

사료내 희토 첨가가 비육돈의 생산성, 혈액내 면역관련 세포수, 육질특성 및 분 중 악취방출 가스함량에 미치는 영향

신승오 · 유종상 · 이제현 · 장해동 · 김효진 · 황 염 · 진영걸 · 조진호 · 김인호

단국대학교 동물자원학과

Effects of Rare Earth Supplementation on Growth Performance, Blood Immune-Related Cell Population, Meat Quality and Fecal Odor Emission Gases in Finishing Pigs

Seung Oh Shin, Jong Sang Yoo, Je Hyun Lee, Hae Dong Jang, Hyo Jin Kim, Yan Huang,

Ying Jie Chen, Jin Ho Cho and In Ho Kim

Department of Animal Resource & Science, Dankook University

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate effects of dietary rare earth on growth performance, blood immune-related cell population, meat quality and fecal odor emitting gases in finishing pigs. The total of sixty four (Landrace×Yorkshire×Duroc) pigs (65.42 ± 1.16 kg in average initial body weight) were used for feeding trial during 10 weeks of experimental period. Dietary treatments included 1) NC (antibiotic free diet), 2) PC (NC diet + 6 weeks 44ppm of tylosin/ 4 weeks 22ppm of tylosin) 3) RE1 (NC diet + 100ppm of RE), 4) RE2 (NC diet + 200ppm of RE). There were four dietary treatments with four replicate pens per treatment and four pigs per pen. During the overall periods, there were no significant differences in ADG (Average daily gain), ADFI (Average daily feed intake) and gain/feed ratio among treatments ($P>0.05$). Dry matter and nitrogen digestibility were higher in RE2 treatment group than other groups ($P<0.05$). Also, energy digestibility was higher in RE2 treatment group than PC and RE1 treatment groups ($P<0.05$). At the 6th week WBC (white blood cell) was significantly increased ($P<0.05$) in RE1 treatment group than NC and RE2 treatment groups. L* value of *M. longissimus dorsi* muscle color was significantly increased ($P<0.05$) in rare earth supplemented groups compared to NC treatment group ($P<0.05$). However, a* value was lower in RE1 treatment group than PC treatment group ($P<0.05$). In fatty acid composition of Intramuscular fat, total MUFA was significantly higher in RE2 treatment group than other groups ($P<0.05$). Also, total UFA was significantly increased in RE2 treatment group compared with NC and PC treatment groups ($P<0.05$). In fatty acid composition of back fats, total SFA of rare earth supplemented groups were lower than in PC treatment group ($P<0.05$). UFA:SFA ratio was significantly higher in rare earth supplemented groups than PC treatment group ($P<0.05$). In fecal odor emission, NH₃ was significantly decreased ($P<0.05$) in rare earth supplemented groups compared to NC and PC treatment groups. In conclusion, the results of the experiment was affected by rare earth supplementation on digestibilities, meat quality, fatty acid and fecal odor emission gases in finishing pigs.

(Key words : Rare earth, Growth performance, Meat quality, Fatty acid, Fecal odor emission gases, Finishing pigs)

Corresponding author : Dr. In Ho Kim, Dept. of Animal Resource & Science, Dankook University #29 Anseodong, Cheonan, Choongnam 330-714, Korea
Tel : 041-550-3652, Fax : 041-550-3604, E-mail : inhokim@dankook.ac.kr

I. 서 론

희토(稀土, Rare Earth, RE)는 일반적으로 Lanthanides라고도 하며, 희토 원소의 약칭으로 라탄족 원소 15개와 이와 성질이 비슷한 스칸듐(Sc)과 이트륨(Y)을 포함한 17개의 원소로 구성된 원소들을 총칭한다. 희토(RE)는 1787년 스웨덴(Sweden)의 희소한 광물에서 발견되었으며, 전형적인 금속원소로서 자연계에 널리 분포되어 있으나 세계의 몇 국가에만 집중적으로 분포되어 있다. 전 세계 매장량의 76%가 중국에 매장되어 있다(Shang and Liu, 1997).

희토는 4f 전자구도를 갖는 독특한 화학적 특성을 가지고 있으며, 일부 원소들은 고유한 생물학적 기능을 가지고 있어 축산업, 농업, 의약분야 등 다양한 분야에서 희토의 이용성 및 효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Hirano와 Suzuki, 1996; Devenci 등 2000).

가축의 사료 첨가제로서 희토의 급여는 돼지, 가금, 비육우 등의 다양한 축종에서 성장촉진의 효과가 있으며(Wang, 1989), 체내 효소의 활성을 높여주는 조효소의 역할(He 등, 2003), 장내 박테리아의 활성화 및 호르몬의 활동 촉진(Xie 등, 1991) 및 소화율과 영양소 이용율의 향상(Cheng 등, 1994; Lu와 Yang, 1996) 등 여러 연구 결과가 보고된바 있다.

돼지에 대한 희토의 연구는 1990년대부터 활발하게 진행되었으며, 돼지에 있어서는 주로 생산성에 미치는 영향에 관한 연구들이 진행되어왔다. 희토는 단백질 대사에 촉매를 돕는 작용 및 효소의 활성을 증가시키는 효과가 있어(胡, 1999), 돼지의 생산성을 향상시키며, 설사 예방 및 폐사율을 낮추는 효과가 있다고 하였다. 또한, 김(2004)의 연구에서 희토의 첨가급여는 자돈에서는 폐사율을 감소시키고 비육돈에서는 도체율을 개선시키며, 등지방 두께를 얇아지게 한다고 하였다. Wan 등(1997)의 연구에서도 비육돈에 희토 첨가 급여시 증체량 및 사료요구율의 개선, 육질개선, 살코기와 도체율을 증가시켰다고 하였다.

희토의 사료 첨가 효과는 희토의 원소 종류, 화학적 형태, 첨가수준에 따라 다르게 나타나

며, 유전적 영향이 적은 경우에는 희토의 첨가 효과가 더욱 크게 나타날 수 있다고 하였다(Shang과 Liu, 1997; He 등 2003). 적정 수준의 희토 첨가는 생산성 개선의 효과가 있으나, 희토의 수준이 너무 높으면 성장과 발육에 악영향을 미치며, 낮은 경우 희토 첨가에 의한 효과가 없다고 하였다(張 등, 2000).

희토에 관한 연구들은 주로 중국에서 이루어졌으며, 국내에서의 희토에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 국내 사육환경, 영양소 급여수준 및 품종 등이 중국과 상이하여 희토의 첨가 효과가 다르게 나타날 가능성이 있으므로, 보다 구체적인 희토의 첨가 효과를 규명하기 위해서는 국내 사육환경 여건에 적합한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

따라서, 본 연구에서는 희토를 비육돈 사료내 첨가하여 생산성, 면역관련 세포수, 육질특성 및 분내 유해가스 함량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 시험을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

시험 개시시 체중이 65.42 ± 1.16 kg인 3월 교잡종(Landrace×Yorkshire×Duroc)의 비육돈 64두를 공시하였으며, 10주간 사양시험을 실시하였다.

시험설계는 1) Antibiotic free diet (NC), 2) NC diet + 6 weeks 44 ppm of tylosin / 4 weeks 22 ppm of tylosin (PC) 3) NC diet + 100 ppm of RE (RE1) 및 4) NC diet + 200 ppm of RE (RE2)로 4개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 4두씩 완전임의 배치하였다.

2. 시험관리

사양시험은 1.8×1.8 m 크기의 돈방에 4마리씩 군집 사육 하였으며, 시험사료는 NRC(1998) 요구량에 따라 배합한 옥수수-대두박 위주의 사료로서 시험사료의 조성은 Table 1과 같다. 시험 사료는 가루형태로 자유 채식토록 하였으

Table 1. Diet composition (as-fed basis)

Ingredients (%)	Phase 1 (0~6wks)	Phase 2 (6~10wks)
Corn	53.95	61.60
Soybean meal	19.40	13.56
Wheat	7.69	10.00
Animal fat	5.00	3.36
Rice bran	—	3.00
Molasses	3.00	2.50
Lupin, Seed	5.00	2.00
Rapeseed meal	—	2.00
Canola meal	3.00	—
Tricalcium phosphate	1.95	0.79
Limestone	0.13	0.63
Salt	0.40	0.25
Vitamin/mineral premix ¹⁾	0.20	0.20
L-lysine HCL	0.11	0.06
Choline Chloride (25%)	0.11	—
Antioxidant (ethoxyquin 25%)	—	0.05
Rare earth ²⁾	0	0
Chemical composition ³⁾		
ME, kcal/kg	3,350	3,260
Crude protein, %	16.60	14.00
Lysine, %	0.90	0.70
Calcium, %	0.80	0.60
Phosphorus, %	0.70	0.50

¹⁾ Supplied per kg diet: vitamin A, 9,000 IU; vitamin D₃, 1,200 IU; vitamin E, 40 IU; vitamin K (menadione bisulfate complex), 3.0 mg; vitamin B₂, 5.2 mg; vitamin B₆, 2.6 mg; vitamin B₁₂, 26 µg; niacin, 32 mg; d-pantothenic acid (as d-calcium pantothenate), 20 mg; Cu, 15 mg; Fe, 70 mg; Zn, 50 mg; Mn, 50 mg; I, 0.5 mg; Co, 0.3 mg and Se, 0.2 mg.

²⁾ Abbreviated CON, basal diet; RE1, 0.05% rare earth replaced in 0.05% corn; RE2, 0.10% rare earth replaced in 0.10% corn.

³⁾ Calculated values.

며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 조절하였다. PC 처리구는 출하 14일전에 휴약 기간을 두어 항생제를 첨가하지 않은 antibiotic free diet를 급여하였다.

3. 회토 혼합물의 성상과 성분

회토 혼합물은 45.93% Rare earth oxide, 15.16% Lanthanum oxide (La₂O₃), 27.76% Cerium dioxide (CeO₂), 2.90% Praseodymium Oxide (Pr₂O₁₁) 및 0.13% Neodymium oxide (Nd₂O₃)의 주요 라탄족 원소와 기타 미량 원소들의 산화혼합물로 구성되어 있으며 (Table 2), 본 시험에 첨가한 회토의 주요 성분은 산화형태의 20.0% 회토 혼합물과 부형제로서, 55.0% Malt powder, 12.0% Malt sprouts, 10.0% Corn starch, 1.0% saccharin 및 2.0% 생균제 (*Saccharomyces cerevisiae*)를 함유하였다 (Table 3).

Table 2. Chemical composition of RE (Rare Earth)

Ingredients	%
REO ¹⁾	45.93
La ₂ O ₃	15.16
CeO ₂	27.76
Pr ₆ O ₁₁	2.90
Nd ₂ O ₃	0.13
Fe ₂ O ₃	0.04
SO ₄ ⁻	0.02
CaO	0.48
MgO	0.17
ZnO	0.02
Na ₂ O	0.03
Unidentified	7.36
Total	100.00

¹⁾ Rare earth oxide.

4. 조사항목

(1) 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율 측정 및 사료 섭취량은 시험 개시시, 6주 및 종료시 각각 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율을 계산하였다.

(2) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 시험 표시

Table 3. Composition of RE product

Ingredients	%
RE (rare earth)	20.0
Malt Powder	55.0
Malt Sprouts	12.0
Corn Starch	10.0
Saccharin	1.0
<i>Sacchromyces cerevisiae</i> (10 ⁶ cfu/g)	2.0
Total	100.0

물로 산화크롬 0.2% 첨가한 시험사료를 시험 6주 및 종료 전에 7일간 급여하여 6주 및 종료 전, 항문 마시지 법으로 분을 채취하였다. 채취한 분은 60℃의 건조기에 72시간 건조 시킨 후 Willey mill로 분쇄하여 분석에 이용하였다. 사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC (1995)에 제시된 방법에 의해 분석하였다.

$$\text{영양소 소화율(\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

A=100/(사료내 건물함량/사료내 크롬함량),
B=100/(분 내 건물함량/분 내 크롬함량)

(3) 혈액성상

혈액채취는 각 처리당 5마리를 임의 선발하여 개시시, 6주 및 종료시에 각각 경정맥 (Jugular)에서 K₃EDTA vacuum tube (Becton Dickinson Vacutainer Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액 2 mL을 채취 후 자동혈액 분석기(ADVID 120, Bayer, USA)로 WBC (White blood cell), RBC (Red blood cell) 및 Lymphocyte를 측정하였다.

(4) 육질 분석

육질 분석에 사용된 돈육은 도축 후 4℃ 냉장고에 24시간 저장 후, 각 처리구별로 8두씩을 선별하여 반도체 등심 부위 (*M. longissimus dorsi*)를 분할 정형하여 분석에 이용하였다. 육색은 Chromameter (Model CR-210, Minolta Co., Japan)를 사용하여 각 sample 당 5회 반복하여

측정하였으며, 이때 표준색판은 L*=89.2, a*=0.921, b*=0.783으로 하였다. 관능검사는 5명의 관능검사요원을 구성하여 수행하였으며, National pork producers council (2000) 기준안에 의해 선육의 육색 (color:1~5), 근내지방도 (marbling: 1~5), 경도 (firmness:1~5)를 조사하였다. pH는 도축 24시간 후에 5번째와 6번째 늑골 사이의 등심부위를 채취하여 pH meter (77P, Istek, Korea)를 이용하여 측정하였다. 등심단면적은 구적기 (MT-10S, MT precision, Japan)를 이용하여 등심단면적을 측정하였고, 드립감량 (drip loss)은 시료를 2 cm 두께의 일정한 모양으로 절단한 후 polyethylene bag에 넣어 4℃에서 6일간 보관하면서 발생하는 감량을 측정하였다. 가열감량 (cooking loss)은 시료를 일정한 모양으로 절단하여 무게를 측정 후, polyethylene bag에 넣고 75℃ 항온 수조에서 30분간 가열하고 상온에서 30분간 방냉시킨 후 시료의 무게를 측정하여 가열감량을 측정하였다. 보수력 (Water holding capacity)은 Hofmann 등 (1982)의 방법으로 전체면적과 육의 면적의 비율을 기록하여 측정하였으며, 지방산패도 (TBARS) 분석은 Witte 등 (1970)의 Thiobarbituric acid (TBA)가 측정법을 이용하여 분석하였다.

(5) 지방산 분석

지방 추출은 Folch 등 (1957)의 방법으로 chloroform과 methanol로 추출하였다. 시료 10 g을 시료의 5~10배 folch용액 (chloroform: methanol = 2:1)에 2시간 추출한 후 분별깔대기에 filtering 하여 담고 0.8% KCl을 첨가하여 5분간 혼합한 후, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 시켰다. 하층은 funnel filter paper에 sodium anhydrous sulfate를 첨가하고 filtering 하여 분리한 후 45℃에서 진공 농축기로 농축하여 추출하였다. 추출한 지방은 NaOH/0.5N methanol 10 mL에 넣고 80~90℃에서 6분간 반응, 14% BF₃ 5 mL를 넣고 3분간 반응시키고, hexan 10 mL를 넣고 1분간 반응시켜 냉각시킨 후 포화 NaCl을 넣어 반응을 종결시킨 후 GC (Gas chromatography)/FID (Flame ionization detector)로 분석하였다 (Table 4).

Table 4. GC conditions for analysis of total fatty acids compositions

Items	Conditions
Instrument	Hewlett Packard 5890 series II Gas chromatography
Column	VARIAN CP-SIL80 (FAME)
Flow	N ₂
Flow rate	1ml/min
Detector	FID(Flame Ionization Detector)
Spilt	100 : 1
Inlet Temperature	220 °C
Detector Temperature	240 °C
Initial Oven Temperature	120 °C
Final oven temperature	220 °C

(6) 분내 유해가스 발생 물질 분석

분내 암모니아(NH₃), Mercaptans (R·SH), 휘발성 지방산 및 황화수소(H₂S) 발생량을 측정하기 위하여 시험 종료시에 각 처리구에서 동일한 시간동안 배설된 분을 처리당 5마리로부터 채취한 후, 분석에 이용하였다. 암모니아, Mercaptans, 휘발성 지방산 및 황화수소의 측정에는 시료 300 g을 취하여 1000 mL의 밀봉된 플라스틱 용기에 넣고 24시간 발효시킨 후, 실온에 30일 동안 보관하면서 Gastec (Model GV-100, GASTEC, Japan)을 사용하여 분내 악취발생물질(NH₃, R·SH, H₂S 및 Acetic acid)을 측정하였다.

5. 통계처리

모든 자료는 SAS (1996)의 General Linear Model Procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하여 시험 처리구 평균간 차이의 유의성 유무 여부를 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 생산성

비육돈에 있어서 회토의 첨가가 체중, 일당증체량, 일당사료 섭취량 및 사료효율에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. 시험 6주, 중

료시 및 전체 사양시험 기간 동안의 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다 ($P>0.05$).

He 등 (2001)과 송 (2007)은 비육돈에 회토의 첨가급여시 일당증체량과 사료요구율이 개선시켰다고 보고하였으나, Borger (2003), Eisele (2003) 및 Kessler (2004)의 연구결과에서는 이유자돈 및 비육돈에 150~200 ppm 수준의 chloride 형태의 회토 급여시 일당증체량은 증가하였으나 사료효율은 감소하였다고 하였다. 또한, Böhme 등 (2002)은 비육돈에 100ppm의 chloride, nitrate, ascorbate 및 citrate 형태의 회토 급여시 일당증체량이 1.1~3.6% 감소하였다고 하였으며, 김 (2004)은 이유자돈에 100, 200 및 300 ppm의 회토를 급여한 시험에서 일당증체량과 사료요구율이 높은 경향을 나타내었다는 보고는 본 시험의 경향과 상이하였다.

He 등 (2003)은 회토의 사료 첨가 효과는 회토 원소의 종류, 화학적 형태 및 첨가 수준에 따라 달라진다고 하였으며, 각 연구에서 생산성의 결과가 각기 다르게 나타난 원인도 이러한 차이에 기인된 것으로 사료된다.

2. 영양소 소화율

비육돈에 있어서 회토의 첨가가 영양소 소화율에 미치는 영향은 Table 6에 나타내었다. 건물소화율은 RE2 처리구가 다른 처리구와 비교하여 높게 나타났으며 ($P<0.05$). PC 및 RE1 처리

Table 5. Effects of RE supplementation on growth performance in finishing pigs

Items	NC ¹⁾	PC ¹⁾	RE1 ¹⁾	RE2 ¹⁾	SE ²⁾
Body weight (kg)					
Initial weight	65.70	65.20	64.52	66.55	0.71
6 weeks	90.86	94.99	89.45	92.63	2.37
Final weight	112.00	115.58	110.73	115.75	3.01
0~6 weeks					
ADG (kg)	0.599	0.709	0.594	0.621	0.045
ADFI (kg)	2.019	2.138	1.988	2.124	0.051
Gain/feed	0.296	0.331	0.298	0.292	0.021
6~10 weeks					
ADG (kg)	0.755	0.735	0.760	0.826	0.091
ADFI (kg)	2.751	2.636	2.841	2.606	0.259
Gain/feed	0.274	0.278	0.268	0.317	0.026
Overall					
ADG (kg)	0.661	0.720	0.660	0.703	0.034
ADFI (kg)	2.312	2.337	2.329	2.317	0.114
Gain/feed	0.286	0.307	0.283	0.303	0.013

¹⁾ NC: Antibiotic free diet; PC: NC diet included 0~6 weeks 44 ppm/ 6~10 weeks 22 ppm of tylosin; RE1: NC diet + RE 100 ppm; RE2: NC diet + RE 200 ppm.

²⁾ Pooled standard error.

Table 6. Effects of RE supplementation on nutrient digestibility in finishing pigs

Items (%)	NC ¹⁾	PC ¹⁾	RE1 ¹⁾	RE2 ¹⁾	SE ²⁾
Dry matter	71.11 ^c	75.06 ^b	75.04 ^b	77.99 ^a	0.87
Nitrogen	73.64 ^b	74.75 ^b	73.89 ^b	78.71 ^a	1.10
Energy	70.87 ^c	75.71 ^{ab}	74.73 ^b	78.20 ^a	0.91

¹⁾ NC: Antibiotic free diet; PC: NC diet included 0~6 weeks 44ppm/ 6~10 weeks 22ppm of tylosin; RE1: NC diet + RE 100ppm; RE2: NC diet + RE 200ppm.

²⁾ Pooled standard error.

^{a-c} Means in the same row with difference superscripts differ ($P<0.05$).

구는 NC 처리구와 비교하여 높았다 ($P<0.05$). 질소 소화율은 RE2 처리구가 다른 처리구와 비교하여 높게 나타났다 ($P<0.05$). 에너지 소화율은 RE2 처리구가 NC 및 RE1 처리구와 비교하여 높았으며 ($P<0.05$), RE1 처리구는 NC 처리구와 비교하여 높았다 ($P<0.05$).

Cheng 등 (1994)과 Lu와 Yang (1996)은 희토 원소의 첨가는 가축의 영양소 소화율을 향상시킬 수 있다고 하였으며, Wang과 Xu (2003)은

육성돈에 희토 원소 중 하나인 lanthanum (La)의 급여시 성장호르몬이 획기적으로 증가하며 소화율과 영양소 이용률을 높일 수 있다고 하였다. 또한, 胡 (1999)는 육성돈 사료에 희토 첨가시 복잡한 촉매작용과 촉매작용을 도와 효소의 활성을 증가시킴으로써 단백질과 아미노산의 소화율이 향상되었다고 하였다.

본 시험에서는 200 ppm 희토 첨가 처리구에서 소화율의 향상 효과가 나타났으며, 이러한

소화율의 향상은 다른 연구자들의 주장대로 성장호르몬의 상승과 효소의 활성화에 의한 결과로 사료된다.

3. 혈액내 면역관련 세포수

비육돈에 있어서 회토의 첨가가 혈액내 면역관련 세포수에 미치는 영향은 Table 7에 나타내었다. WBC 수준은 6주에서 RE1 처리구가 NC 및 RE2 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으나 ($P < 0.05$), WBC의 변화량은 유의적인 차이가 없었다 ($P > 0.05$). 전체시험 기간 동안 RBC 및 Lymphocyte의 함량 및 변화량은 유의적인 차이가 없었다 ($P > 0.05$).

包 (2001)는 회토원소는 하나의 생리활성제로서 동물의 면역기능을 증강 시킨다고 하였으며, 회토는 백혈구의 면역기능을 강화한다고 보고하였다 (紀, 2003). 또한, 吳 (2003)는 회토를

돼지 사육에 사용한 결과 각종 질병에 대한 저항성 증진 효과가 있다고 하였다.

본 시험의 결과 면역관련 혈액학적 지표의 변화량의 차이가 나타나지 않았으나, WBC 수준은 시험 6주에서 회토 100 ppm 첨가구가 대조구 및 200 ppm 첨가구에 비해 높은 함량을 나타내어 첨가 수준에 따른 영향이 나타나 추후 회토 첨가수준에 따른 면역증강 효과에 대해 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 육질 특성

비육돈에 있어서 회토의 첨가가 육질특성에 미치는 영향은 Table 8에 나타내었다. 관능평가 결과 마블링은 RE2 처리구가 NC 및 PC 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다 ($P < 0.05$). 육색에 있어서 명도를 나타내는 L* 값은 회토를 첨가한 RE1 및 RE2 처리구가 NC 처리

Table 7. Effects of RE supplementation on change in blood biochemical profiles in finishing pigs

Items	NC ¹⁾	PC ¹⁾	RE1 ¹⁾	RE2 ¹⁾	SE ²⁾
RBC ($\times 10^6/\mu\ell$)					
Initial	6.67	6.63	6.40	6.79	0.19
6 weeks	6.72	6.74	6.20	6.33	0.22
Final	6.96	6.94	6.82	7.04	0.20
Difference (0~42 days)	0.29	0.31	0.42	0.25	0.10
WBC ($\times 10^3/\mu\ell$)					
Initial	16.93	17.39	17.90	14.74	1.30
6 weeks	15.13 ^b	17.52 ^{ab}	22.34 ^a	15.54 ^b	1.96
Final	15.67	17.49	19.17	16.19	2.21
Difference (0~42days)	-1.26	0.10	1.27	1.45	0.84
Lymphocyte (%)					
Initial	51.63	58.80	54.23	61.95	4.54
6 weeks	53.73	47.90	38.00	52.40	4.60
Final	47.06	46.83	46.50	45.87	2.30
Difference	-4.57	-11.97	-7.73	-16.08	5.53

¹⁾ NC: Antibiotic free diet; PC: NC diet included 0~6 weeks 44 ppm/ 6~10 weeks 22ppm of tylosin; RE1: NC diet + RE 100 ppm; RE2: NC diet + RE 200 ppm.

²⁾ Pooled standard error.

^{a,b} Means in the same row with difference superscripts differ ($P < 0.05$).

Table 8. Effects of RE supplementation on meat quality in finishing pigs

Items	NC ¹⁾	PC ¹⁾	RE1 ¹⁾	RE2 ¹⁾	SE ²⁾
Sensory evaluation					
Color	2.33	2.24	2.11	2.25	0.09
Marbling	1.60 ^b	1.61 ^b	1.71 ^{ab}	2.06 ^a	0.13
Firmness	1.59	1.64	1.66	1.83	0.09
Meat color					
Lightness (L*)	53.72 ^b	55.15 ^{ab}	56.35 ^a	56.48 ^a	0.60
Redness (a*)	17.59	18.08	16.21	16.71	0.19
Yellowness (b*)	6.35	7.17	6.66	7.11	0.26
TBARS (mgMA/kg)	0.019	0.023	0.016	0.018	0.005
24 pH loin	5.36 ^{ab}	5.33 ^{ab}	5.37 ^a	5.31 ^b	0.02
Water holding capacity (%)	55.38	55.60	58.11	56.43	3.66
Drip loss (%)					
1 days	4.18	4.22	4.05	2.48	0.63
3 days	8.01	5.96	7.76	5.69	0.86
5 days	9.46	7.69	9.30	6.86	0.79
7 days	14.45	10.77	10.60	9.67	1.79
Cooking loss (%)	31.89	32.11	30.12	29.75	1.07
M. longissimus dorsi area (cm ²)	41.67	43.94	41.62	44.85	2.70

¹⁾ NC: Antibiotic free diet; PC: NC diet included 0~6 weeks 44 ppm/ 6~10 weeks 22 ppm of tylosin; RE1: NC diet + RE 100 ppm; RE2: NC diet + RE 200 ppm.

²⁾ Pooled standard error.

^{ab} Means in the same row with difference superscripts differ ($P < 0.05$).

구와 비교하여 높게 나타났으며 ($P < 0.05$), a* 값은 PC처리구가 RE1처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($P < 0.05$). 육내 pH는 RE1 처리구가 RE2 처리구와 비교하여 높았으나 ($P < 0.05$), TBARS, 보수력, 드립감량, 가열감량 및 등심단면적은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다 ($P > 0.05$).

명도 (Lightness; L*)는 육의 창백성을 측정하는 요소로서 Goldspi근장의nk와 McLoughlin (1964)은 일부의 근장단백질이 침전하여 육색에 영향을 미치며, 이 침전된 단백질이 일반적인 붉은색을 가리게 되어 육색이 창백하게 된다고 하였다.

Wan 등(1997)의 연구에서는 희토가 돼지의 육질을 개선한다고 하였다. 본 시험에서도 희

토 첨가시 명도가 향상되는 결과를 보였으며, 유의적인 차이는 없었으나, 대조구에 비해 보수력이 높고 드립 감량이 낮은 경향을 보였다. 또한, 송 (2007)의 연구결과에서도 비육돈에 희토를 100ppm 첨가 시 대조구와 비교하여 육의 명도와 적색도 및 보수력이 높게 나타났으며, 드립감량은 대조구보다 현저히 낮은 값을 나타내었다고 하였다. 명도에 있어서는 본 시험과 유사한 결과를 보였으나, 적색도에 있어서는 상이한 결과를 나타내었다.

육색은 pH, 온도, 도축 전 스트레스와 같은 환경적인 복합적 요인에 의해서 변이가 발생할 수 있으므로(Krzywicki, 1982), 희토 첨가에 의한 육색의 변화에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Table 9. Effects of RE supplementation on fatty acid composition of intramuscular fat

Fatty acid (%)	Intramuscular fat				SE ²⁾
	NC ¹⁾	PC ¹⁾	RE1 ¹⁾	RE2 ¹⁾	
Myristic acid (C14:0)	2.43 ^{ab}	2.30 ^b	2.23 ^b	2.53 ^a	0.07
Palmitic acid (C16:0)	21.01	20.98	21.15	20.80	0.20
Stearic acid (C18:0)	10.23	10.00	10.08	10.27	0.21
Arachidic acid (C20:0)	0.92 ^a	0.87 ^a	0.69 ^b	0.72 ^b	0.02
Total SFA	34.59	34.16	34.14	34.32	0.23
Myristoleic acid (C14:1n5)	0.06	0.14	0.06	0.05	0.03
Palmitoleic acid (C16:1n7)	3.07	3.04	3.16	3.25	0.08
Oleic acid (C18:1n9)	41.08	41.15	41.30	41.78	0.18
11-Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.72	0.73	0.73	0.71	0.04
Erucic acid (C22:1n9)	0.44 ^a	0.39 ^b	0.41 ^b	0.47 ^a	0.01
Total MUFA	45.37 ^b	45.44 ^b	45.66 ^b	46.25 ^a	0.17
Linoleic acid (C18:2)	12.00	12.09	12.02	12.12	0.13
11,14-Eicosadienoic acid (C20:2n6)	0.70	0.67	0.75	0.70	0.03
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.15 ^b	0.14 ^b	0.20 ^a	0.18 ^{ab}	0.01
Total ω6	12.85	12.90	12.97	13.00	0.12
Linolenic acid (C18:3n3)	0.40	0.42	0.44	0.43	0.02
Total ω3	0.40	0.42	0.44	0.43	0.02
Total PUFA	13.29	13.27	13.41	13.43	0.11
Total UFA	58.68 ^b	58.77 ^b	59.08 ^{ab}	59.68 ^a	0.21
Total UFA/SFA	1.70	1.72	1.73	1.74	0.01

¹⁾ NC: Antibiotic free diet; PC: NC diet included 0~6 weeks 44ppm/ 6~10 weeks 22ppm of tylosin; RE1: NC diet + RE 100ppm; RE2: NC diet + RE 200ppm.

²⁾ Pooled standard error.

^{ab} Means in the same row with difference superscripts differ ($P<0.05$).

본 시험의 결과 회토를 첨가한 처리구에서 명도가 높게 나타났으나, 회토 100ppm 첨가 처리구는 적색도가 낮은 결과를 보였다.

5. 육의 지방산 조성

비육돈에 있어서 회토의 첨가가 근내 지방 및 등지방 내 지방산 조성에 미치는 영향은 Table 9와 Table 10에 나타내었다. 근내 지방의 지방산 함량에서 Myristic acid는 RE2 처리구가 PC 및 RE1 처리구와 비교하여 유의적으로 높

게 나타났으며 ($P<0.05$), Arachidic acid는 NC 및 PC 처리구가 회토를 첨가한 RE1 및 RE2 처리구와 비교하여 높았다 ($P<0.05$). Erucic acid는 NC 및 RE2 처리구가 PC 및 RE1 처리구와 비교하여 높았으며 ($P<0.05$), total monounsaturated fatty acids (MUFA)는 RE2 처리구가 다른 처리구와 비교하여 높은 함량을 나타내었다 ($P<0.05$). Arachidonic acid는 RE1 처리구가 NC 및 PC 처리구와 비교하여 높게 나타났으며 ($P<0.05$), total unsaturated fatty acid (UFA)는 RE2 처리구가 PC 처리구와 비교하여 높았다 ($P<$

Table 10. Effects of RE supplementation on fatty acid composition of back fat

Fatty acid (%)	Back fat				SE ²⁾
	NC ¹⁾	PC ¹⁾	RE1 ¹⁾	RE2 ¹⁾	
Myristic acid (C14:0)	1.70	1.48	1.70	1.44	0.08
Palmitic acid (C16:0)	21.28	21.21	21.75	21.22	0.27
Stearic acid (C18:0)	10.94 ^a	10.99 ^a	9.95 ^b	10.65 ^a	0.16
Arachidic acid (C20:0)	0.90 ^a	0.91 ^a	0.78 ^{ab}	0.73 ^b	0.04
Total SFA	34.46 ^{ab}	34.99 ^a	34.17 ^b	34.03 ^b	0.22
Myristoleic acid (C14:1n5)	0.05	0.06	0.05	0.06	0.01
Palmitoleic acid (C16:1n7)	2.62 ^b	2.65 ^b	2.79 ^{ab}	3.00 ^a	0.09
Oleic acid (C18:1n9)	41.93	41.98	42.16	41.97	0.18
11-Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.77	0.75	0.78	0.78	0.04
Erucic acid (C22:1n9)	0.49	0.49	0.51	0.47	0.03
Total MUFA	46.35	46.06	46.29	46.28	0.21
Linoleic acid (C18:2)	12.79	12.74	12.99	12.98	0.19
11,14-Eicosadienoic acid (C20:2n6)	0.68	0.70	0.68	0.70	0.03
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.18 ^b	0.18 ^b	0.21 ^b	0.28 ^a	0.02
Total ω6	13.64	13.62	13.87	13.96	0.18
Linolenic acid (C18:3n3)	0.79 ^b	0.73 ^b	0.89 ^a	0.87 ^a	0.03
Total ω3	0.79 ^b	0.73 ^b	0.89 ^a	0.87 ^a	0.03
Total PUFA	14.43	14.34	14.76	14.83	0.18
Total UFA	60.77	60.41	61.04	61.11	0.22
Total UFA/SFA	1.76 ^{ab}	1.73 ^b	1.79 ^a	1.80 ^a	0.02

¹⁾ NC: Antibiotic free diet; PC: NC diet included 0~6 weeks 44 ppm/ 6~10 weeks 22 ppm of tylosin; RE1: NC diet + RE 100 ppm; RE2: NC diet + RE 200 ppm.

²⁾ Pooled standard error.

^{a,b} Means in the same row with difference superscripts differ ($P<0.05$).

0.05). Total saturated fatty acid (SFA) 및 Total UFA/SFA는 처리구간에 유의적인 차이가 없었다 ($P>0.05$). 등지방 내 지방산 함량에서 Stearic acid는 RE1 처리구가 다른 처리구와 비교하여 낮게 나타났으며 ($P<0.05$), Arachidic acid는 NC 및 PC 처리구가 RE2 처리구와 비교하여 높았다 ($P<0.05$). Total SFA는 PC 처리구가 RE1 및 RE2 처리구와 비교하여 높았다 ($P<0.05$). Palmitoleic acid는 RE2 처리구가 NC 및 PC 처리구와 비교하여 높게 나타났으며 ($P<0.05$), Arachidonic

acid는 RE2 처리구가 다른 처리구와 비교하여 가장 높았다 ($P<0.05$). Linolenic acid 및 Total ω3는 RE1 및 RE2 처리구가 NC 및 PC 처리구와 비교하여 높았고 ($P<0.05$), total UFA는 처리구간에 유의적인 차이가 없었다 ($P>0.05$). Total UFA/SFA는 RE1 및 RE2 처리구가 PC 처리구와 비교하여 높게 나타났으며 ($P<0.05$).

Hilditch 등 (1984)은 돈육 지질 조성에 관한 연구에서 주요 지방산은 포화지방산에서 palmitic acid가 불포화 지방산에서는 oleic acid의 함량

이 가장 높았다고 보고하여 본 시험과 일치하였다.

일반적으로 인체건강과 관련된 동맥경화증, 고혈압 등의 성인병 예방에 유익한 지방산은 불포화지방산 비율이 높고 포화지방산의 비율이 낮을수록 좋다고 하였으며 (Decker와 Shantha, 1994), 이와 같은 견해에 따라서 Sturdivant 등 (1992)은 건강을 위해 palmitic acid 같은 포화지방산을 oleic acid로 대체한 식육을 섭취할 것을 권장한 바 있다. 송 (2007)은 비육돈에 회토의 첨가시 포화지방산 비율은 낮았으며, 불포화지방산의 비율은 높게 나타났다고 보고하여, 본 시험과 유사한 결과를 나타내었다. 세포의 막과 세포내 막성분은 많은 인지질 (phospholipids)로 구성되어 있으며, 이는 많은 불포화지방산을 함유하고 있다. 회토는 이러한 불포화지방산 불안정에 따른 산패를 억제하여 세포막을 안정화 하는 효과가 있다 (Hu와 Ye, 1996).

본 시험의 결과에서 회토의 첨가는 포화지방산 비율이 낮게 나타났으며, 불포화지방산의 비율이 높은 결과를 나타내어 돈육의 지방산 조성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료되나, 회토 첨가가 지방산 조성에 미치는 영향에 대한 연구가 전무한 실정이므로 이에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

6. 분내 유해가스 함량

비육돈에 있어서 회토의 첨가가 분내 유해가

스 함량에 미치는 영향은 Table 11에 나타내었다. 암모니아 (NH_3)는 회토를 첨가한 RE1 및 RE2 처리구가 NC 및 PC 처리구와 비교하여 유의적으로 낮은 함량을 나타내었다 ($P < 0.05$). 휘발성 지방산 중 Acetic acid는 RE1 처리구가 RE2 처리구와 비교하여 낮은 함량을 나타내었으나 ($P < 0.05$), Mercaptans 및 황화수소의 함량은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다 ($P > 0.05$).

암모니아태 질소 ($\text{NH}_3\text{-N}$), 황화수소 및 휘발성지방산 (VFA)과 같은 분내 유해가스는 양돈 생산 시설에서 돈사 내 공기를 오염시키는 주요 원인으로 (Slanina, 1994) 암모니아는 가축의 성장을 저해하는 역할을 하며 (Lin과 Visek, 1991), 높은 농도의 암모니아는 인체와 가축에 유해하다고 하였다 (Crook 등, 1991; Busse, 1993).

회토원소 중 La^{3+} 의 농도가 10^{-4} ~ 10^{-2} 일 때는 박테리아, 균류, 효모의 성장을 억제한다고 하였으며 (Muroma, 1958), 회토의 첨가는 총균수와 *E. coli*의 증식을 억제하는 효과 등 장내 미생물의 변화를 나타내었다 (송, 2004; 송과 박, 2007). 본 시험에서 100 ppm의 회토 첨가시 분내 암모니아 및 Acetic acid가 감소하였으며, 회토 첨가시 *E. coli*의 세포 보호막을 파괴하여 병원성 세균을 괴멸시켜 (Liu 등, 2004), 장내 유해미생물의 번식을 억제하여 미생물 균총을 변화시킴으로서 유해 가스 발생량이 감소한 것으로 사료된다.

Table 11. Effects of RE supplementation on change in noxious gas emission compounds in finishing pigs

Items (ppm)	NC ¹⁾	PC ¹⁾	RE1 ¹⁾	RE2 ¹⁾	SE ²⁾
NH_3	6.67 ^a	7.11 ^a	3.33 ^b	2.34 ^b	0.50
R · SH	27.22	26.11	20.00	34.33	6.31
H_2S	93.33	64.44	83.35	98.31	12.06
Acetic acid	4.44 ^{ab}	4.67 ^{ab}	1.30 ^b	8.03 ^a	1.07

¹⁾ NC: Antibiotic free diet; PC: NC diet included 0~6 weeks 44 ppm/ 6~10 weeks 22 ppm of tylosin; RE1: NC diet + RE 100 ppm; RE2: NC diet + RE 200 ppm.

²⁾ Pooled standard error.

^{ab} Means in the same row with difference superscripts differ ($P < 0.05$).

결론적으로, 본 시험에서 비육돈에 회토의 첨가는 영양소 소화율, WBC 함량, 육내 pH, 육색, 지방산조성 및 분내 유해가스 함량에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

IV. 요약

본 연구는 회토의 첨가가 비육돈의 생산성, 면역관련 혈액학적 지표, 육질특성 및 분내 유해가스발생 함량에 미치는 영향에 대해 알아보기 위하여 시험을 실시하였다. 3원 교잡종 비육돈 64두를 공시하였으며, 시험 개시시 체중이 65.42 ± 1.16 kg 이었고, 10주간 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 1) Antibiotic free diet (NC), 2) NC diet + 6 weeks 44ppm of tylosin / 4 weeks 22 ppm of tylosin (PC) 3) NC diet + 100 ppm of RE (RE1) 및 4) NC diet + 200 ppm of RE (RE2)로 4개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 4두씩 완전임의 배치하였다. 사양시험 기간 동안 일당중체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 처리기간에 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$). 건물 및 질소 소화율은 RE2 처리구가 다른 처리구와 비교하여 높게 나타났으며($P < 0.05$). 에너지소화율은 RE2 처리구가 NC 및 RE1 처리구와 비교하여 높은 소화율을 나타내었다($P < 0.05$). WBC 수준은 6주에서 RE1 처리구가 NC 및 RE2 처리구와 비교하여 높은 함량을 나타내었다($P < 0.05$). 배최장근의 명도를 나타내는 L* 값은 회토를 첨가한 RE1 및 RE2 처리구가 NC 처리구와 비교하여 높게 나타났으나($P < 0.05$), a* 값은 PC 처리구가 RE1 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($P < 0.05$). 근내지방 내 지방산 조성에 있어서 total MUFA는 RE2 처리구가 다른 처리구와 비교하여 높은 함량을 나타내었으며($P < 0.05$), total UFA는 RE2 처리구가 PC 처리구와 비교하여 높았다($P < 0.05$). 등지방 내 지방산 조성에 있어서 Total SFA는 PC 처리구가 회토를 첨가한 RE1 및 RE2 처리구와 비교하여 높은 함량은 나타내었다($P < 0.05$). Total UFA/SFA는 회토를 첨가한 RE1 및 RE2 처리구가 PC 처리구와 비교하여 높게 나타났다($P < 0.05$). 분내 유해가스 물질의 발생 함량에

있어서 암모니아(NH_3)는 회토를 첨가한 RE1 및 RE2 처리구가 NC 및 PC 처리구와 비교하여 낮은 함량을 나타내었다($P < 0.05$). 결론적으로, 본 시험의 결과 비육돈에 회토의 첨가는 영양소 소화율, 육질특성, 지방산조성 및 분내 유해가스 함량에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

V. 인용 문헌

1. AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th ed. Association of official Analytical Chemists. Washington, D. C.
2. Böhme, H., Fleckenstein, J., Hu, Z. and Schnug, E. 2002. Bilanzversuche zum Einsatz von Seltenen Erden in der Schweinemast. In: 114. VDLUFA Kongress, Leipzig, 16-20.
3. Borger, C. 2003. Alternative Methoden in der Schweinemast. Untersuchungen zum leistungssteigernden Potential Seltener Erden und zur jodanreicherung im Gewebe durch die Verfütterung von Meeresalgen. Dissertation med. Vet., Ludwig-Maximilians-Universität, München.
4. Busse, F. W. 1993. Comparison measurements of the house climate in swine stables with and without respiratory diseases or cannibalism. In: Livestock Environment (Collins E. and Boon C. eds). Fourth International Symposium, University of Warwick, Coventry, England. ASAE, St. Joseph, MI. pp: 904-908.
5. Cheng, Q., Gao, J., Jing, B., Yuan, D. and Pong, X. 1994. The apparent digestibility of rare earth elements and their effect on crude protein and fat digestibility in pigs. Jiangsu Agriculture Science (Chinese) 1:59-61.
6. Crook, B., Robertson, J. F., Glass, S. A. T., Botheroyd, M., Lacey, J. and Topping, M. D. 1991. Airborne dust, ammonia, microorganisms and antigens in pig confinement houses and the respiratory health of exposed farm-workers. American Industrial Hygiene Association Journal. 52:271-279.
7. Decker, E. A. and Shantha, N. C. 1994.

- Concentration of the anticarcinogen, conjugated linoleic acid in beef. *Meat Focus International*. 3: 61.
8. Deveci, M., Eski, M., Sengezer, M. and Kissa, U. 2000. Effects of Cerium nitrate bathing and prompt burn wound excision on IL-6 and TNF-alpha levels in burned rats. *Burns* 26:41-45.
 9. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*. 11:1-14.
 10. Eisele, N. 2003. Untersuchungen zum Einsatz Seltener Erden als Leistungsförderer beim Schwein. Dissertation med. Vet., Ludwig-Maximilians-Universität, München.
 11. Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226:497-509.
 12. Goldspink, G. and McLoughlin, J. V. 1964. Studies on pig muscle. 3. The effect of temperature on the solubility of the sarcoplasmic proteins in relation th color changes in post-rigor muscle. *Ir. J. Agric. Res.* 3:9.
 13. He, M. L., Drnz, D. and Rambeck, W. A. 2001. Study on the performance enhancing effect of rare earth elements in growing and fattening pigs. *J. Anim. Physiology A. Anim. Nutr.* 85:263-270.
 14. He, M. L., Wang, Y. Z., Xu, Z. R., Chen, M. L. and Rambeck, W. A. 2003. Effect of dietary rare earth elements on growth performance and blood parameters of rats. *J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr.* 87:229-235.
 15. Hilditch, T. P., Jones, E. C. and Rhead, A. J. 1984. The body fats of the han. *J. Biochem* 28: 786-792.
 16. Hirano, S. and Suzuki, K. T. 1996. *Environ. Health Perspect.* 104(suppl. 1), 85-95.
 17. Hofmann, K., Hamm, R. and Bluchel, E. 1982. New information on the determination of water binding in meat by the filter paper press method. *Fleischwirtsch* 62:87-94.
 18. Hu, Q. H. and Ye, Z. J. 1996. Physiological effects of rare earth elements on plants. *Chinese Plant Physiology Communication*, 32(4):296-300.
 19. Kessler, J. 2004. Lanthanoide-Wachstumsförder mit Zukunft. In: *Schweinehaltung*, 04. 255, Sursee/Oberkirch 22-23.
 20. Lin, H. C. and Visek, W. J. 1991. Colon mucosal cell damage by ammonia in rats. *J. Nutr.* 121: 887-893.
 21. Liu, P., Liu, Y., Lu, Z., Zu, J., Zhu, J., Dong, J., Pang, D., Shen, P. and Pang, S. 2004. Study on biological effect of La³⁺ on Escherichia coli by atomic force microscopy. *J Inorganic Bio-Chemistry.* 98:68-72.
 22. Lu, K. W. and Yang, W. Z. 1996. Effects of rare earth elements on availability of energy and amino acids in broiler. *Acta. Agric. Shanghai (Chinese)* 12:78-82.
 23. Muroma A. 1958. *Ann Med Exp Biol Fenn* 36(Suppl) 6:1-54.
 24. National Pork Producers Council. 2000. *Pork Composition and Quality Assessment Procedures.* National Pork Producers Council, P.O. Box 10383, Des Moines, Iowa 50306.
 25. NRC. 1998. *Nutrient Requirements of swine.* National Research Council, Academy Press.
 26. SAS. 1996. *SAS user's guide: Statistics*, SAS Inst, Inc., Cary, NC.
 27. Shang, L. and Liu, X. 1997. Rare earths as a feed additive for poultry. *World's Poultry Science Journal* 53:369-379.
 28. Slanina, S. 1994. Forest dieback and ammonia-a typical Dutch problem. *Chemistry International.* 16:2-3.
 29. Sturdivant, C. A., Lunt, D. K., Smith, G. C. and Smith. S. B. 1992. Fatty acid composition of sudcutaneous and intramuscular adipose tissues and *M. longissimus dorsi* of Wagyu cattle. *Meat Science.* 32:449-458.
 30. Wan, Q., Jiang, W. Q., Luo, L. G., Liu, S., Ning, J. B. and Yuan, F. Z. 1997. Studies of rare earth additive for pig feed. *Rare Earth* 18(4):38-42.
 31. Wang, M. Q. and Xu, Z. R. 2003. Effect of supplemental Lanthanum on the growth perfor-

- mance of pigs. *Asian-Aust J. Anim. Sci.* 16(9):1360-1363.
32. Wang, Q. 1989. Study of effects of rare earth added in the diet broiler chicken. *Hunan Agricultural Science* 1:28.
33. Witte, V. C., Krause, G. F. and Bailey, M. E. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values for pork and beef during storage. *J. Food Sci.* 35:582-587.
34. Xie, K., Xing, Y., Zhang, J., Zhong, H., He, N. and Deng, S. 1991. Effects of rare earth elements of growth of broilers. *Res. Agricult. Mod. (Chinese)* 12:50-54.
35. 包玉民. 2001. 동물사육을 위한 희토의 연구 및 응용. 희토광물의 농업적 이용에 관한 국제심포지엄. 전북대학교 농업과학기술연구소. pp: 9-13.
36. 胡忠澤. 1999. 稀土對生長豬日糧養分消化性的影響. *飼料博覽 (Chinese)*. 11(1)
37. 紀雲晶. 2003. 稀土与人體健康, 希土的基礎知識与應用, 中國稀土在腺. (Chinese) 3-5.
38. 吳 德. 2003. 稀土元素飼料添加劑的研究進展. 四川農業大學動物營養研究所. 四川雅安, 中國. 1-4.
39. 張宏江, 包玉敏, 張宇生. 2000. 稀土在農牧養殖業中的應用. 包斗市金稀土生物應用有限公司. (Chinese) 35-80.
40. 김 정. 2004. 자돈에 대한 희토급여 효과와 비육돈의 도체성상에 미치는 영향. 전북대학교 석사 학위논문.
41. 송태화. 2004. 희토의 쥐에 대한 급여효과와 미생물 생장에 미치는 영향. 전북대학교 석사학위논문.
42. 송태화. 2007. 희토의 급여가 육계와 돼지에 미치는 영향. 전북대학교 박사학위논문.
43. 송태화, 박홍석. 2007. 희토와 클로르테트라사이클린이 육계의 생산성 및 장내 미생물에 미치는 영향. *한국가금학회지* 34(1):23-29.
- (접수일자 : 2008. 1. 24. / 수정일자 : 2008. 6. 5. / 채택일자 : 2008. 8. 18.)