

규산염 복합광물질의 급여가 육계의 생산능력, 계육품질 및 면역능력에 미치는 영향

임천익¹ · 박진언¹ · 김상은² · 최호성³ · 류경선^{1*}

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

Effects of Dietary Silicate Based Complex Mineral on Performance, Meat Quality and Immunological Competence in Broiler

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 5489, 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 dietary silicate based complex mineral (SCM) on the performance of broiler chicks. Four hundred fifty one day old Cobb × Cobb broiler chicks were fed with commercial diets at 0%, 0.05%, 0.10%, 0.15% and 0.20% SCM with five replicates for five weeks. Weight gain, feed intake and feed conversion were measured weekly, and blood composition, immunity and meat quality were evaluated at the end of experiment. During overall period weight gain in chicks fed diet containing 0.1% SCM was significantly increased as compared with that of control ($p < 0.05$). Feed intake showed no consistency among the treatments. Feed conversion appeared to increase in the chickens fed with SCM addition diets during prestarter period. Albumin, glucose and other blood parameters related to chicken health tended to improve at the level of 0.05% SCM addition treatments. Drip loss in breast meat was significantly decreased in more than 0.05% SCM addition ($p < 0.05$). The expression of IL-2 (Interleukin-2) in blood increased significantly in the chickens fed with SCM of 0.05% or 0.10% level than other treatments ($p < 0.05$). The optimum SCM concentration for commercial dietary supplementation for improving broiler performance and other health-related parameters was 0.10%.

(Key words: broiler, immunity, meat quality, performance, silicate complex mineral)

서론

전 세계적으로 약 40여 종이 존재하는 규산염 광물질은 물리화학적으로 흡착성, 이온교환성 및 팽윤성 등과 같은 다양한 특성이 존재하므로 항생제를 대체하는 가축용 배합사료 첨가제로 그 가치가 연구되어 왔다(Schneider et al., 2016). 가금에서 광물질은 소낭, 선위 및 근위에서 저작과 소화활동을 통하여 분쇄 및 이온화되며, 장에 도달하여 올리고 펩티드와 킬레이트 결합 후 흡수되어 그 효력이 발생되는데, 선행 연구에서 규산염의 첨가급여는 사료의 장내 통과시간을 지연시켜 수분흡수 및 사료의 소화율과 이용률을 증대하므로 성장을 높게 하였다(Karamanlis et al., 2008; Pasha et al., 2008). 또한 유해가스를 흡착하여 계사 내부 환경을 개선하였으며(Joo et al., 2007; Lee et al., 2009a), 가금류에 급여 시에 강건

성과 면역능력을 증진시킨다고 하였다(Al-Beitawi et al., 2017; Lee et al., 2009b). 그러나 이러한 광물질도 가축에서 필요한 요구량보다 높게 섭취하면 배설로 인한 환경오염이 야기될 수 있고(Lee et al., 2009a), 일부는 생체에서 독성을 야기하므로 성장장애를 초래할 수 있다(Wang et al., 1989). 이러한 규산염 광물질은 광물마다 조성이 천차만별이고, 섭취한 광물질의 일부는 킬레이트화 되어 흡수될 수 없으므로 가축용 사료에 광물질의 적정 첨가수준 구명은 지속적으로 필요하다.

그러므로 본 연구에서는 국내에서 생산되는 규산염이 다량 함유된 복합광물질을 육계에 급여하여 생산성, 계육품질, 계육지방산, 혈액성상 및 면역능력에 미치는 영향을 조사하여 사료첨가제로서 최적 수준을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

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

1. 시험동물 및 설계

Cobb 육계 450수를 5개 처리구, 6반복으로 반복당 15수씩 배치하여 5주간 사양실험을 실시하였다. 본 시험에 이용된 광물질은 SiO₂(73.2%)를 중심으로 Al₂O₃(14.8%), CaO (1.37%) 및 Fe₂O₃(0.61%) 등으로 구성되었으며, 1.2 mm 직경으로 기초사료에 0%, 0.05%, 0.10%, 0.15%, 0.20% 수준으로 첨가하여 각 처리구에 분배하였다. 시험 사료는 옥수수과 대두박 위주로 배합되었으며, 사육 초기 1주령 ME 3,050 kcal/kg, CP 23%, 사육 전기 2~3주령 ME 3,100 kcal/kg, CP 21% 및 사육 후기 4~5 주령엔 ME 3,200 kcal/kg, CP 19% 수준으로 급여하였으며(Table 1), 사육 초기, 전기, 후기에 각각 크럼블, 펠렛 형태로 급여하였다. 사양관리는 관행적인 방식으로서 자리깃으로 왕겨를 사용하였고, 사료와 물은 무제한으로 섭취할 수 있도록 하였다.

2. 조사항목 및 방법

1) 체중, 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

체중과 사료 잔량은 사육 초기, 전기, 후기로 구별하여 모든 개체를 매주 측정하였다. 사료섭취량은 총 급여량에서 사료 잔량을 공제하여 측정하였고, 사료요구율은 사료섭취량에서 증체량을 나누어 계산하였다.

2) 혈액 성분

혈액은 사양 시험 종료 후 처리구 당 육계 10 수의 혈액을 채혈한 후 혈청을 분리하여 전자동 생화학 분석 장비(Automatic Biochemical Analyser, Thermo Konelab 2, Finland)를 이용하여 분석하였다.

3) pH, 육색, 육즙손실, 조리감량 및 전단력

처리구 당 10수를 희생시킨 후 가슴살을 채취하여 분석하였다. pH는 Mettler Toledo PH/ Ion S220(Leicester, UK) 육색은 Konica Minolta, CM-2500d(Ramsey, NJ, USA), 전단력은 3342 Instron Corporation(Norwood, MA, USA) 모델을 사용하여 각각 3번을 측정된 후 평균값을 계산하여 나타내었다. 육즙손실과 조리감량은 처리 전과 후의 무게를 비교하여 나타내었다. 육즙손실은 4℃에서 24시간 보관한 후 무게를 측정하였고, 조리감량은 70℃의 물에서 15분간 가열한 후 무게를 측정하였다.

4) 계육 지방산

지방산 분석은 처리구 당 10수에서 가슴살을 채취하여 분

Table 1. Component and composition of basal diet in broilers

Ingredient	Pre-starter	Starter	Grower
Corn	51.93	57.68	60.66
Soybean meal	37.51	26.87	18.08
Corn gluten meal	-	4.313	6.384
Wheat	3.000	5.000	5.000
Wheat bran	-	-	3.000
Soybean oil	2.500	2.000	3.000
Limestone	1.524	1.277	1.429
DCP	1.700	1.807	1.321
Salt	0.398	0.390	0.388
Lysine	0.291	0.349	0.443
Methionine	0.166	0.103	0.084
Vitamin premix ¹	0.100	0.100	0.100
Mineral premix ²	0.100	0.100	0.100
Total		100.000	
ME (kcal/kg)	3,050	3,100	3,200
CP (%)	23	21	19
Chemical composition			
Calcium (%)	1.100	1.000	0.950
Lysine (%)	1.450	1.250	1.120
Methionine (%)	0.517	0.454	0.421
Sodium (%)	0.180	0.180	0.180
Available P (%)	0.450	0.450	0.350

¹ Contains per kg: vitamin A, 12,000 IU; vitamin D₃, 5,000 IU; vitamin K₃, 3 mg; vitamin B₁, 2 mg; vitamin B₂, 6 mg; vitamin B₆, 4 mg; vitamin B₁₂, 25 mg; biotin, 0.2 mg; folic acid, 0.2 mg; niacin, 70 mg; pantothenic acid, 20 mg.

² Contains per kg: Cu, 20 mg; Co, 0.5 mg; Fe, 50 mg; I, 1,300 mg; Mn, 120 mg; Se, 0.3 mg; Zn, 100 mg.

석하였다. 동결건조시킨 시료를 0.5 g 채취하여 methanol과 bro-trifluoride in methanol용액을 2 mL씩 첨가한 후 heating block에서 80℃로 2시간 반응시켰다. 그 후 증류수와 hexane 용액을 각각 3 mL 첨가한 후 원심분리(3,000 rpm, 4℃, 15 분)를 하여 상층액인 지방산 1 mL를 분리하였다. 분석에는 GC-MSD(6870N-5973, Agilent, USA)을 이용하였고, 칼럼은 Fused silica capillary column(100 m × 0.25 mm × 0.2 μm film thickness, SPTM-2560, USA)을 이용하였다. Carrier gas는 헬륨을 사용하였으며, split ratio는 10:1로 하여 flame ionization

detector(FID)로 분석하였다.

5) 혈청 내 Interleukin-2(IL-2)과 Interleukin-6(IL-6) 발현

육계 혈액 내 백혈구의 RNA는 RNAiso plus(Takara, Japan)를 이용하여 분리하였고, BioSpec-nano(Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. RNA 500 ng을 65°C에서 5분간 가열시킨 뒤, ReverTra Ace® qPCR RT 키트(Toyobo, Japan)를 이용하여 cDNA를 합성하였다. SYBR green PCR 키트(TOPreal qPCR 2X Premix, enzynomics)를 처리한 후 CFX Connect Real-Time System(Bio-rad, USA) 기기를 이용하여 PCR 기법으로 IL-2와 IL-6의 유전자 발현량을 측정하였다 (Table 2).

3. 통계처리

수집된 데이터는 SAS(Statistical Analysis System, 9.2 Version, Cary, NC, 2002)의 General Linear Model(GLM)을 이용하였으며, Duncan(1955)의 다중검정법을 통하여 0.05 수준으로 유의성을 구명하였다.

결과 및 고찰

1. 체중, 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

규산염 복합광물질의 수준별 급여가 육계의 체중, 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 사육초기 1주령 체중, 증체량 및 사료섭취량은 처리구간에 통계적 차이는 없었지만, 사료요구율은 0.10% 첨가구에서 1.070으로 대조구의 1.126에 비하여 개선되는 경향을 보였다. 사육전기 2~3 주간 증체량은 0.05와 0.10% 첨가구에서 각각 711.21과 710.29 g으로 대조구의 690.43 g에 비하여 높은 경향을 보였으며, 4~5주와 총 사육기간 중의 증체량은 대조구에 비하여 0.10% 첨가구에서 유의하게 높았으며($p<0.05$), 0.15% 및 0.20% 급여구에서는 대조구와 차이가 없었다. 사료섭취량 처리구간에 일관성이 없었으며, 사료요

구율은 규산염 첨가구에서 개선되는 경향을 보였지만 통계적 차이는 없었다. Joo et al.(2007)은 규산염 점토광물질 0.3% 첨가수준에서 육계의 증체량과 사료섭취량을 증가시킨다고 하였고, Karamanlis et al.(2008)도 천연규산염은 육계의 체중과 증체량을 증가시킨다고 하였다. 본 연구 결과도 선행연구 결과와 유사하게 육계에 복합광물질의 급여는 증체량을 증가시켰는데, 이러한 원인은 규산염 광물질이 육계의 단백질 소화율과 이용성을 개선하였으며(Pasha et al., 2008), 체내 단백질 합성과 성장호르몬을 자극(Underwood, 2012)하였기 때문으로 사료된다. 그러나 복합광물질 0.10% 첨가보다 높은 0.15와 0.20% 첨가 급여수준에서 증체량이 상대적으로 낮아졌고, 이는 육계에서 생리적으로 요구하는 광물질 수준보다 높게 급여함으로써 체내 독성을 야기하고 성장장애를 초래하였기 때문으로 사료된다(Wang et al., 1989). 그러므로 본 실험의 결과, 육계 사료에 생산성의 극대화에 적합한 광물질의 첨가수준은 0.10%로 사료되었다.

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

규산염 복합광물질의 수준별 급여가 육계의 혈청 내 알부민, 콜레스테롤, 글루코오스, AST, ALT, 단백질 및 중성지방에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 알부민은 0.05% 첨가구에서 1.60 g/dL로 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 콜레스테롤은 처리구간 차이가 없었으나, 글루코오스는 광물질 0.20% 첨가구(336.51 mg/dL)에서 대조구(297.69 mg/dL)와 0.05% 첨가구(292.19 mg/dL)에 비하여 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). AST와 ALT는 첨가수준 차이가 미치는 영향은 확인되지 않았고, HDL 콜레스테롤도 처리구간에 통계적 차이는 없었지만 0.05%첨가구에서 126.09 mg/dL로 대조구의 113.93 mg/dL에 비하여 수치적으로 증가하였다. 단백질은 처리구간 차이는 없었지만, 중성지방은 0.05%, 0.10% 첨가 급여구(90.42~109.25 mg/dL)에서 대조구 및 0.15~0.20 % 첨가 급여구(135.61~163.72 mg)에 비하여 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 이러한 결과는 Choi(2005)와 Al-Beitawi et al. (2017)의 규산염 중심 점토광물질의 2% 첨가수준이 육계 혈청 내 중성지방을 감소시켰다는 결과와는 유사하였지만, HDL 콜레스테롤은 증가시켰다는 결과와는 상반되었다. 이는 Lee et al.(2003)와 Yang et al.(2005)의 연구에서 규산염 광물의 입자도에 따라 가축의 생리적 작용이 달라진다고 하였으므로 입자도가 작은 점토광물질은 본 연구에서 사용된 1.2 mm 입자 광물질보다 육계의 HDL 콜레스테롤 향상에 효과적일 것으로 유추되었지만, 추후 육계에서 규산염 광물의 입자도와

Table 2. Primer used for the quantitative real-time PCR

Cytokines	Primer sequence
IL-2	Forward 5'-GCTAATGACTACAGCTTATGGAGCA-3'
	Reverse 5'-TGGGICTCAGTTGGTGTGTAGAG-3'
IL-6	Forward 5'-AAATCCCTCCTCGCCAATCT-3'
	Reverse 5'-CCCTCAGGTCTTCTCCATAAA-3'

Table 3. Effect of feeding SCM on performance in broilers

Treatment (%)	Body weight (g)	Weight gain (g)	Feed intake (g)	Feed conversion
----- Pre-starter (0~1 week) -----				
0	205.63	162.82	183.38	1.126
0.05	210.67	167.72	180.22	1.075
0.10	209.68	166.69	178.42	1.070
0.15	207.56	164.36	181.78	1.106
0.20	208.11	165.08	180.69	1.095
SEM	0.84	0.83	1.17	0.007
<i>P</i> value	0.38	0.38	0.76	0.090
----- Starter (2~3 weeks) -----				
0	896.06	690.43	1,041.92	1.509
0.05	921.87	711.21	1,045.50	1.471
0.10	919.97	710.29	1,039.00	1.463
0.15	909.18	701.63	1,044.57	1.489
0.20	901.57	693.46	1,045.19	1.507
SEM	3.54	3.33	5.98	0.009
<i>P</i> value	0.08	0.16	1.00	0.410
----- Grower (4~5 weeks) -----				
0	1,847.87 ^b	951.81	1,788.64	1.880
0.05	1,887.62 ^{ab}	965.74	1,778.66	1.842
0.10	1,923.70 ^a	1,003.73	1,823.05	1.818
0.15	1,896.95 ^{ab}	987.11	1,764.36	1.786
0.20	1,857.95 ^b	956.38	1,737.59	1.816
SEM	8.21	7.73	17.45	0.013
<i>P</i> value	0.01	0.16	0.65	0.200
----- Total (0~5 weeks) -----				
0	1,847.87 ^b	1,805.06 ^b	3,013.93	1.670
0.05	1,887.62 ^{ab}	1,844.67 ^{ab}	3,004.38	1.629
0.10	1,923.70 ^a	1,880.71 ^a	3,040.47	1.617
0.15	1,896.95 ^{ab}	1,853.09 ^{ab}	2,990.70	1.614
0.20	1,857.95 ^b	1,814.92 ^b	2,963.47	1.633
SEM	8.21	8.20	16.62	0.009
<i>P</i> value	0.01	0.01	0.70	0.260

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

Table 4. Effect of feeding SCM on serum composition in broilers

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	1.50 ^{ab}	172.00	297.69 ^{bc}	206.14	2.58	113.93	3.93	135.61 ^{ab}
0.05	1.60 ^a	185.91	292.19 ^c	245.37	2.09	126.09	4.09	90.42 ^c
0.10	1.41 ^b	172.38	302.42 ^{bc}	237.56	2.41	118.23	3.57	109.25 ^{bc}
0.15	1.41 ^b	176.90	313.82 ^b	240.73	2.46	120.12	3.67	136.19 ^{ab}
0.20	1.41 ^b	181.33	336.51 ^a	215.63	3.42	116.90	3.64	163.72 ^a
SEM	0.02	3.02	3.89	13.02	0.21	1.56	0.08	7.27
P value	0.01	0.57	<0.01	0.87	0.35	0.14	0.24	0.01

^{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⁾ Trigly cerides.

관련된 연구가 광범위하게 병행되어야 할 것으로 보인다. 한편, 알부민은 간의 기능을 평가하는 수단이며, 중성지방은 혈관질환에 관련되는 요인에 속하는데, 본 연구에서 육계에 광물질 첨가 급여 시에 이러한 건강과 관련된 인자들이 개선 되는 경향을 보였다.

3. pH, 육색, 육즙손실, 조리감량 및 전단력

규산염 복합 광물질 수준별 급여가 계육의 pH, 육색(명도, 적색도 및 황색도), 육즙손실(drip loss), 조리감량(cooking loss) 및 전단력에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. pH와 육색(명도, 적색도 및 황색도)에는 복합광물질의 급여수준에 따라서 처리구간 차이는 없었다. 육즙손실은 광물질 0.10~0.20% 첨가구에서 1.36~1.66%로서 대조구의 2.29%에

비하여 현저하게 낮았다($p<0.05$). 조리감량도 복합광물질 첨가구에서 6.17~7.09%로서 대조구의 7.17%에 비하여 낮은 경향을 보였으며, 전단력은 증가하는 경향을 보였다. Mallek et al.(2012)은 zeolite 광물질 1% 첨가구에서 계육의 단백질 결합을 향상시키므로 보수력을 증진시킨다고 하였고, Choi (2005)도 규산염 중심의 점토광물질 5% 첨가수준에서 보수력이 약 7% 증가하였다고 하였다. 이러한 선행연구는 본 연구결과와 유사하였고, 이것은 광물질의 세포 내 이온화 교환 역할(Underwood et al., 1999)과 규산염 광물질의 높은 흡착력 및 수분 흡수력에서 기인(Baerlocher et al., 2007)된 것으로 사료되었다. 본 연구결과, 육즙손실은 0.20% 첨가구에서 가장 개선되었지만, 0.10% 첨가구와 통계적인 차이가 없었으므로 계육 수분유지를 위한 규산염 광물질의 효율적인 적정

Table 5. Effect of feeding SCM on meat quality in broilers

Treatment (%)	pH	Color (CIE)			Drip loss (%)	Cooking loss (%)	Shear force (kgf)
		Brightness (L)	Redness (a)	Yellowness (b)			
0	5.77	51.76	2.69	4.52	2.29 ^a	7.17	2.02
0.05	5.78	52.55	2.73	5.59	1.72 ^{ab}	6.17	2.36
0.10	5.78	52.03	2.45	5.20	1.46 ^b	6.89	2.10
0.15	5.76	52.63	3.32	5.42	1.66 ^b	6.91	2.45
0.20	5.75	50.21	2.90	5.42	1.39 ^b	7.09	2.61
SEM	0.01	0.52	0.14	0.22	0.10	0.22	0.10
P value	0.94	0.61	0.56	0.62	0.03	0.64	0.31

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

첨가수준은 0.10%로 사료된다.

4. 계육 지방산

육계에 규산염 복합광물질의 수준별 급여가 육계의 가슴 육 지방산 함량에 미치는 영향은 Table 6에 나타내었다. 육계의 가슴살 지방산은 주로 Oleic acid(C18:1 n-9), Palmitic acid(C16:0), Linoleic acid(C18:2 n-6) 및 Palmitoleic acid(C16:1 n-7)로 확인되었는데, Palmitic acid(C16:0)는 0.10% 첨가구에서 22.97%로 유의적으로 낮았고($p < 0.05$), Oleic acid(C18:1 n-9)는 43.01%로 높게 측정되어($p < 0.05$), 0.10% 첨가구에서 전체 불포화지방산(UFA) 함량은 67.22%로 유의적으로 증가하였고($p < 0.05$), 반대로 전체 포화지방산(SFA) 함량은 32.78%로 감소하였다($p < 0.05$). 단일불포화지방산(MUFA)과 다중불포화지방산(PUFA)는 처리구간 유의성은 없었으나, UFA/SFA 함량은 0.10% 첨가구에서 2.05로 가장 높게 나타났($p < 0.05$). 이러한 결과는 Mallek et al.(2012)과 Kim et al.(2017)이 육계에 규산염의 급여가 가슴살의 Palmitic acid(C16:0)를 감소시키며, Oleic acid(C18:1 n-9)를 증가시키므로 계육 내 불포화지방산 함량을 증진시킨다는 보고와 동일한 경향을 나타내었다. 한편, 불포화지방산은 계육의 품질을 평가할 수 있는 주요 기준에 속하는데(Weber, 2001; Barroeta, 2007), 그 함량이 높을수록 향미, 질감과 같은 고기의 맛이 개선될 수 있다(Risso and Carelli, 2017). 본 연구결과, 복합광물질 0.10% 첨가 급여구에서 대조구에 비하여 계육의 불포화지방산 함량이 증대되었으므로, 규산염 복합광물질은 계육의 품질을 개선할 수 있었다.

5. 혈액 내 IL-2와 IL-6 발현

육계에 규산염 복합광물질의 수준별 급여가 면역 능력과 관련되는 혈액 내 IL-2와 IL-6의 발현에 미치는 영향은 Fig. 1에 나타내었다. IL-2는 규산염 복합광물질 0.05%와 0.10% 첨가구에서 다른 처리구에 비하여 현저하게 증가하였으며($p < 0.05$), IL-6도 복합광물질 0.05%와 0.10% 첨가구에서 증가하는 경향을 보였지만 처리구간에 통계적 차이는 확인되지 않았다. IL-2는 natural killer 세포, B세포 및 T세포에 영향을 주고, IL-6는 B세포가 항체생산 세포로의 분화를 유도하는 사이토카인으로 IL-2와 IL-6 모두 체내의 면역작용을 담당한다(Janeway et al., 1999). Lee et al.(2009b)은 규산염 중심의 복합광물질의 첨가급여는 산란계에서 면역반응을 증가시켜 살모넬라와 같은 세균감염에 대한 방어능력을 증대시킨다고 하였으며, Joo et al.(2007)과 Hasan et al.(2010)은 광물질이 육계의 B세포 관련 면역체계를 자극하여 항체 역가를

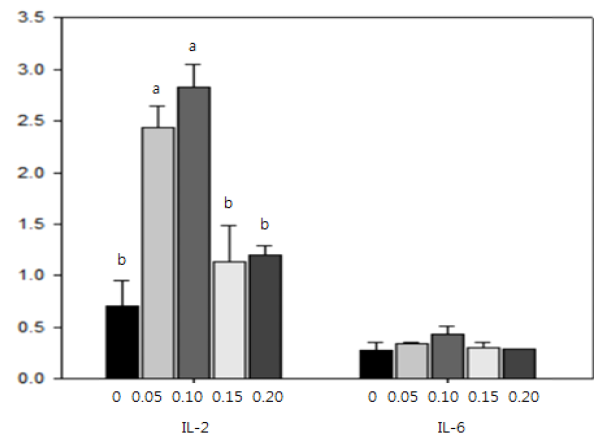


Fig. 1. Effect of feeding SCM on expression of IL-2 and IL-6 in blood of broilers.

Table 6. Effect of feeding SCM on fatty acids (%) in breast meat of broilers

Treatment (%)	C14:0	C16:0	C16:1 (n-7)	C18:0	C18:1 (n-9)	C18:2 (n-6)	C18:3 (n-6)	C20:1 (n-9)	C20:4 (n-6)	C22:6 (n-3)	MUFA ¹⁾	PUFA ²⁾	UFA ³⁾	SFA ⁴⁾	UFA/SFA
0	0.79	24.68 ^a	5.78	9.74	41.03 ^{ab}	16.16	0.24	0.76	0.58	0.24	47.57	17.22	64.79 ^{ab}	35.21 ^{ab}	1.84 ^{ab}
0.05	0.82	24.48 ^a	6.14	8.72	41.32 ^{ab}	16.97	0.25	0.71	0.42	0.17	48.17	17.81	65.98 ^{ab}	34.02 ^{ab}	1.96 ^{ab}
0.10	0.73	22.97 ^b	5.44	9.09	43.01 ^a	16.80	0.26	0.76	0.64	0.31	49.21	18.00	67.22 ^a	32.78 ^b	2.05 ^a
0.15	0.80	24.96 ^a	5.96	8.79	40.44 ^{ab}	17.38	0.17	0.81	0.51	0.19	47.21	18.24	65.45 ^{ab}	34.55 ^{ab}	1.90 ^{ab}
0.20	0.76	25.46 ^a	5.64	10.13	38.44 ^b	17.67	0.22	0.75	0.64	0.29	44.83	18.83	63.66 ^b	36.34 ^a	1.76 ^b
SEM	0.02	0.26	0.19	0.36	0.56	0.31	0.02	0.02	0.05	0.02	0.66	0.36	0.41	0.41	0.03
P value	0.57	0.01	0.84	0.70	0.05	0.63	0.66	0.58	0.55	0.31	0.32	0.74	0.05	0.05	0.05

^{ab} 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.

향상시키는 작용을 한다고 하였고, Gilani et al.(2013)은 sodium bentonite 광물의 2% 급여수준에서 산란계의 면역글로불린 G를 증가시킨다고 하였다. 이러한 선행 연구 보고와 유사하게 본 연구에서도 규산염 광물질의 급여로 IL-2의 발현을 높게 하였으므로 육계의 면역능력을 높게 하였다.

적 요

본 연구는 규산염 복합광물질의 수준별 급여가 육계의 생산성 및 면역능력에 미치는 영향을 구명하기 위하여 5주간 사양실험을 실행하였다. 처리구는 1일령 코브 450수에 시판용 육계용 사료를 기초사료로 하여 규산염 광물질을 0%, 0.05%, 0.10%, 0.15%, 0.20% 수준으로 첨가하였으며, 5개 처리구, 처리구당 6반복 반복당 15수씩 배치하였으며, 체중과 사료섭취량은 주간단위로 측정하였고, 실험 종료 시에 계육 품질, 혈액 성분 및 계육의 지방산 함량, 면역능력에 미치는 영향을 조사하였다.

전체 사양시험 기간의 체중과 증체량은 0.10%의 첨가수준에서 대조구에 비하여 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$). 사료섭취량과 사료요구율은 처리구간에 차이가 없었지만, 사육 초기 7일간 사료요구율은 복합광물질 처리구에서 개선되는 경향을 보였다. 혈중 알부민, 혈당 등, 건강과 관련되는 다른 인자들은 대조구에 비하여 규산염 첨가구에서 수준별로 반응하며 개선되는 경향을 보였다. 계육에서 육즙손실은 모든 광물질 급여구에서 대조구보다 매우 낮았다($p < 0.05$). 혈청 내 알부민 함량은 0.05% 첨가수준에서 증가하였으며($p < 0.05$), 글루코오스 함량은 0.05% 첨가 수준에서 가장 낮았다($p < 0.05$). 중성지방은 0.20% 첨가수준에서 현저히 증가되었으며, 0.05% 첨가수준에서 가장 낮았다($p < 0.05$). 가슴살에서 지방산 함량은 처리구간에 통계적 차이는 없었지만, 0.05%와 0.10% 첨가 급여구에서 불포화지방산이 증가하였고, 포화지방산이 감소하는 경향이 나타났다. 혈액 IL-2 유전자 발현은 0.05% 및 0.10% 첨가 급여구에서 다른 처리구보다 통계적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 본 실험 결과, 규산염 복합광물질의 0.10% 첨가 급여로 육계의 생산성은 개선되었으며, 계육에서 불포화지방산이 증가되었고, 혈액에서 건강과 관련된 인자들의 수준을 높게 하였으며, 면역 능력을 개선하였다.

(색인어: 규산염 복합광물질, 육계, 생산성, 육질, 면역능력)

REFERENCES

Al-Beitawi NA, Momani Shaker M, El-Shuraydeh KN, Blaha

J 2017 Effect of nanoclay minerals on growth performance, internal organs and blood biochemistry of broiler chickens compared to vaccines and antibiotics. *J Appl Anim Res* 45(1):543-549.

Baerlocher C, McCusker LB, Olson DH 2007 Atlas of Zeolite Framework Types. Elsevier.

Barroeta AC 2007 Nutritive value of poultry meat: Relationship between vitamin E and PUFA. *World's Poult Sci J* 63:71-89.

Choi I 2005 Effects of dietary supplementation of loess on the performance and meat quality of broiler chicks. *Korean J Poult Sci* 32(1):1-7.

Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1-42.

Gilani A, Kermanshahi H, Golian A, Tahmasbi AM, Aami Azghadi M 2013 Appraisal of hematological indices and humoral immunity in commercial laying hens fed rations consisting cottonseed meal and sodium bentonite. *Iranian J Appl Anim Sci* 3(4):687-694.

Hasan G, Toloei T, Habibi M 2010 Efficacy of esterified glucomannan, sodium bentonite and humic acid to counteract experimental aflatoxicosis on antibody titers against Newcastle disease in broilers. *African J Biotechnol* 9(26):4127-4131.

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.

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.

Karamanlis X, Fortomaris P, Arsenos G, Dosis I, Papaioannou D, Batzios C, Kamarianos A 2008 The effect of a natural zeolite (clinoptilolite) on the performance of broiler chickens and the quality of their litter. *Asian-Aust J Anim Sci* 21:1642-1650.

Kim BK, Yi JK, Hwang EG, Kang BS 2017 Effects of a diet supplemented with dried animal blood and macsumsuk mixture on the growth performance and meat quality parameters of broiler chickens. *Korean J Poult Sci* 44(1):29-39.

Lee JS, Kang SW, Yoon JA, Son YS 2009a Effects of dietary silicate minerals on ammonia emission from excreta

- and performance of laying hens. *J Anim Env Sci* 15(3): 199-208.
- Lee SR, Lee S, Chang KT, Kim JW 2009b 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.
- Lee WB, Kim IH, Hong JW, Kwon OS, Min BJ, Shon KS, Jung YK 2003 Effects of feeding levels and particle size of germanium biotite on pig performance. *J Anim Sci and Technol* 45(5):787-796.
- Mallek Z, Fendri I, Khannous L, Hassena AB, Traore AI, Ayadi MA, Gdoura R 2012 Effect of zeolite (clinoptilolite) as feed additive in Tunisian broilers on the total flora, meat texture and the production of omega 3 polyunsaturated fatty acid. *Lipids in Health and Disease* 11(1):35-41.
- Pasha TN, Mahmood A, Khattak FM, Jabbar MA, Khan AD 2008 The effect of feed supplemented with different sodium bentonite treatments on broiler performance. *Turkish J Vet Anim Sci* 32(4):245-248.
- Risso SJ, Carelli AA 2017 Effects of conservation method and time on fatty acid composition, taste and microstructure of southern king crab (*Lithodes santolla* Molina, 1782) meat. *J Aquatic Food Product Technol* 26(6):731-743.
- SAS 2002 SAS/STAT Software for PC. SAS Institute Cary NC USA.
- Schneider AF, Almeida DD, Yuri FM, Zimmermann OF, Gerber MW, Gewehr CE 2016 Natural zeolites in diet or litter of broilers. *Br Poult Sci* 57(2):257-263.
- Underwood E 2012 Trace Elements in Human and Animal Nutrition 4e. Elsevier.
- Underwood EJ 1999 The Mineral Nutrition of Livestock. Cabi.
- Wang YC, Wei HY, Bu DP, Sun P, Luan GC, Zhou ZF 1989 Food Safety. Hua Hsiang Yuan Publishing Taipei, pp 116-143.
- Weber G 2001 Nutritional effects on poultry meat quality, stability and flavor. In Proc 13th European Symposium on Poult Nutri Blankenberghe. Belgium, pp 9-16.
- Yang CB, Ko SB, Cho WT, Han IK 2005 Effect of the particle size of Jeju scoria on growth performance, carcass characteristics and fecal components in pigs. *J Anim Environmental Sci* 11(2):77-88.

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