

사료 내 유기태 및 무기태 미네랄(셀레늄, 구리)의 수준별 첨가가 산란계의 생산성과 계란 내 이행에 미치는 영향

박태순¹ · 김재영¹ · 유선중¹ · 이보근¹ · 김진만¹ · 김은집² · 안병기¹ · 강창원^{1,†}

¹건국대학교 동물생명과학대학 동물자원연구센터, ²천안연암대학 동물복지계열

Effect of Dietary Organic or Inorganic Minerals (Selenium and Copper) on Layer's Production and Their Transfer into the Egg

T. S. Park¹, J. Y. Kim¹, S. J. You¹, B. K. Lee¹, J. M. Kim¹, E. J. Kim², B. K. Ahn¹ and C. W. Kang^{1,†}

¹Animal Resources Research Center, College of Animal Bioscience and Technology, Konkuk University

²Division of Animal Care, Cheonan Yonam College

ABSTRACT This experiment was conducted using 350 Lohmann Brown layers (67 weeks of age) to evaluate the dietary effect of organic or inorganic Se and Cu on their contents in chicken eggs. The layers were divided into seven groups and fed a commercial diet or one of the six experimental diets containing different levels of Se and Cu (T1, 0.3ppm organic Se; T2, 1.0ppm organic Se; T3, 1.0ppm inorganic Se; T4, 125ppm organic Cu; T5, 250ppm organic Cu; and T6, 250ppm inorganic Cu) for 5 weeks. No significant differences were observed in egg production and its qualities among groups. The contents of blood cholesterol in the birds fed various levels of Se and Cu were not significantly different as compared to control. Se contents in eggs were linearly increased as dietary Se levels increased for both sources, but Se contents from the groups fed organic Se were slightly higher than those fed inorganic Se. Sensory characteristics of eggs were not influenced by dietary treatments. In conclusion, Se contents in eggs were linearly increased as dietary levels of organic or inorganic Se increased, but eggs in layers fed the diet containing organic Se did not show higher Se contents than those in birds fed dietary inorganic Se.

(Key words : selenium, copper, laying performance, transfer, laying hens)

서 론

최근 소비자들의 식품 소비 동향은 우선적으로 건강과 삶의 질을 고려한 안전성과 건강기능성 식품에 많은 관심을 가지고 있다. 브랜드 계란은 계란의 원래 영양 성분에 비타민이나 미네랄을 보강하거나, 콜레스테롤 함량을 저감시키는 등의 아이템을 통해 소비자들에게 상품성을 높이고 있다(강창원, 1993). 광물질은 비타민과 더불어 양계산물인 계란 내 이행이 용이한 것으로 알려져 있으며(Utterback et al., 2005), 부족하기 쉬운 미량 원소를 계란 내로 이행시킴으로 부가가치를 올릴 수 있게 된다.

셀레늄(selenium, Se)은 필수 미량 광물질로서, 항암, 항바이러스 효과, 변식 기능 및 면역력 기능에 중요한 역할을 담당하고(전세열, 1973; Combs, 1981), 가금류에서 Se의 적절한

수준의 공급에 의해 산란율과 부화율이 개선되며(Cantor and Scott, 1974), 난황, 난백 및 전란의 Se 함량이 증가하였다(Paton et al., 2002). 산란계 사료 내 Se의 추가 공급으로, 계란 내 Se 함량이 증가하고(Hassan, 1986; Payne et al., 2005; Utterback et al., 2005), 계란 내 강화가 매우 효율적인 미량 광물질로 알려져 있다.

Se은 공급 수준이 증가함에 따라 계란 내 함량이 증가하고(Davis and Fear, 1996; Jiakui and Xiaolong, 2004; Payne et al., 2005), 공급 형태에 따른 이행 효율은 유기태 Se이 무기태 Se에 비해 높다고 하였다(Utterback et al., 2005; 나재천 et al., 2007).

구리(copper, Cu) 또한 필수 광물질로서, 가축의 성장 촉진과 축산물 내 콜레스테롤 함량을 낮추기 위해 주로 사용되어 왔으며(Bakalli et al., 1995), 혈장과 난황 내 콜레스테롤을

[†] To whom correspondence should be addressed : kkucwkang@empal.com

감소시켰다고 하였다(Mahdavi et al., 2005; Lim et al., 2006). Cu의 계란 내 이행 효율에 관한 연구는 그리 많지 않은데 Cu는 아연 및 철에 비해 계란 내 이행이 비효율적이라고 하였다(Skrivan et al., 2005).

본 연구는 미량 광물질인 Se과 Cu의 적정 수준 첨가를 통해 산란계의 난 생산성과 난질에 미치는 영향과 공급원에 따른 계란 내 이행 효율을 조사하기 위해 수행하였다. Se의 계란 내 이행은 선행 연구에서 많이 연구되었으나, 현재 국내에서는 Se 이행 계란의 많은 연구 성과에도 불구하고 산업화로서 실용화되지 못하고 있으며, 계란 내 Se 함량에 있어서도 과학적인 분석치를 제시하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 계란 내 Se의 이행을 통한 기능성 식품으로서의 계란의 부가가치를 높일 뿐만 아니라, Cu의 콜레스테롤 저감 효과를 이용하여 Se과 Cu를 적정량 첨가 급여함으로 고부가가치 계란의 상용화 가능성을 조사하기 위하여 실시하였다. Se의 항산화 작용 및 항암 작용에 대한 기대심리가 커짐에 따라 Se을 축적시킨 계란과 함께 계란 소비에 있어 콜레스테롤에 대한 부정적인 소비자 인식을 해소함으로써, 계란 소비를 통해 소비자들의 건강에 기여하고, 계란의 소비 증진과 양계 농가의 소득 증대를 위한 고부가가치 기능성 계란의 개발을 위해 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험 시료

시료로서 사용한 유기태 셀레늄(selenium, Se)은 Selenium-Yeast(Se 함량 1,000 ppm)를 (주)올텍에서 공급받았으며, 무기태 Se은 Na_2SeO_3 (Se 함량 43%)를 한양미네랄에서 공급받았다. 유기태 구리(copper, Cu)는 글라이신과 구리를 결합한 제제(Gly-Cu, glycine 함량 27%, Cu 함량 23%)를 (주)미래자원에서 공급받았으며, 무기태 Cu는 덕산약품 공업주식회사에서 구입한 합성 황산구리($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Cu 함량 26%)를 미세 분쇄하여 첨가하였다.

2. 시험 사료

옥수수·대두박을 기초로 하여 대사에너지 2,800 kcal/kg 과 16.1%의 조단백질 그리고 기타 영양소의 수준은 NRC 요구량(1994)에 맞도록 기초 사료를 배합하여 대조구 사료로 사용하였다. 처리구 사료는 대조구 사료에 각각 시험 시료를 기준으로 유기태 Se 0.3 ppm(T1 처리구), 유기태 Se 1.0 ppm(T2 처리구), 무기태 Se 1.0 ppm(T3 처리구), 유기태 Cu 125 ppm(T4

처리구), 유기태 Cu 250 ppm(T5 처리구) 및 무기태 Cu 250 ppm(T6 처리구)으로 구성하여 시험을 실시하였다(Table 1).

3. 실험 동물

67주령의 Lohmann Brown 산란계를 공시하여 동일한 면적의 산란계 2수용 케이지에 모두 7처리구 5반복으로, 총 350수를 선발하여 2주간 일반 시판 사료로 예비 사육하였으며, 반복구간 별로 산란율이 유사하도록 재배치한 후 실험에 이용하였으며, 5주간 실험을 실시하였다.

4. 사양 관리

본 실험은 온도와 점등을 조절할 수 있는 산란계 시험용 무창계사에서 실시하였으며, 물과 사료는 자유 채식시켰다. 기타 일반적인 사양 관리는 관행적인 방법에 준하여 실시하였다. 수당 급여 면적과 급수기 숫자는 동일하도록 하였고, 시험 전 기간 동안 점등은 16L:8D로 일정하게 유지하였다.

5. 조사 항목

1) 사료 섭취량 및 난 생산성

사료 섭취량은 매주 총 급여량에서 잔량을 제외하여 측정하였고, 실험 기간 동안 매일 오후 2시에 수집한 정상 산란 개수와 연관, 과란 등을 합한 총 산란 개수를 사육수수로 나누어 산란율을 구하였으며, 수집된 정상란 전부를 칭량하여 정상 계란 수로 나누어 평균 난중을 산출하였다.

2) 난질 및 난각질

실험 사료 급여 후 매주 생산된 계란 중 평균치에 해당하는 계란을 수집하여 난각 강도, 난각 두께 및 Haugh unit 등 계란의 내부 난질 및 난각질 관련 항목을 측정하였다.

난각 강도는 난각 강도계(FHK, Fujihara Industry Co. Ltd., Japan)를 이용하여 계란의 둔단부를 위로 하고 수직으로 고정 후 압력을 가하여 파각되는 순간의 압력을 측정하였다. 난각 강도 측정 후 난백측정대(FHK, Fujihara)를 이용하여 난백의 높이를 조사하여 난중을 대비한 Haugh unit 수치를 구하였다. 난각 두께는 계란의 중앙부 난각 파편을 채취하여 난각 후도계(FHK, Fujihara)를 통해 측정된 두께의 평균치로 하였다.

3) 혈액 콜레스테롤 농도, 간 기능 관련 효소의 활성
5주간의 실험 종료 후, 처리구 별로 8수씩 선발한 공시계의 익하 정맥에서 1회용 주사기로 혈액을 채취한 후 원심분

Table 1. Formula and chemical composition of experimental diets¹

Ingredients (%)	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Corn	65.52	65.22	64.52	64.52	65.52	65.52	65.52
Lupin seed	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Soybean meal	13.96	13.96	13.96	13.96	13.96	13.96	13.96
Rapeseed meal	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Meat meal	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Limestone	9.51	9.51	9.51	9.51	9.51	9.51	9.51
Dicalcium phosphate	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Tallow	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Choline-Cl (50%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
DL-Methionine	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Mineral mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Vitamin mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Phytase	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Organic selenium	-	0.3 ppm	1.0 ppm	-	-	-	-
Inorganic selenium	-	-	-	1.0 ppm	-	-	-
Organic copper	-	-	-	-	125 ppm	250 ppm	-
Inorganic copper	-	-	-	-	-	-	250 ppm
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated value of basal diet							
Dry matter (%)				88.80			
Crude protein (%)				16.10			
Ether extract (%)				2.95			
Crude fiber (%)				3.40			
Crude ash (%)				11.97			
Ca (%)				3.86			
Available P (%)				0.50			
Met + Cys (%)				0.65			
TMEn, kcal/kg				2,800			

¹Control, commercial diet; T1, 0.3 ppm organic selenium; T2, 1.0 ppm organic selenium; T3, 1.0 ppm Inorganic selenium; T4, 125 ppm organic copper; T5, 250 ppm organic copper; T6, 250 ppm Inorganic copper.

²Mineral mixture provided following nutrients per kg of diet: Fe, 48 mg; Zn, 60 mg; Mn, 72 mg; Cu, 5 mg; I, 1 mg; Se, 0.18 mg; Co, 0.24 mg.

³Vitamin mixture provided following nutrients per kg of diet: vitamin A, 12,000 IU; vitamin D₃, 3,000 IU; vitamin E, 21 IU; vitamin K₃, 2.4 mg; vitamin B₁, 1.2 mg; vitamin B₂, 4.8 mg; vitamin B₆, 2.4 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg; niacin, 15 mg; pantothenic acid, 10 mg; folic acid, 0.3 mg.

리(1500 rpm × 15 min)하여 혈청을 분리하였으며, 진단용 콜레스테롤 kit(콜레스테롤 E kit, 영동제약)를 사용하여 비색 방법으로 총 콜레스테롤 농도를 측정하였다.

혈청 내의 glutamic-oxaloacetic transaminase(GOT) 및 glutamic-pyruvic transaminase(GPT) 함량은 GOT-GPT kit(GOT-GPT 측정용 kit, 영동제약)를 사용하여 비색 방법으로 측정하였다.

4) 난황 내 Se 및 Cu 함량

실험 5주째 처리구 별로 7개씩 할란하여 난황만 취한 후 homogenizer로 난황을 균질화 하여 시료로 이용하였으며, Cu의 분석은 플라즈마 원자발광분광분석법(Inductively coupled plasma, ICP)으로 검정하였다. Cu의 표준 용액은 1,000 ppm의 ICP용 Cu 표준 용액을 사용하였으며, 단계별 표준 용액은 2.5% 질산 용액으로 희석하였다. 시료 전처리에는 시료 5 g을 자제 크루시블에 칭량하여 예비회화 시킨 후 600 °C 전기회화로에서 2시간 이상 회화(회백색) 시켰다. 방냉하고 HCl(1:1)로 20 mL 넣어 하룻밤 방치 후 100 mL 메스플라스크에 붓고 표선을 맞춘 뒤 No. 6 여과지로 여과했다. 분석을 위해 플라즈마 원자발광분광분석장치(Inductively coupled plasma spectrometer : Jobin Yvon, Ultima plus, France)를 사용했으며, 분석파장 324.754 nm에서 분석하였다. 표준액은 분석 물질의 농도가 검량선의 중앙에 오도록 조정하여 3~4 단계로 실내 온도의 조건에서 제조하였으며, matrix는 2.5% 질산으로 하였다.

$$\text{Cu의 함량(ppm)} = \text{분석치(ppm)} \times \text{희석량(mL)} / \text{시료량(g)}$$

Se의 분석은 ICP 분석법으로 검정하였으며, Se 원소는 낮은 온도(85 °C)에서 증발하기 때문에 증발을 방지할 수 있는 고압초단분해와 적합한 용해산 실험을 통해 설정하였다. 시료 1 g 정도를 teflon vessel에 넣고 여기에 HNO₃ 7 mL, H₃PO₄ 1 mL를 넣고 충분히 혼합 후 12시간 방치한다. 초단파분해를 마치고 냉각된 시료를 25 mL flask에 넣고 No. 6 여과지로 여과했다. 표준액도 같은 사 용액을 이용해 제조하였다. 분석을 위해 플라즈마 원자발광분광분석장치를 사용했으며, 분석 파장 196.026 nm에서 분석하였다. 표준액은 분석 물질의 농도가 검량선의 중앙에 오도록 조정하여 3~4 단계로 실내 온도의 조건에서 제조하였으며, matrix는 2.5% 질산으로 하였다.

$$\text{Se의 함량(ppm)} = \text{분석치(ppm)} \times \text{희석량(mL)} / \text{시료량(g)}$$

5) 생산된 계란의 관능검사

실험 5주째 얻은 계란을 할란하여 난황만 취한 후 homogenizer로 난황을 균질하게 갈아 시료로 이용하였으며, 시료를 1±0.2 cm의 일정한 두께로 정형하여 150 °C로 예열된 전기그릴(HOBART, CG20-1, USA)위에 놓고 중심 온도가 45 °C에 이르렀을 때 뒤집어 가열하여 최종 중심 온도가 72 °C에 도달했을 때 꺼내어 일정한 크기로 썰어서 관능 평가 시료로 이용하였으며, 관능 평가의 경험이 있는 6명의 관능 평가 요원을 구성하여 가열 조리된 시료에 대하여 계란의 풍미 및 전체적 선호도를 9 point hedonic scale(1 point, 매우 나쁨부터 9 point, 매우 좋음)에 의해 조사하였다.

6. 통계 분석

모든 얻어진 결과에 대한 통계 분석은 Statistical Analysis System(SAS, 2002)의 General Linear Model(GLM) Program을 이용하여 실시하였고, 분산분석 상에 통계적인 유의차가 인정될 때 Duncan의 multiple range test를 이용하여 처리 간의 유의성을 검정하였다(Duncan, 1955).

결과 및 고찰

1. 사료 섭취량 및 난 생산성에 미치는 영향

사료 내 유기태와 무기태 Se과 Cu의 급여가 사료 섭취량 및 난 생산성에 미치는 영향에 대해 Table 2에 나타내었다.

사료 섭취량은 T3 처리구(1.0 ppm, inorganic selenium)에서 가장 높게 나타났으나 유의한 차이는 인정되지 않았다. 산란율, 난중 및 일산란량에서는 처리 간에 유의한 차이는 없는 것으로 관찰되었다.

Cu의 첨가 수준 250 ppm의 선행 연구에서는 난 생산성의 저하(al Ankari et al., 1998)와 영향이 없었다는 결과(Pesti and Bakalli, 1998; 유선중, 2007)가 모두 보고되었으나, 본 시험에서는 부정적인 영향이 없었다. Payne et al.(2005)이 Se 3.0 ppm 첨가 시 난중이 증가하는 효과가 있었다고 하였는데, 본 시험에서는 난중에서 처리구 간에 차이가 없는 것으로 나타났다. Cantor and Scott(1974)는 Se을 추가로 공급하면 산란율과 부화율이 개선된다고 하였고, Choct et al.(2004)은 산란율은 유기태 Se 0.30 ppm과 0.90 ppm 첨가구에서 높았으나, 1일 산란량, 사료 섭취량 및 사료 요구율은 대조구를 포함한 모든 처리구에서 차이가 없었다고 하였다. 다른 연구에서도 Se의 급여는 산란량, 사료 섭취량 및 사료 요구율에 차이가 없었으며(Jiakui and Xiaolong, 2004; Choct et al., 2004;

Table 2. Effects of dietary selenium and copper on feed intake, egg production and egg weight in laying hens^{1,2}

	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Feed intake (g/hen/day)	137.9±2.61	139.8±1.96	136.4±2.65	140.5±2.08	136.4±1.93	136.0±2.23	138.9±2.01
Egg production (%)	75.8±0.59	70.9±0.68	75.2±0.71	71.2±0.81	73.8±0.86	75.3±0.52	76.5±0.61
Egg weight (g/egg)	68.3±0.48	66.1±0.55	68.8±0.52	68.8±0.41	68.3±0.53	8.5±0.42	68.9±0.61

¹Control, commercial diet; T1, 0.3 ppm organic selenium; T2, 1.0 ppm organic selenium; T3, 1.0 ppm inorganic selenium; T4, 125 ppm organic copper; T5, 250 ppm organic copper; T6, 250 ppm inorganic copper.

²Values are presented as Mean ± SE (*n*=25).

Utterback et al., 2005; 유선중, 2007), 본 시험에서도 Se을 무기태와 유기태로 1.0 ppm까지 급여하여 산란율에 차이가 없었다.

본 시험에서, Se과 Cu의 급여가 사료 섭취량 및 산란율 등 산란계의 생산성에 부정적인 영향이 없는 것으로 사료된다.

2. 난질 및 난각질에 미치는 영향

Table 3에는 사료 내 유기태와 무기태 Se과 Cu의 급여가 난질 및 난각질에 미치는 영향에 대하여 명시하였다. 난각 강도, 난각 두께, 난황색 및 Haugh unit 등 본 실험에서 조사한 모든 항목 관련 지표에서 처리 간에 차이가 없었으며, Se과 Cu의 첨가 형태(무기태 vs. 유기태)나 급여 수준에 따른 영향도 없었다. Haugh unit가 전체적으로 낮은 이유는 산란 후기에 더운 하절기의 영향으로 사료된다.

산란계에서 Se의 급여가 산란계 생산성 및 난질에 미치는 영향에 대한 선행 연구 결과, Payne et al.(2005)은 무기태 Se을 첨가 급여했을 때 난백고가 개선되었으며, 난각 두께는 유기태 Se 0.60 및 1.20 ppm 첨가 시 유의하게 증가하였다고 한 결과(나재천 등, 2007)와 일치하지는 않았으며, Cu 첨가 시 산란계의 난질에 유의한 영향을 미치지 않았다는 보고

(Pesti and Bakalli, 1998; Mabe et al., 2003; Balevi and Coskun, 2004; Lien et al., 2004; 유선중, 2007)와 같았다.

본 실험에서 Se과 Cu의 급여 형태와 급여 수준에 따라 난각질에는 부정적인 영향이 없는 것으로 판단되었다.

3. 혈액 콜레스테롤 농도, 간 기능 관련 효소의 활성에 미치는 영향

사료 내 유기태와 무기태 Se과 Cu의 급여가 혈액 성분에 미치는 영향에 대해 Table 4에 나타내었다.

총 콜레스테롤 농도 모두 처리 간에 차이가 없었으며, Se과 Cu의 첨가 형태에 따른 영향도 없었다. GOT 및 GPT 활성에서도 처리 간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

Pesti and Bakalli(1998)는 옥수수, 대두박을 기초로 한 Cu의 함량을 125 ppm과 250 ppm을 급여한 시험에서 공시계의 혈액 내 콜레스테롤 농도의 감소를 관찰하였고, Lim et al. (2006) 또한 Cu의 급여를 통한 혈액 내 콜레스테롤이 감소한 결과를 보고하였으며, 산란계 사료 내 Cu가 부정적인 영향 없이 혈장과 난황 내 콜레스테롤을 감소시켰다고 하였으나 (al Ankari et al., 1998; Balevi and Coskun, 2004; Mahdavi et al., 2005; 유선중, 2007), 본 시험에서는 혈중 콜레스테롤 농

Table 3. Effects of dietary selenium and copper on egg and eggshell qualities in laying hens^{1,2}

	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Egg strength (kg/cm ²)	3.02±0.06	3.05±0.60	2.91±0.07	2.92±0.05	3.49±0.45	3.06±0.32	3.07±0.08
Egg thickness (0.01 mm)	36.88±0.21	36.93±0.24	37.13±0.33	36.11±0.26	37.09±0.39	36.48±0.19	37.65±0.32
Yolk color (RCF ³)	8.67±0.06	8.58±0.03	8.60±0.09	8.49±0.10	8.56±0.08	8.57±0.06	8.50±0.16
Haugh unit	65.77±0.75	65.80±0.67	63.50±0.73	63.12±0.56	65.80±0.71	66.21±0.62	65.88±0.41

¹Control, commercial diet; T1, 0.3 ppm organic selenium; T2, 1.0 ppm organic selenium; T3, 1.0 ppm inorganic selenium; T4, 125 ppm organic copper; T5, 250 ppm organic copper; T6, 250 ppm inorganic copper.

²Values are presented as Mean ± SE (*n*=150).

³Roche color fan.

Table 4. Effects of dietary selenium and copper on various blood profiles in laying hens after 5 wks of feeding^{1,2,3}

	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6
TOTAL-C (mg/100 mL)	99.79±3.38	91.29±7.68	92.43±8.24	100.95±2.13	96.32±6.14	104.15±7.06	101.14±5.13
GOT (U/L)	208.81±4.61	195.27±5.17	207.60±3.98	196.69±7.92	200.97±9.23	211.49±6.38	202.92±4.32
GPT (U/L)	16.20±1.06	16.58±0.75	14.73±0.92	16.26±0.42	15.50±1.32	14.19±0.71	15.21±0.84

¹Control, commercial diet; T1, 0.3 ppm organic selenium; T2, 1.0 ppm organic selenium; T3, 1.0 ppm inorganic selenium; T4, 125 ppm organic copper; T5, 250 ppm organic copper; T6, 250 ppm inorganic copper.

²Abbreviations used: TOTAL-C, total colessterol; GOT, glutamic-oxaloacetic transaminase; GPT, glutamic-pyruvic transaminase.

³Values are presented as Mean±SE (n=8).

도에 영향이 없는 것으로 상이한 결과가 관찰되었으며, 조직 손상의 지표인 GOT 및 GPT 수준에서는 처리 간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 본 시험에 사용된 Se과 Cu의 공급이 산란계에게 독성을 발휘할 정도의 수준이 아니었음을 시사한다.

4. 난황 내 Se 및 Cu 함량에 미치는 영향

사료 내 유기태와 무기태 Se과 Cu의 급여가 계란 내 Se과 Cu의 함량에 미치는 영향에 대해 Table 5에 나타내었다.

Se은 사료 내 첨가 수준이 증가함에 따라 계란 내 이행량도 유의하게 증가하였다. 유기태 Se 1.0 ppm 처리구와 무기태 Se 1.0 ppm 처리구에서는 Se 공급 수준이 동일하였으나 유의한 차이 없이 유기태 Se 1.0 ppm 처리구에서 다소 높았다. Cu는 사료 내 첨가수준에 따라 증가하는 경향이 관찰되었으나 유의한 차이는 인정되지 않았다.

Payne et al.(2005)과 Leeson et al.(2008)은 유기태 및 무기태 Se 공급 수준에 따라 비례하여 계란 내 Se 함량이 증가하며, 유기태 Se의 이행 효율이 무기태 Se에 비해 높다고 보고하였다. 반면 Jiakui and Xiaolong(2004)은 무기태와 유기태 Se 간에 이행율에서는 큰 차이가 없었다고 하였다. Utterback et al.(2005)은 다양한 수준의 Se을 급여한 연구에서 계란 내 Se 함량이 대조구에 비해 2.8배 증가한다고 하였는데, 본 시

험에서 약 2배 정도 증가한 것에 비하면 이행율이 다소 높았다. 무기태 및 유기태 1.0 ppm 처리구에서 Se 공급 수준이 1.0 ppm으로 동일하였으나 유의한 차이 없이 유기태 처리구에서 다소 높았으며, 이와 같은 결과는 유기태 형태로의 공급이 무기태로 공급하는 것보다 계란 내 Se의 함량을 높이는 데 효율적임을 시사하는 것으로 사료된다.

Skrivan et al.(2005)은 Cu가 아연 및 철에 비해 계란 내 이행이 비효율적이라고 하였으며, 35 ppm의 Cu를 추가 공급한 후속 연구에서 유의한 차이는 인정되지 않았으나, 계란 내 Cu 함량이 26% 정도 증가하였다고 보고하였다(Skrivan et al., 2006). 본 시험에서도 무기태 Cu 250 ppm 처리구에서 계란 내 Cu 함량이 대조구에 비해 30% 정도 증가하였으나, 통계적으로 유의한 수준은 아니었다. 이와 같은 결과는 Skrivan et al.(2006)의 보고와 일치하는 것으로 생각되며, 사료 내 Cu는 계란 내로의 이행이 충분히 일어나지 않는 듯하다.

본 시험에서 Cu의 계란 내 이행은 용이하지 않는 것으로 판단이 되었으나, Se의 경우는 유기태와 무기태에서 모두 유의하게 계란 내로 이행이 되는 것이 관찰되었다.

5. 관능적 특성에 미치는 영향

사료 내 유기태 및 무기태 Se과 Cu의 급여가 계란의 관능적 특성에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 6에 나타내었

Table 5. Effects of dietary selenium and copper on the their transfer into eggs yolk in laying hens after 5wks of feeding^{1,2}

	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Se (ppm)	0.805±0.01 ^c	1.265±0.06 ^b	1.658±0.07 ^a	1.463±0.10 ^{ab}	-	-	-
Cu (ppm)	5.468±0.42	-	-	-	6.977±0.10	7.145±0.23	7.138±0.09

¹Control, commercial diet; T1, 0.3 ppm organic selenium; T2, 1.0 ppm organic selenium; T3, 1.0 ppm inorganic selenium; T4, 125 ppm organic copper; T5, 250 ppm organic copper; T6, 250 ppm inorganic copper.

²Values are presented as Mean±SE (n=7).

^{a-c}Values with different superscript were significantly differ (P<0.05).

Table 6. Effects of dietary selenium and copper on sensory evaluation of eggs in laying hens after 5wks of feeding^{1,2}

	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Flavor	7.69±0.52	7.91±0.47	7.81±0.38	7.72±0.64	7.69±0.51	7.56±0.39	8.00±0.47
Overall	7.56±0.36	7.75±0.40	7.69±0.52	8.19±0.37	8.06±0.48	7.64±0.51	7.81±0.39

¹Control, commercial diet; T1, 0.3 ppm organic selenium; T2, 1.0 ppm organic selenium; T3, 1.0 ppm inorganic selenium; T4, 125 ppm organic copper; T5, 250 ppm organic copper; T6, 250 ppm inorganic copper.

²Values are presented as Mean ± SE (n=6).

다. 계란의 풍미 및 전체적 선호도에서 처리 간에 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 시험 결과로 유기태와 무기태 Se과 Cu의 급여가 생산된 계란의 관능적 특성에 부정적인 영향을 미치지 않음을 의미한다.

Se 급여 후 계란의 관능검사에 대한 선행 연구가 없으나, Bou et al.(2005)는 Se과 아연의 급여 시험 결과 Se은 계속해 유의하게 증가하였고, 일정기간 냉동 보관 후 다리살에 대한 관능실험 결과 차이가 없었다. 이는 계란 내 이행된 Se이 관능적 특성에 부정적인 영향이 없음을 시사하는 것으로 사료된다.

적 요

본 시험에서는 산란계 사료에 Se과 Cu의 첨가가 산란계 생산성에 미치는 영향과 계란 내 이행에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행하였다. 67주령의 Lohmann Brown 산란계를 이용하여 동일한 면적의 산란계 2수용 케이지에 모두 7개 처리구 5반복으로, 총 350수를 공시하여 2주간 일반 사료로 예비 사육하였으며, 반복구 별로 산란율이 유사하도록 재배치한 후 시험에 이용하였으며, 5주간 실험을 실시하였다. 사료 섭취량, 산란율, 난중 및 일산란량에서는 처리 간에 큰 차이가 없었으며, 난각 강도, 난각 두께, 난황색 및 Haugh unit 등 난질 및 난각질 관련 지표에서도 처리 간에 큰 차이는 나타나지 않았다. 총 콜레스테롤, GOT 및 GPT 활성에서도 처리 간에 큰 차이가 없었다. Cu는 사료 내 첨가 수준에 따라 증가하는 경향이 관찰되었으나 유의한 차이는 인정되지 않았으며, Se는 사료 내 첨가 수준이 증가함에 따라 계란 내 이행량도 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 유기태 Se과 무기태 Se 처리구에서는 유의한 차이는 없었으나, 유기태 Se 처리구에서 다소 높았다. 기타 관능검사는 유의한 차이를 발견할 수 없었다.

본 시험 결과, Se은 첨가 수준에 따라 비례하여 계란 내로

이행되는 것을 확인하였으며, 유기태 형태로의 공급과 무기태 형태로의 공급 모두 유의하게 이행되는 결과가 관찰되었다. Cu의 첨가 형태와 첨가 수준에 따른 계란 내 Cu의 이행은 Cu를 250 ppm 수준으로 급여하였을 때 계란 내 Cu 함량이 대조구에 비해 30% 정도 증가함으로써 Se에 비해서는 이행 효율이 상대적으로 낮은 경향을 보여 주었다. Se은 항산화 작용과 항암에 효과적임이 증명됨에 따라 소비자의 관심이 높은 미량 광물질로서 산란계를 이용하여 계란 내로 이행시킴으로 계란의 소비 증가와 양계 산업 발전을 위해 기능성 계란으로 활용 가능할 것으로 판단된다.

(색인어 : 셀레늄, 구리, 산란성적, 이행, 산란계)

사 사

본 연구는 2004년 농림부에서 시행한 ‘농림기술개발사업’의 연구 결과이며, 이에 감사드립니다.

인용문헌

- al Ankari A, Najib H, al Hozab A 1998 Yolk and serum cholesterol and production traits, as affected by incorporating a supraoptimal amount of copper in the diet of the Leghorn hen. *Br Poult Sci* 39:393-397.
- Bakalli RI, Pesti GM, Ragland WL, Konjufca V 1995 Dietary copper in excess of nutritional requirement reduces plasma and breast muscle cholesterol of chickens. *Poult Sci* 74: 360-365.
- Balevi T, Coskun B 2004 Effect of dietary copper on production and egg cholesterol content in laying hens. *Br Poult Sci* 45:530-534.
- Bou R, Guardiola F, Barroeta AC, Codony R 2005 Effect of

- dietary fat sources and zinc and selenium supplements on the composition and consumer acceptability of chicken meat. *Poult Sci* 84:1129-1140.
- Cantor AH, Scott ML 1974 The effect of selenium in the hens diet on egg production, hatchability, performance of progeny and selenium concentration in egg. *Poult Sci* 53:1870.
- Choct M, Naylor AJ, Reinke N 2004 Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage. *Br Poult Sci* 45:677-683.
- Combs GF Jr 1981 Influences of dietary vitamin E and selenium on the oxidant defense system of the chick. *Poult Sci* 60:2098-2105.
- Davis RH, Fear J 1996 Incorporation of selenium into egg proteins from dietary selenite. *Br Poult Sci* 37:197-211.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F test. *Biometric* 11:1-4.
- Hassan S 1986 Effect of dietary selenium on the prevention of exudative diathesis in chicks, with special reference to selenium transfer via eggs. *J vet Med A* 33:689-697.
- Jiakui L, Xiaolong W 2004 Effect of dietary organic versus inorganic selenium in laying hens on the productivity, selenium distribution in egg and selenium content in blood, liver and kidney. *J Trace Elem Med Biol* 18:65-68.
- Leeson S, Namkung H, Caston L, Durosoy, Schlegel P 2008 Comparison of selenium levels and sources and dietary fat quality in diets for broiler breeders and layer hens. *Poult Sci* 87:2605-2612.
- Lien TF, Chen KL, Wu CP, Lu JJ 2004 Effects of supplemental copper and chromium on the serum and egg traits of laying hens. *Br Poult Sci* 45:535-539.
- Lim KS, You SJ, An BK, Kang CW 2006 Effects of garlic powder and copper on cholesterol content and quality characteristics of chicken eggs. *Asian-Aust J Anim Sci* 19:582-586.
- Mabe I, Rapp C, Bain MM, Nys Y 2003 Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poult Sci* 82:1903-1913.
- Mahdavi AH, Rahmani HR, Pourreza J 2005 Effect of probiotic supplements on egg quality and laying hen's performance. *Int. J Poult Sci* 4:488-492.
- Paton ND, Cantor AH, Pescatore AJ, Ford MJ, Smith CA 2002 The effect of dietary selenium source and level on the uptake of selenium by developing chick embryos. *Poult Sci* 81:1548-1554.
- Payne RL, Lavergne TK, Southern LL 2005 Effect of inorganic versus organic selenium on hen production and egg selenium concentration. *Poult Sci* 84:232-237.
- Pesti GM, Bakalli RI 1998 Studies on the effect of feeding cupric sulfate pentahydrate to laying hens on egg cholesterol content. *Poult Sci* 77:1540-1545.
- SAS 2002 SAS User's guide. Statistics, Version 8. e., SAS Institute. Inc. Cary, NC.
- Skrivan M, Skrivanova' V, Marounek M 2005 Effects of dietary Zinc, Iron, and Copper in layer feed on distribution of these elements in eggs, liver, excreta, soil, and herbage. *Poult Sci* 84:1570-1575.
- Skrivan M, Skrivanova' V, Marounek M 2006 Effect of various copper supplements to feed of laying hens on Cu content in eggs, liver, excreta, soil, and herbage. *Arch Environ Contam Toxicol* 50:280-283.
- Utterback PL, Parsons CM, Yoon I, Butler J 2005 Effect of supplementing selenium yeast in diets of laying hens on egg selenium content. *Poult Sci* 84:1900-1901.
- 강창원 1993 고부가가치 계란 생산을 위한 사양기술. 한국가금학회 추계 심포지움.
- 나재천 김지혁 유동조 장병귀 강근호 김상호 강보석 최철환 서옥석 이원준 이종찬 2007 유기태 셀레늄과 비타민 E의 복합급여가 산란계의 생산성, 셀레늄 축적 및 난질에 미치는 영향. *한국가금학회지* 34:157-163.
- 유선종 2007 사료 내 천연물질과 필수미량 광물질 첨가에 의한 저콜레스테롤 계란의 생산. 건국대학교 박사학위 청구논문.
- 전세열 1973 Some aspects of dietary garlic, selenium and tocopherol in the nutrition of animal. *Kor J Food Sci Technol* 2:119-128.
- (접수: 2009. 6. 3, 수정: 2009. 6. 18, 채택: 2009. 6. 19)