

Copper-Sulfate와 Copper-Soy Proteinate 첨가가 산란계의 생산성과 장내 미생물 균총에 미치는 영향

김찬호¹ · 강환구¹ · 방한태^{1*} · 김지혁¹ · 황보 중¹ · 최희철¹ · 백인기² · 문홍길¹

¹국립축산과학원 가금과, ²중앙대학교 동물생명공학과

Effects of Dietary Supplementation of Copper-Sulfate and Copper-Soy Proteinate on the Performance and Small Intestinal Microflora in Laying Hens

Chan Ho Kim¹, Hwan Ku Kang¹, Han Tae Bang^{1*}, Ji Hyuk Kim¹, Jong Hwangbo¹, Hee Cheol Choi¹, In Kee Paik² and Hong Kil Moon¹

¹Poultry Science Division, Livestock Resource Development, National Institute of Animal Science, RDA, Senonghwan 330-801, Korea

²Department of Animal Science and Technology, Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea

ABSTRACT The objective of this experimental was to investigate the effect of dietary Cu-sulfate and Cu-soy proteinate on productive performance and small intestinal microflora. A total 1,000 Hy-Line Brown laying hens (35 weeks old) were randomly allotted to 1 of 5 dietary treatments: Control, Cu-sulfate 50, 100 (50, 100 ppm Cu supplementation as Cu-sulfate) and Cu-SP 50, 100 (50, 100 ppm Cu supplementation as Cu-soy proteinate). Each treatment was replicated 4 times with fifty birds per replication, housed in 2 birds cages. Fifty birds units were arranged according to randomized block design. Feeding trial lasted 5 weeks under 16L : 8D lighting regimen. Hen day egg production was significantly ($P<0.05$) higher in Cu treated groups than control. Feed intake, broken and shell-less egg production was not significantly influenced by treatment. Eggshell color, egg yolk color, haugh unit, and eggshell thickness were not significantly influenced by treatment. However, eggshell strength was significantly ($P<0.05$) greater in Cu treated groups than control. Concentration of copper of liver was significantly ($P<0.05$) greater in Cu treated groups than control. Concentration of zinc and iron of liver were not influenced by treatments. Population of *Cl. perfringens* and *Lactobacilli* in the small intestinal content were significantly ($P<0.05$) influenced by treatments. Population of *Cl. perfringens* decreased and that of *Lactobacilli* increased in the Cu supplement groups. In conclusion, dietary Cu sulfate and Cu-soy proteinate similarly improves egg production, eggshell strength, and favors intestinal microbial population of laying hens.

(Key words : Cu-sulfate, Cu-soy proteinate, laying hens, productive laying performance)

서 론

구리(Cu)는 cytochrome oxidase, lysyl oxidase, ceruloplasmin, superoxide dismutase와 같은 수많은 효소들의 작용에 도움을 주는 필수 광물질이다(Klasing, 1998). 산란계에서의 Cu 요구량은 정확히 제시되어 있지 않지만(NRC, 1994), 약리적 수준(sub-therapeutic)으로 100~300 ppm의 사료 내 CuSO_4 첨가 시 성장 촉진 효과가 있다고 보고된바 있다(Klasing, 1988). 이러한 성장 촉진 효과는 구리가 장내 유해세균을 억제하고, 성장 호르몬의 발현 시스템에 영향을 주기 때문인

것으로 알려져 있다(Burnell et al., 1988). 육계 사료에 Cu 125~250 ppm 정도를 황산동 형태로 사료에 첨가하여 급여할 경우, 사료 효율 및 증체량을 개선할 수 있다는 보고가 많이 있다(Roof and Mahan, 1982; Edmonds et al., 1985; Burnell et al., 1988; Cromwell et al., 1989; 백인기 등, 2008). 그러나 무기태 광물질을 고수준에서 사용 시 발생할 수 있는 배설물을 통한 오염 문제가 제기됨에 따라 사료 내 첨가 수준을 제한함으로써 적정 수준의 사용이 불가능하게 되었다. 이들 광물질을 유기태로 공급 시 흡수 이용율이 높아 (Wedekind et al., 1992), 무기태보다는 낮은 첨가 수준에서도

* To whom correspondence should be addressed : banght80@korea.kr

소기의 효과를 얻을 수 있기 때문에 광물질의 아미노산 chelate 또는 proteinate의 이용에 대한 관심이 증가되고 있다 (백인기, 2000; Paik et al., 2001). 약리적 수준으로 Cu를 이용한 시험은 황산태가 대부분이었으나, Paik et al.(1999)은 Cu-sulfate보다 Cu-metionine chelate 형태로 육계에 공급하는 것이 낮은 첨가량으로 뚜렷한 성장 효과를 기대할 수 있다고 보고하였다. Cu-soy proteinate는 mineral amino acid chelate의 chelating agent로 가장 많이 사용하는 methionine이 고가이기 때문에 제조 비용을 감소시키기 위해 개발된 것으로 탈지 대두박을 단백질 분해 복합효소를 이용하여 가수분해시켜 생성된 soy digest를 불특정 다수의 ligand 소재로 이용하여 제조된 것이다. 본 실험은 무기태 구리인 Cu-sulfate와 유기태 구리인 Cu-soy proteinate와 사료 내 첨가수준이 산란계의 생산성에 미치는 영향을 비교 평가하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 유기태 구리 (Cu-Soy Proteinate)의 제조 및 공급

Cu-soy proteinate는 이한규(2005)의 방법에 따라 대두박을 Alcalase 2.4 L(Novozymes, Denmark)로 pH 8.0, 60°C에서 가수분해하여 soy digest를 만든 다음, copper sulfate와 soy digest를 건물 중량 1 : 1 비율로 제조하였다. 제조된 Cu-SP 내 구리 함량은 20%였다.

2. 시험 설계 및 사양 관리

본 시험의 사양 시험을 위해 35주령의 산란계(Hy-Line Brown) 1,000수를 선별하여 A형 2단 4열 케이지에 대조구를 포함하여 총 5처리구를 배치하였다. 처리당 4반복, 반복당 50수씩(2수 수용 케이지 25개) 각 열을 집구(block)로 하고, 각 block당 5처리가 임의적으로 배치되는 난괴법으로 설계하였다. 시험에 사용된 처리구는 대조구(basal diet), Cu-sulfate 50(Cu-sulfate로 Cu 50 ppm 첨가구), Cu-sulfate 100 (Cu-sulfate로 Cu 100 ppm첨가구), Cu-SP 50(Cu-soy proteinate로 Cu 50 ppm 첨가구), Cu-SP 100(Cu-soy proteinate로 Cu 100 ppm 첨가구) 등이었다. 대조구 사료는 NRC(1994) 요구량에 준하여 CP 18.6%, ME 2,706 kcal/kg인 산란계 사료를 제조 급이하였다. 대조구 사료의 배합비와 영양소 함량은 Table 1과 같다. 사양 시험은 총 5주간 실시하였으며, 물과 사료는 자유 섭취하게 하였으며, 일반적인 점등관리 (자연 일조 + 조명; 16 hr)를 실시하였다.

Table 1. Composition and nutrient content of experimental diets

Items	Basal
Ingredients (g/kg)	
Corn	411.5
Wheat	150.0
Soybean meal	250.0
DDGS ¹	50.0
Canola meal	20.0
Tallow	5.0
Molasses	5.0
Oyster shell	10.0
Dicalcium phosphate	7.0
Limestone	87.0
Sodium chloride	2.0
Vitamin premix ²	1.5
Mineral premix ³	1.0
Total	1,000.0
Energy and nutrient content	
ME _n (kcal kg ⁻¹)	2,706.0
Crude protein (g/kg ⁻¹)	186.0
Calcium (g/kg ⁻¹)	38.0
Available P (g/kg ⁻¹)	3.3
Lysine (g/kg ⁻¹)	9.7
Methionine (g/kg ⁻¹)	3.1
Copper (mg/kg ⁻¹)	13.3

¹ Corn distillers dried grains with soluble.

² Provided per kilogram of the complete diet: vitamin A (from vitamin A acetate), 12,500 IU; vitamin D₃, 2,500 IU; vitamin E (from DL- α -tocopheryl acetate), 20 IU; vitamin K₃, 2mg; vitamin B₁, 2 mg; vitamin B₂, 5 mg; vitamin B₆, 3 mg; vitamin B₁₂, 18 μ g; calcium pantothenate, 8 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 50 μ g; niacin, 24 mg.

³ Provided per kilogram of complete diet: Fe (as FeSO₄ · 7H₂O), 40 mg; Cu (as CuSO₄ · H₂O), 8 mg; Zn (as ZnSO₄ · H₂O), 60 mg; Mn (as MnSO₄ · H₂O) 90 mg; Mg (MgO) as 1,500 mg.

3. 조사 항목 및 분석방법

1) 생산성

산란율(Hen-day egg production, Hen-house egg production), 평균 난중(egg weight), 연, 파란율(shell-less egg production)은 매일 오후 4시에 측정하여 주별 평균으로 계산하였고, 사료 섭취량(Feed intake)은 주 1회 조사하여 사료 요구율(사료 섭취량/100 g 계란 중량)을 산출하였다.

2) 난각 품질

계란의 품질을 평가하기 위해 실시한 난각 강도, 난각 두께, Haugh unit, 난황색, 난각색 등의 품질 검사를 실시하였다. 난각 강도는 Texture analyzer(Model T2100C, Food Technology Corp., Rockville, MD, USA)를 이용하여 측정하였고, 난각 두께는 계란의 침단부, 둔단부 그리고 중간 부위 등 세 곳의 난각 샘플을 Dial Pipe Gauge(Model 7360, Mitutoyo Co., Kawasaki 213, Japan)를 이용한 후 측정하여 평균치를 측정하였다. Haugh unit(HU)는 난중(W, g)과 농후난백(H, mm)을 측정(Model S-8400, AMES, Waltham, MA, USA)하여 Eisen et al.(1962)가 제시한 $100 \log_{10}(H-1.7W^{0.37}+7.56)$ 에 의하여 계산하였다. 난각색은 Minolta Chroma meter CR-400 (Minolta, Osaka, Japan)으로 L*, a*, b*를 측정하였고, 난황색은 Roche color fan(Hoffman-La Roche Ltd., Basel, Switzerland; 1 = light pale and 15 = dark orange)로 측정하였다.

3) 간내 Cu, Fe 및 Zn 함량 분석

처리당 8수씩 총 40수의 닭으로부터 간을 채취한 후 40°C에서 3일간 건조 후 곱게 분쇄하여 Cu, Fe 및 Zn 함량 분석을 위한 시료로 이용하였다. Cu, Fe 및 Zn 함량은 AOAC (1990) 방법에 준하여 dry digestion으로 전처리한 후, ICP(Inductively Coupled Plasma Spectrometer, Perkinelmer, Optima 5300DV, USA)를 이용하여 측정하였다.

4) 장내 미생물 균총

Ileocecal junction의 상부 10 cm씩 일정하게 절개하여 그 안에 있는 모든 내용물을 멸균된 용기에 담아 분석 전까지 -50°C에 보관하였다. 채취한 장내용물 1 g을 멸균된 15 mL test tube에 담고, 멸균된 증류수 9 mL를 첨가하여 희석(10^{-1})시킨 후 $10^{-2} \sim 10^{-8}$ 까지 단계적으로 희석하였다. 세 종류의 선택 배지 평판에 희석된 sample을 1 mL씩 접종시키고, 호기적 또는 혐기적(Gaspack system, BBL Microbiology System, Becton Dickinson & Co., Cockeysville, MD 2130, USA)으로 배양하였다. 선택 배지 및 배양 조건은 *Lactobacillus*는 MRS agar(*Lactobacillus* selective agar, DIFCO, USA)에 호기성 조건에서 48시간 배양하였고, *E. coli*는 MacConkey agar

(*Escherichia coli* selective agar, DIFCO, USA)에 호기성 조건으로 24시간 배양하였으며, *Cl. perfringens*는 TSC agar(Tryptose sulfate cycloserine agar, Scharlau, EU)에 혐기적으로 24시간 배양하였다. 배양후 미생물의 수를 각 평판의 colony-forming unit (CFU)으로 계산 후 \log_{10} 으로 환산하였다.

5) 통계 분석

시험에서 얻어진 자료의 통계 처리를 위하여 각 반복당 주당 평균 생산성을 SAS(1996) GLM(General Linear Model) Procedure를 이용하여 자료를 분석하였으며, *F*-test 결과, 유의성($P < 0.05$)이 있을 경우, 처리구 평균간의 차이를 Duncan's multiple range test로 검정하였다(Steel and Torrie, 1980).

결과 및 고찰

1. 산란 생산성

Cu-sulfate와 Cu-soy proteinate(Cu-SP) 첨가에 따른 생산성의 결과는 Table 2에 요약하였다. 일계 산란율(Hen-day egg production)은 구리 첨가구들이 대조구와 비교하여 유의적으로($P < 0.05$) 높았으나, 구리 종류에 따른 차이는 나타나지 않았다. 사료 섭취량은 처리구 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 반면에, 사료 요구량은 처리구 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 구리 첨가구들이 낮은 경향($P = 0.08$)을 보여 주었으며, 연파란율은 처리구 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 백인기 등(2008)은 copper-methionine chelate와 copper-soy proteinate를 산란계 사료에 첨가 시 산란율을 유의하게 증가시키고, 사료 요구량이 낮아진다고 보고한바 있다. 구리의 성장 개선 효과는 장내 유해 미생물 균총을 억제하기 때문이라고 알려진 바 있다(Burnell et al., 1988). 또한 Zhou 등(1994)은 구리를 이유자돈의 혈관에 주입하였을 때 증체량이 향상되었는데, 이는 구리가 성장 호르몬 분비 촉진과 같은 성장 조절 체계에 영향을 주기 때문이라고 추론하였다. Pearce et al.(1983)은 산란계의 사료 내 Cu-sulfate 첨가 수준이 증가할수록 사료 섭취량과 산란 생산성이 떨어진다고 보고하였으나, 선행 실험들에서 구리의 첨가가 유의적으로 산란율 증가에 영향을 미친다고 보고(Jackson, 1977; Lim and Paik, 2003, 2006)가 있었고, sulfate 형태로 200 ppm의 구리를 첨가하는 것은 산란율을 증가시켰지만, 400 ppm 이상을 첨가하게 되면 산란율이 저하된다는 보고가 있었다(Chiou et al., 1997).

2. 계란 품질

Table 2. Effects of Cu-sulfate and Cu-soy proteinate in diets on laying performance of laying hens¹

Items	Dietary treatments ²					SEM	P-value
	Basal	Cu-sulfate 50	Cu-sulfate 100	Cu-SP 50	Cu-SP 100		
Laying performance							
Hen-day egg production (%)	93.49 ^b	95.22 ^a	95.15 ^a	95.06 ^a	95.72 ^a	0.39	0.01
Feed intake (g/d/hen)	126.2	123.8	123.6	124.3	123.9	0.52	0.11
Feed conversion ratio (g/g)	2.03	1.96	1.95	1.95	1.95	0.034	0.08
Egg weight (g)	66.42	66.45	66.92	67.08	66.56	0.67	0.95
Broken and shell-less eggs (%)	0.08	0.09	0.08	0.07	0.07	0.020	0.93

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

¹ Data are least square means of 4 replicates per treatment.

² Basal = Basal diet; Cu-sulfate 50 = Basal diet + Cu-sulfate 50 ppm; Cu-sulfate 100 = Basal diet + Cu-sulfate 100 ppm; Cu-SP 50 = Basal diet + Cu-soy proteinate 50 ppm; Cu-SP 100 = Basal diet + Cu-soy proteinate 100 ppm.

계란의 품질을 평가하기 위해 실시한 난각 강도, 난각 두께, 난각색, 난황색, Haugh unit 등의 측정 항목은 Table 3에 요약하였다. 난각 강도는 구리 첨가구들이 대조구와 비교하여 유의적으로($P<0.05$) 평균 5.1% 증가하였다. Lim and Paik (2003)은 Cu-methionine chelate를 산란계 사료 내 첨가 급이 시 난각 강도가 증가한다고 보고하였고, 백인기 등(2008)은 Cu-SP 첨가 시 난각 강도가 일정하게 증가한다고 보고하였다. Lysyl oxidase는 구리를 함유하는 효소로 난각막의 주성

분인 collagen의 합성에 관여하며(Underwood, 1997), collagen은 난각막과 난각의 강도에 영향을 주는데, 구리 결핍시는 난각막의 collagen에 결함이 생겨 수정과 난각에 이상이 생긴다(Klasing, 1988). 난각 두께, 난각색, 난황색, Haugh unit은 처리구 간에 차이는 없었다.

3. 간 내 Mineral(Cu, Fe and Zn) 함량

Cu-sulfate와 Cu-SP가 간내 Cu, Fe 및 Zn 함량에 미치는

Table 3. Effects of Cu-sulfate and Cu-soy proteinate in diets on eggshell quality of laying hens¹

Items	Dietary treatments ²					SEM	P-value
	Basal	Cu-sulfate 50	Cu-sulfate 100	Cu-SP 50	Cu-SP 100		
Eggshell quality							
Eggshell strength (kg/cm ²)	3.77 ^b	3.90 ^a	4.01 ^a	3.95 ^a	3.99 ^a	0.042	<0.01
Eggshell thickness (μm)	396.0	412.5	420.0	407.5	403.0	6.47	0.15
Eggshell color							
L*	53.14	54.08	53.09	54.20	53.20	0.42	0.20
a*	15.89	15.83	14.90	14.89	15.34	0.34	0.12
b*	20.81	20.51	20.41	20.81	20.41	0.09	0.36
Egg yolk color	8.07	8.18	7.98	8.10	8.00	0.06	0.23
Haugh units	88.03	87.02	85.90	87.32	87.27	1.02	0.68

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

¹ Data are least square means of 4 replicates per treatment.

² Basal = Basal diet; Cu-sulfate 50 = Basal diet + Cu-sulfate 50 ppm; Cu-sulfate 100 = Basal diet + Cu-sulfate 100 ppm; Cu-SP 50 = Basal diet + Cu-soy proteinate 50 ppm; Cu-SP 100 = Basal diet + Cu-soy proteinate 100 ppm.

³ Hunter values for lightness (L*), redness (a*) and yellowness (b*).

영향은 Table 4에 요약하였다. 간내 Cu 함량은 Cu-sulfate 100과 Cu-SP 100 첨가구가 대조구와 Cu-sulfate 50과 Cu-SP 50 첨가구와 비교하여 유의적으로($P<0.01$) 높았으며, Cu-sulfate와 Cu-SP 첨가구들이 대조구와 비교하여 높은 함량을 나타냈다. 이러한 결과는 구리의 급여 수준이 증가할수록 간 내 구리 함량이 일정하게 증가한다는 수많은 연구 보고(Bradely et al., 1983; Baker et al., 1991; Ward et al., 1991; 백인기 등, 2008)와 일치하였다. 하지만 본 실험에서 사용된 구리 공급원과 함량에서는 길항 작용에 따른 산란계 간 내 철분 함량 저하 효과는 나타나지 않았다. 여러 보고자들(Bradely et al., 1983; Dove and Haydon, 1991)에 의하면, 사료 내 구리를 첨가하면 철분과의 흡수 경쟁으로 인하여 간 내 철분 함량이 낮아진다고 보고하였다.

4. 장내 미생물 함량

Cu-sulfate와 Cu-SP첨가에 따른 장내 미생물 분석 자료는 Table 5에 요약하였다. *Cl. perfringens*와 *Lactobacillus*는 처리 간에 따른 유의적인 차이가 나타났다. 괴사성 장염의 원

인균인 *Cl. perfringens*는 구리 첨가구들이 대조구와 비교하여 유의적($P<0.01$)으로 평균 26% 감소하였다. *Lactobacillus*는 Cu-sulfate, Cu-SP 50 ppm 첨가구들이 대조구와 Cu-sulfate, Cu-SP 100 ppm 첨가구와 비교하여 유의적($P<0.05$)으로 높았다. *E. coli*는 처리구 간에 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과들은 구리의 첨가가 장내 유해 미생물 균총을 억제하기 때문이라고 보고한 것과 일치한다(Burnell et al., 1988; 백인기 등, 2008). 이러한 결과는 Cu-sulfate나 Cu-SP 모두 유리한 장내 환경을 조성하는 것을 시사한다.

적 요

본 실험은 Cu-sulfate와 Cu-soy proteinate(Cu-SP)가 산란계의 생산성과 소장 내 미생물 균총에 미치는 영향에 대하여 조사하기 위해 실시하였다. 사양 시험은 35주령의 산란계(Hy-Line Brown) 1,000수를 선별하여 A형 2단 4열 케이지에 대조구 포함 총 5처리구로 구성하여 처리당 4반복, 반복당 50수씩(2수 수용 케이지 25개) 난피법으로 임의 배치

Table 4. Effects of Cu-sulfate and Cu-soy proteinate on Fe, Cu and Zn content of liver¹

Items	Dietary treatments ² (ppm, DM basis, Fat free)					SEM	P-value	
	Basal	Cu-sulfate 50	Cu-sulfate 100	Cu-SP 50	Cu-SP 100			
Liver	Fe	430.5	410.8	425.3	393.4	397.6	57.25	0.86
	Cu	15.7 ^c	21.7 ^b	26.6 ^a	23.2 ^b	29.1 ^a	0.89	<0.01
	Zn	72.1	85.6	83.5	82.5	78.5	6.15	0.75

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

¹ Data are least square means of 4 replicates per treatment.

² Basal = Basal diet; Cu-sulfate 50 = Basal diet + Cu-sulfate 50 ppm; Cu-sulfate 100 = Basal diet + Cu-sulfate 100 ppm; Cu-SP 50 = Basal diet + Cu-soy proteinate 50 ppm; Cu-SP 100 = Basal diet + Cu-soy proteinate 100 ppm.

Table 5. Effects of Cu-sulfate and Cu-soy proteinate on microbial population in the small intestinal content of laying hens¹

Items	Dietary treatments ²					SEM	P-value
	Basal	Cu-sulfate 50	Cu-sulfate 100	Cu-SP 50	Cu-SP 100		
	- cfu log ₁₀ /g -						
<i>Lactobacillus</i>	7.54 ^b	9.53 ^a	8.16 ^b	9.42 ^a	8.49 ^b	0.083	0.04
<i>Escherichia coli</i>	5.37	4.98	4.72	4.35	5.22	0.476	0.76
<i>Clostridium perfringens</i>	2.91 ^a	2.54 ^b	2.34 ^b	1.88 ^b	2.47 ^b	0.213	0.03

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

¹ Data are least square means of 4 replicates per treatment.

² Basal = Basal diet; Cu-sulfate 50 = Basal diet + Cu-sulfate 50 ppm; Cu-sulfate 100 = Basal diet + Cu-sulfate 100 ppm; Cu-SP 50 = Basal diet + Cu-soy proteinate 50 ppm; Cu-SP 100 = Basal diet + Cu-soy proteinate 100 ppm.

하였다. 시험 기간 동안 물과 사료는 자유 섭취하게 하였으며, 일반적인 점등관리(자연일조 + 조명; 16 hr)를 실시하였다. 시험구는 대조구, Cu-Sulfate 50(Cu-sulfate로 Cu 50 ppm), Cu-sulfate 100(Cu-sulfate로 Cu 100 ppm), Cu-SP 50(Cu-soy proteinate로 Cu 50 ppm), Cu-SP 100(Cu-soy proteinate로 Cu 100 ppm) 총 5처리였다. 일계 산란율(Hen-day egg production)은 구리 첨가구들이 대조구와 비교하여 유의적($P<0.05$)으로 높았으나, 사료 섭취량은 처리 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 사료 요구량은 처리구 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 구리 첨가구들이 낮은 경향($P=0.08$)을 보여 주었으며, 연파란율은 처리구 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았으나, 난각 강도는 구리 첨가구들이 대조구와 비교하여 유의적($P<0.05$)으로 증가하였다. 간 내 Cu 함량은 Cu-sulfate 100과 Cu-SP 100 첨가구가 대조구와 Cu-sulfate 50과 Cu-SP 50 첨가구와 비교하여 유의적($P<0.01$)으로 높았으며, *Cl. perfringens*는 구리 첨가구들이 대조구와 비교하여 유의적($P<0.01$)으로 감소하였으나, 유익균인 *Lactobacillus*는 Cu-sulfate, Cu-SP 50 ppm 첨가구들이 대조구와 Cu-sulfate, Cu-SP 100 ppm 첨가구와 비교하여 유의적($P<0.05$)으로 높았다. 결론적으로 Cu-sulfate와 Cu-SP는 산란계 산란율 개선에 있어서 비슷한 효과를 나타내었다.
(색인어 : Cu-sulfate, Cu-soy proteinate, 산란계, 산란 생산성)

사 사

본 연구는 2014년도 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연수과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- AOAC 1990 Official Method of Analysis (15th Ed.) Association of Official Analytical Chemists. Arlington VA.
- Baker DH, Odle J, Funk MA, Wieland TM 1991 Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous, and in a copper-lysine complex. Poultry Sci 70:177.
- Bardley BC, Graber G, Condon RJ, Frabish LJ 1983 Effect of graded levels of dietary copper on copper and iron concentrations in swine tissues. J Anim Sci 56:625.
- Burnell TW, Cromwell GL, Stahly TS 1988 Cited by J. Gohl in Bottom Line of Nutrition Feedstuff. Jun. 13. pp.16-18.
- Chiou PWS, Chen KI, Yu B 1997 Toxicity, tissue accumulation and residue in egg and excreta of copper in laying hens. Anim Feed Sci Technol 67:49-60.
- Cromwell GH, Stahly TS, Mongue HJ 1989 Effect of source and level of copper on performance and liver copper stores in weanling pig. J Anim Sci 67:2996-3002.
- Dove CR, Haydon KD 1991 The effect of copper addition to diet with various iron levels on the performance and hematology of weanling swine. J Anim Sci 69:2013-2019.
- Edmonds JS, Izquierdo OA, Baker DH 1985 Feed additive studies with newly weaned pigs: Efficacy of supplemental copper, antibiotics and organic acids. J Anim Sci 60:42
- Eisen EJ, Bohren BB, MCKean HE 1962 The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. Poultry Sci 41:1461-1468.
- Jackson N 1977 The effect of dietary copper sulfate on laying performance, nutrient intake and tissue copper and iron levels of the mature, laying, domestic fowl. Br J Nutr 38: 93-100.
- Klasing CK 1988 Minerals. pp 234-276 in Comparative Avian Nutrition. CAB International. New York. USA.
- Lim HS, Paik IK 2003 Effect of supplementary mineral methionine chelates (Zn, Cu, Mn) on the performance and eggshell quality of laying hens. Asian-Aust J Anim Sci 16:1804-1808.
- Lim HS, Paik IK 2006 Effects of dietary supplementation of copper chelates in the form of methionine, chitosan and yeast in laying hens. Asian-Aust J Anim Sci 19:1174-1178.
- NRC 1994 Nutrient Requirements of Poultry. National Research Council. National Academy of Science. Washington, DC.
- Paik IK, Seo SH, UM JS, Chang MB, LEE BH 1999 Effect of supplementary copper-chelate on the performance and cholesterol level in plasma and breast muscle of broiler chickens. Asian-Aust J Anim Sci 12:794-798.
- Paik IK 2001 Management of excretion of phosphorus, nitrogen and pharmacological level minerals to reduce environmental pollution from animal production. Asian-Aust J Anim Sci 14:384-394.
- Pearce J, Jackson N, Stevenson MH 1983 The effect of dietary intake and of the dietary concentration of copper sulfate on the laying domestic fowl: Effect on some aspects of lipid, carbohydrate and amino acid metabolism. Br Poultry Sci 59:1099.

- Roof MD, Mahan DC 1982 Effect of carbadox and various dietary copper level for weanling swine. *J Anim Sci* 55: 1109.
- SAS Institute 1996 SAS/STAT User's Guide Release 6.12 ed. SAS Institute Inc. Cary NC, USA.
- Steel RGD, Torrie JH 1980 Principles and Procedure of Statistics. 2nd Ed: McGraw-Hill Publishing Co., NY.
- Underwood EJ 1977 Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 5th ed. Academic Press Inc., NewYork.
- Ward TL, Watkins KL, Southern LL, Hoyt PG, French DD 1991 Interactive effects of sodium zeolite-A and copper in growing swine: Growth and bone and tissue mineral concentration. *J Anim Sci* 69:726.
- Wedekind KJ, Hortin AE, Baker DH 1992 Methodlogy for assessing zinc bioavailability: Efficacy estimates for zinc-methionine zinc sulfate, and zinc oxide. *J Anim Sci* 70: 178-187.
- Zhou W, Kornegay ET, Lindermann MD, Swinkels JWGM, Welton MK, Wong EA 1994 Stimulation of growth by intravenous injection of copper in weanling pigs. *J Anim Sci* 72:2395-2403.
- 백인기 2000 약리적 수준 사용 광물질의 착염화. 단미보조 사료 산업발전을 위한 심포지움. 한국단미사료협회 pp. 37-60.
- 백인기 김찬호 박광월 2008 사료내 Cu-methionine chelate와 Cu-soy proteinate가 산란계의 생산성, 소장내 미생물 균 총 및 면역체계에 미치는 영향. *한국가금학회지* 35:303-311.
- 이한규 2005 Fe-soy proteinate를 이용한 철분강화계육 및 계란생산에 관한 연구. 제 103회 석사학위논문, 중앙대학교. (접수: 2014. 9. 22, 수정: 2014. 11. 11, 채택: 2014. 11. 14)