

구리 및 아연의 수준별 급여가 비육돈의 생산성, 영양소 소화율, 육질 및 도체 특성에 미치는 영향

김영화 · 김해진¹ · 박준철 · 정현정 · 조진호¹ · 진영걸¹ · 유종상¹ · 김인철 · 이상진 · 김인호^{1*}
농촌진흥청 축산연구소, ¹단국대학교 동물자원과학과

Effects of Copper and Zinc Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Meat and Carcass Characteristics in Finishing Pigs

Y. H. Kim, H. J. Kim¹, J. C. Park, H. J. Jung, J. H. Cho¹, Y. J. Chen¹, J. S. Yoo¹,
I. C. Kim, S. J. Lee, and I. H. Kim^{1*}

Swine Research Division, National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350, Korea
¹Department of Animal Resource & Science, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of copper and zinc supplementation on growth performance, nutrient digestibility, and meat and carcass characteristics in finishing pigs. A total of 72 (Landrace×Yorkshire×Duroc) pigs (58.47 kg initial BW) were assigned to 6 treatments in a 2 × 3 factorial design (Zn levels×Cu levels). The sources of zinc and copper were Zn-methionine chelate and Cu-methionine chelate, respectively. Zinc levels used were 80 and 120 ppm and copper levels used were 10, 30 and 60 ppm. Throughout the entire experimental period, the average daily gain (ADG) and average daily feed intake (ADFI) were not significantly affected by Cu or Zn levels, or their relative levels. The G:F ratio was significantly affected by the relative levels of Cu and Zn ($p<0.05$), specifically at 30 ppm Cu and 120 ppm Zn. Dry matter digestibility was significantly affected by the levels of Cu ($p<0.02$), Zn ($p<0.01$) and the relative levels of each ($p<0.04$), in particular at 30 ppm Cu and 120 ppm Zn. Nitrogen digestibility was significantly affected by Zn levels ($p<0.01$) and the combination of 30 ppm Cu and 120 ppm Zn ($p<0.03$). The L*- value, shear force, cooking loss and pH were not significantly affected by Cu levels, Zn levels or their combination. The a*- ($p<0.04$) and b*- values ($p<0.01$) were significantly affected by Zn levels at 80 ppm. The Water holding capacity was significantly affected by Cu and Zn in combination ($p<0.01$) at 10 ppm Cu and 120 ppm Zn. The carcass weight, backfat thickness and carcass grade were not significantly affected by Cu levels, Zn levels or their relative levels. The carcass percentage was significantly affected by the combination ($p<0.04$) of 30 ppm Cu and 120 ppm Zn. In conclusion, dietary supplementation of Cu and Zn at 30 and 120 ppm, respectively, is effective for feed efficiency, nutrient digestibility and carcass percentage, while at the levels of Cu at 10 ppm and Zn at 120 ppm have effects on WHC.

Key words : copper, zinc, growth performance, nutrient digestibility, meat and carcass characteristic

서 론

최근 가축의 고능력화로 인해 영양소 요구량 뿐만 아니라 광물질의 요구량 또한 증가하고 있다. 그러나 무기태 광물질의 급여량을 늘려주는 것은 독성 문제 및 환경오염

측면에서 심각한 부작용을 낳고 있다. 따라서, 아미노산을 함유한 유기태 광물질 첨가에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다.

구리와 아연은 돼지에 있어서 생산성 개선 및 약리 목적으로 많이 이용되고 있다. 사료내 고수준의 구리 공급은 성장률과 사료 섭취량 및 사료효율을 개선시킨다고 보고 되었다(Edmonds *et al.*, 1985). 특히 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 형태로 구리를 125-250 ppm의 공급 시 성장률을 개선하는 것으로 잘 알려져 널리 사용되어 왔다. 또한 육체에 있어서 125-250 ppm의 구리를 급여한 경우 혈액과 가슴 근육

*Corresponding author : In Ho Kim, Dept. of Animal Resource & Science, Dankook University, #29 Anseodong, Cheonan, Choongnam 330-714, Korea. Tel: 82-41-550-3652, Fax: 82-41-550-3604, E-mail: inhokim@dankook.ac.kr

내 콜레스테롤의 함량을 감소시켰고(Pesti and Bakalli, 1996), 비육돈에 250 ppm 구리 공급시 등지방내 포화지방산은 감소하고, 불포화 지방산은 증가시켰다는 보고가 있다(Amer and Elliot, 1973). 또한, Stahly *et al.*(1980)에 의하면 구리는 세균 발육저지능력과 살균능력을 가지고 있다고 보고하였다. 아연은 많은 metalloenzyme들의 구성성분으로, 면역, 번식, 비유 등 다양한 신체기능에 관여하며, 단백질, 탄수화물, 그리고 지질의 대사에서 중요한 역할을 수행한다. 이유자돈에게 ZnO 형태로 높은 수준의 아연을 공급할 때 이유 직후 설사 발생율이 감소하고, 사양성적을 향상시킨다고 보고 되었다(Kavanagh, 1992; Poulsen, 1992; Hahn and Baker, 1993). 하지만 높은 수준의 구리와 아연을 성장 개선의 목적으로 사료에 첨가 급여시 독성 문제 및 분을 통한 배설로 인해 토양 및 수질오염을 일으킬 수 있다.

이러한 고 수준의 광물질 첨가에 대한 문제점을 보완하기 위하여 새로운 형태의 광물질 개발에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다. 광물질은 공급형태에 따라 생체 이용율에서 많은 차이를 나타내는데, 체내 흡수율이 낮은 무기태 광물질과 대조적으로 아미노산과 저분자 펩타이드(Miller *et al.*, 1972; McNaughton *et al.*, 1974; Zoubek *et al.*, 1975; Spears, 1992)와 같은 유기물과 금속 이온이 chelation 결합한 형태(착염)의 유기태 광물질이 체내 흡수에 용이하다고 보고 되었다(Ashmead, 1993). 금속이온이 아미노산이나 저분자 펩타이드와 같은 유기물과 chelation 결합을 하면 전기적으로 중성을 띄고, 결합력에 의한 화학적 안정성을 얻기 때문에 소장벽을 통과하는 것이 보다 수월해지기 때문이다(Kratzer and Vohra, 1986).

따라서 본 시험은 구리와 아연에 methionine와 결합시켜 만든 chelate 광물질을 비육돈 사료내 수준별 혼합급여가 생산성, 영양소 소화율, 육질 및 도체 특성에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

시험동물 및 시험설계

3원 교잡종(Landrace×Yorkshire×Duroc) 비육돈 72두를 공시하였으며 시험 개시시의 체중은 58.47 kg이었으며, 사양시험은 63일간 실시하였다.

시험설계는 2×3(Zn level×Cu level) 요인설계로 사료내 아연함량은 80 및 120 ppm(각각 Zn-methionine 0.039 및 0.139% 첨가) 그리고 구리 함량은 10, 30 및 60 ppm(각각 Cu-methionine 0.004, 0.044 및 0.104% 첨가)로 6개 처리를 하여 처리당 3반복, 반복당 4두씩 완전임의 배치하였다.

시험사료와 사양관리

시험사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서 NRC(1998) 사양표준을 기초로 하여 3,428 kcal ME/kg, 16.90% CP,

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredient	%
Corn	56.00
Soybean meal	18.90
Wheat bran	10.00
Rapeseed meal	5.00
Wheat grain	5.00
Tallow	3.00
Limestone	0.75
Vitamin/mineral premix ¹⁾	0.20
Dicalcium phosphate ²⁾	0.65
Salt	0.35
Antibioitcs	0.10
Anthelmintic	0.05
Chemical composition ³⁾	
ME (kcal/kg)	3,428
CP (%)	16.90
Lysine (%)	0.85
Methionine (%)	0.27
Cu (ppm)	8.52
Zn (ppm)	65.19

¹⁾Supplied per kg diet: Cu, 140 mg; Fe, 145 mg; Zn, 179 mg; Mn, 12.5 mg; I, 0.5 mg; Co, 0.25 mg; Se, 0.4 mg.

²⁾Supplied per kg diet: vitamin A, 10,000 IU; vitamin D₃, 2,000 IU; vitamin E, 42 IU; vitamin K, 5 mg; riboflavin, 2,400mg; vitamin B₂, 9.6 mg; vitamin B₆, 2.45 mg; vitamin B₁₂, 40 µg; niacin, 49 mg; pantothenic acid, 27 mg; biotin, 0.05 mg.

³⁾Calculated values.

0.85% lysine, 0.27% methionine, 8.52 ppm Cu, 65.19 ppm Zn을 함유토록 하였다(Table 1). 시험사료는 가루사료의 형태로 자유채식토록 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다.

조사항목 및 방법

1) 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율

체중 및 사료 섭취량은 시험개시시와 시험 종료시에 각 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율을 계산하였다.

2) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 시험종료 7일전에 표시물로서 산화크롬(Cr₂O₃)을 0.2% 첨가하여 급여 후 항문마사지법으로 분을 채취하였다. 채취한 분은 60°C의 건조기에서 72시간 건조시킨 후 Willey mill로 분쇄 후 분석에 이용하였다. 사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC(1995)에 제시된 방법에 의해 분석하였다.

3) 육질 및 도체 특성

육질 분석에 사용된 돈육은 각 처리구 별로 6두씩을 임

의 선발하여 도살 후 4°C 냉장고에 24시간 저장 후 반도체 등심 부위(*M. longissimus dorsi*)를 분할 정형하여 분석에 이용하였다. 육색은 4°C에서 30분간 발색시킨 후 chromameter(Model CR-300, Minolta Co., Ltd., Japan)를 사용하여 동일한 시료를 3회 반복하여 명도를 나타내는 L* 값, 적색도를 나타내는 a* 값과 황색도를 나타내는 b* 값을 측정하였으며 이때 표준화 작업은 표준색판 No. 12633117을 이용하여 $Y=93.5$, $x=0.3136$, $y=0.3198$ 값으로 표준화시킨 후 측정하였다. 가열감량(cooking loss)은 시료를 2×2×2 cm 두께로 일정하게 절단하여 무게를 측정하고 70°C 항온수조에서 10분간 가열한 다음 냉각시켜 감량된 무게를 백분율로 환산하여 측정하였다. 전단력(shear force value)은 가열한 시료를 직경 0.5 inch²의 core로 시료를 근섬유 방향으로 채취한 후 전단력 측정기(Shear Meter, Warner-Bratzler USA)로 측정하였다. pH는 도축 24시간 후 좌 도체등심 제 10늑골부위에서 pH meter(pH K-21, NWKbinar, Germany)를 이용하여 측정하였다. 고기의 보수력은 Laakkonen 등(1970)의 방법에 따라 전수분과 유리수분을 구한 뒤 아래와 같은 방식으로 산출하였다. 전수분은 시료를 100±2°C의 건조기에서 24시간 건조 후 전수분을 구하였다. 유리수분은 tube에 시료를 담아 항온수조(70°C/30 min)에서 가열 후 실온에서 30분간 방냉시킨 후 원심분리를 시켜(4°C에서 3,000 rpm으로 10 min) 유리수분을 구하였다.

$$\cdot \text{전수분}(W\%) = \frac{(A-B)}{A} \times 100$$

$$\cdot \text{유리수분}(F\%) = \frac{(C-D)}{C} \times 100$$

$$\cdot \text{보수력}[W.H.C (\%)] = \frac{W\% - F\%}{W\%} \times 100$$

A: 건조 전 sample 무게 B: 건조 후 sample 무게
C: 원심분리 전 sample 무게 D: 원심분리 후 sample 무게

도체특성은 충남 천안시 소재 도축장에서 각 처리구마다 115-120 kg 도달시 도축(탕박)하여 도체중, 도체율, 등지방 두께 및 등급을 측정하였다.

통계처리

모든 자료는 SAS(1996)의 General Linear Model procedure를 이용하여 분석하였으며. 요인분석을 통해 Zn 수준과 Cu 수준에 대해 비교하였다.

결과 및 고찰

생산성 및 영양소 소화율

비육돈에 있어 Zn과 Cu의 사료내 함량이 생산성에 미치는 영향을 Table 2에 나타내었다. 전체 사양시험동안 일당증체량과 사료섭취량에서는 처리구간에 유의한 효과가 나타나지 않았다. 사료효율에서는 유의한($p < 0.05$) 상호작용이 있었는데, 사료내 구리와 아연의 함량이 각각 30 ppm과 120 ppm일때 가장 높게 나타났다. 건물 소화율에서는 구리와 아연 함량 및 상호작용 모두 유의하게 나타났는데(각각 $p < 0.02$, $p < 0.01$, $p < 0.04$), 사료내 구리 함량이 증가할수록 감소하였고, 아연 함량은 증가할수록 증가하였으며, 구리와 아연 함량이 각각 30 및 120 ppm일때 가장 높게 나타났다. 질소 소화율에서는 구리 함량에 의한 효과는 없었으나, 아연 함량과 상호작용에서는 유의하였는데(각각 $p < 0.01$, $p < 0.03$), 사료내 아연 함량이 증가할수록 증가하였고 구리와 아연 함량이 각각 30 ppm과 120 ppm일때 가장 높게 나타났다.

Cu와 Zn의 약리적 수준을 사료에 첨가시 성장을 촉진

Table 2. Effects of Cu and Zn supplementation on growth performance and nutrient digestibility in finishing pigs

Treatments (ppm)		Initial BW (kg)	Final BW (kg)	ADG ²⁾ (kg)	ADFI ²⁾ (kg)	Gain/feed	Digestibility	
Cu	Zn						DM ²⁾ (%)	N ²⁾ (%)
10	80	58.39	103.17	0.711	2.193	0.325	72.38	72.07
	120	59.61	104.11	0.706	2.348	0.302	72.96	70.14
30	80	58.66	106.00	0.752	2.296	0.332	71.93	71.60
	120	58.07	105.03	0.746	2.122	0.351	73.25	74.07
60	80	57.93	101.05	0.683	2.246	0.305	71.50	73.30
	120	58.40	104.54	0.732	2.132	0.344	69.78	72.76
SE ¹⁾		0.57	1.27	0.018	0.046	0.011	0.84	0.79
Probability ($p <$)								
Cu level (C)		-	-	0.32	0.70	0.10	0.02	0.12
Zn level (Z)		-	-	0.61	0.59	0.20	0.01	0.01
Interaction (C×Z)		-	-	0.59	0.24	0.05	0.04	0.03

¹⁾Pooled standard error.

²⁾ADG, Average daily gain; ADFI, Average daily feed intake; DM, Dry matter; N, Nitrogen.

하는 효과가 있다고 많은 연구가 보고 되었다(Hahn and Barker, 1993; Zhou *et al.*, 1994; Carlson *et al.*, 1995; LeMieux *et al.*, 1995; Smith *et al.*, 1995; Paik, 2001). 그러나 Hill 등(1996)의 연구에서 구리와 아연 두 종류의 광물질을 이유자돈의 사료에 모두 첨가하였을 때 성장촉진과 관련하여 부가적인 효과는 없었다고 보고하였는데 본 시험 결과와 일치하였다. Smith 등(1997)은 이유자돈에 구리와 아연을 첨가하였을 때 사료효율에서 구리와 아연의 유의한 상호작용이 있다고 보고하였는데, 본 시험의 사료 효율에서 아연 함량과 상호작용에 유의한 효과가 나타나 유사한 결과를 보였다.

Kim 등(2003)은 이유자돈 사료내 copper chelates를 첨가시 건물 및 조단백질 소화율에서는 차이를 보이지 않았다고 보고하였으며, Hong 등(2002)은 육계 사료내 Cu 및 Zn-methionine chelates를 첨가시에도 건물 및 조단백질 소

화율에 차이가 없었다고 보고하였는데, 앞선 연구결과와 다른 결과를 보였는데, 구리와 아연의 함량이 증가할수록 소화율이 다소 감소되는 경향을 나타내었다.

육질 특성

비육돈에 있어 Zn과 Cu의 사료내 함량이 육질 특성에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 육색에서 명도값을 나타내는 L*-값은 처리구간에 유의한 효과가 나타나지 않았다. 적색도를 나타내는 a*-과 황색도를 나타내는 b*-값에서는 구리 함량과 상호작용 효과는 없었으나, 아연 함량의 효과는 유의하였는데(각각, $p<0.04$, $p<0.01$), a*-값과 b*-값 모두 사료내 아연 함량이 감소할수록 증가하였다. 전단력, 가열감량 및 육 pH에서는 처리구간에 유의한 효과가 나타나지 않았다. 보수력에서는 유의한($p<0.01$) 상호작용이 있었는데, 사료내 구리와 아연 함량이 각각 10 및

Table 3. Effects of Cu and Zn supplementation on meat characteristic in finishing pigs

Treatments (ppm)		Meat color			Shear force (kg)	Coking loss (%)	pH	WHC ²⁾ (%)
Cu	Zn	L*	a*	b*				
10	80	50.96	8.73	3.70	2.95	32.43	5.75	60.04
	120	50.96	6.53	2.48	2.79	33.29	5.66	61.45
30	80	52.21	7.97	3.59	2.92	35.56	5.70	61.19
	120	51.43	5.79	2.77	3.09	32.14	5.65	59.14
60	80	51.37	7.09	2.72	2.99	33.25	5.66	61.27
	120	48.36	7.84	2.53	2.09	31.16	5.75	61.24
SE ¹⁾		1.16	0.55	0.30	0.11	1.36	0.07	0.47
Probability ($p<$)								
Cu level (C)		0.26	0.49	0.21	0.35	0.45	0.87	0.09
Zn level (Z)		0.20	0.04	0.01	0.70	0.16	0.77	0.55
Interaction (C×Z)		0.42	0.06	0.30	0.38	0.26	0.39	0.01

¹⁾Pooled standard error.

²⁾WHC, Water holding capacity.

Table 4. Effects of Cu and Zn supplementation on carcass characteristic in finishing pigs

Treatments (ppm)		Carcass weight (kg)	Carcass percentage (%)	Backfat thickness (mm)	Carcass grade ²⁾
Cu	Zn				
10	80	72.37	70.15	21.67	1.67
	120	74.97	72.02	22.50	1.33
30	80	73.53	69.38	23.83	1.50
	120	76.03	72.40	22.33	1.00
60	80	72.77	72.00	22.17	1.83
	120	72.20	69.05	24.33	1.67
SE ¹⁾		1.13	1.07	0.98	0.21
Probability ($p<$)					
Cu level (C)		0.19	0.98	0.50	0.13
Zn level (Z)		0.14	0.51	0.57	0.10
Interaction (C×Z)		0.36	0.04	0.23	0.79

¹⁾Pooled standard error.

²⁾1: A grade, 2: B grade, 3: C grade.

120 ppm일때 가장 높게 나타났다.

육색은 돈육 품질과 관련이 많으며 보수력 및 근육구조와 관련되어 있고(Warriss and Brown, 1982) 육색소인 myoglobin이 산소와의 반응으로 나타나고 육색의 변화는 육색소내의 산소 유무 및 양, 육조직내의 효소활동, 저장 온도, 미생물의 오염도, pH 등에 따라 다르며, 특히 산소와의 반응정도와 효소 활동이 가장 큰 영향을 미친다고 알려져 있다(Lawrie, 1985). 본 시험에서 a*-값과 b*-값 모두 아연 함량에 따른 효과를 보였고, 보수력에서는 유의한 상호작용이 나타났다. 그러나 아직까지 사료내 구리와 아연 함량이 육질 특성이 어떠한 효과를 미치는지 연구되지 않은 실정이기 때문에 본 시험결과를 바탕으로 사료내 구리와 아연 함량이 돈육의 육질특성에 미치는 영향에 대한 보다 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

도체 특성

비육돈에 있어 Zn과 Cu의 사료내 함량이 도체특성에 미치는 영향을 Table 4에 나타내었다. 도체중, 등지방 두께 및 도체등급에서 처리간에 유의한 효과가 나타나지 않았다. 도체율에서는 유의한($p<0.04$) 상호작용이 있었는데, 구리 함량 30 ppm과 아연 함량 120 ppm일때 가장 높게 나타났다.

Spears와 Kegley(2002)은 비육우 사료내 아연을 급여하였을때 육량지수(dressing percentage)가 유의적으로 높게 나타났다고 보고하였으나, Engle 등(2000)은 비육우 사료내 구리를 첨가하였을때 육량지수에는 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 축종은 다르지만 본 시험에서도 구리와 아연을 혼합 급여가 도체율에 유의한 차이를 보여 사료내 구리와 아연의 함량이 도체율에 영향을 미친 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 비육돈 사료내 구리와 아연의 수준별 급여가 생산성, 영양소 소화율, 육질 및 도체 특성에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였다. 3원 교잡종(Landrace×Yorkshire×Duroc) 비육돈 72두를 공시하였으며, 시험개시시의 체중은 58.47 kg이었다. 시험설계는 2×3 요인설계(Cu level×Zn level)에 의해 6개 처리로 하여 처리당 3반복, 반복당 4두씩 완전임의 배치하였다. 본 연구에 사용된 구리와 아연의 공급원은 각각 Cu-methionine chelate와 Zn-methionine chelate 이었으며, 사료내 함량은 각각 10, 30 및 60 ppm과 80 및 120 ppm 이었다. 전체사양시험기간 동안 ADG와 ADFI에서는 구리 함량, 아연 함량 및 상호작용에 대한 유의한 효과가 나타나지 않았다. 사료효율에서는 유의한 상호작용이 나타났는데($p<0.05$), 구리와 아연 함량이 각각 30과 120 ppm일때 가장 높게 나타났다. 건

물 소화율에서는 구리 함량($p<0.02$), 아연 함량($p<0.01$) 및 상호작용($p<0.04$)에 대한 유의한 효과가 나타났는데, 구리 함량이 감소할수록 증가하였고, 아연 함량은 증가할수록 증가하였으며, 구리와 아연 함량이 각각 30과 120 ppm일때 가장 높게 나타났다. 질소 소화율에서는 아연 함량($p<0.01$)과 상호작용($p<0.03$)에서 유의한 효과가 나타났는데, 아연 함량이 증가할수록 증가하였고 구리와 아연 함량이 각각 30과 120 ppm일때 가장 높게 나타났다. 명도를 나타내는 L*-값, 전단력, 가열감량 및 pH에서는 유의한 효과가 나타나지 않았다. 적색도를 나타내는 a*-값($p<0.04$)과 황색도를 나타내는 b*-값($p<0.01$)에서는 아연 함량에 대한 효과가 나타났는데, 사료내 아연 함량이 감소할수록 증가하였다. 보수력에서는 유의한 상호작용이 나타났는데($p<0.01$), 구리와 아연 함량이 각각 10과 120 ppm일때 가장 높게 나타났다. 도체중, 등지방 두께, 도체등급에서는 유의한 효과가 나타나지 않았다. 도체율에서는 유의한 상호작용이 나타났는데($p<0.04$), 구리와 아연 함량이 각각 30과 120 ppm일때 가장 높게 나타났다. 결론적으로 비육돈 사료내 구리와 아연의 함량이 각각 30 ppm과 120 ppm일때 사료효율, 영양소 소화율 및 도체율을 개선시켰으면 각각 10 ppm과 120 ppm일때 보수력을 개선시켰다.

참고문헌

1. Amer, A. M. and Elliot, J. I. (1973) Effects of level of copper supplement and removal of supplemental copper from the diet on the physical and chemical characteristics of porcine depot fat. *Can. J. Anim. Sci.* **53**, 139-145.
2. AOAC (1995) Official method of analysis. 16th ed. Association of official Analytical Chemists, Washington, DC.
3. Ashmead, H. D. (1993) The role of Amino Acids Chelates in Animal Nutrition. Noyes Publications. New Jersey.
4. Carlson, M. S., Hill, G. M., Link, J. E., McCully, G. A., Rozeboom, D. W., and Weavers, R. L. (1995) Impacts of zinc oxide and copper sulfate supplementation on the newly weaned pig. *J. Anim. Sci.* **73**(suppl. 1), 72.
5. Edmonds, J. S., Izquierdo, O. A., and Baker, D. H. (1985) Feed additive studies with newly weaned pigs: Efficacy of supplemental copper, antibiotics and organic acid. *J. Anim. Sci.* **60**, 462-479.
6. Engle, T. E., Spears, J. W., Armstrong, T. A., Wright, C. L., and Odle, J. (2000) Effects of dietary copper source and concentration on carcass characteristics and lipid and cholesterol metabolism in growing and finishing steers. *J. Anim. Sci.* **78**, 1053-1059.
7. 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.
8. Hill, G. M., Cromwell, G. L., Crenshaw, T. D., Ewan, R. C., Knabe, D. A., Lewis, S. J., Mahan, D. C., Shurson, G. C., Southern, L. L., and Veum, T. L., NCR-42 and S-145

- Regional Swine Nutrition Committees. (1996) Impact of pharmacological intakes of zinc and(or) copper on performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* **74**(Suppl. 1), 181.
9. Hong, S. J., Lim, H. S., and Paik, I. K. (2002) Effects of Cu and Zn-methionine chelates supplementation on the performance of broiler chickens. *J. Anim. Sci. Technol.* **44**, 399-406.
 10. Kavangh, N. T. (1992) The effect of feed supplemented with zinc oxide on the performance of recently weaned pigs. Proc.: Int. Pig Vet. Meetings.
 11. Kim, B. H., Lim, H. S., Namkung, H., and Paik, I. K. (2003) Effect of copper chelates (methionine-Cu, chitosan-Cu and yeast-Cu) as the supplements to weaning pig diet. *J. Anim. Sci. Technol.* **45**, 49-56.
 12. Kratzer, F. H. and Vohra, P. (1986) Chelates in Nutrition. CRC press, Inc., Boca Raton, FL.
 13. Laakkonen, E., Wellington, G. H., and Skerbon, J. W. (1970) Low temperature long time heating of bovine muscle. *J. Food Sci.* **35**, 175-177.
 14. Lawrie, R. A. (1985) Packaging fresh meat. In: Development in meat science. Taylor, A. A. (ed), Elsevier Applied Science Publisher. p. 89.
 15. 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.
 16. McNaughton, J. L., Day, E. L., Dilworth, B. C., and Lott, B. D. (1974) Iron and copper availability from various sources. *Poult. Sci.* **53**, 1325-1330.
 17. Miller, D., Soares, Jr. J. H., Bauersfeld, Jr. P., and Cupett, S. L. (1972) Comparative selenium retention by chicks fed sodium selenit, selenomethionine, fish meal and fish solubles. *Poult. Sci.* **51**, 1669-1673.
 18. NRC (1998) Nutrient Requirements of swine. National Research Council, Academy Press.
 19. Paik, I. K. (2001) Application of Chelated Minerals in Animal Production. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* **14**(Special Issue), 1991-1998.
 20. Pesti, E. G. and Bakalli, R. I. (1996) Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate and cupric citrate to broiler chickens. *Poult. Sci.* **75**, 1086-1091.
 21. Poulsen, H. D. (1992) Zinc oxide for weaned pigs. Eleventh annual Prince feed ingredient conference. Dublin. Ireland. Appendix 1.
 22. Spears, J. W. (1992) The bioavailability of zinc, copper and manganese amino acid complexes and chelates. NFIA, Nutrition Institute.
 23. SAS (1996) SAS user's guide. Release 6.12 edition. SAS Institute. Inc., Cary, NC, USA.
 24. Smith, J. W., Tokach, M. D., Goodband, R. D., Nelessen, J. L., and Richert, B. T. (1997) Effects of the interrelationship between zinc oxide and copper sulfate on growth performance of early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* **75**, 1861-1866.
 25. Smith, J. W., Tokach, M. D., Goodband, R. D., Nelessen, J. L., Nessmith, Jr., 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.
 26. Spears, J. W. and Kegley, E. B. (2002) Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. *J. Anim. Sci.* **80**, 2747-2753.
 27. Stahly, T. S., Cromwell, G. L., and Monegue, H. J. (1980) Effects of the dietary inclusion of copper and antibiotics on the performance of weaning pigs. *J. Anim. Sci.* **51**, 1347-1352.
 28. Warriss, P. D. and Brown, S. N. (1982) The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pigs muscle. *Meat Sci.* **20**, 65-74.
 29. Zhou, W., Kornegay, E. T., Lindermann, M. D., Swinkels, J. W. G. M., Welton, M. K., and Wong, E. A. (1994) Stimulation of growth by intravenous injection on copper in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* **72**, 2395-2403.
 30. Zoubek, G. L., Peo, Jr. E. R., Moser, B. D., Stahly, T., and Cunningham, P. J. (1975) Effects of source on copper uptake by swine. *J. Anim. Sci.* **40**, 880-884.

(2007. 4. 27. 접수/2007. 7. 29. 채택)