

# 사료 內 Cu 및 Zn-Methionine Chelates 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향

홍성진·임희석·백인기

중앙대학교 산업과학대학 동물자원과학과

## Effects of Cu and Zn-Methionine Chelates Supplementation on the Performance of Broiler Chickens

S. J. Hong, H. S. Lim and I. K. Paik

Department of Animal Science, College of Industrial Science, Chung-Ang University

### ABSTRACT

An experiment was conducted to investigate the effects of supplemental copper or/and zinc methionine chelates(Cu-Met or/and Zn-Met) on the performance, nutrient digestibility, serum IgG level, gizzard erosion, and the contents of Cu and Zn in liver and excreta of broiler chickens. One thousand d-old broiler chickens (Ross<sup>®</sup>) were assigned to 4 treatments: control, 100 ppm Cu in methionine chelate(Cu-Met), 100 ppm Zn in methionine chelate(Zn-Met) and 100 ppm Cu plus 100 ppm Zn in methionine chelate(Cu-Zn-Met). Each treatment had five replications of 50 (25 male + 25 female) birds each. Average weight gains of chicks fed chelated Cu or/and Zn were significantly higher than that of chicks fed the control (P<0.05). Moreover, feed conversion rates of chicks were better in the chicks fed chelated Cu or/and Zn than in the chicks fed the control (P<0.05). The birds fed the chelated Cu and Zn(Cu-Zn-Met) tended to perform the best growth rate and feed conversion rate. Nutrient digestibilities were not affected by the dietary treatments. Serum IgG level of chicks fed Cu-Zn-Met was significantly higher than that of chicks fed the control (P<0.05). Gizzard erosion index was not significantly different among the treatments. The contents of Cu and Zn in liver were not significantly affected by the dietary treatments. The excreta contents of Cu or/and Zn were significantly high in the birds fed supplementary Cu or/and Zn.

It was concluded that dietary supplementation of Cu or/and Zn in methionine chelated form improved growth and feed conversion efficiency of broilers.

(Key words : Chelate, Cu, Zn, Gizzard erosion, IgG, Broiler)

### I. 서 론

수세기 전만해도 토양 및 식물에는 가축에게 필수적인 미량광물질이 많이 함유되어 있었

만, 해를 거듭할 수록 끊임없이 계속되는 작물의 대량 재배 등에 의해 많은 양의 광물질이 토양으로부터 빠져나갔다. 그 결과로 가축용 사료 속에는 미량광물질이 매우 부족하게 되었

본 실험은 농림부의 첨단기술개발 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

Corresponding author : I. K. Paik, Dept. of Animal Science, College of Industrial Science Chung-Ang Univ. Ansong-Si, Kyonggi-Do 456-756, Korea. E-mail: ikpaik@cau.ac.kr

으며, 이를 보충·급여해야 할 필요성을 인식하게 되었다. 근래에 와서 일부 광물질의 경우는 생산성의 개선을 목적으로 영양소 요구량 이상 고수준 즉 약리적 수준으로 사용하게 되었는데, 대표적으로 Cu와 Zn를 들 수 있다.

육계에서 Cu의 요구량은 약 8 ppm정도(NRC, 1994)이지만,  $CuSO_4$  형태로 사용시 성장촉진효과가 있기 때문에 Cu 기준으로 100~300 ppm까지 높은 수준을 사료에 첨가하고 있다(Fisher, 1973). Zn는 돼지시험에서 주로 이용하여 왔는데, 5~10kg의 어린 자돈에 대한 Zn의 요구량은 100 ppm(NRC, 1998)이지만, ZnO 형태로 3,000~5,000 ppm 정도의 고수준을 사용시 증체량과 사료 섭취량을 향상시키는 것으로 보고되었다(Hahn과 Baker, 1993; Carlson 등, 1995; LeMieux 등, 1995; Smith 등, 1995). 하지만 높은 수준의 Cu 또는 Zn를 성장 개선제로 사료에 첨가·급여시 분을 통한 배설량의 증가로 인해 토양 및 수질오염을 일으킬 수 있다.

몇 년 전부터 유기태 광물질의 연구가 활발히 진행되고 있는데, 이는 무기태인 산화태나 황산태보다 chelated 형태의 광물질이 더 효과적으로 장에서 흡수가 되기 때문이다(Wedekind 등, 1992; Aoyagi and Backer, 1993). 따라서 가축에게 흡수율이 높은 형태로 광물질을 공급한다면 사료에 첨가되는 양을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 환경오염도 줄일 수가 있는 것이다. 약리적 수준으로 Cu를 이용한 시험은 황산태가 대부분이었지만 Cu-sulfate 보다 Cu-methionine chelate(Cu-Met) 형태로 육계에 공급하는 것이 낮은 첨가량으로도 뚜렷한 성장개선효과를 기대할 수 있다고 하였으며(Paik 등, 1999), 이유 자돈에 Zn-methionine chelate(Zn-Met) 제제를 이용하여 100~200 ppm 수준에서도 만족할 만한 성장효과를 얻었다고 하였다(Ahn 등, 1998).

최근에는 여러 가지 광물질을 chelate 형태로 혼합하여 첨가하는 실험이 산란계에서 수행되

었으며 상호보완작용이 있는 광물질들의 혼합 이용은 계속해서 늘 것으로 예상된다.

따라서 본 실험은 Cu 및 Zn를 methionine과 결합시켜 만든 chelate 제제들을 육계에 단독 또는 혼합 급여하여 생산성에 미치는 효과를 비교·검정하기 위하여 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험사료

본 시험에 사용된 사료의 배합표는 Table 1에서 보는 바와 같다. 이 사료를 control로 하고 여기에 Paik 등(1999)의 방법으로 제조한 Cu-methionine chelate(Cu : methionine의 mol비 = 1 : 2)와 Ahn 등(1998)의 방법으로 제조한 Zn-methionine chelate(Zn : methionine의 mol비 = 1 : 2)를 이용하여 100 ppm Cu(Cu-Met)와 100 ppm Zn(Zn-Met) 그리고 100 ppm Cu와 100 ppm Zn(Cu-Zn-Met)를 첨가하여 시험사료를 만들었다.

### 2. 사양시험 및 대사시험

사양시험을 위하여 1일령의 육계(Ross 종) 암·수 각각 500수를 공시하여 4처리 5반복 반복당 50수(암·수 각 25수)씩 floor pen(가로: 2.0m, 세로: 2.4m)에 배치하였다. 사양시험은 35일간 실시하였으며, 시험기간 동안 물과 사료는 자유롭게 섭취하도록 하였다. 조명은 24시간 해주었고, 매주 group 별로 체중과 사료섭취량을 측정하였다.

대사시험은 36일령의 육계 수평아리를 각 처리 당 4마리씩 총 16마리를 3단 철제 cage(가로: 35cm, 세로: 45cm, 높이: 55cm)에 1마리씩 수용하여 3일간의 적응기간을 거친 후 3일간 전분채취법에 의하여 실시하였다.

Table 1. Composition and nutrient content of broiler diets

Ingredients	Starter	Grower
	..... % .....	
Corn	53.02	58.79
SBM-44	34.60	33.40
Corn gluten	4.79	
Animal fat	4.00	4.89
Calphos-18	1.75	1.22
Limestone	0.80	0.97
Salt	0.39	0.26
DL-methionine(98%)	0.26	0.17
Vitamin premix <sup>1</sup>	0.15	0.12
Mineral premix <sup>2</sup>	0.10	0.08
Lysine-HCl(78%)	0.14	0.10
Total	100	100
<b>Calculated nutrient composition</b>		
ME (kcal/kg)	3,050	3,100
Crude protein (%)	23.0	20.0
Lysine (%)	1.10	1.00
Met+Cys (%)	0.86	0.70
Calcium (%)	1.00	0.90
Nonphytate P (%)	0.45	0.35
Total P (%)	0.73	0.62
Copper (mg/kg)	16.6	14.6

<sup>1</sup> Provided per kg of diet: vitamin A, 10,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 2,500 IU; vitamin E, 25mg; vitamin K<sub>3</sub>, 1.7mg; vitamin B<sub>1</sub>, 2 IU; vitamin B<sub>2</sub>, 5mg; vitamin B<sub>6</sub>, 3mg; vitamin B<sub>12</sub>, 16µg; biotin, 84µg; niacin, 34mg; pantothenic acid, 9mg; folic acid, 1mg.

<sup>2</sup> Provided per kg of diet: Zn, 75mg; Mn, 75mg; Fe, 75mg; Cu, 7.5mg; I, 1.65mg; Se, 0.45mg.

3. 혈액 채취 및 혈청 IgG 분석

사양시험 종료 후 각 처리별로 평균체중이 가까운 암·수 5마리씩, 총 40마리를 선발하여

심장에서 약 10ml씩 진공시험관에 채혈한 후, 실온에서 2~3시간 방치하여 응고시킨 후, 전혈(全血)을 원심분리(4℃, 3,000rpm, 15분간)하여 얻어진 혈청을 IgG 분석에 사용하였다. 혈청 IgG의 농도는 Mancini(1965)에 의해 개발된 single radial immuno-diffusion test에 준하여 측정하였다.

4. 근위 궤양 검사

근위 궤양은 적출한 근위를 궤양(erosion) 정도에 따라 4단계(0, 1, 2, 3)로 나누어 육안으로 측정하였다.

5. 간 및 배설물 내 Cu와 Zn 함량 분석

간과 배설물은 40℃에서 3일간 건조 후 곱게 분쇄하여 Cu와 Zn 분석에 이용하였으며 간과 배설물 중 Cu와 Zn의 함량은 건식법으로 전처리(AOAC, 1990) 한 후 ICP Emission Spectrometer(Jobin Yvon, France)를 이용하여 측정하였다.

6. 화학분석 및 통계분석

시험사료와 배설물의 일반 조성분 분석은 AOAC(1990) 방법에 준하여 실시하고, 시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS(1995) General Linear Model Procedure를 이용하여 분석하였으며 처리 평균간의 유의성은 Duncan's multiple range test에 의하여 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

Cu와 Zn methionine chelate를 단독 또는 혼합·첨가 급여시 증체량, 사료섭취량, 사료요구율 및 폐사율에 미치는 영향은 Table 2에서 보는 바와 같다. 사양시험 전 기간(0~5주) 동안의 증체량은 대조구에 비해 chelate 광물질(Cu와

Table 2. Effects of supplementation of chelated Cu and Zn on weight gain, feed intake, feed/gain and mortality in broiler chickens

Item	wk	Treatments <sup>1</sup>				SEM
		Control	Cu-Met	Zn-Met	Cu-Zn-Met	
Weight gain (g/bird)	0~3	684.9 <sup>b</sup>	725.2 <sup>a</sup>	729.0 <sup>a</sup>	738.5 <sup>a</sup>	8.20
	4~5	960.3 <sup>b</sup>	971.5 <sup>ab</sup>	980.3 <sup>ab</sup>	1,001.9 <sup>a</sup>	11.38
	0~5	1,645.2 <sup>b</sup>	1,696.6 <sup>a</sup>	1,709.3 <sup>a</sup>	1,740.4 <sup>a</sup>	16.68
Feed intake (g/bird)	0~3	1,004.9	1,026.2	1,023.3	1,030.5	13.79
	4~5	1,688.2	1,679.1	1,696.4	1,709.9	19.43
	0~5	2,693.1	2,705.2	2,719.6	2,740.5	31.21
Feed/gain (g/g)	0~3	1.467 <sup>a</sup>	1.415 <sup>b</sup>	1.403 <sup>b</sup>	1.395 <sup>b</sup>	0.01
	4~5	1.758	1.729	1.731	1.707	0.02
	0~5	1.637 <sup>a</sup>	1.595 <sup>b</sup>	1.591 <sup>b</sup>	1.575 <sup>b</sup>	0.01
Mortality (%)	0~3	0.40	1.20	0.40	0.80	0.55
	4~5	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	1.22 <sup>a</sup>	0.25
	0~5	0.40	1.20	0.40	2.00	0.66

<sup>1</sup> Cu-Met: 100ppm Cu in Cu-methionine; Zn-Met: 100ppm Zn in Zn-methionine; Cu-Zn-Met: Cu-Met+Zn-Met  
<sup>a-b</sup> Means in a row with no common superscript differ significantly (P<0.05).

Zn) 처리구들(Cu-Met, Zn-Met 그리고 Cu-Zn-Met)이 높았으며(P<0.05), 그 중 Cu-Zn-Met 처리구가 가장 높은 증체를 보였지만 chelate 광물질 처리구간에는 유의한 차이가 없었다. 사료 섭취량 또한 증체량에 비례하여 chelate 광물질 처리구 모두 대조구에 비해 다소 높은 경향을 나타내었으며, 사료 요구율은 사양 전 기간에 걸쳐 chelate 광물질 처리구들이 대조구에 비해 낮았다(P<0.05). 사양 전 기간 동안의 폐사율은 처리간의 차이가 없었으나 4-5주에서의 폐사율은 Cu-Zn-Met 처리구에서만 나타났다(P<0.05).

Zhou 등(1994)은 이유자돈에게 Cu를 혈관 주사하였을 때 성장이 촉진되는 결과를 얻었다고 하였으며, Paik(2001)은 100~125 ppm의 Cu-Met 첨가가 성장촉진에 적합한 수준이라고 하였다. 본 시험의 경우에도 Cu-Met 처리구는 대조구

에 비해 증체량이 높은 결과를 보였는데 이는 성장촉진효과가 있다는 Cu의 첨가량이 100 ppm(chelated Cu) + 7.5 ppm(대조구 사료)으로 위의 적정수준에 포함되었기 때문이라고 사료된다. Zn의 경우 약리적 사용수준에서 ZnO를 자돈에게 급여시 성장을 개선효과가 있다고 하였다(Hahn과 Baker, 1993). Pimentel 등(1990)은 육계에 Zn의 첨가효과를 검정하는 시험에서 8~88ppm 수준을 단계적으로 급여한 결과, 성장개선효과가 없다고 하였다. 하지만 본 시험의 경우 Zn의 첨가량이 100 ppm(chelated Zn) + 75 ppm(대조구 사료)으로 상기 연구자의 시험에 비해 약 2~4배가 많은 양의 Zn를 첨가함에 따른 결과라고 사료되며 육계의 성장에 관여하는 약리적 사용수준의 Zn에 대한 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것으로 보인다.

본 시험에서 4-5주의 증체율을 보면 Cu와

Zn 혼합 처리구는 control에 비해 유의적으로 ( $P<0.05$ ) 높았으며, Hatfield 등(2001)은 사료내 높은 수준의 Zn 함량은 Cu의 이용률을 줄이는 길항작용이 있기 때문에 이용되기 쉬운 형태로 공급해야 한다고 하였다. 따라서 본 시험의 경우, ligands 들이 금속이온을 보호하고 있으므로 길항작용을 방지하며 chelate 태 Cu와 Zn가 이용율이 높기 때문에 부작용이 방지되는 것으로 사료된다.

영양소 이용률은 Table 3에서 보는 바와 같다. Cu 및 Zn chelate 첨가에 의해 조단백질과 조지방의 이용률이 control에 비해 다소 높아진 경향이 있었으나 통계적인 유의차는 없었으며, 조희분의 이용률은 다른 처리구에 비해 Cu-Zn-Met 처리구가 높았지만 유의성은 없었다. 혈청 IgG 농도, 근위의 궤양정도(gizzard erosion)는 Table 4에서 보는 바와 같다. 혈청 IgG 농도는 Cu-Zn-Met 처리구가 control에 비해 유의하게 높았다( $P<0.05$ ). 이는 수컷 칠면조 사료에 Zn-Met와 Mn-Met을 혼합 첨가했을 때, 혈액 내 IgG의 수준이 증가했다는 Ferket와 Qureshi(1992)의 보고와 유사하나 구리에 의한 영향에 대해서는 발표된 논문이 없어 확인실했

이 필요하다. 근위 궤양 정도는 Cu-Zn-Met 처리구가 다소 높은 경향을 나타내었으나 chelate 광물질 첨가에 따른 영향은 뚜렷이 나타나지 않았다. Fisher과 Laursen-Jones(1973)는 육계에 600 ppm의 구리 첨가로 근위 궤양 정도가 심하였다고 하였으며, 본 시험에서는 첨가 수준이 낮았기 때문에 근위 손상이 적었던 것으로 사료된다.

처리에 따른 간과 배설물의 Cu와 Zn의 함량은 Table 5에 나타났다. 간에서는 chelate 광물질(Cu, Zn) 첨가에 의한 함유량의 증가는 있었으나 유의성은 없었다. 배설물에서는 Cu 첨가 구인 Cu-Met과 Cu-Zn-Met 첨가구에서, Zn는 Zn-Met과 Cu-Zn-Met을 추가적으로 첨가한 구에서 대조구나 이들 광물질을 추가적으로 첨가하지 않은 구 보다 배설물의 Cu 또는 Zn의 함량이 각각 높았다( $P<0.05$ ). 이는 사료에 함유된 이들 광물질(Cu, Zn)의 함량에 의해 영향을 받은 것으로 보이지만 첨가에 의한 영향이 간에서 크지 않았던 이유는 기초사료에 포함된 Cu와 Zn의 함량이 각각 7.5 ppm과 75 ppm으로 NRC(1994) 요구량에 충족했기 때문으로 사료된다.

Table 3. Effects of dietary chelated Cu and Zn on nutrients metabolizability of diets

Item	Treatments <sup>1</sup>				SEM
	Control	Cu-Met	Zn-Met	Cu-Zn-Met	
	..... % .....				
Dry matter	75.0	77.3	76.7	74.6	0.87
Crude protein	68.5	72.9	69.8	70.2	3.19
Crude fat	86.0	89.1	88.1	89.5	1.74
Crude fiber	11.3	11.2	14.2	13.5	1.26
Crude ash	19.8	19.5	19.3	21.7	1.96
NFE <sup>2</sup>	85.4	86.5	86.4	84.3	0.65

<sup>1</sup> Cu-Met : 100ppm Cu in Cu-methionine ; Zn-Met : 100ppm Zn in Zn-methionine ; Cu-Zn-Met : Cu-Met+Zn-Met

<sup>2</sup> Nitrogen free extract.

Table 4. Effects of chelated Cu and Zn on serum IgG level and gizzard erosion of broiler chickens

Item	Treatments <sup>1</sup>				SEM
	Control	Cu-Met	Zn-Met	Cu-Zn-Met	
IgG (mg/ml)	12.6 <sup>b</sup>	13.1 <sup>a</sup>	13.5 <sup>ab</sup>	14.5 <sup>a</sup>	0.58
Gizzard erosion index	1.1	1.0	1.1	1.3	0.31

<sup>1</sup> Cu-Met : 100ppm Cu in Cu-methionine ; Zn-Met : 100ppm Zn in Zn-methionine ; Cu-Zn-Met : Cu-Met+Zn-Met  
<sup>a-b</sup> Means in a row with no common superscript differ significantly (P<0.05).

Table 5. Effects of chelated Cu and Zn on the content of Cu and Zn in liver and excreta of broiler chickens

Item	Treatments <sup>1</sup>				SEM	
	Control	Cu-Met	Zn-Met	Cu-Zn-Met		
..... (mg/kg, DM) .....						
Liver	Cu	19.0	21.4	18.1	19.2	1.37
	Zn	83.2	83.6	86.5	85.3	1.31
Excreta	Cu	140.2 <sup>b</sup>	467.7 <sup>a</sup>	138.9 <sup>b</sup>	403.8 <sup>a</sup>	20.07
	Zn	591.6 <sup>b</sup>	617.9 <sup>b</sup>	969.3 <sup>a</sup>	914.9 <sup>a</sup>	33.39

<sup>1</sup> Cu-Met : 100ppm Cu in Cu-methionine ; Zn-Met : 100ppm Zn in Zn-methionine ; Cu-Zn-Met : Cu-Met+Zn-Met  
<sup>a-b</sup> Means in a row with no common superscript differ significantly (P<0.05).

결론적으로 육계사료에 100 ppm의 Cu-Met chelate를 첨가할 때 뿐만 아니라 100 ppm의 Zn-Met chelate 및 이들 광물질 복합제제 (Cu-Zn-Met chelate)를 첨가하였을 때에도 증체량과 사료효율을 개선시키며, 혈청 IgG 수준을 높이고, 간의 Cu 및 Zn 수준에는 유의한 영향을 미치지 않았으나, 배설물 내 이들 광물질 함량을 증가시켰다.

#### IV. 요약

Methionine chelate 형태로 Cu 및 Zn의 첨가가 육계의 생산성과 영양소 이용률, 혈청 IgG 수준, 근위의 손상정도(gizzard erosion index)

그리고 간과 배설물의 Cu와 Zn 함량에 미치는 영향을 알아보기 위해 갓 부화한 1,000수의 Ross<sup>®</sup> 병아리를 4처리 5반복, 반복당 50수(암·수 각각 25수씩)를 배치하여 5주간 사양시험을 실시하였다. 시험사료는 대조구 사료에 Cu와 Zn를 methionine chelate 형태로 100 ppm씩 단독 또는 혼합첨가하여 만들었다. 증체량은 chelate 첨가구들 모두 대조구 보다 높았고 (P<0.05), 사료요구량은 chelate 첨가구들이 대조구 보다 낮았다(P<0.05). Cu와 Zn를 혼합하여 첨가한 처리구의 증체량과 사료효율은 Cu와 Zn를 단독 첨가한 처리구들보다 높은 경향을 나타냈다. 영양소 이용률은 Cu 및 Zn chelate 첨가에 의해 유의한 영향을 받지 않았

다. 혈청 IgG 농도는 Cu와 Zn chelate 혼합처리구가 대조구에 비해 유의하게 높았으나( $P < 0.05$ ), 근위 궤양 정도는 처리에 따른 차이가 없었다. 간과 배설물 내 Cu 및 Zn 함량은 사료에서 이들 광물질의 함량에 의해 영향을 받았다( $P < 0.05$ ).

결론적으로 Cu와 Zn chelate 단독 또는 혼합하여 첨가시 육계의 증체량과 사료효율을 개선시키고 혈청 IgG 농도를 증가시키며 간 내 Cu와 Zn 수준은 유의한 영향을 받지 않으나 분내 Cu와 Zn의 함량은 증가시키는 것으로 나타났다

(색인 : Chelate, Cu, Zn, Methionine, Gizzard erosion, IgG, 육계)

## V. 인용 문헌

- Ahn, S. H., Um, J. S., Kim, D. H. and Paik, I. K. 1998. Effects of the sources and levels of supplemental zinc on the performance of weanling pigs. *Korean J. Anim. Sci.* 40(1):9-20.
- AOAC. 1990. Official Method of Analysis, 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Analysis Chemist. Washington D. C.
- Aoyagi, S. and Baker, D. H. 1993. Protective effect of copper-amino acid complexes against inhibitory effects of L-cysteine and ascorbic acid. *Poultry Sci.* 72(Suppl. 1):82(Abstr).
- Carlson, M. S., Hill, G. M., Link, J. E., McCully, G. A., Rozeboom, D. W. and Weavers, R. L. 1995. Impact of zinc oxide and copper sulfate supplementation on the newly weaned pig. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1): 72.
- Ferket, P. R. and Qureshi, M. A. 1992. Effect of level of inorganic and organic zinc and manganese on the immune function of turkey toms. *Poul. Sci.* 71(Suppl. 1): 60.
- Fisher, C. 1973. Use of copper sulfate as a growth promotor for broilers. *Feedstuffs.* July 16:24-25.
- Fisher, C. and Laursen-Jones, A. P. 1973. The effect of copper sulphate on performance and the structures of the gizzard in broiler. *Br. Poul. Sci.*, 14:55-68.
- Hahn, J. D. and Baker, K. H. 1993. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacologic levels of zinc. *J. Anim. Sci.* 71: 3020.
- Hatfield, P. G., Swenson, C. K., Kott, R. W., Ansotegui, R. P., Roth, N. J. and Robinson, B. L. 2001. Zinc and copper status in ewes supplemented with sulfate- and amino acid-complexed forms of zinc and copper. *J. Anim. Sci.* 79:261-266.
- LeMieux, F. M., Ellison, L. V., Ward, T. L., Southern, L. L. and Bidner, T. D. 1995. Excess dietary zinc for pigs weaned at 28 days. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1): 72.
- Mancini, G., Carbonara, A. O. and Heremans, J. F. 1965. Immunochemical quantitation of antigens by single radial immunodiffusion. *Immunochemistry* 2:235-254.
- NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry(9<sup>th</sup> Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine(10<sup>th</sup> Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Paik, I. K. 2001. Application of Chelated Minerals in Animal Production. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 14(Special Issue): 191-198.
- Paik, I. K., Seo, S. H., Um, J. S., Chang, M. B. and Lee, B. H. 1999. Effects of supplementary copper-chelate on the performance and cholesterol levels in plasma and breast muscle of broiler chickens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 12(5):794-798.
- Pimentel, J. L., Cook, M. E. and Greger, J. L. 1990. Research Note: Bioavailability of Zinc-Methionine for Chicks. *Poul. Sci.* 70: 1637-1639.
- Smith, J. W. II., Tokach, M. D., Goodband, R. D., Nelssen, J. L. Jr. Nessmith, Owen, K. Q. and Richert, B. T. 1995. The effect of increasing zinc oxide supplementation on starter pig growth performance. *J. Anim. Sci.* 67:835.

18. Wedekind, K. J., Hortin, A. E. and Baker, D. H. 1992. Methodology for assessing zinc bio-availability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. *J. Anm. Sci.* 70: 178-187.
19. Zhou, W., Komegay, E. T., Lindemann, M. D., Swinkels, J. W. G. M., Welton, M. K. and Wong, E. A. 1994. Stimulation of growth by intrave-nous injection of copper in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 72:2395-2403.

(접수일자 : 2002. 5. 7 / 채택일자 : 2002. 7. 16)