

# Escherichia coli phytase의 첨가가 비육돈의 생산성, 도체특성 및 분 내 구리와 아연 함량에 미치는 영향

김영화\* · 신승오\*\* · 박준철\* · 정현정\* · 조진호\*\* · 진영결\*\* · 유종상\*\* · 문홍길\* · 지상윤\* · 김인철\* · 이상진\* · 김인호\*\*

농촌진흥청 축산과학원\*, 단국대학교 동물자원학과\*\*

## Effects of Dietary Escherichia coli Phytase Supplementation on Growth Performance, Carcass Quality and Excretion of Copper and Zinc Concentrations in Finishing Pigs

Y. H. Kim\*, S. O. Shin\*\*, J. C. Park\*, H. J. Jung\*, J. H. Cho\*\*, Y. J. Chen\*\*, J. S. Yoo\*\*, H. G. Moon\*, S. Y. Ji\*, I. C. Kim\*, S. J. Lee\* and I. H. Kim\*\*

National Institute of Animal Science, RDA\*,  
Department of Animal Resource & Science, Dankook University\*\*

### ABSTRACT

This study was conducted to evaluate effects of dietary *Escherichia coli* phytase supplementation on growth performance, carcass quality and excretion of copper and zinc concentrations in finishing pigs. The total of seventy two [(Landrace×Yorkshire)×Duroc] pigs (65.43±0.72 kg in average initial body weight) were used in 56 days assay. Dietary treatments included 1) CON (basal diet) 2) P5 (basal diet + phytase 0.05%) and 3) P10 (basal diet + phytase 0.1%). There were three dietary treatments with six replicate pens per treatment and four pigs per pen. During the overall periods, ADFI (Average daily feed intake) was increased ( $P<0.05$ ) in phytase supplementation treatments compared to CON treatment. At the 5th week, dry matter, nitrogen and ash digestibilities were higher in P5 treatment than in CON and P10 treatments ( $P<0.05$ ) and CON treatment showed the lowest effect on nutrition digestibility ( $P<0.05$ ). However, phosphorus digestibility was higher in both phytase supplementation treatments than in CON treatment ( $P<0.05$ ). The pH of *M. longissimus dorsi* was significantly higher in CON treatment than phytase supplementation treatments ( $P<0.05$ ). L\* value of *M. longissimus dorsi* muscle color was significantly increased ( $P<0.05$ ) in P10 treatment compared to CON and P5 treatments. Also, a\* value was increased ( $P<0.05$ ) in CON treatment compared with phytase supplementation treatments. However, excretion of copper and zinc concentrations were no significant difference among the treatments. In conclusion, the effect of *Escherichia coli* phytase showed in ADFI, digestibilities, pH and color of meat in finishing pigs. (Key words : *Escherichia coli* phytase, Growth performance, Carcass characteristics, Excretion of copper and zinc concentrations, Finishing pigs)

### I. 서 론

물 중 60~90%는 돼지가 이용하기 어려운 phytase의 형태로 존재하며 (Cheryan, 1980), 단 양돈 사료의 원료로 이용되는 곡류 및 부산 위 가축의 소화관내에는 phytate를 분해할 수

Corresponding author : I. H. 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

있는 phytase의 분비가 충분히 이루어지지 않아서 phytate 형태의 인은 단위가축이 이용할 수 없다(Peeler, 1972). Phytate는 양돈영양에 있어 가장 중요한 항 영양인자이며, phytate는 구리 및 아연과 높은 친화력을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(Maddaih 등, 1964; Vohra 등, 1965; Davies와 Olpin, 1979).

Phytate는 정상적인 성장 및 생리 활성화에 필수적인 칼슘, 아연, 마그네슘, 철, 구리, 망간 등의 2가 혹은 3가 이온들과 phytic acid가 쉽게 결합하여 무기물의 체내 흡수를 저해시켜 광물질의 이용성을 낮추며(Graf, 1983), 영양소 흡수 억제 및 소화와 관여하는 펩신,  $\alpha$ -아밀라제, 트립신 등 주요 효소의 기능을 억제한다(Hartman, 1979).

단위가축에 phytase를 공급할 경우 원료 사료에 존재하는 phytic acid 분해에 따른 인의 이용성 증대로 인 배설량을 감소시키고, 무기태 인의 첨가량을 낮출 수 있다. 또한, 사료 내 피틴태 인의 이용률 증가는 phytic acids에 결합된 Ca(Young 등, 1993), Mg, Zn, Fe, Cu(Nasi, 1990; Lei 등, 1993; Pallauf 등, 1994) 및 아미노산과 단백질의 이용률도 증가시키며, Reddy 등(1982)은 Phytase의 첨가는 마그네슘, 구리, 철 및 아연의 소화율에 영향을 준다고 보고하였다.

구리는 돼지가 헤모글로빈을 합성하고 정상적 대사에 필요한 산화효소들을 합성하고 활성화하기 위해 필요로 하며(Miller 등, 1979), 높은 수준의 구리 공급은 성장률과 사료 섭취량, 사료효율의 개선을 가져왔다(Braude, 1967; Edmonds 등, 1985). 아연은 돼지의 대사 작용에 관여하는 여러 효소와 인슐린의 구성성분으로 단백질, 탄수화물, 지방의 대사 작용에 중요한 역할을 한다. Phytates와 아연 수준의 관계에 있어서 케이션-포도당 사료를 섭취하는 자돈의 아연 수준은 15 mg/kg 수준인데 반하여, 옥수수-대두박 위주의 육성돈에는 사료에 상당한 phytates가 있어서 아연의 함량이 50 mg/kg 수준이 된다(Miller 등, 1970).

돼지에 있어 구리와 아연의 영양소 이용률은 5~30%로서 배출되는 구리와 아연 등의 중금속이 하천에 계속적으로 유입되면 인, 질소와 마

찬가지로 심각한 수질 오염을 유발할 수 있다. Phytase 첨가에 따른 인과 질소의 배출량 감소와 첨가수준에 대해서는 많은 연구가 이루어져 왔으나 구리와 아연에 관한 연구는 미진한 편이며, 구리와 아연의 이용성을 높이는 것뿐만 아니라 배설되는 분 중 구리와 아연의 함량 감소에 대한 연구 또한 중요하리라 사료된다.

따라서, 본 연구에서는 비육돈에 *Escherichia coli* phytase의 첨가 급여가 생산성, 도체특성 및 분 내 구리와 아연 함량에 미치는 영향에 대하여 알아보기 위해 시험을 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. Phytase

*Escherichia coli* phytase (ECP : OptiPhos, JBS United inc., Sheridan, IN)는 돼지의 결장에서 추출한 *Escherichia coli* 균주이며, 효소는 효모 발현 시스템으로 발현하여 생산하였다(Rodriguez 등, 1999). 본 시험에 사용한 Optiphos<sup>®</sup> phytase는 일반적인 분말의 형태로 만들어졌다. Optiphos<sup>®</sup> phytase는 5,000 FTU의 역가를 가지며, 1 FTU는 37°C, pH 5.5에서 0.0015 mol/L의 sodium phytate로부터 분당 1  $\mu$ mol의 inorganic phosphorous를 분해하는데 요구되는 효소의 양으로 나타내었다.

### 2. 시험동물 및 시험설계

시험 개시시 평균 체중이  $65.43 \pm 0.72$  kg인 3월 교잡종 (Landrace  $\times$  Yorkshire  $\times$  Duroc)의 비육돈 72두를 공시하였으며, 56일간 단국대학교 부설 시험농장에서 돈방을 시험 단위로 하여 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 1) CON (basal diet) 2) P5 (basal diet + phytase 0.05%) 3) P10 (basal diet + phytase 0.1%)로 3개 처리를 하여 처리당 6반복, 반복당 4마리씩  $1.8 \times 1.8$  m 크기의 돈방에 사육하였다.

### 3. 시험관리

시험사료는 NRC(1998) 요구량에 따라 배합

한 옥수수-대두박 위주의 사료로서 시험 0~5 주에는 3,350 kcal ME/kg, 16.60% crude protein, 0.90% lysine, 0.80% calcium 및 0.70% phosphorus를 함유 하였고, 시험 5주~종료시에는 3,260 kcal ME/kg, 14.00% crude protein, 0.70% lysine, 0.60% calcium 및 0.50% phosphorus를 함유토록 하였다(Table 1). 시험 사료는 가루형태로 자유 채식토록 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 조절하였다.

Table 1. Diet composition (as-fed basis)

Ingredient (%)	Phase 1	Phase 2
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 <sup>1)</sup>	0.20	0.20
L-lysine HCL	0.11	0.06
Choline Chloride(25%)	0.11	—
Antioxidant (ethoxyquin 25%)	—	0.05
Chemical composition <sup>2)</sup>		
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

<sup>1)</sup> Supplied per kg diet: vitamin A, 11,025 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 1,103 IU; vitamin E, 44 IU; vitamin K(menadione bisulfate complex), 4.4 mg; riboflavin, 8.3 mg; niacin, 50 mg; d-pantothenic acid(as d-calcium pantothenate), 29 mg; Choline, 166 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 33 µg; Cu, 16 mg; Fe, 165 mg; Zn, 165 mg; Mn, 12 mg; I, 0.3 mg; Co, 1.0 mg and Se, 0.3 mg.

<sup>2)</sup> Calculated values.

#### 4. 조사항목 및 방법

(1) 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율  
체중 및 사료 섭취량은 시험 개시시, 5주 및 종료시에 각각 측정하여 일당증체량, 일당사료 섭취량 및 사료효율을 계산하였다.

#### (2) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 시험 표시물로 산화크롬 0.2% 첨가한 시험사료를 시험 개시 4주와 시험 종료 전에 7일간 급여하여 시험 개시 5주 및 시험 종료 전, 임의로 각 처리당 12두씩을 선별하여 항문 마시지 법으로 분을 채취하였다. 채취한 분은 60℃의 건조기에 72시간 건조 시킨 후 Willey mill로 분쇄 후 분석에 이용하였다. 사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC(1995)에 제시된 방법에 의해 분석하였다.

#### (3) 육질분석

육질 분석에 사용된 돈육은 출하 시 각 처리구의 평균 체중에 근접한 돼지를 10두씩을 선별하여 도살 후 4℃ 냉장고에 24시간 저장하여, 반도체 등심 부위(*M. longissimus dorsi*)를 분할 정형한 돈육을 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. 육안검사는 5명의 관능검사요원을 구성하여 수행하였으며, NPPC 기준안에 의해 신선육의 육색(color: 1~5, 5에 근접할수록 적색도가 높음), 근내지방도 (marbling: 1~5, 5에 근접할수록 근내지방 함량이 높음), 경도(firmness: 1~5, 5에 근접할수록 전단력이 높음)를 조사하였다. 5번째와 6번째 늑골 사이의 등심부위를 채취하여 pH는 도축 24시간 후에 pH meter (77P, Istek, Korea)를 이용하여 측정하였고, 등심단면적은 구적기 (MT-10S, MT precision, Japan)를 이용하여 등심단면적을 측정하였다. 육즙감량(drip loss)은 시료를 2 cm 두께의 일정한 모양으로 절단한 후 polyethylene bag에 넣어 4℃에서 7일간 보관하면서 발생하는 감량을 2

일마다 측정하였다.

$$\text{가열감량} = \frac{\text{가열전 시료의 무게} - \text{가열후 시료의 무게}}{\text{가열전 시료의 무게}} \times 100$$

가열감량(cooking loss)은 시료를 일정한 모양으로 절단하여 무게를 측정 후, polyethylene bag에 넣고 75°C 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.

#### (4) 등지방 두께 및 도체등급의 측정

등지방 두께 측정은 digital backfat indicator (Renco lean meter®, USA)를 이용하여 늑골(갈비뼈) 마지막 부위에서 시험 종료 시 측정하였다. 도체등급의 측정은 충남 천안의 도축장에서 각 처리구마다 110 kg 이상 도달시 도축(탕박)하여 축산물등급판정소 소속 등급사에 의해 수행하였다.

#### (5) 분내 구리 및 아연 함량

분내 구리 및 아연 함량을 측정하기 위하여 채취한 분을 600°C의 회화기에 2~3시간 회화시킨 후 방냉하였다. 염산(35~36%)과 3차 증류수를 1:1로 혼합 수용액을 20 mL 넣고 방치한 후 100 mL measuring flask에 넣어 침전시켜 여과지로 여과하였다. 여과된 구리 및 아연의 시료는 ICP 분석기(Jobin Yvon38 Plus, HORIBA JOBIN YVON, France)를 이용하여 각각 325.754 및 213.856 nm에서 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 유의

성 유무 여부를 검정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 생산성

비육돈에 있어서 phytase의 첨가가 일당증체량, 일당사료 섭취량 및 사료효율에 미치는 영향은 Table 2에 나타내었다. 전체 시험기간 동안 일당증체량 및 사료효율은 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다 ( $P>0.05$ ). 전체 시험 기간 동안 사료섭취량은 P5 및 P10 처리구가 대조구와 비교하여 높게 나타났으나 ( $P<0.05$ ), 시험 0~5주 및 5~8주에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다 ( $P>0.05$ ).

권 등(1999)은 칼슘과 인의 공급수준을 대조구의 80%로 처리하고, phytase 수준을 다르게 하여 비육돈에 급여한 시험에서 생산성은 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다. O'Quinn 등(1997)은 비육돈 사료 내 인의 수준을 감소시키고 300, 500 FTU의 phytase를 첨가 하였을 때, 일당증체량과 일당 사료섭취량은 유의적인 차이는 없었으나, 증가하는 경향이 나타났다고 보고하여 일당사료섭취량은 본 시험의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. Augspurger 등(2007)은 비육돈에 인의 수준을 감소시키고 *E. coli* phytase (ECP) 수준을 250~10,000 FTU로 처리한 시험에서 생산성은 phytase 급여 수준에 따른 유의적인 차이가 없었다고 보고하였으며, 김(2005)은 비육돈에 phytase 첨가 수준(0~1000U phytase/kg)에 따른 생산성은 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다.

본 시험의 결과 phytase의 첨가는 사료섭취량에 영향을 주었으며, 인 수준을 감소시킬 경우 사료섭취량에 미치는 영향이 다르게 나타날 수 있으므로 인의 수준을 감소시키고 *E. coli* phytase를 첨가하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### 2. 영양소 소화율

비육돈에 있어서 phytase의 첨가가 영양소 소화율에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다.

Table 2. Effects of supplemental phytase on growth performance in finishing pigs

Items	CON <sup>1)</sup>	P5 <sup>1)</sup>	P10 <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
Initial weight (kg)	64.84	65.60	65.47	0.72
5 weeks weight (kg)	95.26	96.84	96.08	0.94
Final weight (kg)	114.08	116.47	116.04	1.05
0~5 weeks				
ADG (kg)	0.869	0.893	0.875	0.031
ADFI (kg)	2.403	2.478	2.590	0.059
Gain/Feed	0.362	0.361	0.338	0.014
5~8 weeks				
ADG (kg)	0.896	0.935	0.951	0.051
ADFI (kg)	2.728	3.025	2.911	0.091
Gain/Feed	0.314	0.306	0.327	0.017
Overall				
ADG (kg)	0.879	0.909	0.903	0.026
ADFI (kg)	2.566 <sup>b</sup>	2.752 <sup>a</sup>	2.751 <sup>a</sup>	0.042
Gain/Feed	0.335	0.328	0.328	0.010

<sup>1)</sup> Abbreviated CON; basal diets, P5; added phytase 0.05% and P10; added phytase 0.1%.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

<sup>a,b</sup> Means in the same row with different superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

Table 3. Effects of supplemental phytase on nutrient digestibility in finishing pigs

Items (%)	CON <sup>1)</sup>	P5 <sup>1)</sup>	P10 <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
5 weeks				
Dry matter	66.43 <sup>c</sup>	73.59 <sup>a</sup>	71.19 <sup>b</sup>	0.52
Nitrogen	74.16 <sup>c</sup>	84.12 <sup>a</sup>	80.95 <sup>b</sup>	0.86
Ash	14.29 <sup>c</sup>	33.71 <sup>a</sup>	26.50 <sup>b</sup>	1.30
Phosphorus	47.58 <sup>b</sup>	66.76 <sup>a</sup>	63.15 <sup>a</sup>	2.45
Final (8 weeks)				
Dry matter	70.87	72.53	74.22	1.47
Nitrogen	68.80	73.77	73.83	2.07
Ash	5.96	13.17	21.07	4.87
Phosphorus	39.75	50.80	46.79	4.70

<sup>1)</sup> Abbreviated CON; basal diets, P5; added phytase 0.05% and P10; added phytase 0.1%.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

<sup>a,b,c</sup> Means in the same row with different superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

시험 5주의 영양소 소화율에서 건물, 질소 및 회분 소화율은 P5 처리구가 대조구 및 P10 처리구와 비교하여 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 대조구가 가장 낮게 나타났다( $P < 0.05$ ). 인 소화율은 P5 및 P10 처리구가 대조구와 비교하

여 유의적으로 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). 시험 종료 시 영양소 소화율은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다( $P > 0.05$ ).

권 등(1995)은 비육돈에 칼슘과 인 공급량을 NRC (1988) 요구량의 80%를 급여하고, phytase

를 500 FTU를 첨가한 시험에서 조단백질, 인 소화율은 처리구간에 유의적인 차이가 없었으나, phytase 첨가 없이 칼슘과 인을 NRC(1988) 요구량의 80%로 급여한 처리구는 건물소화율이 낮게 나타났다고 보고하여 본 시험과 유사한 결과를 나타내었다.

Adeola 등(2004)은 *E. coli* phytase (ECP) 수준을 0~10,000 FTU로 처리한 시험에서 인 소화율은 phytase 첨가 수준에 따라 증가하였으며, 무첨가 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다고 보고하여 본 시험의 결과와 유사하였다. Jendza 등(2005)은 *E. coli* phytase (Phyzyme XP, Danisco Animal Nutrition, Marlborough, U.K.)의 급여 수준이 0~1000 FTU으로 증가함에 따라 인 소화율이 증가 하였으나, 건물 및 질소 소화율은 phytase 급여에 따른 유의적인 차이가 없었다고 보고하였다. 또한, 김 (1999)은 육성돈 사료에 phytase를 0, 500, 1000 FTU로

수준을 달리하여 첨가한 시험에서 회분 및 인 소화율이 phytase를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 높게 나타났으나, 건물 및 질소 소화율은 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

본 시험의 결과 시험 5주 및 종료시에 phytase의 첨가는 영양소 소화율의 유의적인 개선 및 개선되는 경향을 나타내었다. 따라서, phytase의 첨가는 이전 연구 결과와 동일한 결과를 나타내었으며, 체내 영양소 소화율의 향상 및 phytic acids에 결합된 무기물의 흡수율을 증진시키는 것으로 사료된다.

### 3. 육질 특성

비육돈에 있어서 phytase의 첨가가 육질특성에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 육의 pH는 대조구가 phytase를 첨가한 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다( $P<0.05$ ). 육

Table 4. Effects of supplemental phytase on meat quality in finishing pigs

Items	CON <sup>1)</sup>	P5 <sup>1)</sup>	P10 <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
pH	5.72 <sup>a</sup>	5.57 <sup>b</sup>	5.58 <sup>b</sup>	0.02
Meat color				
Lightness (L <sup>*</sup> )	54.94 <sup>b</sup>	54.32 <sup>b</sup>	57.25 <sup>a</sup>	0.59
Redness (a <sup>*</sup> )	16.89 <sup>a</sup>	16.18 <sup>b</sup>	15.65 <sup>b</sup>	0.20
Yellowness (b <sup>*</sup> )	6.78	7.15	6.84	0.18
Sensory evaluation				
Color	2.49 <sup>a</sup>	2.36 <sup>a</sup>	2.13 <sup>b</sup>	0.06
Marbling	2.08 <sup>a</sup>	1.78 <sup>b</sup>	2.20 <sup>a</sup>	0.08
Firmness	1.93	1.83	1.88	0.07
Drip loss (%)				
1 days	5.08	5.38	4.34	1.03
3 days	9.43	11.45	9.81	1.35
5 days	10.84	12.13	11.44	1.41
7 days	12.44	12.96	12.61	1.38
<i>M. longissimus dorsi</i> area (mm <sup>2</sup> )	3,920.34	4,202.26	4,097.06	196.74
Cooking loss (%)	30.77	32.98	27.88	1.68
Water holding capacity (%)	65.07	55.00	56.23	3.72

<sup>1)</sup> Abbreviated CON; basal diets, P5; added phytase 0.05% and P10; added phytase 0.1%.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

<sup>a,b</sup> Means in the same row with different superscripts differ ( $P<0.05$ ).

색에 있어서 명도를 나타내는 L\* 값은 P10 처리구가 대조구 및 P5 처리구와 비교하여 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 적색도를 나타내는 a\* 값은 대조구가 phytase를 첨가한 처리구와 비교하여 유의적으로 가장 높게 나타났다 ( $P < 0.05$ ). 황색도를 나타내는 b\* 값은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다 ( $P > 0.05$ ). 관능평가 결과 육색은 대조구 및 P5 처리구가 P10 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며, 근내지방도는 대조구 및 P10 처리구가 P5 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다 ( $P < 0.05$ ). 경도, 등심단면적, 조리감량, 보수력 및 드립감량은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다 ( $P > 0.05$ ).

pH는 육질 특성 중 육색과 보수력에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 김(2005)은 미생물 phytase를 비육돈에 급여시 유의적인 차이는 없었으나 육내 pH가 대조구와 비교하여 낮은 경향을 나타내었다고 보고하여 본 시험과 유사하였으나, 육색은 유의적인 차이가 없어 본 시험과 상이한 결과를 나타내었다. Maribo 등(1998)은 육즙감량과 육색의 특성들은 근육 pH의 기능에 의해 조절되어진다고 하였으며, Warriss와 Brown(1987)은 pH가 낮을수록 육즙감량이 많이 발생한다고 하였으나, 본 시험에서는 육즙감량은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다 ( $P > 0.05$ ).

본 시험의 결과 phytase의 첨가는 육내 pH가 감소하는 결과를 나타내었으나, 육내 pH는 다양한 외부 요인에 의해 다양하게 나타날 수 있으므로 육내 pH 감소의 명확한 설명을 위해서

는 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

#### 4. 등지방 두께 및 도체등급

비육돈에 있어서 phytase의 첨가가 등지방 두께 및 도체등급에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. 등지방두께, 생시체중, 도체중, 지육율 및 도체등급은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다 ( $P > 0.05$ ).

Harpper 등(1997)은 인의 수준이 낮은 비육돈 사료에 미생물 phytase 첨가시 등지방두께는 유의적인 차이가 없었다고 보고하였고, O'Quinn 등(1997)은 비육돈 사료 내 인의 수준을 감소시키고 300, 500 FTU의 phytase를 첨가한 시험에서 등지방 두께는 유의적인 차이가 없었다고 보고하여 본 시험과 유사하였다. Shelton 등(2004)은 사료 내 칼슘과 인의 수준을 감소시키고 500 FTU의 phytase 급여시 지육율은 phytase를 첨가한 처리구에서 유의적으로 증가하였다고 보고하여 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않은 본 시험의 결과와 상이하였다.

본 시험의 결과, phytase의 첨가는 도체특징에 영향을 미치지 못했으며, 다른 연구결과와의 차이는 본 시험에서는 FTU 역가 수준이 높은 phytase를 첨가하였고, 더욱이 사료 내 인의 공급량이 충분하였기 때문인 것으로 사료된다.

#### 5. 분내 구리 및 아연의 함량

비육돈에 있어서 phytase의 첨가가 분내 구리

Table 5. Effects of supplemental phytase on backfat thickness and carcass grade

Items	CON <sup>1)</sup>	P5 <sup>1)</sup>	P10 <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
Live weight (kg)	116.65	117.63	116.95	1.55
Cold carcass weight (kg)	89.65	89.30	88.88	0.58
Dressing (%)	76.88	75.93	76.02	1.03
Backfat thickness (mm)	19.38	18.18	20.05	1.00
Carcass grade <sup>3)</sup>	4.42	4.58	4.67	0.23

<sup>1)</sup> Abbreviated CON; basal diets, P5; added phytase 0.05% and P10; added phytase 0.1%.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

<sup>3)</sup> Point of grade : A=5.0 ~ D=2.0.

Table 6. Effects of supplemental phytase on excretion of copper and zinc concentrations in feces

Items (ppm)	CON <sup>1)</sup>	P5 <sup>1)</sup>	P10 <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
4 weeks				
Copper	158.20	145.90	145.16	6.03
Zinc	191.36	188.26	181.94	8.51
Final (8 weeks)				
Copper	143.07	145.56	141.47	2.44
Zinc	222.95	242.40	244.38	5.80

<sup>1)</sup> Abbreviated CON; basal diets, P5; added phytase 0.05% and P10; added phytase 0.1%.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

및 아연 함량에 미치는 영향은 Table 6에 나타내었다. 시험 4주 및 종료시의 구리 및 아연의 함량은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다 ( $P>0.05$ ).

Veum 등(2006)은 이유자돈 사료에 인의 공급 수준을 줄이고 미생물 phytase를 0~12,500 FTU 수준으로 첨가한 시험에서 phytase의 첨가 수준이 높아짐에 따라 분내 아연 및 구리의 함량이 증가하여 본 시험과 상이한 경향이 나타났으나, 2,500 FTU 이상 phytase를 첨가한 처리구는 인의 공급 수준이 충분한 대조구와 비교하여 분내 아연 함량에 유의적인 차이가 없어 본 시험의 결과와 유사하였다. 김 등(2002)은 육계에 phytase 공급원으로 미생물 phytase (NOVO Nordisk Corp)를 첨가시 미생물 phytase를 첨가한 처리구에서 아연, 칼슘, 인 등의 광물질 배설량이 낮게 나타났다고 보고하였다.

본 시험에서 phytase 첨가는 분 중 구리와 아연의 함량에 영향을 미치지 않았으며, 본 시험의 결과 인의 공급 수준이 충분한 상태에서는 높은 역가를 가진 phytase 첨가 시 추가적인 인, 구리 및 아연의 이용성 증진에는 영향을 미치지 못하는 것으로 사료된다.

결론적으로, 본 시험의 결과 phytase의 첨가는 일당사료섭취량, 영양소 소화율, 육내 pH 및 육색에 영향을 미치는 것으로 사료되며, phytase의 FTU 역가 수준 및 공급되는 인의 수준 따른 구리 및 아연의 이용성에 관한 연구가 추가적으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

#### IV. 요약

본 연구는 비육돈에 *Escherichia coli* phytase를 첨가 급여하여 생산성, 도체특성 및 분내 구리와 아연 함량에 미치는 영향에 대하여 알아보기 위해 시험을 실시하였다. 3월 교잡종 비육돈 72두를 공시하였으며, 시험 개시시 체중이  $65.43 \pm 0.72$  kg 이었고, 56일간 사양시험을 실시하였다. 시험설계는 1) CON(기초사료), 2) P5(기초사료 + phytase 0.05%) 및 3) P10(기초사료 + phytase 0.1%)로 3개 처리를 하여 처리당 6반복, 반복당 4두씩 완전임의 배치하였다. 전체시험 기간 동안 사료섭취량은 phytase를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 높게 나타났으며 ( $P<0.05$ ), 시험 5주에서 건물, 질소 및 회분 소화율은 P5 처리구가 대조구 및 P10 처리구와 비교하여 유의적으로 가장 높게 나타났으며 ( $P<0.05$ ), 대조구가 가장 낮게 나타났으며 ( $P<0.05$ ). 인 소화율은 phytase를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며 ( $P<0.05$ ), 육의 pH는 대조구가 phytase를 첨가한 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며 ( $P<0.05$ ). 육색에 있어서 명도를 나타내는 L\* 값은 P10처리구가 대조구 및 P5 처리구와 비교하여 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 적색도를 나타내는 a\* 값은 대조구가 phytase를 첨가한 처리구와 비교하여 유의적으로 가장 높게 나타났으며 ( $P<0.05$ ). 분내 구리와 아연의 함량은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다 ( $P>0.05$ ).



결론적으로, 본 시험의 결과 비육돈에 phytase의 첨가 급여는 일당사료섭취량, 영양소 소화율, 육내 pH 및 육색에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

## V. 인 용 문 헌

1. Adeola, O., Sands, J. S., Simmins, P. H. and Schulze, H. 2004. The efficacy of an *Escherichia coli*-derived phytase preparation. J. Anim. Sci. 82:2657-2666.
2. AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th ed. Association of official Analytical Chemists. Washington, D. C.
3. Augspurger, N. R., Webel, D. M. and Baker, D. H. 2007. An *Escherichia coli* phytase expressed in yeast effectively replaces inorganic phosphorus for finishing pigs and laying hens. J. Anim. Sci. 85: 1192-1198.
4. Braude, R. 1967. Copper as a stimulant in pig feeding (cuprum propecunia). World Rev. Anim. Prod. 3:69
5. Cheryan, M. 1980. Phytic acid interactions in food systems. CRC Crit. Rev. Food Sci. 13:297-335.
6. Davies, N. T. and Olpin, S. E. 1979. Studies on the phytate: zinc molar contents in diets as a determinant of Zn availability to young rats. Br. J. Nutr. 41:590.
7. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics. 11:1-14.
8. 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 acids. J. Anim. Sci. 60:462-479.
9. Graf, E. 1983. Calcium binding to phytic acid. J. Agr. Food Chem. 31:851.
10. Harper, A. F., Kornegay E. T. and Schell T. C. 1997. Phytase supplementation of Low-Phosphorus growing-finishing pig diets improves performance, phosphorus digestibility, and bone mineralization and reduces phosphorus excretion. J. Anim. Sci. 75:3174-3186.
11. Hartman, G. H. J. 1979 Removal of phytate from soy protein. J. Amer. Oil Chemists Soc. 65:731.
12. 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.
13. Jendza, J. A., Dilger, R. N., Adedokun, S. A., Sands, J. S. and Adeola, O. 2005. *Escherichia coli* phytase improves growth performance of starter, grower, and finisher pigs fed phosphorus-deficient diets. J. Anim. Sci. 83:1882-1889.
14. Lei, X. G., Ku, P. K., Miller, E. R., Ullrey, D. E. and Yokoyama, M. T. 1993. Supplemental microbial phytase improves bioavailability of dietary zinc to weanling pigs. J. Nutr. 123:1117.
15. Maddaih, V. T., Kurnick, A. A. and Reid, B. L. 1964. Phytic acid studies. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 115:91.
16. Maribo, H., Olsen. E. V., Barton-Gade. P., Moller, A. J. and Karlsson. A. 1998. Effect of early post-mortem cooling on temperature, pH fall and meat quality in pigs. Meat Science. 50:115-129.
17. Miller, E. R., Liptrap, D. O. and Ullrey, D. E. 1970. Sex influence on zinc requirement of swine. pp. 377-379 in trace element metabolism in animals, C. F. Mills, ed. Edinburgh: E. & S. Livingstone.
18. Miller, E. R., Stowe, H. D., Ku, P. K. and Hill, G. M. 1979. Copper and zinc in swine nutrition. P. 109 in National Feed Ingredients Association Literature Review on Copper and Zinc in Animal Nutrition. West Des Moines, Iowa: National Feed Ingredients Association.
19. Nasi, M. 1990. Microbial phytase supplementation for improving availability of plant phosphorus in the diet of the growing pig. J. Agric. Sci. Finl. 62:435.
20. NRC. 1988. Nutrient requirements of domestic animals, No. 2. Nutrient requirements of swine. Ninth revised edition. National Academy of Science. Washington. D.C.

21. NRC. 1998. Nutrient Requirements of swine. National Research Council, Academy Press.
  22. Pallauf, J., Rimbach, G., Pippig, S., Schindler, B. and Most, E. 1994. Effect of phytase supplementation to a phytate-rich diet based on wheat, barley and soya on the bioavailability of dietary phosphorus, calcium, magnesium, zinc, and protein in piglets. *Agribio. Res.* 47:39.
  23. Peeler, H. T. 1972. Biological availability of nutrients in feeds: Availability of major mineral ions. *J. Anim. Sci.* 35:695-699.
  24. Q'Quinn, P. R., Knabe, D. A. and Gregg, E. J. 1997. Efficacy of Natuphos® in Sorghum-Based Diets of Finishing Swine. *J. Anim. Sci.* 75:1299-1307.
  25. Reddy, N. R., Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. 1982. Phytases in legumes and cereals. *Adv. Food Res.* 28:1-92.
  26. Rodriguez, E., Han, Y. and Lei, X. G. 1999. Cloning, sequencing and expression of an *Escherichia coli* acid phosphatase/phytase gene (appA2) isolated from pig colon. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 257:117-123.
  27. SAS. 1996. SAS user's guide: Statistics, SAS Inst, Inc., Cary, NC.
  28. Shelton, J. L., Southern, L. L., Lemieux, F. M., Bidner, T. D. and Page, T. G. 2004. Effects of microbial phytase, low calcium and phosphorus, and removing the dietary trace mineral premix on carcass traits, pork quality, plasma metabolites, and tissue mineral content in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 82:2630-2639.
  29. Veum, T. L., Bollinger D. W., Buff, C. E. and Bedford, M. R. 2006. A genetically engineered *Escherichia coli* phytase improves nutrient utilization, growth performance, and bone strength of young swine fed diets deficient in available phosphorus. *J. Anim. Sci.* 84:1147-1158.
  30. Vohra, P., Gray, G. A. and Kratzer, F. H. 1965. Phytic acid-metal complexes. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 120:447.
  31. Warriss, P. D. and Brown, S. N. 1987. The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle, *Meat Sci.* 20:65.
  32. 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.
  33. Young, L. G., Leunissen, M. and Atkinson, J. L. 1993. Addition of microbial phytase to diets of young pigs. *J. Anim. Sci.* 71:2147.
  34. 권 관, 한인규, 손광수, 권찬호. 1995. 옥수수-대두박 위주 사료에 phytase의 첨가가 육성돈 및 비육돈의 성장능력, 영양소 소화율 및 인 배설량에 미치는 영향. *한국축산학회지.* 37(4):341-352.
  35. 권 관, 권찬호, 정홍우, 유문일, 손광수, 현 영, 박승춘. 1999. 미생물 phytase의 첨가가 육성돈과 비육돈의 성장에 미치는 효과. *한국축산학회지.* 41(6):645-654.
  36. 김병한, 남궁환, 백인기. 2002. 육계의 인 이용율 향상을 위한 식물성 phytase의 이용. *한국동물자원학회지.* 44(4):407-418.
  37. 김은주. 1999. 단위동물에 있어 phytase 사료 첨가시 영양소 소화율과 칼슘 및 인 이용률에 미치는 효과. *단국대학교 대학원 석사학위논문.*
  38. 김충현. 2005. 파이테이즈의 수준별 첨가가 육성·비육돈의 성장, 도체특성, 뼈 강도 및 인 이용성에 미치는 영향. *서울대학교 대학원 석사학위논문.*
- (접수일자 : 2007. 10. 18. / 채택일자 : 2008. 2. 18.)