

D Lite의 수준별 첨가가 육계의 사양성적, 영양소 소화율, 도체성상 및 육질에 미치는 영향

김진수¹ · 김영우¹ · 김광현¹ · 권일경² · 채병조^{1,†}

¹강원대학교 동물자원과학과, ²강원대학교 동물식품응용과학과

Effects of Levels of D Lite Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Characteristics and Quality of Meats in Broilers

Jin Soo Kim¹, Young Woo Kim¹, Kwang Hyun Kim¹, Il Kyung Kwon² and Byung Jo Chae^{1,†}

¹Department of Animal Resources Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

²Department of Animal Products & Food Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

ABSTRACT An experiment was conducted to investigate the effects of dietary supplementation of a silicate mineral (D Lite) on growth performance, nutrient retention, carcass characteristics and meat quality in broiler chicks. A total of 640 broiler chicks were randomly allotted to four dietary treatments in a randomized complete block design. Each treatment had four replicates comprising 40 broilers in each replicate. Dietary treatments were as follows: control (0% D Lite), and diets supplemented with 0.15%, 0.30% and 0.45% of D Lite. The starter and finisher diets were fed from d 0 to 21 and d 21 to 35, respectively. Body weight gain during starter ($p<0.05$), finisher ($p=0.057$) and overall ($p<0.001$) experimental period and feed intake ($p<0.05$) during starter period decreased quadratically with increasing dietary D Lite levels. The birds fed 0.15% D Lite showed the greatest ($p<0.05$) overall weight gain, feed intake and retention of gross energy and calcium. There were no differences ($p>0.05$) in carcass characteristics, organ weights and breast meat composition. However, as the level of D Lite was increased in the diet there was a linear decrease in the TBARS values of breast meat ($p<0.05$) at d 12 of storage. These results suggest that D Lite supplementation at the level of 0.15% is shown to be effective in improving performance and nutrient retention in broilers.

(Key words : D Lite, growth performance, nutrient retention, TBARS, broilers)

서 론

현대의 축산업은 생산성 향상을 위한 가축의 성장 촉진을 도모하고 안전한 축산물을 생산하기 위해 다각적으로 노력하고 있으며, 이에 따라 친환경 사료 첨가제에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

Zeolite, bentonite, Kaolin 및 illite 등의 규산염 광물질은 주로 탈취제, 이온 교환제 및 토양 개량제로 사용되고 있는데, 이러한 규산염 광물질을 가축에 급여할 경우, 증체량 및 사료 요구율이 개선되고(하홍민 등, 2001), 정장 작용, 건강 상태의 개선, 질병 발생률 및 폐사율이 감소한다고 보고하였으며(Mump-ton and Fishman, 1977), 또한 규산염 광물질은 장내의 유해한 균체, 독소, 가스 및 과잉 수분의 흡착과 배설, 연변 또는

설사를 방지한다고 하였으며(Ramos et al., 1996), 가축의 장 내 용물의 부피를 효과적으로 증가시킬 수 있도록 수분을 흡수하여 위 장관 내 영양소의 체류 시간을 연장시킴으로써 효소에 의한 소화 시간을 연장시켜 영양소 소화를 촉진시켜준다고 보고하였다(Qusterhout, 1967; Harms and Damron, 1973).

또한 사료의 가공, 배송 및 저장상에서 규산염 광물질의 강한 흡착력으로 인해 곰팡이 독소에 의한 피해를 완화시키는데 도움을 준다고 보고하였으며(Miazzo et al., 2000; Ortatlati and Oğuz, 2001), Huff et al.(1992)은 육계 사료 내 규산염 광물질의 첨가로 aflatoxin의 독성을 경감시켜 간, 신장, 심장 및 신위의 무게를 감소시킨다고 보고하여 사료 내 독소 및 유해균의 억제 효과도 있는 것으로 보고되었다.

따라서 본 연구는 육계 사료 내 규산염 광물질인 D Lite의

[†] To whom correspondence should be addressed : bjchae@kangwon.ac.kr

수준별 첨가가 육계의 사양 성적, 영양소 소화율, 도체 성적 및 육질에 미치는 영향에 대해 구명하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험 동물 및 시험 설계

본 시험에서는 평균 개시체중이 40 g인 육계(Ross종, 1일령) 640수를 공시하여 4처리 4반복, 반복당 40수씩 완전임의 배치하였다. 각각의 처리구는 D Lite를 첨가하지 않은 무첨가 대조구, D Lite 0.15%, 0.30% 및 0.45% 첨가구로 나누어 총 5주간 사양시험을 실시하였다. 본 연구에 이용된 D Lite는 SiO₂ 83.30%, Al₂O₃ 6.83%, Fe₂O₃ 2.17% 및 TiO₂, MgO, MnO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ 등을 소량 함유하였으며, 에코산업(주)에서 공급받았다.

2. 시험 사료 및 사양 관리

1) 시험 사료

시험 사료는 옥수수-대두박 위주의 기초 사료를 사용하였으며, 영양소 수준을 전기(0~21일)와 후기(21~35일)로 나누어 배합하였다. 배합비와 성분은 Table 2에서 보는 바와 같이 NRC (1994) 권장량에 준하여 배합하였으며, 조단백질 함량은 전기와 후기 각각 22%와 20%이었고, 에너지 수준(ME)은 3,200 kcal/kg으로 동일한 값을 두었다. D Lite는 사료 배합 시 분말 형태의 시료를 직접 첨가하여 배합하였다.

2) 사양 관리

온도 관리는 입추 시 약 34°C에서 매주 3°C씩 감온하여 시험 종료 시에는 22°C를 유지하였으며, 습도는 70%로 내외로 유지하였다. 본 시험은 일반적인 상업 조건의 계사에서 진행되었으며, pen의 크기는 2.5×3 m이고 가운데 사료통과 물통을 배치하여 자유채식시켰으며, 바닥 재료로는 왕겨를 이용하여 5 cm 이상의 두께로 깔아주었다. 모든 사양 관리는 일반 상업적인 관행에 준하여 진행하였으며, 사양 시험 기간 동안 시험 사료 이외의 첨가제 및 약품은 일체 사용하지 않았다.

3. 조사 항목 및 수행 방법

1) 사양성적

체중은 입추 시와 단계별로 측정하였는데, 반복별 전 체중량을 칭량하여 개체수로 나누어 평균 체중을 측정하였다. 사료 섭취량은 단계별로 누적 사료 섭취량으로 조사하였고,

사료 요구율은 사료 섭취량을 증체량으로 나누어 각 단계별로 사료 요구율을 계산하였다.

2) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 대사 케이지에 각 반복별로 2수씩 선발하여 총 32수를 공시하였고, 후기(21~35일)

Table 1. Formula and chemical compositions of the basal diets for broilers

Item	Starter (d 0~21)	Finisher (d 21~35)
Ingredients (%)		
Corn	55.70	58.33
Soybean meal (44%)	26.19	21.43
Wheat	2.00	5.00
Corn gluten meal	7.00	8.00
Fish meal (55%)	2.00	—
Soy oil	3.65	3.86
Tricalcium phosphate	1.84	1.66
Lime stone	0.75	0.75
Salt	0.30	0.30
L-Lysine (50%)	0.17	0.35
DL-Methionine (88%)	0.10	0.02
Choline chloride (50%)	0.10	0.10
Vitamin premix ¹	0.10	0.10
Trace mineral premix ²	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
Chemical composition (%)		
ME (kcal/kg)	3,200	3,200
CP	22.00	20.00
Ca	1.00	0.90
Avail. P	0.45	0.40
Lysine	1.10	1.00
Met + Cys	0.88	0.72

¹Vitamin premix per kg diet: 9,000 IU vit A, 1,800 IU vit D₃, 10 IU vit E, 1 mg vit K₃, 1 mg vit B₁, 4 mg vit B₂, 2 mg vit B₆, 0.02 mg vit B₁₂, 12 mg pantothenic acid, 30 mg niacin, 0.03 mg biotin, 0.5 mg folic acid.

²Supplied per kg diet: 40 mg Fe, 0.05 mg Co, 40 mg Cu, 60 mg Mn, 50 mg Zn, 1 mg I, 0.1 mg Se.

사료 내 소화율 지시제로 산화크롬(Cr_2O_3 , 0.25%)을 시험 사료에 첨가하여 급여하였으며, 변화된 환경과 시험 사료에 대한 4일간의 적응 기간과 3일간의 채취 기간을 두었다. 대사케이지 밑에 비닐을 깔고루 편 후 전분 채취법으로 실시하였으며, 대사 시험 기간 동안 분뇨 중에 사료, 깃털 또는 비닐 등의 이물질의 혼합을 최소화시켰다. 채취한 분은 60°C의 열풍 건조기에서 72시간 건조시킨 후 1 mm 망사 Wiley mill로 분쇄한 후 분석 시료로 사용하였다. 시험 사료와 분의 일반성분은 AOAC(1990) 방법에 준하여 분석하였다. 사료 및 분내 총에너지는 Automatic bomb calorimeter(Model 1241, Parr Instrument Co. Molin, IL)로 분석하였으며, 산화크롬은 acid digestion method(한인규 등, 1987)에 의하여 spectrophotometer(Model V-550, Jasco Co., Japan)를 이용하여 측정하였다. 영양소 소화율은 다음의 계산식에 의하여 구하였다.

$$\text{영양소 소화율(\%)} = \{1 - (\text{사료 중의 Cr 함량 \%} \times \text{분 중의 영양소 함량 \%}) / (\text{분 중의 Cr 함량 \%} \times \text{사료 중의 영양소 함량 \%})\} \times 100$$

3) 도체 성상 및 가슴살 성분 분석

도체 성상 조사는 시험 종료 시 반복별 4수씩 도살하여 생체중에 대한 도체중, 가슴육, 복강지방 및 장기 무게의 비율을 측정하였다. 도살 직전에 각각 생체중을 측정한 후 탈모하고 제1경추골 상단과 두개골 사이를 절단하여 머리를 제거하고 경골과 중추골 사이의 관절 부위를 절단하여 다리를 제거하였으며, 내장을 모두 적출한 후 나머지를 도체중으로 정량하여 생체중에 대한 백분율로 표시하였다. 복강지방 축적율은 근위 부위와 흉배설강 주변, 복강 내부의 지방을 분리한 후 정량하여 생체중 및 도체중에 대한 백분율로 산출하였다. 가슴육의 수분, 조회분 및 조단백질을 측정하기 위하여 도축 시 샘플을 채취하여 분석하기 전까지 냉장보관하였으며, AOAC (1990)방법에 의해 분석을 실시하였다.

4) TBARS 측정

TBARS를 측정하기 위해 2°C 냉장고에서 보관하였으며, Sinnhuber and Yu(1977)의 방법을 이용하여 실시하였다. 시험관 내에 가슴살 세절육을 0.4 g 정량하여 황산화 용액(propylene glycol + warm tween + BHT + BHA), 2-thiobarbituric acid 용액 3 mL, trichloroacetic acid-HCl 17 mL를 넣고 vortex에서 2초간 혼합한 후 질소 gas로 상층의 공기를 치환한 후에 시험관의 마개를 덮고 100°C 이상에서 30분간 가열한 후에 흐르는 물에서 냉각하여 반응액 5 mL를 취하여 여기에 chloroform 2

mL를 넣고 3,000 rpm에서 15분간 원심분리시킨 후 상등액을 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4. 화학 분석 및 통계처리

본 시험에서 얻어진 시험 결과들은 SAS Package(1990)의 GLM(general linear model) 절차를 활용하여 정리 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 사양성적

D Lite의 수준별 첨가가 육계의 사양성적에 미치는 영향은 Table 2와 같다. 전기(0~21일)에서는 D Lite 0.15% 첨가구가 대조구에 비해 증체량 및 사료 섭취량에서 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.05$), D Lite 0.15% 이상 첨가 시에는 증체량 및 사료 섭취량이 감소하는 경향을 나타냈다($p < 0.05$). 후기(21~35일)에서는 D Lite 0.15% 첨가구가 다른 첨가구에 비해 증체량에서 유의적으로 개선되었으며($p < 0.05$), 사료 섭취량 및 사료 요구율에서는 전 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 시험 전 기간(0~35일)동안 D Lite 0.15% 첨가구에서 증체량 및 사료 섭취량이 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.05$), 0.15%를 초과하여 첨가할 경우 증체량이 감소하는 것으로 나타났다($p < 0.001$).

이러한 결과는 Willis et al.(1982)은 육계 사료 내 규산염 광물질의 일종인 zeolite를 2% 또는 3% 수준으로 급여하였을 때 사료 요구율에는 영향이 없었으나, 증체율이 개선되었다는 연구와 박재홍 등(2002)의 육계 사료 내 인공 및 천연 zeolite을 급여한 연구에서 zeolite 1.5% 첨가구가 3.0% 첨가구에 비해 증체량이 우수하였다는 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

2. 영양소 소화율

D Lite의 수준별 첨가가 육계의 영양소 소화율에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 건물, 단백질, 회분, 칼슘 및 인 소화율에서는 전처리구 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$).

전해열 등(2005)은 양계사료에서 SiO_2 가 주성분인 ceramic 분말 및 식용유 정제 폐백토의 첨가로 인해 사료의 소화율을 개선시켰다고 보고하였으며, 규산염 광물질을 첨가하여 소화율이 개선된 본 연구 결과와 일치하였다. Harms and Damron (1973)은 영양소의 장관 내 체류시간을 증가시켜 영양소 소화율을 개선시킨다고 하였는데, 본 연구에서도 유사한 작용으로 인해 영양소 소화율을 개선시킨 것이라 판단된다.

Table 2. The effect of supplemental D Lite on growth performance in broilers

Item	D Lite (%)				SEM ¹	<i>p</i> -value ²	
	0	0.15	0.30	0.45		L	Q
d 21							
BW (g/bird)	699	779	733	724	10.63	0.685	0.023
FI (g/bird)	1,161	1,278	1,218	1,191	16.56	0.796	0.021
FCR	1.67	1.64	1.66	1.65	0.02	0.818	0.880
d 35							
BW (g/bird)	1,070	1,125	1,077	1,073	8.48	0.563	0.057
FI (g/bird)	2,192	2,283	2,218	2,232	19.21	0.741	0.342
FCR	2.05	2.03	2.08	2.08	0.02	0.608	0.748
d 0~35							
BW (g/bird)	1,769	1,903	1,810	1,798	15.11	0.944	<0.001
FI (g/bird)	3,352	3,561	3,436	3,424	33.15	0.742	0.092
FCR	1.90	1.87	1.90	1.90	0.02	0.719	0.701

¹Standard error of means.²L: linear; Q: quadratic**Table 3.** The effect of supplemental D Lite on apparent nutrients retention (%) in broilers

Item	D Lite (%)				SEM ¹	<i>p</i> -value ²	
	0	0.15	0.30	0.45		L	Q
Dry matter	73.33	73.96	73.22	73.97	0.14	0.276	0.782
Gross energy	76.80	77.75	77.04	77.34	0.13	0.331	0.135
Crude protein	63.28	63.96	63.37	63.34	0.16	0.785	0.284
Crude ash	33.49	33.59	33.34	33.76	0.57	0.923	0.907
Calcium	32.28	34.25	31.64	34.15	0.40	0.282	0.654
Phosphorus	29.87	30.47	30.19	30.90	0.43	0.517	0.954

¹Standard error of means.²L: linear; Q: quadratic

3. 도체성장 및 가슴살 성분 분석

D Lite 첨가에 의한 육계의 도체 성장은 Table 4와 같다. 도체중, 가슴살 비율은 D Lite 첨가가 대조구에 비해 높은 경향을 나타냈으나, 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). 생체중에 대한 복강지방, 심장, 선위, 근위, 간, 소장 및 대장의 비율에서도 전처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 민병석 등(1988)은 육계 사료 내 zeolite를 급여시 도체를 및 복강지방에 영향을 미치지 않는다고 하여 본 연구 결과와 일치한 반면, 안승민 등(2006)은 육계 사료 내 규산염 광물질을 첨가할 경우 복강지방이 감소

한다고 하여 본 연구 결과와는 일치하지 않았다. 따라서 규산염 광물질의 급여가 도체 성장 및 복강 지방에 미치는 영향에 대한 더 많은 연구가 필요하며, 다양한 규산염 광물질 제제의 작용기전을 밝혀 적정 첨가 수준을 구명하는 것이 중요하다. D Lite 첨가에 의한 가슴살 성분의 변화는 Table 5와 같다. 가슴살 샘플을 채취하여 수분, 조회분, 조단백질을 분석한 결과, 전처리구간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). 따라서 D Lite의 첨가는 가슴살의 수분, 조회분 및 조단백질 함량에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

4. TBARS 분석

D Lite 첨가에 의한 가슴살 TBARS의 변화는 Table 6과 같

다. 도체 내 TBARS를 측정하기 위해 샘플 채취 당일을 시작으로 4일 간격으로 가슴살을 분석한 결과, 저장 8일째까

Table 4. The effect of supplemental D Lite on carcass traits and the relative weight of various organ in broilers

Item	D Lite (%)				SEM ¹	<i>p</i> -value ²	
	0	0.15	0.30	0.45		L	Q
Carcass traits, % of live weight							
Dress	61.08	61.85	61.21	61.36	0.52	0.972	0.790
Breast muscle	14.34	15.11	14.54	14.93	0.20	0.532	0.665
Abdominal fat	1.58	1.51	1.61	1.59	0.05	0.777	0.844
Organ weights, % of live weight							
Heart	0.56	0.55	0.57	0.57	0.01	0.362	0.623
Proventriculus	0.43	0.44	0.46	0.48	0.02	0.221	0.762
Stomach	1.64	1.66	1.60	1.69	0.02	0.676	0.438
Liver	2.66	2.56	2.62	2.52	0.05	0.413	0.990
Small intestine	3.48	3.72	3.56	3.67	0.06	0.425	0.568
Large intestine	0.63	0.63	0.65	0.67	0.02	0.443	0.738

¹Standard error of means.

²L: linear; Q: quadratic.

Table 5. The effect of supplemental D Lite on the chemical composition breast meat (%) in broilers

Item	D Lite (%)				SEM ¹	<i>p</i> -value ²	
	0	0.15	0.30	0.45		L	Q
Moisture	72.98	73.29	73.28	73.19	0.115	0.572	0.411
Crude ash	1.25	1.32	1.31	1.27	0.03	0.780	0.327
Crude protein	22.55	22.54	22.51	22.52	0.02	0.376	0.813

¹Standard error of means.

²L: linear; Q: quadratic.

Table 6. The effect of supplemental D Lite on TBARS values of breast meat in broilers

Item	D Lite (%)				SEM ¹	<i>p</i> -value ²	
	0	0.15	0.30	0.45		L	Q
Storage days							
0	0.261	0.261	0.271	0.276	0.01	0.653	0.929
4	0.391	0.383	0.399	0.400	0.02	0.808	0.915
8	0.494	0.465	0.462	0.463	0.01	0.237	0.406
12	0.759 ^a	0.683 ^b	0.673 ^b	0.670 ^b	0.01	0.013	0.126

¹Standard error of means.

²L: linear; Q: quadratic.

지는 전 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나($p > 0.05$), 저장 12일째에는 D Lite 첨가구에서 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며($p < 0.05$), D Lite 첨가 수준이 증가할수록 가슴살의 산패 억제 효과가 나타나는 것으로 관찰되었다($p < 0.05$). 고재우 등(2006)은 육계 사료 내 규산염 광물질인 장석의 첨가로 인해 가슴살의 지방산패도가 유의적으로 감소하였다고 하였으며, 김재황(2005)은 zeolite의 첨가로 돈육의 산패도가 억제되었다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타냈다.

적 요

본 연구는 규산염 광물질인 D Lite의 수준별 첨가가 육계의 사양성적, 영양소 소화율, 도체성장 및 육질에 미치는 영향에 대해 조사하기 위하여 평균 체중이 40 g인 육계(Ross종, 1일령) 640수를 공시하여 4처리 4반복 반복당 40두씩 완전임의 배치하였다. 각각의 처리구는 D Lite를 첨가하지 않은 무첨가 대조구, D Lite 0.15%, 0.30% 및 0.45% 첨가구로 나누고 전기(0~21일)와 후기(21~35일)로 나누어 총 5주간 사양 시험을 실시하였다. 시험 전 기간 동안 증체량 및 D Lite 0.15% 첨가구가 다른 처리구에 비해 증체량 및 사료 섭취량이 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.05$), 0.15% 이상의 수준에서는 증체량이 감소하는 것으로 나타났다($p < 0.001$). 에너지 및 칼슘 소화율은 D Lite 0.15% 첨가구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 도체성장, 장기 무게 및 가슴살 성분에서는 전처리구 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 그러나 가슴살 TBARS 분석에서는 저장 8일째까지 전처리구 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나($p > 0.05$), 저장 12일째 D Lite 첨가구가 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며($p < 0.05$), D Lite 첨가 수준이 증가할수록 가슴살의 산패도 억제 효과가 나타나는 것으로 관찰되었다($p < 0.05$). 따라서 이러한 결과를 종합해볼 때, 육계 사료 내 D Lite 0.15% 첨가는 증체량 및 영양소 소화율을 개선시키며, D Lite의 첨가는 가슴살의 산패도 억제 효과가 있는 것으로 판단된다.

(색인어: 산패도, 증체량, 도체성장, 육색, D Lite)

사 사

본 연구는 강원대학교 동물자원 공동연구소의 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

인용문헌

- AOAC 1990 Official Methods of Analysis. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists.
- Harms RH, Damron BL 1973 The influence of various dietary fillers on the utilization of energy by poultry. *Poultry Sci* 52:2034.
- Huff WE, Kubena LF, Harvey RB, Phillips TD 1992 Efficacy of hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the individual and combined toxicity of aflatoxin and ochratoxin. *Poultry Sci* 71:64-69.
- Miazoo R, Rosa CAR, De Queiroz Carvalho EC, Magnoli C, Chiacchiera SM 2000 Efficacy of synthetic zeolite to reduce the toxicity of aflatoxin in broiler chicks. *Poultry Sci* 79:1-6.
- Mumpton FA, Fishman PH 1977 The application of natural zeolites in animal science. *J Anim Sci* 45:1188-1203.
- NRC 1994 Nutrient Requirement of Poultry. National Academy Press. Washington DC USA.
- Ortatatli M, Oğuz H 2001 Ameliorative effects of dietary clinoptilolite on pathological changes in broiler chickens during aflatoxicosis. *Res Vet Sci* 71:59 - 66.
- Qusterhout LE 1967 The effect of kaolin on the feed efficiency of chickens. *Poultry Sci* 46:1303.
- Ramos AJ, Fink GT, Hernandez E 1996 Prevention on toxic effect of mycotoxins by mean of nonnutritive adsorbent compounds. *J Feed Protection* 59:631-641.
- SAS Institute 1990 SAS/STAT Guide Version 6.03 SAS Institute Inc Cary NC.
- Sinnhuber RO, Yu TC 1977 The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidation deterioration occurring in fats and oils. *J Jap Soc Fish Sci* 26:259.
- Willis WL, Quarles GL, Fagerberg DJ, Shutze JV 1982 Evaluation of zeolites fed to male broiler chicks. *Poultry Sci* 61: 483-442.
- 고재우 Uuganbayar D 양철주 2006 장석의 첨가가 육계의 체 조성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 33(2):105-111
- 김재황 2005 사료내 zeolite 첨가가 비육돈의 생산성과 도체 특성에 미치는 영향. *농업생명과학연구* 39(2):11-20
- 민병석 김영일 오세정 1988 Zeolite의 첨가 수준이 육계의 생산성에 미치는 영향. *한국축산학회지* 15:31-38.
- 박재홍 이덕배 김상호 진원집 류경선 2002 인공 및 천연 제

- 올라이트의 급여가 육계의 생산성과 장내 미생물에 미치는 영향. 한국가금학회지 29(2):101-107.
- 손장호 2005 Ceramic 분말의 첨가가 산란계의 생산성, 맹장 및 배설물 중 병원성 미생물 수, 배설물 중의 악취물질 및 난황중 지방산 조성에 미치는 영향. 한국가금학회지 32(4): 216-268.
- 안승민 신승철 박상설 유선중 김용란 김은집 안병기 강창원 2006 사료 내 규산염 광물질(Vita2000[®]) 첨가 급여가 육계 생산성과 장내 균총에 미치는 영향. 한국가금학회지 33(1): 25-32.
- 전해열 손장호 이길왕 김선구 강한석 신태순 조병욱 2005 육계 사료와 식용유 정제 폐백토 급여가 육계의 생산성에 미치는 영향. 한국가금학회지 32(4):255-260.
- 하홍민 김재황 김삼철 김영민 고영두 2001 육성-비육돈에 대한 Illite의 첨가급여 효과. 동물자원과학회지 43(5): 663-670.
- 한인규 이영철 정근기 김영길 안병홍 명규호 고태송 1987 영양학실험법. 동명사.
(접수: 2010. 10. 31, 수정: 2011. 1. 17, 채택: 2011. 2. 1)