

Copper-*soy* Proteinate의 첨가가 채란계의 생산성에 미치는 영향

이문구¹ · 김찬호¹ · 신동훈¹ · 정병윤² · 백인기^{1,†}

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

Effects of Dietary Supplementation of Copper-*soy* Proteinate on the Performance of Laying Hens

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 copper-*soy* proteinate (Cu-SP) on the performance of laying hens. A total of 1,000 Hy-Line Brown laying hens of 32 wks old were assigned to one of the following 5 dietary treatments: Control, Cu-SP 50, 100, 150, 200 (50, 100, 150, 200 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 wks under 16L : 8D lighting regimen. There were no significant differences among treatments in hen-day and hen-house egg production, egg weight, broken & soft egg production. Feed intake and feed conversion rate (FCR) were significantly ($P<0.01$) lower in Cu-SP treated groups than Control. Eggshell thickness was significantly ($P<0.01$) higher in Control than Cu-SP 100, 150 and 200. Egg yolk color index was significantly ($P<0.01$) higher in Cu-SP 200 than other treatments. Egg shell color index was significantly ($P<0.05$) higher in Cu-SP 150 and Cu-SP 200 than Cu-SP 100. Concentration of copper, iron and zinc of the egg yolk were not significantly influenced by treatment. There were no significant differences in the level of leukocytes and erythrocytes in the chicken blood. The result of this experiment showed that dietary supplementation of Cu-SP at the level of 50ppm of Cu can reduce feed intake and FCR.

(Key words : Cu-*soy* proteinate, egg production, feed intake, FCR, laying hen)

서 론

구리는 cytochrome oxidase, lysyl oxidase, ceruloplasmin, 그리고 superoxide dismutase와 같이 많은 효소들의 작용을 도와주는 필수광물질이다(Klasing, 1998). 산란계에서의 Cu 요구량은 4~5 ppm 정도(NRC, 1994)이지만, 250 ppm의 높은 수준의 구리 첨가(super nutritional or pharmacological level)는 육계(Baker et al., 1991; Paik, 2001a)와 돼지(Roof and Mahan, 1982; Cromwell et al., 1989; Paik, 2001a)의 생산성, 그리고 사료 효율을 높이는 것으로 알려져 있다. 구리는 장 내 유해 세균을 억제하고, 성장 호르몬의 발현 시스템에 영향을 주어 성장율과 사료 효율을 높인다. Pesti and Bakalli(1998)는 황산동 형태로 구리를 250 ppm 첨가한 사료를 급여하면 산란 생산성을 높인다고 보고하였고, Lim and Paik(2003) 또한 구리 100 ppm을 메티오닌 킬레이트로 채란계 사료에 첨가하면

산란 생산성 개선 효과가 있다고 보고하였다. 하지만 구리 첨가 수준이 높으면 배설물을 통해 다량의 구리가 배출되는 결과를 초래한다(Paik et al., 1999). 배설물 중의 높은 구리 함량은 정상적인 발효 작용을 저해하고 토양의 오염을 초래하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 이용성이 높고 생산성 개선에도 효과(Paik et al., 1999; Paik, 2001b)가 있는 유기태 형태의 구리를 사용하여 구리의 사용 수준을 저감시킬 수 있다.

이미 메티오닌을 chelating agent로 한 메티오닌 킬레이트가 널리 이용되고 있다. 하지만 메티오닌은 사료 원료 중에서도 가격이 높은 원료에 속하며 이를 이용한 mineral amino acid chelate 또한 고가일 수밖에 없어 실제 채란계뿐만 아니라 다른 축종의 사료에서도 첨가제로서 충분히 이용하기에 경제적인 부담이 있다. 이러한 고가의 킬레이트 제품의 제조

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

단가를 낮추고자 본 시험에서는 메티오닌보다 저렴한 chelating agent로 탈지대두박을 선정하였다. 탈지대두박을 가수분해하여 만든 가수분해 대두박(soy-digest)을 기초로 Cu-soy proteinate(Cu-SP)를 제조하여 사료 내 첨가 수준을 달리하여 급여하였을 때 채란계의 생산성, 계란의 품질, 난황 내 광물질 함량 및 혈액 성상에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 시험 사료 제조 및 사양 관리

대조구 사료는 NRC(1994)의 채란계 영양소 요구량에 준하여 CP 17.5%, ME 2,750 kcal/kg인 사료를 제조하였으며, 배합비와 영양소 함량은 Table 1과 같다. 사양 시험은 5주 동안 실시하였고, 이 기간 동안 물과 사료는 자유 섭취하게 하였으며, 일반적인 점등 관리(16L: 8D)를 실시하였다.

2. 실험 동물 및 실험 설계

본시험의 사양 실험을 위해 32주령의 채란계(Hy-Line Brown[®]) 1,000수를 공시하여 A형 2단 케이지(4개열)에 대조구를 포함한 총 5처리구를 배치하였다. 처리당 4반복, 반복당 50수씩(2수 수용 케이지 25개), 4개의 케이지열을 각 집구(block)로 하고, 각 block당 5처리가 임의로 배치되는 난괴법으로 설계하였다. 시험에 사용된 처리구들은 대조구(Control), Cu-SP 50(Cu-SP로 Cu 50 ppm 첨가구), Cu-SP 100(Cu-SP로 Cu 100 ppm 첨가구), Cu-SP 150(Cu-SP로 Cu 150 ppm 첨가구), Cu-SP 200(Cu-SP로 Cu 200 ppm 첨가구) 등이었다.

3. 유기태 구리의 제조 및 공급

Cu-SP는 이한규(2005)의 방법에 따라 대두박을 Alcalase 2.4 L(Novozymes, Denmark)로 pH 8, 60°C에서 가수분해하여 soy-digest를 만든 다음 황산동과 soy-digest를 건물 중량 1:1 비율로 혼합하여 제조하였다. 제조된 Cu-SP 내 구리 함량은 20%였다.

4. 조사 항목 및 분석 방법

1) 산란 생산성 및 계란 품질

산란 생산성 검사를 위해 산란율, 평균 난중, 연·파란율은 매일 측정된 후 주별 평균을 산출하였고, 사료 섭취량은 주 1회 측정하여 사료 요구율을 산출하였다.

주 1회씩 총 6회(0, 1, 2, 3, 4, 5 주)에 걸쳐 반복당 연·파란을 제외한 10개의 계란을 임의로 채취하여 처리당 100개, 총 500개의 계란으로 난각 강도, Haugh unit, 난각색과 난황색 등의 품질 검사를 실시하고, 5주차에는 난황을 분리하여

Table 1. Formula and composition of control diet

Ingredient	Contro 1	Cu-SP 50	Cu-SP 100	Cu-SP 150	Cu-SP 200
Corn, US No.3	51.380	51.355	51.330	51.305	51.280
Soybean meal, 44% CP	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24
Wheat bran	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Rice bran	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Wheat	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Lupin kernel	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Corn gluten feed	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07
Tallow	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36
Salt	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Limestone	9.69	9.69	9.69	9.69	9.69
Oyster shell	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Dicalcium phosphate	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Electrolytes ¹	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Additives ²	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Vitamin and mineral premix ³	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Choline-Cl (50%)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
D,L-Methionine (88%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Phytase ⁴	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Copper soy proteinate	—	0.025	0.05	0.075	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated composition					
ME (kcal/kg)	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750
CP (%)	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50
Lys (%)	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Cu, mg/kg	20.50	69.00	118.00	165.50	221.00
Met (%)	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Met + Cys (%)	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Ca (%)	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95
Avail. P (%)	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38

¹Consist of: KCl, 35%; NaHCO₃, 40%; Na₂SO₄, 25%.

²Consists per kg: Cyromazine, 5 ppm; vitamin E, 15 ppm; vitamin C, 100 ppm.

³Provides per kg diet: Vitamin A, 10,000 IU; vitamin D₃, 2,500 IU; vitamin E, 15 IU; vitamin K₃, 2 mg; vitamin B₁, 1.5 IU; vitamin B₂, 4 mg; vitamin B₆, 3 mg; vitamin B₁₂, 3 ug; pantothenic acid, 8 mg; niacin, 25 mg; folic acid, 0.5 mg. Zn, 52.5 mg; Mn, 52.5 mg; Fe, 52.5 mg; Cu, 52.5 mg; I, 1.155 mg; Co, 0.315 mg; Se, 0.315 mg.

⁴Product supplied by BASF Korea Co., Ltd.

동결 건조한 다음 난황 내 광물질 함량 분석에 이용하였다.

난각 강도는 Texture Analyser(Stable Micro System, UK), 난각 두께는 Dial Pipe Guage(Model 7360, Mitutoyo Co, Kawasaki 213, Japan)를 이용해 측정하였다. 난각색과 난황색은 Color Fan(난각색; Samyang Co, Korea, 난황색; Roche Co, Switzerland)을 이용해 측정하였다. Haugh unit는 HU formula(Eisen et al., 1962)에 준하여 난중과 Micrometer(Model S-8400, AMES, Waltham, USA)로 측정한 난백고로부터 산출하였다.

2) 난황 내 광물질 분석

품질 검사 후 난황을 분리하여 Vacuum Freeze Dryer(Beta-A, Germany)로 동결 건조한 다음 Soxhlet 장치를 이용하여 수분과 지방을 제거한 다음, 난황 내 광물질 함량 분석을 위한 시료로 이용하였고 AOAC(1990) 방법에 준하여 습식법(wet digestion)으로 전 처리하여 ICP(Inductively Coupled Plasma Spectrometer, JY-Ultima-2, France)를 이용해 Fe, Cu 및 Zn의 함량을 측정하였다.

3) 혈액 성상 분석

각 실험의 사양 종료 직후 처리당 10수씩(총 50 수) 선발하

여 중앙대학교 동물시험윤리위원회 규정에 의거하여 경추 탈골시킨 후 심장에서 혈액 5 mL씩 EDTA가 처리된 Vacutainer Tube™와 Vacutainer Needle & Holder™(Becton & Dickinson, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 채혈하였다. 그 후 24시간 안에 혈액분석기(HEMAVET® HV950FS, Drew Scientific Inc., USA)로 leukocytes와 erythrocytes를 분석하였다.

4) 통계 분석

각 실험에서 얻어진 자료의 통계 처리는 반복의 평균값을 SAS®(1996) GLM(General Linear Model) Procedure를 이용하여 분석하였으며, *F*-test 결과 유의성($P < 0.05$)이 있을 경우 평균간의 차이를 Duncan's multiple range test로 검정하였다(Steel and Torrie, 1980).

결과 및 고찰

1. 산란 생산성

본시험에서 Cu-SP로 Cu 50, 100, 150 및 200 ppm의 첨가가 채란계의 생산성과 계란의 품질에 미치는 영향을 Table 2에 나타내었다. 5주 동안의 일계산란율(hen-day egg produc-

Table 2. Effects of supplementary copper-soy proteinate(Cu-SP) on the performance and egg quality of laying hens

Parameter	Treatments ¹					P-value	SEM
	Control	Cu-SP 50	Cu-SP 100	Cu-SP 150	Cu-SP 200		
Laying performance							
Hen-day egg production (%)	91.37	92.77	92.45	91.23	91.87	0.8122	1.069
Hen-house egg production (%)	91.37	92.47	92.37	90.93	91.25	0.8440	1.188
Egg weight (g)	63.14	62.98	63.23	63.21	63.59	0.5330	0.250
Broken & soft egg (%)	0.17	0.15	0.26	0.27	0.30	0.3898	0.062
Feed intake (g/day)	122.8 ^A	112.8 ^B	111.9 ^B	110.6 ^B	114.4 ^B	<0.0001	1.560
FCR (g feed/g egg mass)	2.13 ^A	1.94 ^B	1.91 ^B	1.92 ^B	1.91 ^B	0.0008	0.035
Egg quality							
Egg shell strength (kg/cm ²)	4.15	4.28	4.19	4.12	4.28	0.4891	0.079
Egg shell thickness (mm)	0.393 ^A	0.387 ^{AB}	0.383 ^B	0.381 ^B	0.386 ^B	0.0076	0.002
Egg yolk color	9.90 ^{BC}	9.99 ^B	9.79 ^C	9.98 ^B	10.16 ^A	0.0004	0.047
Egg shell color	12.28 ^{ab}	12.48 ^{ab}	12.07 ^b	12.70 ^a	12.68 ^a	0.0294	0.145
Haugh unit	94.32	94.00	93.65	95.65	93.45	0.2722	0.737

¹Control; control diet, Cu-SP 50; Cu 50 ppm as Cu-SP, Cu-SP 100; Cu 100 ppm as Cu-SP, Cu-SP 150; Cu 150 ppm as Cu-SP, Cu-SP 200; Cu 200 ppm as Cu-SP.

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

tion)과 산란지수(hen-house egg production)에서는 Cu-SP 50구가 가장 높고, Cu-SP 100구가 다음으로 높았으나, 처리구 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 난중과 연·파란올에서도 처리구 간에 유의적인 차이는 없었다. 사료 섭취량과 사료 요구율은 구리 첨가구들이 대조구에 비해 유의적으로 ($P<0.01$) 낮았고, Cu-SP구들 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. Lim and Paik(2003)은 채란계에 구리-메티오닌 킬레이트(Cu-Met) 형태로 Cu 100 ppm 첨가했을 때 대조구보다 사료 요구율이 1.53% 유의하게 향상되었다고 보고하였으며, 이문구 등(2011)은 육계에 Cu-sulfate, Cu-Met, Cu-SP 형태로 Cu를 200 ppm 첨가했을 때 사료 섭취량과 사료 요구율이 유의하게 감소했다고 보고하였다. Pearce et al.(1983)은 채란계의 사료 내 황산동 첨가 수준이 증가할수록 사료 섭취량과 산란 생산성이 떨어진다고 보고하였으나, 선행 실험들에서 구리의 첨가가 유의적으로 산란율 증가에 영향을 미친다는 보고(Jackson, 1977; Lim and Paik, 2003, 2006; 백인기 등, 2008)가 있었고, sulfate 형태로 200 ppm의 구리를 첨가하는 것은 산란율을 증가시켰지만, 400 ppm 이상을 첨가하게 되면 산란율이 저하된다는 보고가 있었다(Chiou et al., 1997). 본 실험에서는 Cu-SP를 첨가한 사료들을 급여하였을 때 산란율에서 유의적인 차이는 없었으며, 사료 섭취량과 사료 요구율이 유의하게 향상되는 결과를 얻었다. 이러한 결과는 Cu-SP의 첨가 수준(Cu 50~200 ppm)에 의해서는 유의한 영향을 받지 않았다.

2. 계란 품질

난각 두께는 Cu-SP 100, 150, 200구들이 대조구보다 유의적으로 ($P<0.01$) 얇았으나, Cu-SP 50구는 유의한 차이가 없었고, 난각 강도에서는 처리구들 간에 유의한 차이가 보이지 않았다. 난황색은 Cu-SP 200구가 유의적으로 ($P<0.01$) 높았고 Cu-SP 100구가 낮았으나, 처리구들 간에 일정한 경향은 없

었다. 난각색에서는 Cu-SP150, 200구가 Cu-SP 100구보다 유의적으로 ($P<0.05$) 높았으며, 대조구, Cu-SP 50, 100구간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. Haugh unit에서는 처리구 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 본 실험에서 Cu-SP 100, 150, 200구들에서 난각 두께가 대조구에 비해 얇았으나 난각의 강도에는 차이가 없었는데, 그 이유는 확실히 알 수 없다. 다만 Cu와 Ca의 상호작용으로 인해 난각의 주성분인 CaCO_3 의 생성에 영향을 주었기 때문인 것으로 사료된다. Lim and Paik(2003)은 Cu-Met로 Cu 100 ppm을 사료에 첨가했을 때 산란율이 증가하였고 난각 두께는 유의한 차이가 없었으나, 난각의 강도는 유의하게 증가하였다고 보고하였다. Lysyl oxidases는 구리를 함유하는 효소로 난각막의 주성분인 collagen의 생성에 필수적으로 구리 결핍 시 수정과 난각막 형성에 이상이 생긴다고 하였다(Klasing, 1988). 본 실험에서는 Cu-SP를 첨가한 처리구들이 대조구에 비해 난각 두께가 낮은 값을 보였으나, 난각 강도에는 유의한 차이가 없었다. Cu-SP 200구에서 난황색이 유의하게 개선되는 이유는 구리가 일부 미생물에서 carotenoid 합성에 기여하는 것(Aurelio et al., 2005)과 관련이 있을 것으로 추측된다. 난각색은 Cu-SP 150과 200에서 높았는데, 이는 Cu와 Fe의 상호작용 때문인 것으로 보인다. Seo et al.(2010)에 의하면 Fe 첨가는 갈색 난각 색소의 주성분인 phorphyrin의 생성을 증가시켜 난각색도를 높인다고 하였다. 따라서 Cu는 Fe의 대사에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

3. 난황 내 광물질 분석

난황 내 광물질 함량에 대한 Cu-SP의 첨가 효과에 대한 실험 결과는 Table 3에서 보여주고 있다. 구리와 상호작용이 있다고 알려진 아연, 철분의 함량 분석을 실시하였는데, 처리구들 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 Kim et al. (2011)은 Cu-Met으로 Cu를 100 ppm 또는 Cu-SP 100과 200을

Table 3. Effects of supplementary copper soy-protein(Cu-SP) on Cu, Fe and Zn content of egg yolk

Parameter	Treatments ¹					P-value	SEM
	Control	Cu-SP 50	Cu-SP 100	Cu-SP 150	Cu-SP 200		
	----- ppm (DM basis, fat free) -----						
Cu	9.53	9.47	9.63	9.52	9.59	0.8813	0.11
Fe	233.5	236.3	235.1	234.2	235.8	0.8934	2.18
Zn	107.4	108.4	108.8	109.9	109.3	0.9710	2.60

¹Control; control diet, Cu-SP 50; Cu 50 ppm as Cu-SP, Cu-SP 100; Cu 100 ppm as Cu-SP, Cu-SP 150; Cu 150 ppm as Cu-SP, Cu-SP 200; Cu 200 ppm as Cu-SP.

급여한 육계의 간에서 Cu의 함량이 유의하게 증가하였으나, Zn와 Fe의 함량에는 유의한 변화가 없었으며, Chiu et al.(1997)은 sulfate 형태로 구리를 200 ppm 첨가한 사료를 4주간 급여하였을 때 간과 난황에서 구리 함량이 증가된다고 보고한 바 있고, Guclu et al.(2008)은 proteinate 형태로 구리를 150~450 ppm 첨가했을 때 난황에서 구리 함량이 증가한다고 보고한 바 있다. 본 실험에서는 Zn와 Fe뿐만 아니라 Cu의 난황 내 함량에서 유의적인 차이가 없었는데, 이는 추후 실험을 통하여 재검토되어야 할 과제이다.

4. 혈액 분석

본 실험에서 Cu-SP 첨가가 혈액 성상에 미치는 영향은 Table 4에 나타나 있다. Leukocytes와 관련하여서 초기 염증 시 증가하는 것으로 알려진 백혈구(WBC)에서 유의한 차이는 보이지 않았지만, 대조구에 비하여 구리 첨가구들이 높은 경향을 보였다. 급, 만성염증 시 증가하는 호중구(HE), 급성 감

염증 회복기에 증가하는 림프구(LY), 화농성 질환이나 조직 괴사 시 증가하는 단핵구(MO), 기생충 감염이나 면역성 과민 반응 시 증가되는 호산구(EO), 스트레스지수(SI: HE/LY) 또한 유의적인 차이가 보이지 않았다. 적혈구(RBC)와 헤모글로빈(Hb) 수치도 대조구에 비해 처리구들에서 높은 경향을 보였으나, erythrocytes와 관련해서 모든 항목들에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 백인기 등(2008)이 Cu-Met와 Cu-SP를 채란계에 급여하였을 때 적혈구 색소량(MCH)이 유의하게 증가하였다. 그러나 가금에서 Cu chelate나 proteinate 첨가에 따른 혈액 분석 자료는 희소한 편으로 이들에 대한 임상학적 의의는 앞으로 검토되어야 할 과제이다.

적 요

본 실험은 Cu-soy proteinate(Cu-SP)의 사료 내 첨가가 채란계의 생산성에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시하였다.

Table 4. Leukocytes and erythrocytes in blood of laying hens fed experimental diets supplemented with copper-soy proteinate(Cu-SP).

Parameter	Treatments ¹					P-value	SEM
	Control	Cu-SP 50	Cu-SP 100	Cu-SP 150	Cu-SP 200		
Leukocytes²							
WBC (K/ μ L)	14.84	15.62	15.35	15.33	15.65	0.9984	1.955
HE (K/ μ L)	2.49	2.50	2.40	2.47	2.52	0.9991	0.333
LY (K/ μ L)	11.84	11.28	11.17	11.38	11.98	0.9698	0.995
SI (NE/LY)	0.22	0.23	0.22	0.21	0.21	0.9943	0.028
MO (K/ μ L)	1.63	1.72	1.81	1.82	1.84	0.9852	0.379
EO (K/ μ L)	0.16	0.16	0.12	0.13	0.13	0.6429	0.058
BA (K/ μ L)	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.3525	0.008
Erythrocytes³							
RBC (M/ μ L)	2.18	2.17	2.19	2.25	2.25	0.9836	0.128
Hb (g/dL)	9.33	9.48	9.62	10.12	9.56	0.9195	0.626
HCT (%)	21.98	21.40	21.72	24.36	21.96	0.6995	1.593
MCV (fL)	110.22	109.46	108.80	108.18	108.52	0.9514	1.971
MCH (pg)	47.24	45.80	46.20	44.96	47.08	0.8286	1.551
MCHC (g/dL)	45.76	42.80	44.24	43.58	44.56	0.8821	2.063

¹Control; control diet, Cu-SP 50; Cu 50 ppm as Cu-SP, Cu-SP 100; Cu 100 ppm as Cu-SP, Cu-SP 150; Cu 150 ppm as Cu-SP, Cu-SP 200; Cu 200 ppm as Cu-SP.

²Leucocytes: WBC; White blood cell, HE; Heterophil, LY; Lymphocyte, SI; Stress indicator(heterophil/lymphocyte), 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.

사양 시험은 32주령의 채란계(Hy-Line Brown) 1,000수를 선별하여 A형 2단 케이지에 총 5처리, 처리당 4반복, 반복당 50수(2수 수용 케이지 25개)씩 난괴법으로 배치하였다. 시험 기간 중 물과 사료는 자유섭취하도록 하였으며, 일반적인 점등 관리(16L+8D)를 실시하였다. 시험구로는 대조구, Cu-SP 50(Cu-SP로 Cu 50 ppm), Cu-SP 100(Cu-SP로 Cu 100 ppm), Cu-SP 150(Cu-SP로 Cu 150 ppm) 그리고 Cu-SP 200(Cu-SP로 Cu 200 ppm 첨가) 등 총 5처리구들을 두었다. 일계산란율(hen-day egg production), 산란지수(hen-house egg production), 난중, 연·파란율은 처리구들간에 유의적인 차이가 없었다. 사료 섭취량과 사료 요구율은 Cu-SP 첨가구들이 대조구에 비하여 유의적으로($P<0.01$) 낮았다. 난각 두께는 Cu-SP 처리구들이 대조구보다 얇았으나, 난각 강도는 처리들간에 유의한 차이가 없었다. 난황색과 난각 색도는 Cu-SP 100과 200구가 다른 처리구들과 비교하여 높았으나, 난황 내 광물질 함량은 처리구들간에 유의적인 차이는 없었다. 혈액 내 leukocytes와 erythrocytes의 수준에는 차이가 없었다. 결론적으로 Cu-SP로 Cu 50~200 ppm을 채란계 사료에 첨가 시 사료 섭취량과 사료 요구율을 유의하게 감소시켰다.

(색인: Cu-soy proteinate, 산란 생산성, 사료 섭취량, 사료 요구율, 채란계)

사 사

이 논문은 2005~2007년도 농림수산식품부에서 시행한 농림 기술개발사업의 연구지원에 의해 수행된 것으로 연구참여 기업체는 (주)이노바이오(Innobio Co. Ltd., Korea)였습니다.

인용문헌

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

Aurelio MM, Juana P, Marta F, Francisco JM, Jose MD 2005 Copper induction of carotenoid synthesis in the bacterium *Mycrococcus xanthus*. Molecular Microbiology 56(5):1159-1168.

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(1):177-179.

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 67:49-60.

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 67:2996-3002.

Eisen EJ, Bohem BB, Mckean HE 1962 The Haugh unit as a measure of egg albumin quality. Poultry Sci 41:1461-1468.

Guclu BK, Kara K, Beyaz L, Uyanik F, Eren M, Atasever A 2008 Influence of dietary copper proteinate on performance, selected biochemical parameters, lipid peroxidation, liver, and egg copper content in laying hens. Biol Trace Elem Res 125:160-169.

Jackson N 1977 The effect of dietary copper sulphate on laying performance, nutrient intake and tissue copper and iron levels of the mature, laying, domestic fowl. Br J Nutr 38:93-100.

Kim K-B, Seo YM, Shin KS, Rhee AR, Han J, Paik IK 2011 Effect 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 KC 1998 Minerals. Comparative Avian Nutrition. CAB International. New York. USA. p. 234-276.

Lim HS, Paik IK 2003 Effects of supplementary mineral methionine chelates (Zn, Cu, Mn) on the performance and egg-shell quality of laying hens. Asian-Aust J Anim Sci 16(12):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(8):1174-1178.

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(3):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.

Pearce J, Jackson N, Stevenson MH 1983 The effect of dietary intake and of the dietary concentration of copper sulphate on laying domestic fowl: Effect on some aspects of lipid, carbohydrate and amino acid metabolism. Br Poult Sci 59:1099.

- Pesti GM, Bakalli RI 1998 Studies on the feeding cupric sulfate pentahydrate to laying hens on egg cholesterol content. *Poultry Sci* 77(10):1540-1545.
- Roof MD, Mahan DC 1982 Effect of carbadox and various dietary copper levels for weaning swine. *J Anim Sci* 55(5): 1109-1117.
- SAS Institute 1996 SAS/STAT User's Guide Release. 6.12 Ed. SAS Institute Inc. Cary NC. USA.
- Seo YM, Shin KS, Rhee AR, Chi YS, Han J, Paik IK 2010 Effect of dietary Fe-soy proteinate and MgO on egg production and quality of eggshell in laying hens. *Asian-Aust J Anim Sci* 23(8):1043-1048.
- Steel RGD, Torrie JH 1980 Principles and procedures of Statistics (2nd Ed.) a Biometrical Approach. McGraw-Hill Publishing Co., New York, NY.
- 백인기 김찬호 박광월 2008 사료내 Cu-methionine chelate와 Cu-soy proteinate가 산란계의 생산성, 소장내 미생물균총 및 면역체계에 미치는 영향. *한국가금학회지* 35(3):303-311.
- 이문구 김찬호 신동훈 정병윤 백인기 2011 구리공급원들(Cu sulfate, Cu-methionine, Cu-soy proteinate)의 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 38(2):121-128.
- 이한규 2005 Fe-soy proteinate를 이용한 철분 강화 계육 및 계란생산에 관한 연구. 제103회 중앙대학교 석사학위논문. (접수: 2011. 4. 18, 수정: 2011. 7. 18, 채택: 2011. 8. 10)