Muir et al.(1975)이 산란계를 공시하여 실시한 선행연구에서 Ca 공급원으로서 패분과 석회석의 대체 시 사료 섭취량에서 큰 차이가 없었으며, 송만강 등(1981)도 다양한 입자도별로 석회석과 패분을 급여한 연구에서 유의한 차이는 없었으나, 패분 급여구에서 사료섭취량이 다소 증가하는 경향을 나타내었다고 하였다. Keshavarz and McCormick(1991) 역시 32주령의 백색계를 공시하여 패분으로 석회석을 50% 대체한 실험사료를 급여했을 때 일당 사료섭취량에서 전혀 차이가 없었다는 본 실험과 잘 일치하는 결과를 보고한 바 있다. 한편 Roland and Harms(1973)는 하절기에 큰 입자의 패분(hen-sized oyster shell)을 첨가 급여했을 때 미분한 석회석 첨가 대조구에 비해 사료섭취량이 유의하게 증가하였으며, 다른 계절에는 사료섭취량에서 차이가 없었다는 흥미로운 결과를 관찰하였다.

Grizzle et al.(1992)은 산란계에서 난각질과 관련된 환경 요인과 영양적 요인에 관한 실험에서도 패분의 급여가 사료 섭취량에 영향을 미치지 않았으며, 난 생산성에서도 큰 차이를 발견하지 못하였다고 보고하였다. 또한 국내의 선행연구에서도 Ca 공급원의 차이에 따라 산란율, 난중 및 사료효율에서 전혀 차이가 없었다는 결과 역시 시사되었다(송만강 등, 1981). Makled and Charles(1987)는 석회석의 2/3를 패분으로 대체하여 16주간 비교적 장기간 급여한 연구에서 처리간에 산란율과 사료효율에서 유의한 차이가 나타나지 않았다고 하였으며, Keshavarz and McCormick(1991) 역시 산란율과 난중과 같은 난 생산성에서 패분의 대체 효과는 인정되지 않았다고 예시한 유사연구와 동일한 결과를 보고하였다. 선행연구 및 본 실험의 결과를 근거로 한다면 패분의 대체 급여 후에 난 생산성 및 사료 섭취량에서 유의한 변화를 기대하기 어려울 것으로 사료된다.

3. 난각 강도 및 난각 두께에 미치는 영향

Ca 공급원으로서 GAS의 수준별 대체급여가 난각 두께와 난각 강도에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 4에 나타내었다. GAS의 대체 급여 수준이 증가함에 따라 주별 난각 강도 및 난각 두께가 증가하는 경향을 나타내었고, 전체 실험기간의 평균치에서는 처리간에 유의차가 인정되었다($P < 0.05$). 난각강도에서 실험개시 1주째는 처리간에 큰 차이가 없었으나 실험기간의 경과와 더불어 GAS 대체 수준이 높아짐에 따라 다소 개선되는 경향이 관찰되었다. 실험 3주째에 GAS 2% 처리구에서 대조구 대비 5.2%, GAS 3% 처리구에서는 6.68% 정도 난각 강도가 개선되었으나 유의차는 없었다. 또

Table 4. The eggshell quality in hens fed experimental diets supplemented with graded levels of GAS replacing limestone^{1),2)}

Treatments	Shell strength	Shell thickness
	kg/cm ²	mm/100
Control	3.99±0.11 ^b	36.33±0.32 ^b
GAS 1%	4.16±0.07 ^{ab}	37.13±0.34 ^{ab}
GAS 2%	4.27±0.06 ^a	37.54±0.23 ^a
GAS 3%	4.39±0.11 ^a	38.13±0.34 ^a

¹⁾ GAS, granular ark shell.

²⁾ Mean±SE.

^{ab} Values with different superscripts differ significantly($P < 0.05$).

한 5주째의 난각 강도에서도 유의한 차이는 인정되지 않았으나, GAS 1%, 2% 및 3% 처리구에서 대조구에 비하여 각각 15.89%, 16.92% 및 17.19% 개선되는 결과가 나타났다. 한편 대조구에서는 주령이 경과함에 따라 난각 강도가 점차적으로 약화되는 경향을 보이는 반면, GAS 첨가구에서는 주령 경과에 따라 유의한 차이는 없었으나, 난각 강도가 다소 개선되거나 유지되고 있는 것을 볼 수 있었다.

난각 두께의 결과, 역시 난각 강도와 유사한 경향이 나타났다. 실험개시 1주째는 대조구에 비해 처리구에서 높은 경향이 나타났고 주령이 경과함에 따라 GAS 처리구에서 개선되는 효과가 있었으며, 실험기간의 평균 난각 두께에서는 유의하게 개선되는 결과를 보였다($P < 0.05$).

Keshavarz and McCormick(1991)은 하절기 및 동절기에 석회석을 대체하여 패분을 공급한 연구에서 50%를 대체 급여하였을 때 난각질이 유의하게 개선되었다고 보고하였으며($P < 0.05$), 미분한 석회석을 패분으로 50% 대체했던 유사연구에서도 난각질이 유의하게 개선되는 결과가 관찰되었다(Keshavarz and Nakajima, 1991). 반면 송만강 등(1981)은 패분 처리구에서 미립자의 석회석 대조구에 비하여 난각질이 개선되는 경향은 있었으나 유의한 차이는 아니었다고 다소 상반된 결과를 보고하였다.

패분의 대체 급여가 난각질에 미치는 영향은 비교를 위한 석회석의 입자도와 밀접한 관련이 있는 듯하다. Grizzle et al.(1992) 역시 미분 석회석 대조구에 비교할 때 미립자 패분만을 급여한 결과보다 거친 입자의 패분을 혼합 사용함으로써 난 비중으로 측정된 난각질이 가장 뚜렷하게 개선되었다고 보고하였다. Roland(1986)는 수십 편의 관련 연구 결과를

정리한 종설에서 패분의 대체 급여 효과는 그리 크지 않다고 하였는데 패분을 석회석 미립자와 대체한 연구에서는 그 효과가 인정되지만, 큰 입자의 석회석과 대체했을 때 난각질이 유의하게 개선되었다는 연구 보고는 그리 많지 않다고 하였다. 이러한 결과는 패분의 석회석 대체 효과는 대체 수준 및 석회석의 입자도에 따라 난각질 개선 효과가 상이하게 나타날 수 있음을 시사하는 것이다. Scott et al.(1971)은 미분한 석회석을 대체하여 다양한 수준으로 패분을 공급한 연구에서 난각의 파쇄 강도가 개선되는 경향을 보여주었는데, 최대의 난각질 개선 효과를 위해서는 큰 입자의 패분을 2/3 수준으로 대체하는 것이 바람직하며 이는 패분과 같이 입자가 큰 Ca 공급원은 닭의 근위에서 미분한 석회석에 비하여 천천히 용해되므로 보다 강한 난각을 만든다고 하였다.

본 실험에서는 입자도에 의한 영향을 배제하기 위해 GAS와 석회석의 입자도를 유사하게 조절하여 사료 내 첨가 급여하였다. 특히 GAS 2% 이상 첨가구에서 대조구에 비해 전체 실험기간의 평균 난각 강도가 유의하게 개선되는 효과가 인정된 결과에서 난각질의 개선을 위해서는 GAS를 2% 이상 대체하는 것이 바람직할 것으로 사료되었다.

4. 경골 강도 및 화학적 성분 조성에 미치는 영향

GAS의 대체급여가 경골 파쇄 강도 및 경골 내 조회분, Ca 및 P 함량에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 5에 나타내었다. 경골 파쇄 강도에서는 처리간에 유의차는 없는 것으로 나타났다. GAS 3% 급여구에서는 대조구에 비하여 다소 경골의 파쇄 강도가 증가하는 경향을 나타내었으나 GAS 1% 및 2% 급여구에서는 대조구에 비해 다소 낮았기 때문에

Table 5. The chemical compositions and bone strength of tibia from hens fed experimental diets supplemented with graded levels of GAS replacing limestone^{1),2)}

Treatments	Crude ash	Ca	P	Bone breaking strength
	%	%	%	N
Control	32.28±0.68 ^b	12.21±0.67	5.86±0.34	177.38±14.35
GAS 1%	34.70±0.80 ^{ab}	13.67±0.51	6.28±0.25	173.10±15.43
GAS 2%	32.00±0.66 ^b	12.28±0.21	5.53±0.12	175.76± 9.26
GAS 3%	36.93±2.25 ^a	13.80±0.85	6.06±0.36	184.77± 9.84

¹⁾ GAS, granular ark shell.

²⁾ Mean±SE.

^{ab} Values with different superscripts differ significantly(P < 0.05).

GAS 대체로 인한 긍정적인 효과는 크지 않았던 것으로 생각되었다. 경골 내 회분 함량은 GAS 3% 급여구가 대조구에 비해 유의하게 높은 수치를 나타내었다(P < 0.05). 경골 내 Ca 함량에서는 처리간에 유의한 차이는 인정되지 않았으며, 단지 대조구에 비해 GAS 첨가 수준이 증가함에 따라 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 경골 내 P 함량은 GAS 2% 급여구에서 5.53%로 가장 낮았고, GAS 1% 급여구에서 6.28%로 가장 높았으나 처리간에 유의성 있는 차이는 아니었으며, GAS 첨가 수준에 대한 반응적인 결과도 아니었다.

패분의 대체 급여 후에 경골 파쇄 강도 및 성분 조성의 변화를 조사한 연구 결과는 거의 없기 때문에 본 실험의 결과를 설명하기는 매우 어렵다. 경골 내 Ca 함량은 사료적 처리에 대해 큰 변화 없이 비교적 일정한 수준으로 유지되는 듯하다. 한인규 등(1981)은 200일령의 백색계를 공시하여 Ca 수준이 다른 사료를 급여한 실험에서 경골 내 Ca 함량이 처리간에 큰 차이 없이 일정하였다고 보고한 바 있다. 그러나 경골의 파쇄 강도(Ruff and Hughes, 1985)와 조회분 함량(Garlich et al., 1982)은 체내 Ca 대사 및 골격상태의 예측 지표가 될 수 있다고 하였다. Frost and Roland(1991)는 산란피크기간 동안 실험사료 내 Ca 및 P 수준을 달리했을 때 사료 내 Ca 함량이 증가함에 따라 경골의 강도, 경골 무게 및 경골 내 회분의 함량과 기타 무기물 함량이 증가한다는 결과를 관찰하였으며, Onyango et al.(2003) 또한 다양한 수준의 Ca와 P의 급여에 따른 경골의 회분 함량을 조사한 실험에서 뼈의 상태는 다양한 Ca와 P의 급여와 관계가 깊다고 하면서 Ca와 P의 수준이 증가함에 따라 성장과 골 회분은 선형적으로 증가하고 골밀도 및 골 내 무기물 수준도 증가한다고 하였다. 본 실험은 헛닭이 아닌 노계를 이용한 실험이므로 노계에 Ca 공급량이나 공급원을 변화시킨다고 해도 단기간에 골격 강도나 질에 변화가 생기기 어려울 것으로 생각되며, Ca 공급 수준에서도 차이가 없기 때문에 골격 구조에 영향을 미치지 않는 것은 당연한 결과로 사료된다.

5. 혈액 내 Ca 및 P 농도에 미치는 영향

GAS의 대체 급여가 혈액 내 Ca 및 P 농도에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 6에 나타내었다. 혈청 내 Ca와 P의 수치는 처리구간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 혈액분석은 오전(09:00시)과 오후(15:00)에 실시하였는데 오전에 채취한 혈청 시료의 분석결과 GAS 3% 처리구에서 혈액 내 Ca의 함량이 26.30 mg/dL로 가장 높았으나 처리간에 유의한 차이는 인정되지 않았다. 대조적으로 P 농도는 GAS 3% 처리구에서 3.66 mg/dL로 가장 낮았으나 이 또한 처리 간에 유의성

Table 6. The serum Ca and P from hens fed the experimental diets supplemented with graded levels of GAS replacing limestone^{1),2)}

Treatments	Ca	P
	mg/dL	mg/dL
AM		
Control	25.73±0.95	3.85±0.26
GAS 1%	25.84±1.06	3.79±0.44
GAS 2%	25.93±0.90	4.02±0.37
GAS 3%	26.30±0.71	3.66±0.34
PM		
Control	27.81±1.05	4.08±0.31
GAS 1%	25.02±0.58	3.44±0.29
GAS 2%	25.19±0.71	4.63±0.42
GAS 3%	26.52±1.03	3.63±0.26

¹⁾ GAS, granular ark shell.

²⁾ Mean±SE.

이 인정되는 수준은 아니었다. 오후에 채취한 혈청의 분석치 역시 처리간에 큰 차이는 없는 것으로 나타났으며, 오전에 채취한 혈청과 유사한 정도의 수준이었다.

Keshavarz and McCormick(1991)은 다양한 Ca 공급원에 대한 실험에서 Ca 공급제에 의한 혈액 내 Ca과 P 농도, 골회분, Ca 체류시간에 대해서는 사료 내 Ca의 공급 형태에 따른 영향이 없었다고 하였다. 본 실험에서는 GAS를 Ca 공급원으로 석회석과 대체 급여함으로 혈장 내 Ca 농도의 변화에 따른 난각질의 변화를 관찰하고자 하였으나, 혈장 내 Ca 및 P의 수준에는 변화가 없는 것으로 나타났다. 이는 Ca 공급원의 종류가 혈액 내 Ca과 P의 농도에 영향을 주지 않았다는 Keshavarz and McCormick(1991)의 보고와 유사한 결과로 판단된다.

한편 산란계에서는 사료 내 Ca 공급원의 차이 또는 Ca 수준이 달라질 때 나타나는 혈액 내 Ca 및 P의 농도의 변화는 연구에 따라 그 결과가 상이하며, 난각질과의 연관성 역시 명확하지 않다. Keshavarz(1986)은 Ca 수준이 각기 다른 사료를 급여한 결과 혈장 내 Ca과 P의 농도에서 처리간에 큰 차이가 없었다고 하였다. Kang et al.(1996a)은 난각질이 우수한 개체와 그렇지 않은 개체를 비교한 연구에서 혈중 Ca 농도가 난각질을 평가하기 위한 좋은 지표가 아니라고 보고하였는데, 본 실험에서도 이를 지지하는 결과가 나타난 것으로 사료된다.

적 요

본 실험은 산란계의 칼슘 공급원으로서 국내산 고막조개 패분(GAS)을 석회석과 대체하여 산란후기의 난각질에 미치는 영향을 조사하고, 부존 원료의 사료 자원화 가능성을 시험하기 위한 목적으로 수행하였다. 54주령 Hy-Line Brown Variety 산란계 암탉 200수를 공시하였고, Ca 3.6% 수준의 실험사료(Control)에 유사한 입자도의 GAS를 1%, 2% 및 3% 수준으로 석회석과 대체하여 첨가한 실험사료(GAS 1%, GAS 2% 및 GAS 3%)를 6주간 급여하였다.

In vitro 용해도는 석회석에 비해 GAS에서 유의하게 낮은 것으로 나타났다($P < 0.05$). 사료섭취량 및 난 생산성에서는 처리간에 통계적인 유의성이 있는 차이는 발견되지 않았다. GAS의 대체 수준이 증가함에 따라 주별 난각 강도 및 난각 두께가 증가하는 경향을 나타내었고, 전체 실험기간의 평균 난각 강도 및 두께의 결과에서는 처리간에 유의한 차이가 인정되었다($P < 0.05$). 경골 파쇄 강도에서는 처리간에 큰 차이가 없었으나, 경골 내 회분 함량은 GAS 3% 급여구가 대조구에 비해 유의하게 높은 수치를 나타내었다. 혈청 내 Ca 및 P의 농도는 처리간에 큰 차이를 보이지 않았다.

본 실험의 결과로부터 산란사료내 석회석을 국내산 고막조개 패분으로 대체 급여를 통해 산란후기 난각질의 긍정적인 개선 효과를 기대할 수 있으며, 산란계 사료에서 Ca 공급원으로서 부존 자원의 효율적인 활용이 가능한 것으로 판단되었다.

(색인어: 고막조개 패분, 석회석, 난각질, 산란 노계)

인용문헌

- Austic RE, Nesheim MC 1990 Poultry Production, 13th ed., Lea & Febiger, Ltd.
- Buckner GD, Martin JH, Peter AM 1923 Calcium metabolism in laying hen. Agri Exp Sta Bul 250. pp. 329-367.
- Cheng TK, Coon CN 1990 Comparison of various *in vitro* methods for the determination of limestone solubility. Poultry Sci 69:2204-2208.
- Cheng TK, Coon CN 1990 Sensitivity of various bone parameters of laying hens to different daily calcium intake. Poultry Sci 69:2209-2213.

- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Biometrika* 11:1-42.
- Frost TJ, Roland DA Sr. 1991 The influence of various calcium and phosphorus levels on tibia strength and eggshell quality of pullets during peak production. *Poultry Sci* 70:963-969.
- Garlich J, Morris C, Brake J 1982 External bone volume, ash, and fat-free dry weight of femurs of laying hens fed diets deficient or adequate in phosphorus. *Poultry Sci* 61:1003-1006.
- Grizzle JM, Iheanacho M, Saxton A, Broaden J 1992 Nutritional and environmental factors involved in egg shell quality of laying hens. *Br Poultry Sci* 33:781-794.
- Hamilton RMG, Hollands KG, Voisey PW, Grunder AA 1979 Relationship between egg shell quality and shell breakage and factors that affect shell breakage in the field-a review. *World's Poultry Sci J* 35:177-190.
- Hy-Line VARIETY Brown 2000 Parent Stock Management Guide.
- Kang CW, Nam KT, Olson OE, Carlson CW 1996a Relationships between eggshell quality and biochemical parameters of calcium metabolism. *Asian-Aust J Anim Sci* 9:715-722.
- Kang CW, Nam KT, Olson OE, Carlson CW 1996b Effects of dietary protein level, restricted feeding, strain and age on eggshell quality in laying hens. *Asian-Aust J Anim Sci* 9:727-735.
- Keshavarz K 1986 The effect of variation of calcium intake on production performance and shell quality. *Poultry Sci* 65: 2120-2125.
- Keshavarz K, McCormick CC 1991 Effect of sodium aluminosilicate, oyster shell, and their combinations on acid-base balance and eggshell quality. *Poultry Sci* 70:313-325.
- Keshavarz K, Nakajima S 1991 Re-evaluation of calcium and phosphorus requirement of laying hens for optimum performance and egg shell quality. *Poultry Sci* 60:63 (Suppl.).
- Makled MN, Charles OW 1987 Eggshell quality as influenced by sodium bicarbonate, calcium source, and photoperiod. *Poultry Sci* 66:705-712.
- Miller PC, Sunde ML 1972 Effects of various particle sizes of oyster shell on layer performance. *Poultry Sci* 51:1838 (Abstr.).
- Muir FV, Gerry RW, Harris PC 1975 Effect of various sources and sizes of calcium carbonate on egg quality and laying hen performance of Red×Rock sex-linked females. *Poultry Sci* 54: 1898-1904.
- National Research Council 1994 Nutrient Requirements of Poultry. 9th ed. Natl Acad Sci, Washington DC.
- Onyango EM, Hester PY, Strohshine R, Adeola O 2003 Bone densitometry as an indicator of percentage tibia ash in broiler chicks fed varying dietary calcium and phosphorus levels. *Poultry Sci* 82:1787-1791.
- Rabon HW Jr, Roland DA Sr. 1985 Solubility comparisons of limestone and oystershells from different companies and the short term effect of switching limestones varying in solubility in egg specific gravity. *Poultry Sci* 64:37 (Suppl.).
- Rabon HW Jr, Roland DA Sr, Bryant M, Barnes DG, Laurent SM 1991 Influence of sodium Zeolite A with and without pullet-size limestone or oyster shell on eggshell quality. *Poultry Sci* 70:1943-1947.
- Rao KS, Roland DA Sr 1989 Influence of dietary calcium level and particle size of calcium source on *in vivo* calcium solubilization by commercial Leghorns. *Poultry Sci* 68: 1499-1505.
- Roland DA Sr. 1977 The extent of uncollectable eggs due to inadequate shell. *Poultry Sci* 56:1517-1521.
- Roland DA Sr 1986 Eggshell quality IV: Oystershell versus limestone and the importance of particle size or solubility of calcium source. *Poultry Sci* 42:166-171.
- Roland DA Sr 1988 Egg shell problem: estimates of incidence and economic impact. *Poultry Sci* 67:1801-1803.
- Roland DA Sr., Harms RH 1973 Calcium metabolism in the laying hen. 5. Effect of various sources and sizes of calcium carbonate on shell quality. *Poultry Sci* 52:369-372.
- Ruff CR, Hughes B 1985 Bone strength of heigh restricted broilers as affected by levels of calcium, phosphorus, and manganese. *Poultry Sci* 64:1682-1636.
- SAS 2002 SAS User's Guide. Statistics, Version 8.e, SAS Institute. Inc., Cary NC USA.
- Scott ML, Hull SJ, Mullenhoff PA 1971 The calcium requirements of laying hens and effects of dietary oyster shell upon egg shell quality. *Poultry Sci* 50:1055-1063.
- Seldin ED 1965 Arheologic model for cornical bone. *Acta Orthop Scand* 36 (Suppl. 83):1-77.

- Waldroup PW, Ammerman CB, Harm RH 1964 The utilization by the chick of calcium from different sources. Poultry Sci 43:212-216.
- Zhang B, Coon CN 1997 The relationship of calcium intake, source, size, solubility *in vitro* and *in vivo*, and gizzard limestone retention in laying hens. Poultry Sci 76:1702-1706.
- 국립농산물품질관리원 2002 가축통계조사결과. p. 20.
- 송만강, 한인규, 이규호, 곽종형 1981 산란계에 대한 칼슘 공급제의 사료가치 비교시험. 3. 칼슘 공급제의 입자도 및 공급원이 산란형질 및 난각질에 미치는 영향. 한축지 23:206-212.
- 한인규, 이규호, 이상진, 강태홍, 권관 1981 산란계에 대한 칼슘 공급제의 사료가치 비교시험. 2. 칼슘 공급수준이 산란율, 난각질 및 사료효율에 미치는 영향. 한축지 23:199-205.