

# 복합효소제의 첨가가 육성돈의 생산성, 영양소 소화율, 혈액성상 및 사료비용에 미치는 영향

홍성민 · 장해동 · 김효진 · 유종상 · 이제현 · 김인호\*

단국대학교 동물자원학과

## Effects of Enzyme Complex Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Profiles and Economic Feed Cost in Growing Pigs

Seong-Min Hong, Hae-Dong Jang, Hyo-Jin Kim, Jong-Sang Yoo, Je-Hyun Lee and In-Ho Kim\*

Department of Animal Resource & Science, Dankook University, #29 Anseodong, Cheonan, Choongnam 330-714, Korea

### ABSTRACT

This study was conducted to evaluate effects of enzyme complex on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles and feed cost in growing pigs. Ninety-six pigs [(Landrace × Yorkshire) × Duroc, 22.96 ± 0.79 kg average initial body weight] were used in 42d growth assay. Dietary treatments included: 1) HC (high energy and nutrient density diet), 2) CON (control, basal diet), 3) CE1 (CON + 0.05% enzyme complex) and 4) CE2 (CON + 0.1% enzyme complex). Four pigs were allotted per pen with six replicate pens per treatment by completely randomized design. The ADG was higher in CE1 and CE2 treatments than CON treatment ( $P < 0.05$ ). The ADFI was linearly increased by CE treatments compared to HC treatment. The CE1 treatment had highest DM, N and GE digestibility ( $P < 0.05$ ). Digestibility of DM, N and GE were quadratic enhanced by enzyme complex level. No differences were found among treatments for creatinine and BUN. The enzyme complex treatments (CE1 and CE2) showed lower feed cost/body weight gain than HC treatment. In conclusion, enzyme complex can improve ADG and reduce feed cost/body weight gain when low energy diet was used. Furthermore adding 0.05% enzyme complex had highest nutrient digestibility.

(Key words : Enzyme complex, Growth performance, Nutrient digestibility, Economic feed cost, Growing pigs)

### 서 론

양돈산업에 있어서 옥수수과 대두박은 주요한 에너지원과 단백질 원으로 오래전부터 널리 사용되어 왔다. 옥수수는 에너지원으로 풍부한 탄수화물 영양소를 함유하고 있으며, 대두박은 다른 식물성 사료원료에 비하여 그 영양학적 가치가 특히 높은 것으로 알려져 옥수수와 함께 배합사료의 주요 원료로 사용되고 있다(Choi, 1984). 우리나라에서는 이러한 원료의 대부분을 수입하고 있는 실정으로 최근 원료값의 증가로 인하여 양돈산업에 위기감을 주고 있다. 이러한 위기를 극복하기 위한 하나의 방안으로 효소제를 이용하여 가축의 성장률과 사료의 이용성을 증가시켜 사료비용을 감소시키려는 연구들이 활발히 진행되고 있다(Len 등, 2009; Selle and Ravindran, 2008; Lynch 등, 2008; Kim 등, 2007).

옥수수와 대두박에는 단백질의 소화를 방해하는 trypsin inhibitor,  $\beta$ -glucan, pectin과 같은 비전분 다당류(non-starch poly-

saccharide)와 oligosaccharides를 포함하고 있다(Hong and Kim, 2001). 이러한 항영양성소 인자들은 장내 소화 이용률을 저하시켜 가축의 성장률과 사료효율이 감소하게 된다. 그로 인하여 사료섭취량이 증가하여 사료비용 또한 증가한다. 항영양인자로 인한 사료원료의 이용성 저하를 최소화하기 위해 효소제를 사용한다.

앞선 실험들의 효소제의 효과로는 사료내 xylanase, phytase, amylase, protease, cellulase,  $\beta$ -glucanase와 같은 효소제를 첨가 시 비전분성 탄수화물의 소화를 도와 사료효율을 향상시키고 배설물을 감소시키는 효과를 가진다고 보고하였고(Campbell and Bedford, 1992), Bedford 등(1992)에 의하여 자돈사료에 효소제를 첨가한 결과 생산성이 향상되었다고 보고하였다. Bedford (1996)는 효소제 첨가 급여시 영양소 소화율 개선과 내생 아미노산 감소가 적어진다고 보고하였고, 또한 Marsman 등 (1997)에서도 단백질과 비전분 다당류 효소제 첨가가 대두박의 비전분 다당류 일부 소화율이 개선되어 대두박의 영양가가 개선되었다고 보고되었

\* Corresponding author : In-Ho Kim, Department of Animal Resource & Science, Dankook University #29 Anseodong, Cheonan, Choongnam 330-714, Korea Tel: +82-41-550-3652, Fax: +82-41-553-1618, E-mail: inhokim@dankook.ac.kr

다. 이러한 효과로 인하여 일반 옥수수-대두박 사료에서 효소제의 사용을 사용함으로써 고에너지 사료와 에너지 차이로 인한 원료비 증가를 절감시키는 효과가 있을 것으로 더 기대가 되고 있다. Collier and Hardy (1986)는 영양수준이 높은 사료와 낮은 브로일러 사료에 α-amylase와 자연 protease를 3가지 수준으로 급여시 영양수준이 낮은 사료 급여 처리구에서 첨가효과가 크게 나타났다고 보고하였다.

따라서, 본 연구는 고에너지 사료와 비교하여 일반 옥수수-대두박 육성돈 사료에 복합효소제를 첨가하였을 경우 성장률, 영양소 소화율, 혈액특성 및 사료비용에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 시험동물 및 사양관리

3원 교잡종 [(Landrace × Yorkshire) × Duroc] 육성돈 96두를 공시하였다. 시험 개시시의 체중은 22.96 ± 0.79 kg이었으며, 사양시험은 42일간 실시하였다. 시험설계는 1) HC (high energy and nutrient density diet), 2) CON (Control; basal diet), 3) CE1 (CON + 0.05% Enzyme complex) 및 4) CE2 (CON + 0.1% Enzyme complex)로 4개 처리를 하여 처리당 6반복, 반복당 4두씩 완전임의 배치하였다.

시험사료는 옥수수-대두박 위주의 가루사료를 사용하였다. 고에너지 사료의 DE는 3,550 kcal/kg, CP은 18.15%, Lysine은 0.98%, Ca는 0.78% 및 P은 0.60%였으며, 대조구 사료의 DE는 3,400 kcal/kg, CP은 17.11%, Lysine은 0.90%, Ca는 0.73% 및 P은 0.56%로 시험사료를 배합하였다. 고에너지와 대조구 사료의 배합비율과 영양소 함량은 Table 1과 같다. 시험사료와 물은 자유 채식토록 하였다. 본 시험에 사용된 복합효소제는 α-amylase와 protease를 사용하였으며, α-amylase는 1,300 unit/g, protease는 700 unit/g로 혼합된 효소제를 사용하였다.

#### 2. 조사항목 및 방법

##### (1) 생산성

체중 및 사료 섭취량은 시험 개시시와 종료시에 각각 측정하여 일당증체량은 총 증체량에서 사육일수를 나누어 계산하였고, 일당 사료섭취량은 총 사료 섭취량에서 사육일수를 나누어 계산하였다. 사료효율은 일당증체량을 일당사료 섭취량으로 나누어 계산하였다.

##### (2) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 시험 종료 7일전에 표시물로써 산화크롬(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)을 0.2% 첨가하여 급여 후 항문 마사지법으로 분을 채취하였다. 채취한 분은 60℃의 건조기에서 72시간 건조시킨 후 Willey mill로 분쇄 하여 분석에 이용하였다. 사료의 일반성분과

Table 1. Diet composition (as-fed basis)

Ingredients, %	High energy and nutrient density diet	Basal diet
Corn	54.73	50.00
Soybean meal	27.82	24.90
Repeseed meal	1.00	2.60
Wheat bran	2.00	8.34
Rice bran	2.50	3.50
Animal fat	5.75	4.50
Molasses	3.37	3.50
Dicalcium phosphate	1.19	—
Calcium phosphate	—	1.03
Salt	0.30	0.30
Limestone	0.99	0.99
Lysine	0.01	0.01
Threonine	0.01	—
Ethoxiquin	0.05	0.05
Chorine, 50%	0.03	0.03
Vitamin/Mineral premix <sup>1)</sup>	0.25	0.25
Total	100.00	100.00
Chemical composition <sup>2)</sup>		
DE, kcal/kg	3,550	3,400
Crude protein, %	18.15	17.11
Lysine, %	0.98	0.90
Calcium, %	0.78	0.73
Phosphorus, %	0.60	0.56

<sup>1)</sup> Provided per kilogram diet : 20,000 IU of vitamin A; 4,000 IU of vitamin D3; 80 IU of vitamin E; 16 mg of vitamin K3; 4 mg of thiamine; 20 mg of riboflavin; 6 mg of pyridoxine; 0.08 mg of vitamin B12; 120 mg of niacin; 50 mg of Ca-pantothenate; 2 mg of folic acid and 0.08 mg of biotin; 140 mg of Cu; 179 mg of Zn; 12.5 mg of Mn; 0.5 mg of I; 0.25 mg of Co and 0.4 mg of Se.

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

표시물로 혼합된 Cr은 AOAC (1995) 방법에 준하여 분석하였다.

##### (3) 혈액성상

혈액채취는 각 처리당 12두를 임의 선발하여 개시시와 종료시에 각각 경정맥에서 Vacuum tube (Becton Dickinson Vacutainer

Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액 5 ml 채취후 4℃에서 2,000 × g로 30분간 원심분리하여 얻은 혈청을 자동생화학분석기(HITACHI 747, Japan)로 creatinine, blood urea nitrogen (BUN)을 조사하였다.

(4) 경제성 분석

경제성 분석은 실험기간동안의 총 증체량, 총 사료섭취량과 원료 사료 각각의 단가를 조사하여 계산한 후 돼지가 1kg 성장하는데 필요한 사료비를 계산하여 처리구별로 비교하였다.

3. 통계처리

SAS(1996)의 General Linear Model procedure를 이용하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하여 평균 간의 유의성을 검정하였고, 생산성, 영양소 소화율 및 혈액특성에서 저에너지 사료내의 복합효소제의 첨가 수준을 비교하기 위해 Polynominal regression (Peterson, 1985) 방법으로 linear와 quadratic 효과를 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 생산성

복합효소제 첨가 급여에 따른 육성돈의 성장률은 Table 2에 나타내었다. 일당증체량에서는 대조구에 수준별 복합효소제를 첨가한 CE1과 CE2 처리구들은 CON 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났고 (P<0.05), HC 처리구와 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다 (P>0.05). Kwon 등 (2000)은 고-저 영양소 사료를 육성-비육돈에 급여시 고영양소 사료를 급여하였을 때 일당증체량이 높게 나타났다고 보고하였고, Kim 등 (2006)에서도 고영양소 사료를 급여한 처리구에서 높게 나타나는 유사한 경향을 보였다고 보고하였다. 본 시험에서는 에너지 차이에 따른 HC와 CON 처리구들 간에서는 HC 처리구가 높았지만 유의적으로 차이를 보이지 않았다

(P>0.05). 이는 HC 처리구가 대조구 사료에 수준별 복합효소제 첨가한 CE 처리구들과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았기 때문에, 대조구 사료에 수준별 복합효소제 첨가시 효과가 있다고 사료된다. 일당사료섭취량에서는 CE2 처리구가 HC 처리구에 비해 유의적으로 높은 결과를 나타내었다 (P<0.05). CON 처리구에 복합효소제의 첨가수준이 증가할수록 일당사료섭취량도 증가하였다 (Linear effect: P<0.01). Han 등 (1990)이 이유자돈에 대해 복합효소제 (Kemzyme)를 첨가하여 사양시험을 실시한 결과 복합효소제 첨가구는 대조구에 비해 사료섭취량이 개선되었다고 보고되어 비슷한 결과를 보였다.

사료효율에서는 전 처리구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다 (P>0.05). Lewis 등 (1955)은 단백질 분해효소를 첨가시 자돈의 증체율과 사료효율이 개선되었다고 보고하였고, Min 등 (1992)에서도 육성-비육돈에 복합효소제를 첨가한 사료를 급여한 결과 일당증체량과 사료효율이 개선되었다고 보고하였지만, 본 시험에서는 복합효소제 첨가 급여시 유의적인 차이는 없었다. 복합효소제 첨가시 일당증체량과 사료섭취량이 증가하며, 고에너지 처리구와 복합효소제 첨가한 처리구들을 비교할 때, 증체율과 사료섭취량이 증가하는 것으로 보아 대조구 사료에 복합효소제 첨가시 고에너지 사료 대비 150 kcal의 대체 효과가 있을 것으로 사료된다.

2. 영양소 소화율

복합효소제 첨가 급여에 따른 육성돈의 영양소 소화율은 Table 3에 나타내었다. 건물, 질소 및 총 에너지 소화율에서는 CE1 처리구가 CON 처리구에 비해 유의적으로 높은 소화율을 나타내었다 (P<0.05). 그리고 대조구 사료에 수준별 복합효소제 첨가 급여시 건물, 질소 및 총 에너지 소화율 또한 Linear과 Quadratic 효과를 보였다 (P<0.01). Lazaro 등 (2003)은 산란계 사료내 복합효소제를 급여하였을때, 영양소 소화율이 증가한다는 결과와 Lewis 등 (1955)은 자돈에 있어서 단백질 분해 효소는 영양소 소화율을 향상시킨다는 결과와 일치하였다.

고에너지 처리구와 대조구에 복합효소제가 첨가된 두 처리구들

Table 2. Effect of enzyme complex supplementation on growth performance in growing pigs<sup>3)</sup>

Item	HC <sup>1)</sup>	CON <sup>1)</sup>	CE1 <sup>1)</sup>	CE2 <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>	P-value	
						Enzyme	
						L	Q
ADG, kg	0.723 <sup>ab</sup>	0.691 <sup>b</sup>	0.743 <sup>a</sup>	0.745 <sup>a</sup>	0.02	0.018	0.478
ADFI, kg	1.603 <sup>b</sup>	1.639 <sup>ab</sup>	1.671 <sup>ab</sup>	1.718 <sup>a</sup>	0.03	<0.001	0.903
Gain / Feed	0.451	0.422	0.445	0.434	0.02	0.805	0.432

<sup>1)</sup> Abbreviation : HC, High energy and nutrient density diet; CON, basal diet; CE1, CON + 0.05% Enzyme complex; CE2, CON + 0.1% Enzyme complex.

<sup>2)</sup> Standard error.

<sup>3)</sup> Average initial body weight 22.96 ± 0.79 kg and final body weight 53.43 ± 1.17 kg.

<sup>ab</sup> Means in the same row with difference superscripts differ (P<0.05).

Table 3. Effect of enzyme complex supplementation on nutrient digestibility in growing pigs

Items, %	HC <sup>1)</sup>	CON <sup>1)</sup>	CE1 <sup>1)</sup>	CE2 <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>	P-value	
						Enzyme	
						L	Q
Dry matter	82.46 <sup>ab</sup>	78.68 <sup>b</sup>	85.49 <sup>a</sup>	82.02 <sup>ab</sup>	1.179	<0.01	<0.01
Nitrogen	81.95 <sup>ab</sup>	79.24 <sup>b</sup>	85.09 <sup>a</sup>	82.41 <sup>ab</sup>	1.357	<0.01	<0.01
Gross energy	81.54 <sup>ab</sup>	78.09 <sup>b</sup>	85.12 <sup>a</sup>	82.44 <sup>ab</sup>	1.654	<0.01	<0.01

<sup>1)</sup> Abbreviation : HC, High energy and nutrient density diet; CON, basal diet; CE1, CON + 0.05% Enzyme complex; CE2, CON + 0.1% Enzyme complex.

<sup>2)</sup> Standard error.

<sup>ab</sup> Means in the same row with difference superscripts differ (P<0.05).

Table 4. Effect of enzyme complex supplementation on blood profiles in growing pigs

Items	HC <sup>1)</sup>	CON <sup>1)</sup>	CE1 <sup>1)</sup>	CE2 <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>	P-value	
						Enzyme	
						L	Q
Creatinine, mg/dL							
Initial	1.00	1.03	0.90	1.08	0.06	0.49	0.04
Final	1.48	1.55	1.38	1.48	0.08	0.45	0.14
Difference	0.48	0.52	0.48	0.40	0.06	0.09	0.83
BUN, mg/dL							
Initial	11.08	10.78	11.65	11.65	0.94	0.41	0.63
Final	15.30	15.68	14.78	15.53	1.07	0.91	0.47
Difference	4.23	4.90	3.13	3.88	1.43	0.38	0.23

<sup>1)</sup> Abbreviation : HC, High energy and nutrient density diet; CON, basal diet; CE1, CON + 0.05% Enzyme complex; CE2, CON + 0.1% Enzyme complex.

<sup>2)</sup> Standard error.

사이에 유의적인 차이는 없었으며 (P<0.05), 복합효소제 0.05% 첨가된 처리구에서 높은 수치를 보이는 결과는 복합효소제의 효과가 있다고 사료된다.

### 3. 혈액 성분

복합효소제 첨가 급여에 따른 육성돈의 혈액 성분은 Table 4에 나타내었다. Creatinine과 blood urea nitrogen에서는 종료 및 변화량에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 하지만, CON 처리구에 복합효소제 첨가시 creatinine 변화량에 있어서 증가하는 경향이 나타났다 (P<0.10) Kwon 등 (2000)에 의해서도 고-저에너지 사료 급여가 종료시 BUN의 농도에 아무런 영향을 주지 않았다고 보고되었으며, Kim 등 (2007)에서는 조단백질 수준이 다른 사료에 단백질 분해 효소제를 첨가 급여시 혈액 내 BUN 함량은 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 본

시험에서도 앞에 시험들과 유사한 결과를 나타내었다.

### 4. 경제성 분석

복합효소제 첨가 급여에 따른 육성돈 사료의 경제성 분석 결과는 Table 5에 나타내었다. 사양시험 기간동안 소모된 전체 사료비용은 HC 처리구와 비교하여 볼 때, 수준별 복합효소제가 첨가 급여시 낮았으며, 특히 1 kg 증체 하는데 필요한 사료비용은 HC 처리구와 비교하여 수준별 복합효소제가 첨가된 CE1과 CE2 처리구들은 각각 4.5% (1,170.6 vs. 1,117.6 원/kg), 0.7% (1,170.6 vs. 1,162.3 원/kg) 낮은 것으로 조사되었다. Shim 등 (2003)에서도 육성돈에 복합효소제 첨가시 사료비용이 낮게 났다고 보고하여 동일한 결과를 나타내었고, Min 등 (1992)에서는 육성-비육돈 사료에서 복합효소제구가 대조구보다 3.4% 사료생산비를 절감할 수 있다고 보고하였다.

Table 5. Effect of enzyme complex supplementation on feed cost/ weight gain in growing pigs

Items	HC <sup>1)</sup>	CON <sup>1)</sup>	CE1 <sup>1)</sup>	CE2 <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
Feed cost*, won/kg	528	490	497	504	
Total weight gain, kg/pig	30.37	29.02	31.21	31.29	2.04
Total feed intake, kg/pig	67.33	68.84	70.18	72.16	5.86
Total feed cost, won/pig	35,550	33,732	34,880	36,369	2451
Feed cost/body weight gain, won/kg	1170.6	1162.4	1117.6	1162.3	43

<sup>1)</sup> Abbreviation : HC, High energy and nutrient density diet; CON, basal diet; CE1, CON + 0.05% Enzyme complex; CE2, CON + 0.1% Enzyme complex.

<sup>2)</sup> Standard error.

\* calculated cost of feed materials '2009'

결론적으로, 본 실험 결과는 옥수수 대두박 육성돈 사료에서 복합효소제 0.05% 첨가 급여시 일당증체량과 에너지 소화율이 개선되고 고에너지 사료와 차이를 보이지 않았고, 특히 사료비용이 절감되어 양돈 생산비를 절감시킬 수 있다고 사료된다.

### 요 약

본시험은 복합효소제 첨가 급여에 따른 육성돈의 생산성, 영양소 소화율, 혈액성상 및 사료비용에 관하여 평가하였다. 시험 동물은 3원교잡종 [(Landrace × Yorkshire) × Duroc] 육성돈 96두를 공시하여 6주간 실시하였고, 시험 개시체중은 22.96±0.79kg이었다. 시험 사료는 고에너지 사료와 대조구 사료를 이용하여 고에너지 사료(HC) 처리구, 일반 사료(CON)인 대조구, 대조구 사료에 복합효소제 0.05%와 0.1%를 첨가한 CE1과 CE2로 4처리구 각 처리당 4마리씩 6반복으로 완전임의 배치하여 실시하였다. 생산성에서 일당증체량은 CE1와 CE2 처리구들이 대조구보다 유의적으로 높게 나타내었다(P<0.05). 일당사료섭취량에서는 CE2 처리구가 HC 처리구보다 유의적으로 높게 나타내었고(P<0.05), 대조구에 복합효소제를 첨가할수록 증가하는 Linear 효과를 나타내었다(P<0.05). 사료효율에서는 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 영양소 소화율에 있어서는 건물, 질소 및 총 에너지 소화율 모두 CE1 처리구가 CON 처리구보다 유의적으로 높게 나타내었고(P<0.05), 대조구에 복합효소제가 첨가될수록 증가하는 Linear 효과를 나타내었다(P<0.05). 혈액특성에서는 시험기간동안 혈액내 Creatinine과 blood urea nitrogen의 함량에 있어서는 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 경제성 분석에 있어서는 대조구 사료에 복합효소제 첨가시 기초 사료보다 사료비용이 절감되는 것으로 나타났으며, 특히 복합효소제가 0.05% 첨가된 CE1 처리구에서 사료비용이 절감되었다. 결론적으로 일반적인 육성돈 사료내 0.05% 복합효소제 첨가 급여시 일당증체량, 영양소 소화율 증가되고, 고에너지 사료와 비교하여 150 kcal의 효과와 사료비용을 절감시키는 것으로 알 수 있었다.

(주제어: 복합효소제, 생산성, 영양소 소화율, 사료비용, 육성돈)

### 인 용 문 헌

AOAC. 1995. Official method of analysis, 15th edition. Association of Official Analytical Chemest. Washington. DC.

Bedford, M. R. 1996. Interaction between ingested feed and the digestive system in poultry. J. Appl. Poult. Res. 5:86-95.

Bedford, M. R., Patience, J F., Classen, H. L. and Inbarr, J. 1992. The effects of dietary enzyme supplementation of rye- and barley-based diet on digestion and subsequent performance in weanling pigs. Can. J. Anim. Sci. 72:97.

Campbell, G. L and Bedford, M. R. 1992. Enzyme applications for monogastric feeds: A review. Can. J. Anim. Sci. 72:449-466.

Choi, J. H. 1984. Nutritive values of full-fat soybean and soybean oil meals. Kor J. Anim. Nutr. Feed. 8(2):259-266.

Collier, B. and Hardy, B. 1986. The use of enzymes in pig and poultry feeds. Feed Compounder 6. pp.28-30.

Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F testes. Biometrics.

Han, I. K., Choi, Y. J., Ryu, Y. S. and Yun, C. H. 1990. Studies on effect of dietary supplementation with KEMZYME in weanling pigs. Kor J. Anim. Nutr. Feed 14(1):8-13.

Hong, J. W. and Kim, I. H. 2001. Recent in the use of enzymes for environment friendly swine diets. Kor. J. Org. Agric. 9:55-67.

Kim, H. J., Cho, J. H., Chen, Y. J., Yoo, J. S., Min, B. J., Jang, J. S., Kang, K. R. and Kim, I. H. 2007. Effects of mud flat bacteria origin protease supplementation by crude protein level on growth performance, nutrient digestibility, total protein and BUN concentration in broiler. Korean J. Poult. Sci. 34(3):227-222.

Kim, H. J., Min, B. J., Cho, J. H., Chen, Y. J., Yoo, J. S., Kim, I.

- H., Jang, J. S. and Lee, Y. K. 2006. Effects of mud flat bacteria origin protease supplementation on growth performance, amino acid digestibility, blood characteristics, meat quality, fecal VFA and NH<sub>3</sub>-N concentration in finishing pigs. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor)*. 48(1):49-58.
- Kwon, O. S., Kim, I. H., Hong, J. W., Hong, E. C. and Lee, S. H. 2000. Effects of high-low nutrient density diet in performance in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor)*. 42(5):571-578.
- Lazaro, R., Garcia, M., Aranibar, M. J. and Mateos, G. G. 2003. Effect of enzyme addition to wheat, barley and rye based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 44:256-265.
- Len, N. T., Ngoc, T. B., Ogle, B. and Lindberg, J. E. Ileal and total tract digestibility in local (Mong Cai) and exotic (Landrace × Yorkshire) piglets fed low and high-fibre diets, with or without enzyme supplementation. 2009. *Livest. Sci.* 126:73-79.
- Lewis, C. J., Carton, D. V., Lui, G. H., Speer, V. C. and Ashtton, G. C. 1955. Enzyme supplementation of baby pig diets. *J. Agr. and Food Chem.* 3:1047.
- Lynch, M. B., Callan, J. J. and O'Doherty, J. V. 2008. The interaction between lactose level and enzyme supplementation and form of barley processing on performance, digestibility and faecal volatile fatty acid concentration of weanling pigs fed barley-based diets. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 140:349-364.
- Marsman, G. J., Gruppen, H., Van der Poel, A. F., Kwakkel, R. P., Verstegen, M. W. and Voragen, A. G. 1997. The effects of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibilities and chyme characteristics in broiler chicks. *Poult. Sci.* 76:864-872.
- Min, T. S., Han, I. K., Chung, I. B. and Kim, I. B. 1992. Effects of dietary supplementation with antibiotics, sulfur compound, copper sulfate, enzyme and probiotics on the growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Kor J. Anim. Nutr. Feed.* 16(5):265-274.
- NRC. 1998. Nutrient requirement of swine, 10th edition. National Academy Press, Washington, DC.
- Peterson, R. G. 1985. Design and analysis of experiments. Marcel dekkor. New York.
- SAS. 1995. SAS/STAT User's Guide : Version 6, 11th edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Selle, P. H. and Ravindran, V. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. 2008. *Livest. Sci.* 113:99-122.
- Shim, Y. H., Chae, B. J. and Lee, J. H. 2003. Effects of dietary carbohydrase enzyme complex and microbial phytase supplementation on productivity and nutrient digestibility in growing pigs. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor)*. 45(4):569-576.

(Received Feb. 17, 2010; Revised Dec. 3, 2010; Accepted Dec. 3, 2010)