

구리 공급원들(Cu Sulfate, Cu-Methionine, Cu-Soy Proteinat)의 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향

이문구¹ · 김찬호¹ · 신동훈¹ · 정병윤² · 백인기^{1,†}

¹중앙대학교 동물생명공학과, ²Department of Poultry Science, The University of Georgia

Effects of Supplementary Copper Sources (Cu Sulfate, Cu-Methionine, Cu-Soy Proteinat) on the Performance Broiler Chickens

Mun Ku Lee¹, Chan Ho Kim¹, Dong Hun Shin¹, Byoung Yun Jung² and In Kee Paik^{1,†}

¹Department of Animal Science and Technology, Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea

²Department of Poultry Science, The University of Georgia, GA 30602, USA

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effects of dietary supplementation of Cu-sulfate, Cu-methionine chelate (Cu-Met) and Cu-soy proteinat (Cu-SP) on the performance, blood parameters and mineral contents of muscle. It was conducted with a total of 1,000 one d old broilers chickens (Ross[®]) which were assigned to four dietary treatments; Control, Cu sulfate (200 ppm Cu as CuSO₄ · 5H₂O), Cu-Met (200 ppm Cu as Cu-methionine chelate), Cu-SP (200 ppm Cu as Cu-soy proteinat). There were significant differences ($p < 0.05$) among treatments in weight gain. Weight gain of Cu treated groups were higher than the control during 3~5 wk. There were significant differences ($p < 0.05$) among treatments in feed intake during 0~3 wk. Cu-Met was significantly ($p < 0.05$) lower than the control but the differences among Cu treatments were not significant. There were significant differences ($p < 0.05$) among treatments in feed conversion rate (FCR). Cu treated groups were lower than the control during the whole period. Production efficiency factor (PEF) was significantly higher ($p < 0.01$) in Cu treated groups than the control. Nutrient availabilities of diets were not significantly different among the treatments. The count of white blood cell (WBC) and eosinophil (EO) were lower in Cu-SP treatment than in the control. Copper concentration in the liver was significantly ($p < 0.01$) higher in Cu treated groups than the control. Zinc concentration in the breast and wing muscle was lower in Cu treated and that of leg muscle was higher in Cu-Met than the control. The result of this experiment showed that Cu supplementation at the level of 200 ppm as Cu sulfate, Cu-Met and Cu-SP improves weight gain (4~5 wk), FCR and PEF. Differences among Cu sources were not significant.

(Key words : broilers, Cu sulfate, Cu-methionine chelate, Cu-soy proteinat, weight gain)

서 론

구리(Cu)는 cytochrome oxidase, lysyl oxidase, ceruloplasmin 그리고 superoxide dismutase와 같은 많은 효소들의 작용에 도움을 주는 필수 광물질이다(Klasing, 1998). 육계에서의 Cu의 요구량은 약 8 ppm 정도(NRC, 1994)이지만 높은 수준에서 CuSO₄ 형태로 사용 시 성장 촉진 효과가 있기 때문에 Cu 기준으로 100~300 ppm까지 높은 수준을 사료에 첨가하고 있다(Fisher, 1973). 영양소 요구량보다 높은 초 영양적(super nutritional level) 또는 약리적(pharmacological level) 수준의

구리 첨가는 육계(Baker et al., 1991; Paik, 2001b)와 돼지(Roof and Mahan, 1982; Cromwell et al., 1989; Paik, 2001a)의 생산성 그리고 사료 효율을 높혀 준다고 보고되었다. 또한, Hawbaker et al.(1961)과 Stanly et al.(1980)에 의하면 구리는 장내 세균 발육 저지 능력과 살균 능력을 가지고 있는데, Komegay et al.(1989)과 Shurson et al.(1990)도 이러한 기작으로 돼지의 성장 효과가 있다고 보고하였다. Stanly et al.(1980)이 어린 돼지(3~5주령) 사료에 구리 250 ppm을 첨가했을 때 항생제가 첨가된 사료와 성장 효율을 비견할 수 있다고 하였다. 구리를 돼지에게 혈관 주사하였을 때 생산성이 개선되었는데,

[†] To whom correspondence should be addressed : ikpaik@cau.ac.kr

이는 장내 세균총에 미치는 영향 이외에 도 성장조절체계에 조직적으로 영향을 미쳐 자돈의 성장을 촉진하는 것으로 사료되었다(Zhou et al., 1994). 그러나 높은 수준의 구리 급여는 배설물 내의 구리 함량을 증가시킨다. 이는 정화조 내 배설물의 정상적인 발효 작용을 저해할 수 있으며, 토양과 수질 오염의 원인이 될 수도 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 이용성이 좋고 생산성 개선에도 효과(Paik et al., 1999; Paik, 2001b)가 있는 유기태 형태의 구리를 사용하면 구리의 사용 수준을 저감시킬 수 있다. 약리적 수준으로 Cu를 이용한 시험에는 황산태가 대부분이었으나, Paik et al.(1999)은 Cu-sulfate보다 Cu-methionine chelate 형태로 육계에 공급하는 것이 낮은 첨가량으로 뚜렷한 성장 효과를 기대할 수 있다고 보고하였다. 이에 본 시험에서는 Cu 공급원으로 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 와 Cu-methionine chelate(Cu-Met) 그리고 Cu-soy proteinate(Cu-SP)의 첨가 효과를 비교 검토하기 위하여 육계 사양 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험 사료 및 사양 관리

본 시험에 사용된 사료는 Table 1에서 보는 바와 같이 NRC (1994)요구량에 준하여 옥수수-대두박 위주로 배합하였고, 0~3주령에는 전기 사료(Starter)를 급여하였으며, 3~5주령에는 후기 사료(Finisher)를 급여하였으며, 각각의 에너지와 조단백질 함량은 3,100 kcal/kg, 22%; 3150 kcal/kg, 19%이다.

2. 공시 동물 및 시험 설계

갓 부화한 육계(Ross[®])를 암·수 감별 후 1,000수를 공시하여 반복당 50수(암, 수 각각 25수)씩 20개의 floor pen(가로: 2,000 mm, 세로: 2,400 mm)에 4처리 5반복으로 완전임의 배치하였다. 물과 사료는 자유 채식케 하였고, 온도 관리는 시험 개시 시 육추기 온도를 32°C로 맞추어 준 뒤 한 주마다 2°C씩 감소시켜 시험 종료 시까지 24°C를 유지하였고, 사양 기간은 5주였다. 시험에 사용된 처리구는 대조구(Control), Cu sulfate(Cu-sulfate로 Cu 200 ppm 첨가구), Cu-Met(Cu-methionine chelate로 Cu 200 ppm 첨가구), Cu-SP(Cu-soy proteinate로 Cu 200 ppm 첨가구)였다.

3. Cu Sulfate 및 유기태 구리의 제조 및 공급

1) Cu-Sulfate($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Cu-sulfate는 YAKURI PURE Chemicals Co., Ltd에서 제조

한 Cupric sulfate(Cu 함량 33%)를 사용하였다.

2) Cu-Methionine Chelate(Cu-Met)

Cu-methionine chelate는 Paik et al.(1999)의 방법에 의해 D,L-methionine과 구리를 2:1 비율로 반응시켜 Innobio Co. Ltd., Korea에서 제조한 Copamin[®](Cu 함량 16.5%)를 사용하였다.

Table 1. Composition and nutrient content of broiler diets

Parameter	Starter (0 to 3 wks)	Finisher (4 to 5 wks)
Ingredients (%)		
Corn, US No. 3	51.93	54.65
Soybean meal -44% CP	28.10	23.00
Wheat meal	5.00	10.00
Corn gluten	3.84	2.01
Fish meal	4.00	3.50
Tallow	3.50	3.50
Dicalcium phosphate	1.86	1.59
Limestone	1.00	1.00
Sodium chloride	0.22	0.25
Choline-50%	0.06	0.04
Methionine-99%	0.11	0.11
Lysine-78%	0.14	0.11
Vitamin and mineral premix ¹	0.24	0.24
Total	100.00	100.00
Nutrient content		
ME _n (kcal/kg)	3,100	3,150
CP (%)	22.00	19.00
Ca (%)	1.00	0.92
Avaiable P (%)	0.51	0.45
Lys (%)	1.20	1.02
Met + Cys (%)	0.87	0.75

¹Provided per kg of diet: vitamin A, 12,000 IU; vitamin D₃, 2,500 IU; vitamin E, 20 mg; vitamin K₃, 2 mg; vitamin B₁, 2 mg; vitamin B₂, 5 mg; vitamin B₆, 3 mg; vitamin B₁₂, 18 ug; pantothenic acid, 8 mg; folic acid, 1 mg; niacin, 24 mg; biotin, 50 ug; I, 0.35 mg; Fe, 50 mg; Mn, 50 mg; Zn, 60 mg; Cu, 6 mg; Co, 0.25 mg; Se, 0.15 mg.

3) Cu-Soy Proteinate(Cu-SP)

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

4. 조사 항목 및 분석 방법

1) 육계의 생산성

증체량은 3주령과 5주령(시험 종료)에 각각 측정하였다. 사료 섭취량은 사료 급여량에서 잔량을 제하여 산출하였으며, 사료 요구율(FCR)은 사료 섭취량을 증체량으로 나누어 산출하였다. 폐사율은 폐사수수를 생존수수로 나누어 산출하였다. 생산지수(PEF; Production Efficiency Factor)는 ROSS® manual (2009)의 방법으로 다음의 식을 이용하여 산출하였다.

$$PEF = \{ [livability(\%) \times live\ weight(kg)/age(d) \times FCR] \times 100 \}$$

영양소 이용률(DM, crude protein, crude fat, crude fiber, ash, moisture, NFE, Cu)을 측정하기 위하여 4주령에 대사시험을 실시하였다. 처리당 5반복, 반복당 2수(암, 수 각 1수씩) 대사 케이지(가로: 35.5 cm, 세로: 45 cm, 높이: 55 cm)에 배치하고, 3일간 적응 기간을 둔 후 3일간 전분 채취법으로 실시하였다. 시험 원료의 분 내 일반 성분 함량은 AOAC(1990) 방법에 준하여 측정하였으며, 각 영양소 이용률은 {섭취 건물중량 × 영양소 함량(%) - 분 건물 중량 × 분 영양소 함량} / {섭취 건물 중량 × 영양소 함량(%)} × 100으로 계산하였다.

2) 혈액 성상 분석

사양 시험 종료 직후 처리 당 10수씩(총 40수) 선발하여 중앙대학교 동물시험윤리위원회 규정에 의거하여 경추탈골 시킨 후 심장에서 혈액 5 mL씩 EDTA가 처리된 Vacutainer™와 Vacutainer Needle & Holder™(Becton & Dickinson, U.S.A)를 이용하여 채혈한 후 24시간 안에 혈액분석기(HEMAVET® HV950FS, Drew Scientific Inc., U.S.A)로 leukocytes (White blood cell, K/μL; Heterophil, K/μL; lymphocyte, K/μL; stress indicator, heterophil/lymphocyte; monocyte, K/μL; eosinophil, K/μL; basophil, K/μL)와 erythrocytes(red blood cell, M/μL; hemoglobin, g/dL; hematocrit, %; mean corpuscular volume, fL; mean corpuscular hemoglobin, pg; mean corpuscular hemoglobin, g/dL)를 분석하였다.

3) 근육 및 간 내 Fe, Cu 및 Zn 함량 분석

혈액 채취한 시험 계를 반복당 암수 각각 가슴, 날개 및 다리 근육과 간을 채취하여 첨가 광물질들이 근육과 간 내에 미치는 영향을 분석하였다. Fe, Cu 및 Zn 함량은 AOAC (1990) 방법에 준하여 wet digestion으로 전 처리를 한 후 ICP (Inductively Coupled Plasma Spectrometer, JY-Ultima-2, France)를 이용하여 측정하였다.

4) 통계 분석

각 시험에서 얻어진 자료의 통계 처리를 위하여 반복당 평균값을 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. 생산성(증체율, 사료 섭취량, FCR, 폐사율, PEF)

본 시험에서의 증체량, 사료 섭취량, 사료 요구율, 폐사율 그리고 PEF는 Table 2에서 보는 바와 같다. 증체량에서 starter 급여 기간(0~3주) 동안에는 처리간에 유의한 차이가 없었으나, finisher 급여 기간(3~5주)과 전(全) 시험 기간 동안에는 구리 처리구들이 대조구에 비해 유의하게 높았다(p<0.01, finisher; p<0.05, 쏘 기간). 사료 섭취량에서는 starter(0~3주) 섭취량은 Cu-Met 구가 가장 적었는데, 대조구에 비해 유의한(p<0.05) 차이가 있었으나 Cu-SP와 Cu sulfate구들과의 차이는 유의하지 않았다. Finisher(3~5주) 기간과 전 시험 기간 동안에는 처리구들간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. FCR에서는 starter(0~3주) 급여 기간에 Cu sulfate구가 가장 낮은 값을 나타냈고 대조구가 가장 높았으나, 다른 처리구들과는 유의적인 차이를 보이지 않았다. Finisher(3~5주) 기간과 쏘 시험 기간에는 구리 첨가구들이 대조구에 비해 유의적으로 낮은 수치를 나타냈다(p<0.01). 김윤기와 백인기(1993)는 CuSO₄ · 5H₂O로 Cu 200 ppm을 첨가하거나 해조류 다당류와 구리를 복합물인 sequestered copper로 Cu 63.5~190.5 ppm을 첨가한 육계 사료를 급여 시 증체량이 유의하게 증가하였고, 사료 요구율이 낮아졌다고 보고하였다. Baker et al. (1991)은 sulfate 형태로 구리를 125~250 ppm 첨가하였을 때 증체량과 사료 요구율이 개선되었다고 보고하였다. Paik (2001b)은 Met-Cu로 구리 100~125 ppm을 첨가한 사료를 육계에 급여했을 때 육계와 돼지에서 생산성이 증가하였다고 보고하였다. 또한 민승기 등(1993,1994), 홍성진 등(2002)

Table 2. Effect of supplementary Cu sources on the performance of broilers

Parameters	Treatments ¹				P-value	SEM
	Control	Cu sulfate	Cu-Met	Cu-SP		
BW gain (g/bird)						
0 to 3 wk	730.4	791.2	759.4	765.9	0.7273	21.55
4 to 5 wk	1,055.8 ^B	1,162.6 ^A	1,179.1 ^A	1,175.8 ^A	0.0029	19.81
0 to 5 wk	1,839.2 ^b	1,953.8 ^a	1,938.5 ^a	1,941.8 ^a	0.0218	24.57
Feed intake (g/bird)						
0 to 3 wk	1,028.5 ^a	980.2 ^{ab}	967.9 ^b	979.8 ^{ab}	0.0397	16.65
4 to 5 wk	1,895.6	1,886.3	1,911.8	1,915.4	0.8363	25.76
0 to 5 wk	2,924.1	2,866.4	2,879.8	2,895.1	0.6869	34.92
FCR (feed/gain)						
0 to 3 wk	1.32 ^a	1.24 ^b	1.28 ^{ab}	1.28 ^{ab}	0.0476	0.020
4 to 5 wk	1.79 ^A	1.63 ^B	1.62 ^B	1.63 ^B	<.0001	0.019
0 to 5 wk	1.59 ^A	1.47 ^B	1.49 ^B	1.49 ^B	<.0001	0.013
Mortality						
0 to 3 wk	4.00	4.00	6.00	5.00	0.8775	2.20
4 to 5 wk	1.02	0.52	1.02	0.53	0.9139	0.70
0 to 5 wk	5.00	4.50	7.00	5.50	0.8194	1.95
PEF ²	290.29 ^B	318.33 ^A	318.49 ^A	320.37 ^A	<.0001	3.22

¹Control: control diet, Cu sulfate: Cu 200 ppm as Cu sulfate, Cu-Met: Cu 200 ppm as Cu-methionine chelate, Cu-SP: Cu 200 ppm as Cu-soy proteinate.

²Production efficiency factor; $\frac{\text{Livability (\%)} \times \text{Live Weight (kg)}}{\text{Age (d)} \times \text{FCR}} \times 100$

^{A-B, a-b}Means with the different superscripts differ significantly ($p < 0.01$ or $p < 0.05$).

은 Cu-Met 또는 Met-Cu-Zn 형태로 구리 100 ppm을 첨가한 사료를 육계에 급여하였을 때 생산성이 증가하였다고 보고하고 있다. 구리의 성장 개선 효과는 장내 유해 미생물 균총을 억제하기 때문이라고 알려져 있다(Burnell et al., 1988). Zhou et al.(1994)은 구리를 이유 자돈의 혈관에 주입하였을 때 증체량이 향상되었는데, 이는 구리가 성장 호르몬 분비 촉진과 같은 성장 조절 체계에 영향을 주기 때문이라고 추론하였는데, 육계에서도 자돈에서와 같이 구리의 성장 촉진 효과가 있는 것으로 사료된다. PEF에서는 구리를 첨가한 첨가구들이 대조구에 비해 유의하게 높은 수치를 나타냈다($p < 0.01$). 구리를 첨가한 처리구들 간에는 유의한 차이를 보이지는 않았다. Kim et al.(2011)은 Cu-Met와 Cu-SP로 육계에 50 ppm~100 ppm Cu를 급여하였을 때 PEF 지수가 향상된다고 보고하여 본 실험과 유사하였다. 이상의 생산성 시험 결과를 보면 Cu 200 ppm 첨가 수준에서는 대조구에 비해 대부

분의 생산성 관련 항목들을 향상시켰으며, Cu 공급원 간에는 유의한 차이가 없었다.

2. 영양소 이용률

Table 3은 본 시험에서의 영양소 이용률 분석에 대한 자료를 요약한 것이다. 영양소 이용률에서는 모든 영양소에서 처리구들 간에 유의적 차이를 나타내지 않았다. 백인기 등(1991)과 김윤기 등(1993)은 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 로 Cu 150 ppm과 200 ppm을 각각 육계 사료에 첨가 시 조섬유의 이용률이 유의하게 저하되었는데 이는 Cu가 장내 미생물 균총에 미치는 영향 때문인 것으로 보고 하였다. 그러나 본 실험에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Maurice et al.(1981)은 구리의 첨가가 육계의 복부지방에 영향을 미친다고 하였으며, 최영진과 백인기(1989)는 구리를 125 ppm 또는 375 ppm 첨가 시 조지방 이용률을 높인다고 보고하였으며, 백인기 등(1991)도 지방

Table 3. Nutrients availability of the experimental diets

Parameters	Treatments ¹ (%)				P-value	SEM
	Control	Cu sulfate	Cu-Met	Cu-SP		
DM	87.0	86.8	86.5	86.1	0.9932	2.44
Crude protein	78.9	79.9	77.0	77.9	0.9471	3.72
Crude fat	93.6	94.3	94.6	95.6	0.8130	1.50
Crude fiber	49.0	56.5	48.8	47.4	0.9041	9.54
Ash	60.6	58.4	57.3	58.1	0.9894	7.36
Moisture	88.7	89.8	89.1	88.2	0.9586	2.13
NFE	92.2	91.9	92.2	91.2	0.9688	1.62
Cu	67.0	63.7	60.2	52.1	0.6564	8.64

¹Control: control diet, Cu sulfate: Cu 200 ppm as Cu sulfate, Cu-Met: Cu 200 ppm as Cu-methionine chelate, Cu-SP: Cu 200 ppm as Cu-soy proteinate.

과 구리의 상호작용이 있다고 보고하였다. 본 실험에서 지방의 이용률은 대조구와 비교하여 구리 첨가구들이 유의적인 차이는 없었지만 증가하는 경향이 있었다. 사료의 구리 이용률은 Cu 첨가구들이 낮은 경향이 있었으나, 개체간 변이가 심하여 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

3. 혈액성상

혈중 백혈구 및 적혈구 분석 자료는 Table 4에 나타내었다. Leukocytes와 관련하여, 초기 염증 시 증가하는 것으로 알려진 백혈구(WBC)수는 구리 첨가구들이 대조구에 비해 낮았는데, 특히 Cu-SP는 대조구에 비해 유의적으로($p < 0.05$) 낮았다. 기생충 감염이나 면역성 과민 반응 시 증가되는 호산구(EO)에서도 구리 첨가구들이 대조구에 비해 낮았는데, Cu sulfate와 Cu-SP 첨가구는 대조구보다 유의하게($p < 0.05$) 낮았다. 급만성 염증 시 증가하는 것으로 알려진 호중구(HE), 급성 감염증 회복기에 증가하는 것으로 알려진 림프구(LY), 화농성 질환이나 조직 괴사 시 증가하는 단핵구(MO), EO와 공조하며, 유사한 반응을 보이는 호염구(BA), 그리고 스트레스 지수(SI; HE/LY)에서는 유의적인 차이는 없었다. Erythrocytes와 관련해서 적혈구(WBC), 헤모글로빈(Hb), 적혈구 용적(HCT), 평균 적혈구 용적(MCV), 평균 적혈구 혈색소량(MCH), 평균 적혈구 색소 농도(MCHC) 등 erythrocytes와 관련된 모든 항목은 모든 처리구 간에 유의적인 차이가 없었다. 호산구가 정상범위를 벗어난데 대한 해석은 앞으로 더 많은 실험 자료가 축적된 후 가능한 것으로 사료된다. 가끔에서 첨가제 실험에 대한 혈액 분석 자료는 희소한 편이다. 본 실험의 결과에 나타난 처리구 간에 유의한 차이들에 대한 임상학적

의의는 추후 심도있게 검토되어야 할 것이다.

4. 근육 조직 및 간의 광물질 함량

본 시험에서의 근육과 간 내 Fe, Cu 및 Zn 함량은 Table 5에 나타내었다. 가슴 근육 내 Fe, Cu 및 Zn 함량에서는 Cu와 Fe의 함량은 모든 처리구들 간에 유의적 차이를 나타내지 않았으나, Zn의 함량은 대조구가 7.55 ppm으로 가장 높았으며, Cu sulfate 구가 7.12, Met-Cu 첨가구가 5.96이었고, Cu-SP구가 5.74로 유의적으로($p < 0.05$) 낮은 수치를 나타냈다. 날개 근육에서도 Zn 함량에서 유의적인 차이를 보였는데, 대조구가 15.8 ppm으로 가장 높았으며, Cu-SP, Cu sulfate구들이 각각 13.3, 12.9로 유의적으로($p < 0.05$) 낮게 나타났으나, Cu-Met구는 14.36으로 다른 처리구들과 유의한 차이를 보이지 않았다. Cu와 Fe 함량은 유의한 차이를 보이지는 않았지만 Cu 함량은 대조구보다 모든 구리 첨가구들이 높은 경향을 보였다. 다리 근육에서도 다른 근육 조직과 마찬가지로 Cu, Fe 함량에서는 유의적인 차이를 보이지 않았지만 구리를 첨가한 처리구들이 Cu 함량에서 대조구보다 높은 경향을 보였다. 다리 근육의 Zn 함량은 Cu sulfate를 첨가한 처리구가 다른 처리구들과 대조구에 비해 유의하게($p < 0.01$) 높은 수치를 보였다. 간에서는 Cu 함량이 구리를 첨가한 처리구들이 대조구보다 유의하게($p < 0.01$) 높은 수치를 보였으나, Fe, Zn 함량은 모든 처리들 간에 유의적 차이를 보이지 않았다. 본 시험의 결과를 보면 Cu 첨가는 간 내 Cu 함량을 2배 정도 증가시키고, 날개와 다리 근육 내 Cu 함량을 증가시키는 경향이 있었다. Chiou et al.(1997)은 sulfate 형태로 구리를 200 ppm 첨가한 사료를 4주 동안 급여하였을 때 간과 난황에서

Table 4. Leukocytes and erythrocytes in blood of broilers fed experimental diets

Parameters	Treatments ¹				P-value	SEM
	Control	Cu sulfate	Cu-Met	Cu-SP		
Leukocytes ²						
WBC (K/ μ L)	35.05 ^a	30.10 ^{ab}	31.82 ^{ab}	28.46 ^b	0.0481	1.60
HE (K/ μ L)	12.59	11.20	11.31	10.45	0.1997	0.66
LY (K/ μ L)	13.83	13.21	13.62	12.16	0.4309	0.75
SI (HE/LY)	0.91	0.85	0.84	0.86	0.5799	0.04
MO (K/ μ L)	4.06	3.71	3.77	3.41	0.4409	0.27
EO (K/ μ L)	2.36 ^a	1.73 ^b	1.97 ^{ab}	1.66 ^b	0.0390	0.17
BA (K/ μ L)	0.97	0.65	0.82	0.60	0.2313	0.13
Erythrocytes ³						
RBC (M/ μ L)	4.14	3.61	3.81	3.77	0.4107	0.22
Hb (g/dL)	12.00	9.88	11.15	10.90	0.1163	0.56
HCT (%)	43.98	43.98	42.38	41.30	0.9162	3.20
MCV (fL)	106.28	108.93	111.75	112.08	0.6841	3.81
MCH (pg)	29.10	25.75	29.40	29.53	0.4576	1.87
MCHC (g/dL)	27.45	23.40	26.33	26.50	0.3999	1.70

¹Control: control diet, Cu sulfate: Cu 20 ppm as Cu sulfate, Cu-Met: Cu 20 ppm as Cu-methionine chelate, Cu-SP:Cu 20 ppm as Cu-soy proteinate.

²Leucocytes: WBC; White blood cell, HE; Heterophil, LY; Lymphocyte, SI; Stress indicator, MO; Monocyte, EO; Eosinophil, BA; Basophil.

³Erythrocytes: RBC; Red blood cell, Hb; hemoglobin, HCT; Hematocrit, MCV; Mean corpuscular volume, MCH; Mean corpuscular hemoglobin, MCHC; Mean corpuscular hemoglobin concentration.

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

Table 5. Effect of supplementary Cu sources on Cu, Fe and Zn content in muscles and liver

Parameters		Treatments ¹ (ppm)				P-value	SEM
		Control	Cu sulfate	Cu-Met	Cu-SP		
Breast muscle	Cu	4.69	4.13	3.07	3.79	0.7672	0.95
	Fe	17.0	15.8	15.3	18.3	0.7115	1.67
	Zn	7.55 ^a	7.12 ^{ab}	5.96 ^{bc}	5.74 ^c	0.0187	0.31
Wing muscle	Cu	3.60	4.63	4.17	4.78	0.9314	1.21
	Fe	21.0	22.0	16.8	21.5	0.7644	3.28
	Zn	15.77 ^a	12.88 ^b	14.36 ^{ab}	13.29 ^b	0.0483	0.55
Leg muscle	Cu	2.99	4.36	5.21	4.61	0.6248	1.04
	Fe	19.0	16.9	19.5	21.8	0.5411	1.95
	Zn	13.06 ^B	16.31 ^A	10.98 ^B	12.89 ^B	0.0035	0.58
Liver	Cu	12.36 ^B	21.34 ^A	23.04 ^A	22.53 ^A	<.0001	0.90
	Fe	672.3	694.3	685.4	696.6	0.9841	71.9
	Zn	77.59	77.31	78.76	78.61	0.9886	5.04

¹Control: control diet, Cu sulfate: Cu 200 ppm as Cu sulfate, Cu-Met: Cu 200 ppm as Cu-methionine chelate, Cu-SP: Cu 200 ppm as Cu-soy proteinate.

^{A-B, a-b}Means with the different superscripts differ significantly ($p < 0.01$ or $p < 0.05$).

구리 함량이 증가된다고 보고하였다. Zinc의 함량은 가슴과 날개 근육에서 감소하였으나, 다리 근육에서는 Cu sulfate구에서 증가하였다. Hatfield et al.(2001)은 암양의 사료 내 Zn 함량이 높을 때 Cu 이용률을 줄이는 길항 작용이 있다고 보고하였다. 본 실험의 결과에서도 Cu와 Zn의 상호 작용이 매우 강하며, Fe 수준은 크게 영향을 받지 않는다는 것을 시사하고 있다.

적 요

본 연구는 구리 공급원들이 육계의 생산성, 영양소 이용률, 혈액 정상 및 근육과 간의 광물질 함량에 미치는 영향을 알아보기 위해 Cu sulfate, Cu-soy proteinate(Cu-SP), Cu-methionine chelate(Cu-Met)를 비교시험하였다. 육계(Ross[®]) 1,000수를 공시하여 4처리 5반복으로 반복당 50수씩 완전 임의 배치하여 자유 섭식케 하였으며, 35일간 전기(0~3주), 후기(4~5주)로 나누어 실시하였다. 처리구들은 대조구, Cu sulfate (CuSO₄ · 5H₂O으로 Cu 200 ppm), Cu-Met(Cu-methionine chelate으로 Cu 200 ppm), Cu-SP(Cu-soy proteinate으로 Cu 200 ppm) 등 총 4처리였다.

증체량에서는 후기와 쏘 사양 시험 기간 동안 구리 첨가구들이 대조구와 비교하여 유의적으로($p < 0.01$, 후기; $p < 0.05$, 쏘 사양 시험 기간) 높았으며, 사료 섭취량에서는 전기에서 Cu-Met가 대조구에 비해 유의적으로($p < 0.01$) 적었다. 사료 요구율(FCR)은 쏘 시험 기간 동안 구리 첨가구들이 대조구에 비해 유의적으로($p < 0.01$) 낮았다. 생산지수(PEF)는 구리 첨가구들이 대조구와 비교하여 유의적으로($p < 0.01$) 높았다. 영양소 이용률은 처리간에 유의한 차이가 없었다. 혈중 백혈구(WBC)와 호산구(EO)의 수는 구리 첨가구들이 낮았으며, 다른 leukocytes와 erythrocytes는 처리간에 유의한 차이가 없었다. 근육 내 구리 함량은 유의한 차이가 없었으나, 가슴과 날개 근육 내 아연 함량은 구리 첨가구들에서 감소하였으나, 다리근육에서는 Cu sulfate 구에서 증가하였다. 간 내 구리 함량은 구리 첨가구들이 대조구와 비교하여 유의적으로($p < 0.01$) 높았다. 결론적으로 Cu sulfate, Cu-Met, Cu-SP는 육계의 증체율과 사료 요구율을 유의하게 개선하였으며, Cu 200 ppm 첨가 수준에서 Cu 공급원들 간에는 유의한 차이가 없었다.

(색인어: 육계, Cu sulfate, Cu-methionine chelate, Cu-soy proteinate, 증체량)

사 사

본 연구는 2005~2007년도 농림수산식품부에서 시행한 농

림기술개발 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 참여 기업체는 (주)이노바이오(Innobio Co. Ltd., Korea)입니다.

인용문헌

AOAC 1990 Official Method of Analysis. 15th Ed. Association of Official Chemist. Washington DC, USA.

Baker DH, Odle J, Funk MA, Wieland TM 1991 Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous, and in a copper-lysine complex. *Poult Sci* 70(1):171-179.

Burnell TW, Cromwell GL, Stahly TS 1988 Cited by J. Gohl in Bottom Line of Nutrition. *Feedstuff*. June 13. pp 16-18.

Chiou PWS, Chen KL, Yu B 1997 Toxicity, tissue accumulation and residue in egg and excreta of copper in laying hens. *Anim. Feed Sci Technol* 67(1):49-60.

Cromwell GL, Stahly TS, Mongue HJ 1989 Effect of source and level of copper on performance and liver copper stores in weaning pigs. *J Anim Sci* 67(11):2996-3002.

Fisher C 1973 Use of copper sulfate as a growth promotor for broilers. *Feedstuffs* July 16:24-25.

Hatfield PG, Swenson CK, Kott RW, Ansotegui RP, Roth NJ, Robinson BL 2001 Zinc and copper status in ewes supplemented with sulfate- and amino acid- complexed forms of zinc and copper. *J Anim Sci* 79(1):261-266.

Hawbaker JA, Speer VC, Hays VW, Hawbaker JH, Catron DV 1961 Effects of copper sulfate and other chemotherapeutics in growing swine rations. *J Anim Sci* 20(1):163-167.

Kim G-B, Seo YM, Shin KS, Rhee AR, Han J, Paik IK 2011 Effects of supplemental copper-methionine chelate and copper-soy proteinate on the performance, blood parameters, liver mineral content, and intestinal microflora of broiler chickens. *J Appl Poult Res* 20:21-32.

Klasing CK 1998 Minerals. pp 234-276 in *Comparative Avian Nutrition*. CAB International. New York, USA.

Kornegay ET, van Heugten PHG, Lindermann MD, Blodgett DJ 1989 Effects of biotin and high copper levels on performance and immune response of weanling pigs. *J Anim Sci* 67(6):1471-1477.

Maurice DV, Jones JE, Bherer NJ 1981 Interaction of Roxarsone and copper in broiler chicks. *Bri Poult Sci* 28:529

NRC 1994 Nutrient Requirements of Poultry. National Academy Press, Washington DC, USA.

- Paik IK 2001a Application of chelated minerals in animal production. *Asian-Aust J Anim Sci* 14:Special Issue:191-198.
- Paik IK 2001b Management of excretion of phosphorus, nitrogen and pharmacological level minerals to reduce environmental pollution from animal production. *Asian-Aust J Anim Sci* 14(3):384-394.
- Paik IK, Seo SH, Um JS, Chang MB, Lee BH 1999 Effects of supplementary copper-chelate on the performance and cholesterol level in plasma and breast muscle of broiler chickens. *Asian-Aust J Anim Sci* 12(5):794-798.
- Roof MD, Mahan DC 1982 Effect of carbadox and various dietary copper level for weaning swine. *J Anim Sci* 55:1109.
- ROSS[®] Broiler Manual Aviagen 2009 pp. 101.
- SAS Institute 1996 SAS/STAT[®] User's Guide Release. 6.12 Edition. SAS Institute Inc. Cary NC, USA.
- Shurson GC, Ku PK, Wacier GL, Yokoyama MT, Miller ER 1990 Physiological relationships between microbiological status and dietary copper levels in the pig. *J Anim Sci* 68(4):1061-1071.
- Stanly TS, Cromwell GL, Monegue HJ 1980 Effects of the dietary inclusion of copper and antibiotics in the performance of weaning pigs. *J Anim Sci* 51(6):1347-1351.
- Steel RGD, Torrie JH 1980 Principles and Procedures of Statistics. 2nd Ed: McGraw-Hill Publishing Co., NY.
- Zhou W, Kornegay ET, Lindemann MD, Swinkels JWGM, Welton MK, Wong EA 1994 Stimulation of growth by intravenous injection of copper in weanling pigs. *J Anim Sci* 72(9):2395-2403.
- 김윤기 백인기 1993 구리 공급원과 첨가 수준이 육계의 생산성에 미치는 영향. *한국축산학회지* 35(1):52-59.
- 김윤기 최규형 백인기 1993 황산동의 종류와 지방의 상호작용이 육계의 생산성에 미치는 영향. *한국영양사료학회지* 17(1):7-14.
- 민승기 남궁환 백인기 1993 사료첨가제로서 구리복합제가 육계의 생산성에 미치는 영향. *한국영양사료학회지* 17(5):247-257.
- 민승기 엄재상 백인기 1994 메치오닌-구리 및 단백질-구리 복합제가 육계와 쥐의 성장과 광물질 대사 및 장내 균총에 미치는 영향. *한국영양사료학회지* 18(2):103-113.
- 백인기 남궁환 최영진 1991 황산동과 지방의 상호작용이 육계의 생산성에 미치는 영향. *한국영양사료학회지* 15(6):281-286.
- 이한규 2005 Fe-soy proteinate를 이용한 철분강화계육 및 계란 생산에 관한 연구. 제103회 중앙대학교 석사학위논문.
- 최영진 백인기 1989 유산동의 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 13(4):193-200.
- 홍성진 임희석 백인기 2002 사료내 Cu 및 Zn-Methionine Chelates 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 44(4):399-406.

(접수: 2011. 4. 18, 수정: 2011. 6. 1, 채택: 2011. 6. 3)