

콜로이드 은과 희토류 원소의 첨가가 육계 생산성에 미치는 영향

조종관¹ · 김진수¹ · 윤구¹ · 김영우¹ · 김광현¹ · 권일경² · 채병조^{1,*}

¹강원대학교 동물자원학과, ²강원대학교 동물식품응용학과

Effects of Feeding Colloidal Silver and Rare Earth Elements on Growth Performance in Broilers

Jong Kwan Jo¹, Jin Soo Kim¹, Ku Yun¹, 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 effect of dietary supplementation of rare earth, individually and in combination with colloidal silver on growth performance, nutrient digestibility, carcass characteristics and immune response in broiler chicks. A total of 3,872 day-old chicks were randomly allotted to four dietary treatments in a randomized complete block design. There were four pens per treatment and 242 chicks per pen. The dietary treatments were T1) CON (control diet), T2) colloidal silver (control diet+20 ppb colloidal silver), T3) rare earth elements (control diet+500 ppm rare earth), T4) colloidal silver +rare earth elements (control diet+20 ppb colloidal silver+500 ppm rare earth). There were no significant differences in feed intake and feed conversion ratio (FCR) among dietary treatments during the whole experimental period (0 to 5 weeks). Body weight gain was greatest in birds fed T3 and T4 diets ($p<0.01$). Apparent digestibility of dry matter, crude protein, ether extract and calcium were greatest in birds fed T4 diet ($p<0.05$), while apparent digestibility of phosphorus was lowest in birds fed T3 diet ($p<0.05$). There was no significant difference in bone strength, carcass characteristics and immune response among dietary treatments. Dry matter content of bone was greatest in birds fed T4 diet ($p<0.05$), and phosphorus content of bone was greater in birds fed T3 diet than in birds fed T2 and T4 diets ($p<0.05$). Thus, the results of this study suggest that rare earth elements supplementation, individually and in combination with colloidal silver could improve performance of broilers.

(Key words : rare earth elements, colloidal silver, growth performance, nutrient digestibility, broilers)

서 론

식용 동물의 성장 촉진과 질병 치료 목적의 항균성 물질에 대한 내성균 출현으로 이들의 사용은 축산물을 통해 인체에 전달되어 사람의 질병원에 대한 저항성이 약화될지도 모른다고 우려되고 있다(Koch, 1981; Ogawara, 1981; Bark et al., 1996).

나노미터(nanometer: 10^{-9} m) 크기의 미세한 銀 입자는 물속에서 콜로이드 상 은(colloidal silver)이 되며(Simonetti et al., 1992; Kapoor, 1998) 고순도(99.9%)의 은을 주로 전기분해하여 콜로이드 은 상태로 만들 수 있다. 이러한 콜로이드 은 이온(Ag^+)의 해리(解離) 작용은 바이러스, 박테리아 및 곰팡이 세포내 진입 후 효소 기능을 정지시킴으로써 이들 유해 미생물의 증식을 억제한다고 한다(김지연 등, 2005; 조경환

과 박수길, 2004; 강환열 등, 2000). 콜로이드 은의 미생물 억제에는 이에 대한 내성(耐性) 병원균을 만들지 않으므로, 사람의 의학적 질병 치료 이용이 검토되고 있다(Powell, 1978; 김재수 등, 2003).

원소주기율표 제3족 중 57번 란탄(La)부터 71번 루테튬(Lu)까지 15개의 란탄계 원소에 21번 스칸듐(Sc)과 39번 이트륨(Y)을 더한 17개 원소가 희토류 원소(rare earth elements, REE) 집합체이다. 이러한 REE를 미량 첨가하면 필수 영양소는 아니나 성장 호르몬의 분비 촉진과 갑상선 호르몬의 분비를 억제하여 성장을 촉진하고(Nie, 1994; Wang and Xu, 2003), 유해 세균의 증식을 억제하는 성질(Chen, 1991)이 있다고 한다. 또한 동물체내 여러 가지 효소 활성에 영향을 미치고(Yang et al., 1992; He et al., 2003), 영양소 소화율과 이용율을 개선시킨다(Redling, 2006)는 보고도 있다. Chen et al.(1995)은 Rare

* To whom correspondence should be addressed : bjchae@kangwon.ac.kr

earth elements-vitamin 혼합물을 육계에 급이한 결과 REE는 위, 간, 비장과 뼈에서 미량이 검출되나, 식육 부위에서는 전혀 발견되지 않아 식용으로는 안전하다고 하였다.

He et al.(2003)은 REE 경구 투여는 rat와 돼지의 증체량을 높이고 사료 요구율을 개선시킨다고 하였다. 또한 육계 사료에 REE 첨가 급여는 증체량 향상(Shen et al., 1991), 그리고 증체율 4~14%, 사료 요구율 3~6%, 또는 내장 적출 후 계육 생산을 3~5% 개선시킨다(Shang and Liu, 1997)는 보고가 있다. 육계 사료에 REE 첨가는 복강 지방을 감소시켜 도체 및 계육 품질을 개선한다(Wang, 1989; 함숙경, 2003)고 하였으며, 육계 도체의 외모와 색깔, 근섬유 구조를 개선한다(Zheng et al., 1990)고 하였다.

그러므로 본 연구는 육계 사료 중 콜로이드 은(colloidal silver) 또는 희토류 원소(rare earth elements: REE)의 첨가가 육계의 생산성과 영양소 소화율, 도체 품질 및 면역 반응에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험 동물 및 시험 설계

사양 시험에 공시된 시험 동물은 개시체중이 39~40 g인 1일령 Ross종 육계 병아리이며, 총 3,872수를 4처리 4반복, 반복당 242수씩 완전 임의 배치하였다. 4개의 처리구는 무첨가 대조구, 콜로이드 은 20 ppb 첨가구, 희토류 원소 500 ppm 첨가구와 콜로이드 은 20 ppb와 희토류 원소 500 ppm 혼합 첨가구로 나누어 5주 동안 사양 시험을 진행하였다.

2. 시험 사료 및 사양 관리

1) 시험 사료

본 시험은 양주축협 육계용 사료를 사용하였으며, 영양소 수준을 전기(0~3주)와 후기(4~5주)로 구분하여 배합하였다. 배합비와 성분은 Table 1에서 보는 바와 같이 NRC(1994) 권장량에 준하여 배합하였으며, 조단백질 함량(CP)은 전, 후기 각각 22.44% 와 20.31%이었고, 에너지 수준(ME)은 3,200 kcal/kg으로 동일한 값을 두었다. 콜로이드 은(colloidal silver)은 사료 급여시 20 ppb 수준으로 분무하여 첨가하였고, 희토류 원소(REE)는 500 ppm 수준으로 사료 배합시 직접 첨가하여 배합하였다.

2) 입추 전 준비

Pen 및 대사 cage는 화염 소독을 실시하였으며, 계사는 입

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

Item	Starter (0~3 wk)	Finisher (4~5 wk)
Ingredients (%)		
Corn	55.96	62.43
Soybean meal	27.00	24.00
Corn gluten meal	8.10	6.00
DCP	1.80	1.55
Calcium carbonate	1.36	1.26
Choline chloride (25%)	0.20	0.20
DL-Methionine (50%)	0.20	0.03
L-Lysine (78%)	0.09	0.09
Salt	0.30	0.30
Trace mineral premix ¹	0.14	0.14
Vitamin mixture ²	0.10	0.10
Animal fat	4.75	3.90
Total	100.00	100.00
Chemical composition (Calculated)		
ME (kcal/kg)	3200	3200
CP (%)	22.44	20.31
Ca (%)	1.00	0.90
Available P (%)	0.45	0.40
Lysine (%)	1.10	1.00
Methionine (%)	0.50	0.38
Methionine+cystine (%)	0.89	0.73

¹Provided per kg diet : 56 mg Fe, 56 mg Cu, 70 mg Zn, 84 mg Mn, 1.4 mg I, 0.07 mg Co, 0.2 mg Se.

²Provided per kg diet : 8,000 IU vitamin A, 1,800 IU vitamin D₃, 10 mg vitamin E, 1 mg vitamin K, 1 mg vitamin B₁, 10 mg vitamin B₂, 4 mg vitamin B₆, 0.02 mg vitamin B₁₂, 12 mg pantothenic acid, 30 mg Niacin, 0.5 mg Folic acid and 0.2 mg biotin.

추 3일전 포르말린(formalin)을 사용하여 훈증 소독하였다. 환기와 온도 제어를 위해 창문 및 출입구에 단열재로 보완하고, 적절한 냉·난방 시설과 환기 시설을 설치하였다.

3) 입추 후 관리

온도 관리는 입추시 약 34 °C에서 매주 3 °C씩 감온하여

시험 종료시에는 22 °C를 유지하였으며, 습도는 70%로 내외로 맞춰주었다. 본 실험은 일반적인 상업 조건의 계사에서 진행되었으며, pen의 크기는 2.5×3 m이고 가운데 사료 통과 물통을 배치하여 자유 채식시켰으며, 바닥 재료로는 왕겨를 이용하여 5 cm 두께로 깔아주었다. 일체 사양 관리는 일반 상업적인 관행에 준하여 진행하였다.

3. 조사 항목 및 수행 방법

1) 사양 실험

체중은 입주시와 단계별로 측정하였으며, 종료 체중에서 개시 체중을 공제하여 증체량으로 산출하였다. 사료 섭취량은 체중 측정시 반복별로 사료 잔량을 측정하여 구하였으며, 사료 효율은 증체량을 사료 섭취량으로 나누어 계산하였다.

2) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 대사 케이지에 각 반복별로 8수씩 선발하여 총 128수를 공시하였고, 후기(4~5주) 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. 대사 케이지 밑에 비닐을 깔고루 편 후 분을 채취하였고, 대사 시험 기간 동안 분뇨 중에 사료, 깃털 또는 비닐 등의 이물질의 혼합을 최소화 시켰다. 채취한 분은 일반 성분 분석을 위해 열풍 건조기(60 °C)에서 72시간 건조시킨 후 1 mm 망사 Wiley mill로 분쇄한 후 분석 시료로 사용하였다. 시험 사료와 분의 일반 성분은 AOAC(1990)에 준하여 분석하였으며, Ca는 원자 흡광도계(atomic absorption spectrophotometry)로 P는 molybdovanadate로 발색한 후 비색계(spectrophotometry)를 이용하여 분석하였다. 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) 골격 강도 및 성분 분석

골격 강도 측정 및 성분 분석을 위해 실험 종료시에 각 처리구내 체중이 평균치에 가장 가까운 개체를 반복별 4수씩 선발하였다. 골격 강도 측정은 우측다리의 근육과 지방을 제거하고 경골(tibia)을 적출하여 뼈의 손상이 가장 적은 -20 °C에서 냉동 보관하였으며(Seldin, 1965), 3.7 cm로 절단하여 Universal testing machine(United Calibration Corp., SFM-896-SCP,

USA)을 이용하여 측정하였고, 단위는 kg/mm^2 로 하였다. 골격의 일반 성분 분석은 좌측 다리의 근육과 지방을 제거하고 경골을 적출하여 -20 °C에서 냉동 보관하였으며(Seldin, 1965), 건물, 조회분, 칼슘 및 인의 함량을 AOAC(1990) 방법에 준하여 분석하였다.

4) 도체 성상 조사

도체 성상 조사는 실험 종료시 반복당 5수씩 도살하여 체중에 대한 Ready to cook, 간장, 심장, 복강지방, 가슴살의 비율을 측정하였다. 도살 직전에 각각 생체중을 측정한 후 탈모하고 제 1경추골 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 근위부위와 총 배설장 주변, 복강 내부의 지방을 분리한 후 정량하여 생체중 및 도체중에 대한 백분율로 산출하였다.

5) 면역 반응 조사

면역 실험은 실험 개시 후 23일부터 실시하였다. 반복 당 6수씩 총 96수를 선발하여 마취시키지 않은 상태에서 경정맥을 통하여 채혈을 하였으며, 수집된 혈액은 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm에서 15분간 회전시켜 상층액인 혈청을 분리하여 분석시까지 냉동 보관하였다. 면역 상태 조사를 위해 blood smear를 실시하였으며, heterophil : lymphocyte의 비율을 측정하였다. 콜로이드 실버와 회토의 급여에 따른 항체 변화량을 조사하기 위해 처리구당 6수에 2.5% S-RBC(sheep red blood cells)를 주사하여 5일후 채혈을 하였으며, 채혈 당일 혈청을 분리한 후 분석 전까지 -20 °C에 냉동 보관하였으며, haemagglutination titer를 측정하였다. PHA-P에 의한 종창 지수의 변화는 0.1 mL saline에 250 μg PHA-P mitogen 희석된 용액을 오른쪽 척골 피내에 주사하여, 주사 전, 주사 24시간 후에 각각 두께를 측정하였다.

4. 화학 분석 및 통계 처리

사료 일반 성분과 골격 성분은 AOAC(1990) 방법에 의해 분석을 실시하였으며, 사료 내 총에너지는 Automatic bomb calorimeter(Model 1241, Parr Instrument Co. Molin, IL)로 분석하였다. 본 시험에서 얻어진 시험 결과들은 SAS Package(1990)의 GLM(general linear model) 절차를 활용하여 정리, 분석하였으며, Duncan's multiple range test에 의하여 처리구간에 통계적인 차이를 구명하였다.

결과 및 고찰

1. 사양 성적

콜로이드 은(colloidal silver)과 희토류 원소(rare earth elements)의 단독 또는 혼합 첨가가 육계의 증체량, 사료 섭취량, 사료 효율에 미치는 영향은 Table 2와 같다. 사육 전기 3주간의 증체량은 희토류 원소 500 ppm 첨가구와 콜로이드 은 20 ppb + 희토류 원소 500 ppm 첨가구가 대조구와 콜로이드 은 20 ppb 첨가구보다 유의적으로 높게 나타났고($p < 0.01$), 사육후기 2주간의 증체량은 콜로이드 은 20 ppb + 희토류 원소 500 ppm 첨가구에서 대조구와 다른 처리구보다 높은 경향을 나타냈으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 사육 전 기간인 0~5주령 동안의 증체량은 희토류 원소 500 ppm 첨가구와 콜로이드 은 20 ppb + 희토류 원소 500 ppm 첨가구가 대조구와 콜로이드 은 20 ppm 첨가구보다 유의적으로 개선되었다($p < 0.01$). 사료 섭취량에서는 사육전기 3주간 콜로이드 은 20 ppb + 희토류 원소 500 ppm 첨가구에서 다른 처리구에 비해 높은 경향을 나타냈으나, 사육 후기 2주간에는 대조구와 콜로이드 은 20 ppb 첨가구가 높게 나타났으며, 사육 전 기간인 0~5주령 동안을 살펴보면 처리구간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 사료 효율에서는 전 기간 동안 콜로

이드 은 20 ppb + 희토류 원소 500 ppm 첨가구에서 다른 처리구보다 높은 경향을 나타냈으나, 역시 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

2. 영양소 소화율

콜로이드 은과 희토류 원소의 단독 또는 혼합 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 사양 시험을 진행하였을 때의 영양소 소화율은 Table 3에 나타난 바와 같다. 건물 소화율은 콜로이드 은 20 ppb + 희토류 원소 500 ppm 첨가구에서 가장 높게 나타났으며($p < 0.05$), 콜로이드 은 20 ppb 첨가구와 희토류 원소 500 ppm 첨가구도 대조구에 비해 유의적으로 개선되었다($p < 0.05$). 조단백질 소화율에서도 콜로이드 은 20 ppb + 희토류 원소 500 ppm 첨가구가 가장 높게 나타났으며($p < 0.05$). 조지방과 칼슘의 소화율은 콜로이드 은 20 ppb + 희토류 원소 500 ppm 첨가구에서 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.05$), 조회분의 소화율은 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 인의 소화율에서는 콜로이드 은 20 ppb 첨가구와 콜로이드 은 20 ppb + 희토류 원소 500 ppm 첨가구에서 대조구와 희토류 원소 500 ppm 첨가구에 비해 유의적으로 개선되었다($p < 0.05$).

Table 2와 Table 3을 분석해 보면 희토류 원소를 급여한

Table 2. The effect of supplemental colloidal silver and rare earth elements on growth performance in broilers

Treatments*	T1	T2	T3	T4	SEM ¹	p-value
0~3 weeks						
Weight gain (g)	532.97 ^b	527.76 ^b	577.11 ^a	579.93 ^a	8.152	<0.01
Feed intake (g)	919.64	890.08	928.81	941.46	8.131	NS
Gain/feed	0.580	0.593	0.622	0.616	0.007	NS
4~5 weeks						
Weight gain (g)	806.79	810.06	801.47	826.41	7.430	NS
Feed intake (g)	1568.12	1574.81	1549.18	1558.04	13.021	NS
Gain/feed	0.515	0.515	0.517	0.531	0.005	NS
0~5 weeks						
Weight gain (g)	1339.76 ^b	1337.82 ^b	1378.57 ^a	1406.34 ^a	9.133	<0.01
Feed intake (g)	2487.76	2464.89	2477.99	2499.50	13.702	NS
Gain/feed	0.539	0.543	0.557	0.563	0.004	NS

*T1: control, T2: colloidal silver, T3: rare earth, T4: colloidal silver+rare earth.

¹Standard error of means.

NS: Not significant.

^{a,b}Means with different superscripts significantly differ ($p < 0.01$).

Table 3. The effect of supplemental colloidal silver and rare earth elements on nutrient digestibility (%) in broilers

Treatments*	T1	T2	T3	T4	SEM ¹	p-value
Dry matter	76.90 ^c	78.22 ^b	78.25 ^b	79.56 ^a	0.371	<0.05
Crude protein	52.61 ^b	54.75 ^b	56.73 ^b	58.51 ^a	1.106	<0.05
Ether extract	67.40 ^b	65.41 ^b	67.80 ^b	72.64 ^a	0.891	<0.05
Crude ash	42.10	42.49	40.69	45.02	1.123	NS
Calcium	32.71 ^b	32.42 ^b	34.14 ^b	39.98 ^a	1.284	<0.05
Phosphorus	35.13 ^b	38.40 ^a	34.34 ^b	40.90 ^a	1.086	<0.05

*T1: control, T2: colloidal silver, T3: rare earth, T4: colloidal silver + rare earth.

¹Standard error of means.

NS: Not significant.

^{a-c}Means with different superscripts significantly differ ($p < 0.05$).

두 처리구에서 전기 3주 동안의 증체량이 대조구보다 높았고 후기에는 개선되지 못하였지만 전 기간 동안에는 증체량을 개선하는 효과를 볼 수 있었는데, 이는 Shang and Liu(1997), Shen et al.(1991)의 보고와 일치하였으며, 희토류 원소가 성장 호르몬의 분비를 촉진하고 갑상선 호르몬 분비를 억제하여 스트레스를 감소시켜 증체율 향상 효과를 나타낸다(Nie, 1994; Wang and Xu, 2003)는 보고와 유사한 결과를 나타내었다. 영양소 소화율에서는 콜로이드 은과 희토류 원소를 혼합 첨가시 효과가 뚜렷하다는 것을 알 수 있었다. 이로부터 콜로이드 은과 희토류 원소를 혼합 첨가시 육계의 소화율을 개선하여 증체량도 높여준다는 결론을 얻을 수 있다. 이러한 결과들은 희토류 원소가 생물에게 있어서 체내 효소의 활력

을 개선시켜주는 조효소로서의 영양소적 역할을 하며(Yang et al., 1992; He et al., 2003), 장내 박테리아를 활성화 시키거나 호르몬의 활동을 촉진하여(Xie et al., 1991) 동물의 소화율과 영양소 이용효율을 높여준다는 보고(Li et al., 1992; Cheng et al., 1994; Lu and Yang, 1996; Redling, 2006)와 일치하는 결과를 나타내었다. 또한 콜로이드 은이 박테리아 및 곰팡이 균류 등에 대하여 효소의 기능을 정지시킴으로써 유해 세균을 사멸시키고 유해미생물들의 번식을 억제시킨다(김지연 등, 2005; 조경환과 박수길, 2004; 강환열 등, 2000)는 보고에 비추어 볼 때 콜로이드 은이 영양소 소화율과 증체량을 개선시키는 작용기전에 참여하였다고 판단할 수 있다.

Table 4는 뼈의 강도와 화학적 성분을 나타내었다. 뼈의 강도는 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 뼈의 건물 함량에서는 콜로이드 은 20 ppb+희토류 원소 500 ppm 첨가구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며 ($p < 0.05$), 인의 함량에서는 희토류 원소 500 ppm 첨가구에서 유의적으로 높게 나타났($p < 0.05$). 회분과 칼슘 함량은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다. 이러한 결과에서 콜로이드 은과 희토류 원소는 뼈의 건물 함량을 높여주었으며, 희토류 원소 500 ppm 단독 급여 구간에서 인의 함량이 유의적으로 높게 나타난 것에 대해서는 희토류 원소가 인과 결합하여 인의 흡수율과 영양소 이용율을 개선시켰다는 보고(Redling, 2006)에 비추어 볼 때 인의 골격으로의 흡수에 영향을 미친 것으로 판단되며, 이는 더 세심한 연구가 필요하다고 판단된다.

도체 성상은 도체중을 평량하여 생체중에 대한 백분율로 산출하였으며, 그 결과는 Table 5와 같다. RTC(ready to cook), 간, 심장, 복강지방 그리고 가슴살 비율에서 처리구간에 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 복강지방의 축적율에 영향

Table 4. The effect of supplemental colloidal silver and rare earth elements on bone strength and bone composition of broilers

Treatments*	T1	T2	T3	T4	SEM ¹	p-value
Bone strength (kg/mm ²)	7.97	8.43	8.64	7.49	0.565	NS
Bone composition (%)						
Dry matter	49.73 ^b	49.99 ^b	49.50 ^b	53.90 ^a	0.613	<0.05
Crude ash	58.31	58.31	58.38	57.66	0.264	NS
Calcium	19.84	21.51	20.52	20.49	0.235	NS
Phosphorus	9.41 ^{ab}	9.09 ^b	9.79 ^a	8.90 ^b	0.122	<0.05

*T1: control, T2: colloidal silver, T3: rare earth, T4: colloidal silver + rare earth.

¹Standard error of means.

NS: Not significant.

^{a,b}Means with different superscripts significantly differ ($p < 0.05$).

Table 5. The effect of supplemental colloidal silver and rare earth elements on carcass characteristics (%) of broilers

Treatments*	T1	T2	T3	T4	SEM ¹	p-value
Ready to cook	55.40	55.62	54.81	52.87	0.521	NS
Liver	2.99	3.54	3.03	2.99	0.105	NS
Heart	0.51	0.53	0.55	0.49	0.023	NS
Abdominal fat	1.62	1.64	1.53	1.79	0.084	NS
Breast meat	14.05	14.40	14.55	13.31	0.235	NS

*T1: control, T2: colloidal silver, T3: rare earth, T4: colloidal silver+rare earth.

¹Standard error of means.

NS: Not significant.

을 미치는 요인으로는 유전적 요인(Washburn and Freeman, 1986), 일령(Washburn, 1975), 사양 환경(Oison et al., 1972; Kubena et al., 1974) 및 급수기의 형태(Mcmasters et al., 1971)의 여러 가지가 있으므로 복강 지방의 비율이 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않은 것에 대해서는 더 많은 연구가 필요할 것이라 판단된다. 이러한 결과는 육계 사료에 희토의 첨가로 도체 및 계육 품질의 개선 효과, 복강 지방이 감소되었다는 보고(Wang, 1989; Yang et al., 1990; 함숙경, 2003)와는 일치하지 않았으며, 본 연구에서는 콜로이드 은과 희토류 원소의 단독 또는 혼합 첨가가 육계체내의 지방 대사에는 참여하지 않는 것으로 판단된다. 또한 증체량의 개선 효과가 있는데도 불구하고 도체 성장에는 영향을 없다는 것은 콜로이드 은과 희토류 원소가 특정 부위에는 영향을 미치지 않으며 보고에 따라 성장 인자나 효소, 호르몬의 작용에서 효과를 나타내는 것으로 사료된다(Yang et al., 1992; He et al., 2003; Xie et al., 1991). 이러한 결과들을 고려하여 볼 때 콜로이드 은과 희토류 원소의 급여가 도체 성장에 미치는 영향에 대해서는 더 깊은 연구가 필요한 것으로 판단된다.

콜로이드 은과 희토류 원소의 급여에 관한 면역 반응 조사의 결과는 Table 6과 같다. S-RBC의 항체가의 경우 처리구

간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Heterophil : Lymphocyte ratio는 스트레스 및 세포 매개성 면역 기능을 판단하는데 중요한 기준이 된다. Gross와 Siegel(1983)은 Heterophil : Lymphocyte ratio가 생리학적인 변화와 장기간 환경에 대한 적응력을 평가하는데 중요한 판단 기준이 된다고 보고하였지만, 본 연구에서는 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. PHA-P에 의한 종창지수에서도 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

본 실험을 통하여 콜로이드 은과 희토류 원소의 단독 또는 혼합 첨가는 육계의 성장을 개선하는 효과를 나타내었으며, 영양소 소화율을 개선시키는 것으로 나타났다. 그러나 면역 반응에 대한 작용이 나타나지 않은 점은 다른 연구자들의 결과가 상이하며, 앞으로의 연구가 더 필요하다고 판단된다.

적 요

본 연구는 사료 중 콜로이드 은(colloidal silver) 또는 희토류 원소(rare earth elements, REE)의 첨가 급여가 육계의 생산성, 영양소 소화율, 도체성장, 골격 성분 함량 및 강도와 면

Table 6. The effect of supplemental colloidal silver and rare earth elements on immune response of broilers

Treatments*	T1	T2	T3	T4	SEM ¹	p-value
Heterophil : Lymphocyte	0.43	0.42	0.44	0.41	0.022	NS
Anti-SRBC titer	20.00	28.00	16.00	32.00	4.383	NS
Thickness index	25.75	27.15	29.62	22.27	13.251	NS

*T1: control, T2: colloidal silver, T3: rare earth, T4: colloidal silver+rare earth.

¹Standard error of means.

NS: Not significant.

역 반응에 미치는 영향을 조사한 것이다. 1일령 Ross종 육계 병아리(체중 39~40 g) 3,872수를 공시하여 무첨가 대조구, 콜로이드 은 20 ppb 첨가구, 희토류 원소 500 ppm 첨가구와 콜로이드 은 20 ppb+희토류 원소 500 ppm 혼합 첨가구의 4 처리구에 4반복으로 반복당 242수씩 완전 임의 배치 급여하여 5주간 사양 시험을 실시하였다. 전체 시험 기간(5주)동안의 증체량에서는 희토류 원소를 함유한 두 처리구에서 다른 처리구보다 유의하게 높았으며($p<0.01$) 사료 섭취량과 사료 효율에서는 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 건물 소화율과 조단백질 소화율에서는 콜로이드 은 20 ppb+희토류 원소 500 ppm 혼합 첨가구에서 가장 높게 나타났으며($p<0.05$), 조지방과 칼슘의 소화율에서도 콜로이드 은 20 ppb+희토류 원소 500 ppm 혼합 첨가구가 가장 높게 나타났으며($p<0.05$). 인의 소화율에서는 콜로이드 은 첨가구에서 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($p<0.05$). 뼈의 강도는 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 뼈의 건물 함량은 콜로이드 은 20 ppb+희토류 원소 500 ppm 혼합 첨가구에서 다른 처리구에 비해 높게 나타났으며($p<0.05$), 인의 함량은 희토류 원소 단독 급여시에 높게 나타났으며($p<0.05$). 도체성상과 면역 반응 조사에서는 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

본 연구의 결과, 희토류 원소의 단독 첨가와 콜로이드 은과 희토류 원소의 혼합 첨가는 육계의 생산성을 개선시키는 것으로 나타났다.

(색인어 : 희토류 원소, 콜로이드 은, 사양성적, 영양소 소화율, 육계)

인용문헌

- Association of Official Analytical Chemists 1990 Official Method of Analysis. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- Bark YG, Lee DG, Kim YH, Kang SC 1996 Antibiotic Properties of an Entomopathogenic Fungus, *Beauveria bassiana*, on *Fusarium oxysporum* and *Botrytis cinerea*. Korea J Plant Pathol 12:245-250.
- Chen HF, Yu HM, Zeng HX, Shi WL, Ji YJ 1995 Influence of rare earth-Vitamine C compounds on the growth of livestock and poultry. J Alloy and Compounds 225:626-628.
- Chen YT 1991 Effect of feeding rare earths on the performance of market pigeons. Poultry Husbandry and Disease Control 5(8-9):40.
- Cheng Q, Gao J, Jing B, Yuan D, Pong X 1994 The apparent digestibility of rare earth elements and their effect on crude protein and fat digestibility in pigs. Jiangsu Agriculture Science (Chinese) 1:59-61.
- 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 test. Biometrics 11:1-42.
- Gross WB, Siegel HS 1983 Evaluation of the heterophil: lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. Avian Dis 27:972-979.
- Guo WH, Zhou JH, Yang CL, Zhou L 1991 Effect of feeding rare earth on the body weight gain of broilers. Nei Monggol Animal Husbandry Science 2:9-11.
- He ML, Wang YZ, Xu ZR, Chen ML, Rambeck, WA 2003 Effect of dietary rare earth elements on growth performance and blood parameters of rats. J Anim Physiol Anim Nutr 87: 229-235.
- Kapoors S 1998 Preparation, characterization and surface modification of silver particles. Langmuir 14:1021-1025.
- Koch AL 1981 Evolution of antibiotic resistance gene function. Microbiol Rev 45:355-378.
- Kubena LF, Deaton JW, Chen TC, Reece FN 1974 Factors influencing the quantity of abdominal fat in broilers. I. Rearing temperature, sex, age or weight, dietary choline chloride and inositol supplementation. Poultry Sci 53:211-214.
- Li D, She W, Gong L, Yang W, Yang S 1992 Effects of rare earth elements on the growth and nitrogen balance of growing pigs. Feed BoLan (Chinese) 4:3-4.
- Lu KW, Yang WZ 1996 Effects of rare earth elements on availability of energy and amino acids in broiler. Acta Agric Shanghai (Chinese) 12:78-82.
- McMasters JD, Harris Jr GC, Goodwin TL 1971 Effects of nipple and trough watering systems on broiler performance. Poultry Sci 50:432-435.
- Nie YX 1994 Studies on the biological effects of rare earth elements compounds. National Rare Earths Symposium Papers, Beijing China.
- NRC 1994 Nutrient Requirement of Poultry. National Academy Press. Washington DC USA.

- Ogawara H 1981 Antibiotic resistance in pathogenic and producing bacteria, with special reference to alactam antibiotics. *Microbiol Rev* 45:591-619.
- Oison DW, Sunde EL, Bird 1972 The effect of temperature on metabolization by the growing chick. *Poultry Sci* 51:1915-1922.
- Powell J 1978 Our mightiest germ fighter. *Sci. Digest. Mar.* 57-60.
- Redling K 2006 Rare earth elements in agriculture with emphasis on animal husbandry. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- SAS Institute 1990 SAS/STAT Guide Version 6.03 SAS Institute Inc Cary NC.
- Seldin ED 1965 Archeologic model for cortical bone. *Acta Orthop Scand* 36(Suppl. 83):1-77.
- Shang L, Liu XY 1997 Rare earths as a feed additive for poultry. *World's Poultry Sci* 53:369-379.
- Shen QY, Zhang JW, Wang CQ 1991 Effects of rare earths additives in diets of domestic animals including poultry. *Feed Industry* 12:20-22.
- Simonetti N 1992 Electrochemical Ag^+ for preservative use. *Appl Environ Microbiol* 58:3834-3836.
- Wang MQ, Xu ZR 2003 Effects of supplemental Lanthanum on the growth performance of pigs. *Asian-Aust J Anim Sci* 16(9): 1360-1363.
- Wang QY 1989 Study of effect of rare earth added in the diet broiler chickens. *Human Agriculture Science* 1:28.
- Washburn KW, Freeman RM JR, 1986 Variation in feed conversion ratio, fatness and growth hormone in broiler lines. *Poultry Sci* 65:198 (Abstr.).
- Washburn KW, Guill RA, Edwards Jr HM 1975 Influence of genetic differences in feed efficiency on carcass composition of young chickens. *J Nutr* 105:1311-1317.
- Xie K, Xing Y, Zhang J, Zhong H, He N, Deng S 1991 Effects of rare earth elements of growth of broilers. *Res Agricult Mod (Chinese)* 12:50-54.
- Yang ZQ, Dong MX, Mao SY, Sun HW 1990 Effects of feeding rare earth on the performance of broilers. *Feed Industry* 12:23-25.
- Yang ZQ, Dong MX, Mao SY, Zhang KR, Zhang PC 1992 A study of the effects of rare earth on the activity of glutathione peroxidase (GSH-Px) in broilers. *Gansu Animal Husbandry and Veterinary Medicine* 5:8-9.
- Zhang GL, Tang YQ, Liu SA, Xie HG, Zang TJ 1989 Effects of feeding rare earths additives on the performance of layers. Theses collection for the 4th China Poultry Symposium, Jinan, Shandong, China, pp 59-61.
- Zhang HJ, Zhang YS, Hao X, Huang J, Gao TY, Si RW, Peng BM, Liu LJ 1995 Study on decreasing nitrate content in vegetable by applying RE-composite-microfertilizer. *Chinese Rare Earth (In Chinese with English abstract)* 16:42-44.
- Zheng YG, Se MD, Yuan QL 1990 Effects of rare earths elements on the main nutrient components and residual radio activity of broiler meat. *J of Nei Monggol Agricultural and Anim Husbandry College* 11:142-145.
- 강환열 정명주 정영기 2000 금속 은으로 제조한 Ag^+ 용액의 항균효과와 안정성. *한국생물공학회지* 15:521-524.
- 김재수 정동명 정지혜 박인순 강명자 조기룡 이경희 2003 콜로이드 실버에 대한 연구. *한국정신과학회 학술대회논문집 제18회* pp 139-150.
- 김지연 김성은 김재은 이종찬 윤제용 2005 은 이온과의 비교를 통한 나노 은 입자의 항균특성 연구. *대한환경공학회지* 27:771-776.
- 조경환 박수길 2004 초음파법으로 제조된 은 나노입자의 항균특성 연구. *공업과학회지* 15:952-955.
- 함숙경 2003 희토가 양계의 생산성에 미치는 영향. *전북대학교 대학원 축산학 석사학위 논문.*
(접수: 2009. 7. 13, 수정: 2009. 12. 14, 채택: 2010. 2. 1)