

규산염 복합광물질의 급여가 산란계의 생산능력, 계란품질 및 면역능력에 미치는 영향

임천익¹ · 박진연¹ · 김상은² · 최호성³ · 류경선^{1*}

¹전북대학교 동물자원과학과, ²(주)다비스톤, ³전북대학교 동물생명공학과

Effects of Dietary Silicate Based Complex Mineral on Performance, Egg Quality and Immunological Competence in Laying Hens

Chun Ik Lim¹, Jin Ern Park¹, Sang Eun Kim², Ho Sung Choe³ and Kyeong Seon Ryu^{1*}

¹Department of Animal Science, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

²Davistone, Co., Ltd., Busan 48242, Republic of Korea

³Department of Animal Biotechnology, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effect of feeding with dietary silicate based complex mineral (SCM) on the performance of laying hens. SCM at five levels (0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% and 0.8%) was added to commercial diets, and fed to four hundred fifty Hy-Line Brown from fifty four to sixty five weeks of age. Egg production increased as the addition of dietary SCM to basal diets increased up to 0.6% ($P<0.05$). Furthermore, Feed intake increased in a manner similar to that of egg production ($P<0.05$). However, there was no difference in feed efficiency among the treatments. Eggshell thickness and breaking strength were significantly higher for the chickens fed with SCM than control from sixty weeks old to the end of experiment ($P<0.05$). Similarly, albumen height and Haugh unit were significantly higher for the chickens fed with SCM compared to those of control group ($P<0.05$). AST of birds fed SCM showed significantly higher than control ($P<0.05$). However, blood neutral fat level tended to increase in SCM treatments. Moreover, bone mineral density increased with SCM addition up to 0.4% ($P<0.05$). IL-2 (Interleukin-2) and IL-6 (Interleukin-6) levels appeared to be improved in the chickens fed with SCM addition diets, although not statistically different from all treatments. The results of this study indicated that the optimum SCM for improving the performance, egg quality and immunological competence of laying hens from 54 to 65 weeks of age was 0.6%.

(Key words: egg quality, immunological competence, laying hens, performance, silicate complex mineral)

서 론

국내에서 주요 광물질에 속하는 규산염계 복합광물질은 널리 분포되어 있으며, 표면에 친수성 미세구멍이 다량 존재하여 흡착력이 강하므로 산업적으로 토질개량과 이온교환 장치 등으로 광범위하게 이용되어 왔으며, 축산업에서는 이러한 규산염 계통 이외에도 제올라이트(zeolite), 벤토나이트(bentonite), 고령토(kaolin) 및 흑운모(biotite) 등을 활용하여 항생제를 대체하는 사료첨가제로 연구하여 왔다(Safaeikatouli et al., 2011; Melegy et al., 2015; Yenice et al., 2015). 가축에서 광물질은 장내에서 사료의 통과시간을 지연시키므로 생산능력과 사료이용률을 증진시키며(Kermanshahi et al., 2011),

수분흡수와 이온교환 용량을 높이므로 장내 연변 발생과 유해가스를 줄여 계사 내 환경 개선에 효과가 있으며(Joo et al., 2007), 사료 내 유해균 억제와 독소를 흡착하여 곰팡이의 생존을 저해하므로 사료의 품질을 향상시킨다고 하였다(Melegy et al., 2015). 또한 단위동물의 위에서 염산작용으로 이온화된 후 흡수되어 체내에서 에스트로겐의 수용체로 작용하여 간의 지방대사에 영향을 미치며(Mueller et al., 2004). 뼈의 칼슘 재흡수 촉진, 인산염과 마그네슘 대사 및 혈청농도에도 지대한 영향을 미친다고 하였다(Schwaller et al., 2016). 그러므로 산란계에 이러한 광물질의 적정 급여수준은 생산능력과 난각 형성에 중요한 영향을 미칠 것으로 사료되며, 부존자원의 부가가치를 높게 하는 친환경적 양계 사료자원이

* To whom correspondence should be addressed : seon@jbnu.ac.kr

될 것으로 보인다.

그러므로 본 연구에서는 SiO_2 (73.2%)를 중심으로 Al_2O_3 (14.8%), CaO (1.37%) 및 Fe_2O_3 (0.61%) 등으로 구성된 규산염 계열의 복합광물질을 산란계에 급여하여 생산성, 계란품질, 난황 내 지방산, 혈액성상, 골밀도 및 면역능력에 미치는 영향을 구명하여 사료첨가제로서 가치와 적정수준을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험동물 및 설계

54주령 Hy-Line 갈색종 산란계 450수를 5개 처리구, 5반 복으로 반복당 18수씩 배치하여 12주간 사양실험을 실시하였다. 각 처리구에는 직경 2.4 mm의 SiO_2 (73.2%)를 중심으로 Al_2O_3 (14.8%), CaO (1.37%) 및 Fe_2O_3 (0.61%) 등으로 구성된 복합광물질(Table 1)을 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% 및 0.8% 수준으로 첨가하여 배합하였고, 기초사료는 옥수수, 대두박 위주의 가루사료 형태로 대사에너지는 2,800 kcal/kg, 조단백질은 16% 수준으로 급여하였다(Table 2). 산란계는 전 시험기간 동안 니플이 설치된 3단 케이지에서 사육하였고, 사료

Table 1. SCM composition

Ingredient	%
SiO_2	73.200
Al_2O_3	14.800
Fe_2O_3	0.610
CaO	1.370
MgO	0.160
Na_2O	4.570
K_2O	4.260
Ignition loss	0.880
Calcium	0.600
Potassium	0.190
Mineral chemical composition (%)	
Sodium	0.071
Magnesium	0.020
Iron	0.280
Zinc	0.001
Phosphorus	0.010

Table 2. Basal diet composition

Ingredient	%
Corn	67.23
Soybean meal	17.38
Corn gluten meal	4.24
Limestone	9.42
Calcium phosphate	0.94
Salt	0.38
L-Lysine	0.05
DL-Methionine	0.03
Vitamin premix ¹	0.18
Mineral premix ²	0.15
Total	100.00
ME (kcal/kg)	2,800
CP (%)	16.00
Chemical composition	
Lysine (%)	0.74
Methionine (%)	0.32
Calcium (%)	3.80
Sodium (%)	0.17
Available phosphate (%)	0.32

¹ Contains per kg: vitamin A, 5,500 IU; vitamin D₃ 1,100 ICU; vitamin E, 11 mg; vitamin B₁₂, 0.0066 mg; vitamin K₃, 1.1 mg; riboflavin, 4.4 mg; pantothenic acid, 11 mg (calcium pantothenate: 1.96 mg); choline, 190.96 mg; folic acid, 0.55 mg; pyridoxine, 2.2 mg; biotin, 0.11 mg; thiamine, 2.2 mg; ethoxyquin, 125 mg.

² Contains per kg: Cu, 10 mg; Fe, 60 mg; I, 0.46 mg; Mn, 120 mg; Zn, 100 mg.

와 물은 자유롭게 섭취하도록 하였으며, 점등은 16시간으로 일정하게 고정하였다.

2. 조사항목 및 방법

1) 산란율, 난중, 1일 산란량, 사료섭취량 및 사료요구율

산란 수와 난중은 매일 팬 별로 조사하였고, 사료섭취량은 총 급여량에서 사료잔량을 공제하여 측정하였다. 산란율은 산란 수를 사육수수로 나누어 계산하였고, 사료요구율은 평균 사료섭취량을 1일 산란량으로 나누어 계산하였다.

2) 난각강도, 난각두께, 난백높이 및 호유닛

난각강도, 난각두께, 난백높이 및 호유닛은 4주 간격으로 처리구 당 30개의 계란을 수집하여 총 3회 조사하였다. 난각강도는 난각강도계(QC-SPA; TSS, UK)를 이용하였고, 난각두께는 난각막을 제거한 후 난각두께측정기(FHK, Japan)를 이용하였으며, 난백고와 호유닛은 계란품질측정기(QCM+; TSS, England)를 이용하여 측정하였다.

3) 난황 내 지방산

난황 내 지방산 분석은 사양실험 종료 후 처리구 당 10개의 계란을 수집하여 조사하였다. 난황시료 0.5 g에 methanol과 benzen을 4:1로 혼합한 용액을 첨가하여 5초 동안 혼합하였다. 그리고 acetyl chloride 200 µL를 첨가하여 heating block에서 100℃로 1시간 반응시키고 6% potassium carbonate과 hexane을 각각 2 mL 첨가하여 반응시켰다. 원심분리(3,000 rpm, 4℃, 15 분)를 하여 지방산을 함유한 핵산층을 -20℃에 보관하여 전 처리를 하였다. Flame ionization detector (FID) 방법으로 100 m× 0.25 mm× 0.2 µm의 컬럼을 사용하였고 헬륨을 시료기체로 하였으며, split ratio는 30:1로 하여 GC-MSD (6890N-5973, Agilent, US)를 이용하여 난황 내 지방산 조성을 분석하였다.

4) 혈청 성상

혈청성상은 사양 시험 종료 후 처리구 당 산란계 10수를 익하 정맥에서 채혈한 뒤 원심분리기(3000 rpm, 4℃, 10분)를 사용하여 혈청을 분리하고, 전자동 생화학 분석장비(Automatic Biochemical Analyser, Thermo Scientitic, Konelab 20, Finland)를 이용하여 분석하였다.

5) 경골 밀도

골밀도 측정은 사양시험 종료 후 처리구 당 10수의 산란계를 희생시켜 왼쪽 다리 경골을 채취하고, 골밀도 측정기(Bone Densitometer, Pdexa, USA)를 이용하여 분석하였다.

6) 혈액 내 IL-2과 IL-6 발현

산란계 혈액 내 백혈구의 RNA는 사양실험 종료 후 RNAiso plus(Takara, Japan)를 이용하여 분리하였으며, 분리된 RNA의 양은 BioSpec-nano(Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. RNA 500ng을 65℃에서 5분간 가열시킨 뒤, ReverTra Ace® qPCR RT kit(Toyobo, Japan)을 이용하여 cDNA를 합성하였고, 사이토카인 IL-2과 IL-6의 상대적인 유전자 발현량을 측정하기 위하여, SYBR green PCR kit(TOPreal qPCR

2X Premix, enzynomics)를 처리한 후 CFX Connect Real-Time System(Bio-rad) 기기를 이용하여 PCR을 실시하여 분석하였다(Table 3).

3. 통계처리

수집된 데이터는 SAS(Statistical Analysis System, 9.2 Version, Cary, NC, 2002)의 General Linear Model(GLM)을 이용하여 분석하였으며, 처리구간 값을 Duncan(1955)의 다중검정 방법을 통하여 0.05 수준으로 통계적 차이를 구명하였다.

결과 및 고찰

1. 산란율, 난중, 1일 산란량, 사료섭취량 및 사료요구율

규산염 복합광물질이 산란계의 산란율, 난중, 1일산란량, 사료섭취량 및 사료요구율에 미치는 영향은 Table 4에 나타났다. 0.6% 첨가 급여구에서 산란율은 90.56%로서 대조구 87.74%에 비하여 현저히 높게 나타났으며(P<0.05), 난중은 감소되는 경향을 보였지만 산란율의 증가로 인하여 1일 산란량도 증가하는 경향을 보였다. 사료섭취량은 광물질 첨가 수준이 높아짐에 따라서 증가하는 경향을 보였으며, 0.8% 첨가 급여구에서 128.79 g으로 다른 처리구에 비하여 매우 증가되었지만(P<0.05). 사료요구율은 모든 처리구간에 통계적 차이가 없었다. Jeon et al.(2005)과 Kim et al.(2005)은 규산염 광물질의 첨가로 사료 조단백질 소화율은 개선될 수 있으며, 사료의 기호성 증진에 효과가 있다고 하였다. Son(2005)은 규산염 중심의 세라믹 분말을 산란계 사료에 첨가하였을 때 0.4% 급여수준에서 산란율과 사료요구율이 증가하였다고 하였으며, Kermanshahi et al.(2011)은 산란계에 규산염을 수준별로 첨가 급여시에 대조구에 비하여 산란율이 개선되었다. 본 연구 결과도 이러한 연구 보고와 유사한 경향을 보였으며, 산란계 사료에 규산염 중심의 복합광물질 0.6% 첨가 수준에서 생산능력을 극대화 되었으므로 산란후기에 진입하는 산란계에서 규산염 광물질은 사료첨가제로 매우 유익하게 작용하였을 것으로 사료되었다.

Table 3. Primer used for the quantitative real-time PCR

Cytokines	Primer sequence
IL-2	Forward 5'-GCTAATGACTACAGCTTATGGAGCA-3'
	Reverse 5'-TGGGTCTCAGTTGGTGTGTAGAG-3'
IL-6	Forward 5'-AAATCCCTCCTCGCCAATCT-3'
	Reverse 5'-CCCTCACGGTCTTCTCCATAAA-3'

Table 4. Effect of feeding SCM on performance of laying hens

Treatment (%)	Egg production (%)	Egg weight (g)	Daily egg mass (g)	Feed intake (g)	Feed conversion
0	87.74 ^c	65.29	57.28	126.64 ^b	2.210
0.2	88.28 ^{bc}	65.53	57.83	127.01 ^b	2.200
0.4	88.73 ^{abc}	64.46	57.20	126.37 ^b	2.210
0.6	90.56 ^a	64.53	58.43	127.75 ^{ab}	2.190
0.8	89.96 ^{ab}	64.90	58.39	128.79 ^a	2.210
SEM	0.32	0.29	0.16	0.22	0.006
<i>P</i> value	0.02	0.16	0.23	0.05	0.710

^{a-c} Value with the same letters in the row are significantly different at 5% level.

2. 난각강도, 난각두께, 난백높이 및 호유닛

산란계에 규산염 광물질의 수준별 급여가 계란의 난각강도, 난각두께, 난백높이 및 호유닛에 미치는 영향을 Table 5에 나타내었다. 난각강도는 복합광물질 0.4%, 0.6% 및 0.8% 급여구에서 대조구 및 0.2%급여구와 비교시에 유의적으로 증가하였으며($P<0.05$), 특히 0.6% 급여구에서 3.75 kg/cm²로 대조구인 3.34 kg/cm²에 비하여 0.41 kg/cm²의 현저한 차이가 확인되었다. 난각두께는 복합광물질 0.6과 0.8% 첨가 급여구에서 다른 처리구에 비하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 난백고와 호유닛도 복합광물질 첨가수준이 증가함에 따라 높게 나타나는 경향을 보였으며, 0.6과 0.8% 첨가수준에서 다른 처리구에 비하여 현저하게 증가하였다($P<0.05$). Fendri et al.(2012)은 산란계 사료에 규산염 광물질 1.0% 첨

Table 5. Effect of feeding SCM on egg quality at 65 weeks of age

Treatment (%)	Shell breaking strength (kg/cm ²)	Shell thickness (mm)	Albumen height (mm)	Haugh unit
0	3.34 ^b	0.307 ^b	7.97 ^c	86.80 ^c
0.2	3.50 ^{ab}	0.306 ^b	8.23 ^{bc}	88.95 ^{bc}
0.4	3.63 ^a	0.309 ^b	8.25 ^{bc}	88.51 ^{bc}
0.6	3.75 ^a	0.323 ^a	8.82 ^{ab}	91.70 ^{ab}
0.8	3.71 ^a	0.328 ^a	9.10 ^a	93.86 ^a
SEM	0.04	0.002	0.10	0.58
<i>P</i> value	0.02	<0.01	<0.01	<0.01

^{a-c} Value with the same letters in the row are significantly different at 5% level.

가수준에서 난백고가 높게 나타났으며, 첨가수준이 증가함에 따라 난각강도가 증가하였다고 하였다. Mızrak et al.(2014)은 SiO₂와 MgO 중심의 광물질 1.5과 3% 첨가수준에서 신선도가 높게 나타났으며, 파각란의 발생 비율이 낮아졌다고 하였다. Yenice et al.(2015)도 규산염 광물질 1.0% 급여구에서 신선도와 난각이 개선되었다고 하였다. 이러한 이전의 연구 보고는 산란계 사료에 수준별로 규산염 중심의 복합광물질을 급여시 0.6~0.8% 첨가 급여구에서 계란의 품질이 개선되었다는 본 연구 결과와 많은 부분에서 일치하였다.

3. 난황 지방산

규산염 복합광물질의 급여가 계란 난황의 지방산에 미치는 영향은 Table 6에 나타내었다. 난황 내 지방산은 Linoleic acid(C18:1 n-9), Palmitic acid(C16:0), Linoleic acid(C18:2 n-6) 및 Stearic acid(C18:0) 순으로 함량이 감소하는 경향이 있었다. Stearic acid(C18:0)와 Arachidonic acid(C20:4 n-6)는 0.8% 첨가구에서 대조구와 비교하여 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 반면에 Linoleic acid(C18:1 n-9)와 α -Linolenic acid(C18:3 n-3)는 0.8% 급여구에서 각각 38.08과 0.05%로 현저히 감소하였다($P<0.05$). 이에 따라 단일불포화지방산(MUFA)과 다중불포화지방산(PUFA)은 광물질의 첨가 급여수준에 따라 유의적으로 감소하였고($P<0.05$), 전체 불포화지방산 함량은 0.8% 급여구에서 60.68%으로 대조구인 64.29%와 비교하여 통계적으로 감소하였다($P<0.05$). 그러므로 난황의 UFA/SFA는 0.8% 급여구에서 1.54로 대조구의 1.80에 비하여 통계적 차이를 보였으며($P<0.05$) 포화지방산 함량은 복합광물질의 급여수준이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다($P<0.05$). 이전의 연구보고에서 Son(2005)은 SiO₂ 중심의 광물질을 수준별로 첨가 급여시에 난황지방산 함량에서 차이가 없

Table 6. Effect of feeding SCM on fatty acid composition of egg yolk in laying hens at 65 weeks of age

Treatment (%)	C14:0	C16:0	C16:1 (n-7)	C18:0	C18:1 (n-9)	C18:2 (n-6)	C18:3 (n-3)	C20:1 (n-9)	C20:4 (n-6)	C22:6 (n-3)	MUFA ¹⁾	PUFA ²⁾	UFA ³⁾	SFA ⁴⁾	UFA/SFA
0	0.39	25.93	2.77	9.39 ^c	43.55 ^a	14.35	0.10 ^a	0.30 ^a	2.99 ^c	0.23	46.62 ^a	17.67 ^b	64.29 ^a	35.71 ^c	1.80 ^a
0.2	0.36	26.86	2.86	10.45 ^b	40.68 ^b	14.40	0.11 ^a	0.27 ^b	3.66 ^b	0.35	43.81 ^b	18.52 ^{ab}	62.33 ^b	37.67 ^b	1.65 ^b
0.4	0.40	27.28	3.03	10.15 ^{bc}	40.24 ^b	14.78	0.14 ^a	0.29 ^{ab}	3.43 ^b	0.26	43.56 ^b	18.61 ^{ab}	62.17 ^{bc}	37.83 ^{ab}	1.66 ^b
0.6	0.37	27.36	2.72	10.92 ^b	39.33 ^{bc}	14.83	0.07 ^{bc}	0.27 ^b	3.83 ^b	0.31	42.31 ^{bc}	19.04 ^{ab}	61.35 ^{bc}	38.65 ^{ab}	1.59 ^{bc}
0.8	0.34	27.17	2.35	11.80 ^a	38.08 ^c	14.82	0.05 ^c	0.26 ^b	4.55 ^a	0.58	40.68 ^c	20.00 ^a	60.68 ^c	39.32 ^a	1.54 ^c
SEM	0.01	0.19	0.08	0.17	0.38	0.24	0.01	0.01	0.11	0.05	0.40	0.24	0.29	0.29	0.02
P value	0.11	0.11	0.07	<0.01	<0.01	0.94	0.01	0.03	<0.01	0.21	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01

^{a-c} Value with the same letters in the row are significantly different at 5% level.

¹⁾ Monounsaturated fatty acid, ²⁾ Polyunsaturated fatty acid, ³⁾ Unsaturated fatty acid, ⁴⁾ Saturated fatty acid.

었다고 하였지만 Fendri et al.(2012)은 산란기에 규산염 광물 2% 급여 시 난황 내 포화지방산 함량이 낮아졌으며, MUFA와 PUFA 함량은 증가되었다고 하였다. 또한 복합광물질에서 조성의 차이로 인하여 체내 지방대사는 계란의 난황지방 함량에도 영향을 미친다는 연구보고(Van, 1997)도 있었다. 이러한 선행 연구보고는 본 연구결과와 부분적으로 상반되는 경향을 보였는데, 이러한 결과는 급여된 광물질의 종류, 닭의 종에 따라 지방대사와 침착에 다르게 영향을 미친 원인에 기인한다(Pond et al., 1988; Hagedorn et al., 1990; Kovar et al., 1990).

4. 알부민, 콜레스테롤, 글루코오스, AST, ALT, 단백질 및 중성지방

규산염 광물질의 급여가 산란계의 혈청 성상에 미치는 영향은 Table 7에 나타내었다. 알부민과 콜레스테롤은 복합광물질의 첨가수준에 따른 차이가 나타나지 않았지만, 글루코오스는 광물질의 0.8% 첨가구(279.55 mg/dL)에서 대조구(257.33 mg/dL) 및 0.2% 첨가구(249.24 mg/dL)와 비교하여 통계적으로 높게 나타났($P<0.05$). AST는 복합광물질의 첨가수준이 증가함에 따라 높게 나타나는 경향을 보였지만 처리구간에 통계적 차이는 확인되지 않았고, ALT, HDL-콜레스테롤, 단백질도 처리구간 통계적 차이는 없었다. 중성지방은 0.6~0.8% 첨가 수준에서 2,294~2,358 mg/dL로서 0~0.4% 첨가 수준에서 2,779~3,037 mg/dL에 비하여 감소되는 경향을 보였지만 처리구간 통계적 차이는 없었다. 이러한 결과는 Lot-follahian et al.(2004)과 Safaiekatouli et al.(2011)이 규산염의

Table 7. Effect of feeding SCM on blood composition of laying hens at 65 weeks of age

Treatment (%)	ALB ¹⁾ (g/dL)	CHOL ²⁾ (mg/dL)	Glucose (mg/dL)	AST ³⁾ (IU/L)	ALT ⁴⁾ (IU/L)	HDL ⁵⁾ (mg/dL)	Protein (g/dL)	TG ⁶⁾ (mg/dL)
0	2.14	177.20	257.33 ^c	161.58	-0.77	15.01	6.31	2,808.00
0.2	2.07	169.77	249.24 ^c	166.57	0.33	16.93	6.32	2,779.00
0.4	2.21	193.52	258.82 ^{bc}	174.80	0.85	17.97	6.78	3,037.00
0.6	2.08	206.97	270.69 ^{ab}	187.34	0.46	13.76	6.27	2,358.00
0.8	2.06	180.95	279.55 ^a	194.54	0.69	13.60	6.28	2,294.00
SEM	0.02	5.45	2.54	4.96	0.20	0.72	0.08	115.62
P value	0.12	0.21	0.01	0.18	0.07	0.21	0.22	0.14

^{a-c} Value with the same letters in the row are significantly different at 5% level.

¹⁾ Albumin, ²⁾ Cholesterol, ³⁾ Aspartate amino transferase, ⁴⁾ Alanine amino transaminase, ⁵⁾ High density lipoprotein cholesterol, ⁶⁾ Triglycerides.

급여가 혈청 콜레스테롤에는 영향이 없었고, 단백질과 글루코오스 함량은 증가시켰다는 보고와 유사하였지만, Miles and Henry(2007)가 규산염 중심의 점토광물의 첨가 급여수준에 따른 혈중 글루코오스 함량이 처리구간에 차이가 없었다는 보고와는 상반되었다. 이러한 차이는 복합광물질의 급여형태와 조성 및 사료섭취량의 차이에서 기인된 것으로 사료되며, 본 연구결과 복합광물질의 0.6~0.8% 첨가수준에서 사료섭취량이 증가함에 따라 산란계의 혈청 내 글루코오스 함량은 유의적으로 증가되었고, 중성지방은 수치상 약 15% 감소하였다. 그러므로 산란계 사료 내 규산염 복합광물질의 첨가 급여는 체내 대사활동을 높게 하며, 사료이용성 개선에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료되었다.

5. 골 밀도

규산염 광물질의 수준별 급여가 산란계 경골 밀도에 미치는 영향은 Fig. 1에 나타냈다. 사양시험 종료 후 산란계 경골 밀도는 복합광물질 0.4% 이상 높은 수준의 첨가 급여구에서 대조구와 0.2% 급여구보다 현저하게 증가하였다($P < 0.05$). Leach et al.(1990)과 Elliot et al.(1990)은 규산염 계열에 속하는 zeolite 광물질의 급여는 뼈의 강도와 무기물 함량을 증가시킨다고 하였는데, 이러한 보고는 본 연구결과와 유사하였다. 골밀도는 칼슘의 이용성과 침착 정도를 확인할 수 있는 척도(Schreiweis et al., 2003; Hester et al., 2004)로서 규산염 복합광물질의 급여는 산란계의 경골 내 칼슘침착에 영향을 미칠 것으로 사료되며, 0.4% 첨가수준에서 효과가 극대화 될 것으로 사료되었다.

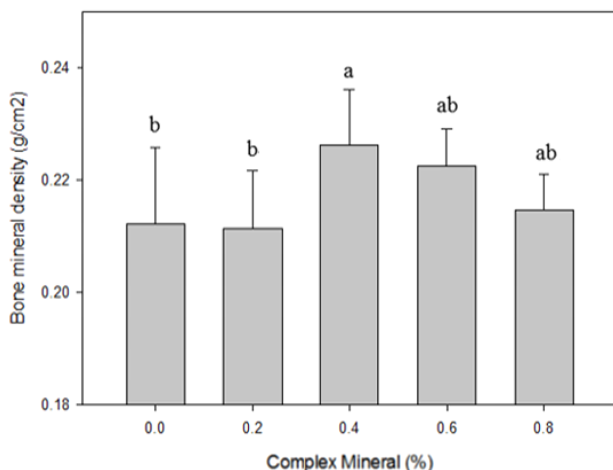


Fig. 1. Effect of feeding SCM on bone mineral density of laying hens at 65 weeks of age.

6. 혈액 내 IL-2와 IL-6 발현

IL-2와 IL-6 모두 체내 면역작용을 담당하는 사이토카인으로(Janeway et al., 1999), IL-2는 natural killer 세포, B 세포 및 T 세포 등의 세포에 영향을 주어 인터페론 γ 생산, IL-8의 증식 및 IL-5의 생성 등의 작용을 하며, IL-6는 B세포를 자극하는 인자로서 B세포가 항체를 생산 세포로의 분화를 유도한다. 본 연구에서는 규산염 광물질의 수준별 급여에 따른 산란계의 면역활성을 조사한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. IL-2와 IL-6의 발현은 처리구간에 통계적 차이는 없었지만, 복합광물질 0.6% 첨가 급여구에서 다른 처리구에 비하여 증가하는 경향을 보였다. 이전의 연구보고에서 Huff et al.(1988)과 Kubana and Harvey(1991)는 zeolite 광물질 내 Hydrated sodium calcium aluminosilicate(HSCAS) 작용기는 아플라톡신에 흡착하여 산란계의 장관 내 독소 흡수를 감소시킨다고 하였다. Lee et al.(2009)은 규산염 중심의 복합광물질의 급여는 산란계 내에서 편모항원 면역에 따른 스트레스를 낮게 하였으며, 살모넬라와 같은 세균 감염에 대한 방어능력을 개선시킨다고 하였고, Joo et al.(2007)도 규산염 점토광물질이 육계의 B세포 관련 면역 체계를 자극하여 항체 역가를 향상시킨다고 하였다. 본 연구에서 산란계의 면역활성 사이토카인은 처리구간에 현저한 차이는 확인되지 않았지만 첨가수준의 증가에 따라서 증대되었고, 0.6% 첨가 급여구에서 면역능력이 가장 개선되었다.

적 요

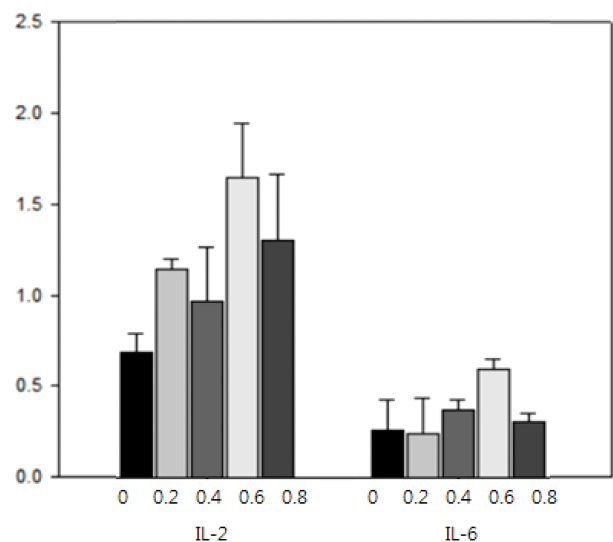


Fig. 2. Effect of feeding SCM on expression of IL-2 and IL-6 in blood of laying hens at 65 weeks of age.

본 연구는 규산염 복합광물질의 첨가 급여가 산란계에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실행하였다. 54주령 하이라인 산란계 450수를 개체별 케이지에 수용하였으며, 처리구는 시판용 사료에 규산염 광물질 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% 및 0.8% 수준으로 첨가하여 처리구당 5반복 반복당 18수씩 12주간 급여하였다. 산란율, 사료섭취량, 사료요구율, 계란품질은 4주단위로 측정하였으며, 혈액 성분 및 면역력, 골밀도는 실험종료 시에 측정하였다. 전 사양시험 기간에 산란율은 0.6% 첨가수준에서 현저하게 증가하였고($P<0.05$), 사료섭취량도 산란율과 동일한 경향을 보였지만($P<0.05$), 사료요구율은 처리구간에 통계적 차이가 없었다. 난각 강도와 두께는 광물질 첨가수준이 증가함에 따라 대조구보다 현저히 높게 나타났으며($P<0.05$), 난백높이와 호유닛도 동일한 경향을 보였다($P<0.05$). 혈청 글루코오스는 광물질의 첨가수준이 증가함에 따라서 대조구보다 높은 경향을 보였으며($P<0.05$), 산란계 경골 밀도는 규산염 광물질 0.4% 첨가 급여구에서 가장 높게 나타났지만($P<0.05$) 보다 높은 광물질 급여수준에서는 감소되었다. IL-2과 IL-6는 0.6%첨가구에서 통계적 차이는 없었지만 높은 경향을 보였다. 본 연구 결과 산란후기로 진입하는 54~65 주령 산란계 생산성의 극대화를 위한 규산염 복합광물질 최적 첨가 급여수준은 0.6%로 구명되었다. (색인어: 규산염 복합광물질, 산란계, 생산성, 계란품질, 면역능력)

REFERENCES

- Cutts JA, Wilson GC, Fernández S 2007 Optimum Egg Quality: A Practical Approach. 5M Publishing.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1-42.
- Elliot MA, Edwards BS, Burdette J 1990 Comparison of the effect of synthetic and natural zeolite on laying and broiler chickens' performance. *Poult Sci* 70(10):2115-2130.
- Fendri I, Khannous L, Mallek Z, Traore AI, Gharsallah N, Gdoura R 2012 Influence of zeolite on fatty acid composition and egg quality in Tunisian Laying Hens. *Lipids in Health and Disease* 11(1):1-6.
- Hagedorn TK, Ingram DR, Kovar SJ, Achee VN, Barnes DG, Laurent SM 1990 Influence of sodium zeolite-A on performance, bone condition and liver lipid content of White Leghorn hens. *Poult Sci* 69(Suppl 1):169(Abstr).
- Han IK, Paik IK, Ha JK, Chae BJ 2012 *Animal Nutrition*. Seoul National University Press, pp 257-259.
- Hester PY, Schreiweis MA, Orban JI, Mazzuco, H, Kopka MN, Ledur MC, Moody DE 2004 Assessing bone mineral density *in vivo*: dual energy X-ray absorptiometry. *Poult Sci* 83(2):215-221.
- Huff WE, Kubena LF, Harvey RBWE, Elissalde MH, Yersin AG, Philips TD Rottinghaus GF 1988 Toxic synergism between aflatoxin and T-2 toxin in broiler chickens. *Poult Sci* 67:1418-1423.
- Janeway CA, Traver P, Walport M, Shlomchik MJ 1999 *Immunobiology: The Immune System in Health and Disease*. Fourth Edition Elsevier/Garland. London, pp 363-415.
- Jeon HY, Son JH, Lee KW, Kim SK, Kang HS, Shin TS, Cho BW 2005 Effects of feeding mixture of commercial broiler feed with spent bleaching clay from vegetable oil refinery on broiler performance. *Korean J Poult Sci* 32(4): 255-260.
- Joo EJ, Jung SJ, Son JH, Cho JK, Yoon BS, Nam KT, Hwang SG 2007 Effect of dietary supplement of fermented clay mineral on the growth performance and immune stimulation in broiler chickens. *Korean J Poult Sci* 34(3):231-236.
- Kermanshahi H, Jani EHA, Hashemipour H, Pilevar M 2011 Efficacy of natural zeolite and pigments on yolk color and performance of laying hens. *African J Biotechnol* 10(16): 3237-3242.
- Kim JH, Kim SC, Ko YD 2005 Effect of dietary zeolite treated on the performance and carcass characteristics in Foinishing pigs. *J Anim Sci and Technol* 47(4):555-564.
- Kovar SJ, Ingram DR, Hagedorn TK, Achee, VN, Barnes DG, Laurent SM 1990 Broiler performance as influenced by sodium zeolite-A. *Poult Sci* 69(1):174.
- Kubena LF, Harvey RB 1991 Effect of hydrated sodium calcium aluminosilicate on growing turkey poults during aflatoxicosis. *Poult Sci* 70:1823-1831.
- Lee SR, Lee S, Chang KT, Kim JW 2009 Effects of dietary supplementation of illite on humoral immunity against *Salmonella typhimurium* flagella antigen in laying hens. *Korean J Poult Sci* 36(3):201-206.
- Leach RM, Heinrichs BS, Burdette J 1990 Broiler chicks fed low calcium diets. 1. Influence of zeolite on growth rate and parameters of bone metabolism. *Poult Sci* 69(9):1539-

- 1543.
- Lotfollahian H, Shariatmadari F, Shivazad M, Mirhadi SA 2004 Study on the effects of two kinds of natural zeolite in diets on blood biochemical parameters, relative weight of body organs and broilers performance. *Pajouhesh & Sazandegi* 64:18-34.
- Melegy KME, Shehata SA, Abdel-Salam AF, Ragheb EM 2015 Influence of bentonite and ascorbic acid on minimizing the toxicity of aflatoxin B₁ in chickens diet. *Egyptian J Poult Sci* 35(2):528-542.
- Miles RD, Henry PR 2007 Safety of improved Milbond-TX[®] when fed in broilers diets at greater than recommended levels. *Anim. Feed Sci Technol* 138:309-317.
- Mizrak C, Yenice E, Kahraman Z, Tunca M, Yıldırım U, Ceylan N 2014 Effects of dietary sepiolite and mannan-oligosaccharide supplementation on the performance, egg quality, blood and digestion characteristics of laying hens receiving aflatoxin in their feed. *Ankara University Vet Fak Derg* 61:65-71.
- Mueller SO, Simon S, Chae K, Metzler M, Korach KS 2004 Phytoestrogen and their human metabolites show distinct agonistic properties on estrogen receptor alpha (ER alpha), and ER beta in human cell. *Toxicol Sci* 80(1):14-25.
- Pond WG, Yen JT, Varel VH 1988 Response of growing swine to dietary copper and clinoptilolite supplementation. *Nutri Reports International* 37(4):795-803.
- Safaeikatouli M, Jafariahangari Y, Baharlouei A 2011 An evaluation on the effects of dietary kaolin and zeolite on broilers blood parameters, T4, TSH and growth hormones. *Pakistan J Nutri* 10:233-237.
- SAS 2002 SAS/STAT Software for PC. SAS Institute Cary NC USA.
- Schreiweis MA, Orban JI, Ledur MC, Hester PY 2003 The use of densitometry to detect differences in bone mineral density and content of live White Leghorns fed varying levels of dietary calcium. *Poult Sci* 82(8):1292-1301.
- Schwaller D, Wilkens MR, Liesegang A 2016 Zeolite A effect on calcium homeostasis in growing goats. *J Anim Sci* 94(4):1576-1586.
- Son JH 2005 Effects of dietary ceramic powder on laying performance, pathogenic bacterial counts in caecal contents and excreta, malodorous substances in excreta and fatty acid composition of egg yolk in laying hens. *Korean J Poult Sci* 32(4):261-268.
- Van Elswyk ME 1997 Comparison of n-3 fatty acid sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: A review. *British J Nutri* 78(1):61-69.
- Yenice E, Mizrak C, Ceylan N, Yildiz T, Gültekin M, Atik Z 2015 Effects of dietary sodium bentonite and mannan oligosaccharide supplementation on performance, egg quality, blood and digestion characteristics of laying hens fed aflatoxin contaminated diet. *Kafkas University Vet Fak Derg* 2:211-218.

Received Oct. 18, 2017, Revised Dec. 17, 2017, Accepted Dec. 18, 2017