

# 사료내 *Aspergillus niger* 유래 복합효소의 첨가가 포유모돈의 생산성, 유생산, 혈액성상 및 분배설량에 미치는 영향

이성훈\* · 하영주 · 곽석준

경상남도 축산진흥연구소 축산시험장

## Effects of *Aspergillus niger*-Derived Multi-Enzyme Complex on Performance, Milk Yield, Blood Metabolites, and Manure Output in Multiparous Lactating Sows

Sung Hoon Lee\*, Young Joo Ha and Suk Chun Kwack

Livestock Experiment Station, Gyeongsangnamdo Livestock Promotion Research Institute

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of *Aspergillus niger*-derived multi-enzyme complex supplementation to feed-restricted lactating sows on performances, milk yield, blood profiles, and manure excretion as compared with *ad libitum*-fed sows without supplementation of enzyme. Fifty multiparous lactating Berkshire sows were allotted to 5 treatments of 10 sows per treatment during a 28-d lactation period and litter per sow was standardized to 9 suckling piglets. Treatments were *ad libitum*-fed sows without enzyme and feed-restricted sows supplemented with four increasing levels (0, 0.02, 0.04 and 0.08%) of multi-enzyme complex derived from *Aspergillus niger*. Blood samples from all sows were collected to determine serum metabolite concentrations before the morning feeding on d 27 of lactation. Litter body weight and a piglet weight at weaning, and litter weight gain significantly ( $P<0.05$ ) increased with increasing levels of multi-enzyme complex, but there was no significant difference between *ad libitum*-fed sows without enzyme and feed-restricted sows supplemented with multi-enzyme complex. Body condition score and backfat depth at weaning significantly ( $P<0.05$ ) increased as multi-enzyme complex level increased. Lactational backfat depth tended ( $P>0.05$ ) to less decrease with increasing levels of enzyme complex. Serum inorganic phosphorus and non-esterified fatty acid concentrations significantly ( $P<0.05$ ) increased with increasing levels of enzyme complex. Daily milk yield was not significantly different across treatments, but milk fat yield significantly ( $P<0.05$ ) increased as multi-enzyme complex level increased. Manure output was significantly ( $P<0.01$ ) higher for *ad libitum*-fed sows than for feed-restricted sows, but there was no significant difference among feed-restricted sows supplemented with increasing levels of multi-enzyme complex. Fecal phosphorus amount significantly ( $P<0.05$ ) decreased with increasing levels of multi-enzyme complex. Feed costs of sows per litter weight gain were reduced by 1.25% to 9.67% with increasing levels of multi-enzyme complex as compared with *ad libitum*-fed sows without enzyme. The results indicated that multi-enzyme supplementation to feed-restricted lactating sows not only increased litter performances, but also was comparable to *ad libitum*-fed sows, resulting in reduced feed costs. Moreover, the reduction of fecal phosphorus amount with increasing levels of enzyme complex would contribute to the reduction of environmental pollution.

(Key words : Lactating sows, Multi-enzyme complex, Litter weight gain, Milk fat yield, Fecal phosphorus)

### 서 론

최근 몇 년 이내에 칠레를 시작으로 각 국가의 연차적인 자유무역협정체결에 따른 국제무역 동향의 변화 및 바이오에너지생산에 따른 곡물의 소비형태 변화 그리고 축산업에서는 국내외 환경변화에 따른 국내 가축사육여건이 열악해졌고, 특히 국내 양돈업은 모돈의 생산성 저하(2009년 MSY=15.01두: 한국육류유통수출입협회, 2010) 등의 이유로 국제 경쟁력이 약화된 실정이다. 또한 국제적인 곡물가 폭등으로 사료비가 지속적으로 상승하고 있는 추세로,

곡류 위주로 사양하는 국내의 양돈농가는 더욱 어려움을 겪고 있다.

2009년 우리나라의 100 kg 비육돈생산비 중 사료비비율은 약 55%를 차지하고 있는데(통계청, 2010), 사료비의 상승은 생산비의 증가와 연계되어 농장의 생산효율이 떨어지고 있다. 또한 요즘 양돈장에 심각하게 대두되고 있는 4P(PED, PMWS, PRDC, PRRS)와 같은 질병발생의 증가는 생산성을 더욱 악화시켜 국내 양돈경영을 더욱 위태롭게 한다.

이에 따라 사료비절감에 대한 해결책 모색은 양돈경영에서 절실한 과제로 급부상하였고, 본 연구에서는 포유모돈의 사료급여량 절

\* Corresponding author : Sung Hoon Lee, Livestock Experiment Station, Gyeongsangnamdo Livestock Promotion Research Institute, Sancheong 666-962, Korea. Tel: +82-55-211-6543, Fax: +82-55-211-6511, E-mail: sunghlee@feelgn.net

감 및 사료이용효율 최대화를 위한 시험을 피하였다. 일반적으로 포유기간 동안 신생자돈의 성장은 모돈의 유생산량과 밀접한 관련이 있어(Boyd와 Kensinger, 1998), 농가에서는 모돈의 젖생산 최대화를 통한 자돈의 성장을 극대화시키기 위해서 포유모돈에 사료를 자유급여하는 무제한급여방식으로 사용하고 있다. 하지만, 포유모돈의 무제한급여는 개체당 사료비 증가뿐만 아니라 사료허실이 많아 생산효율을 향상시키기 위한 보다 체계적인 대안모색이 절실하다. 사료영양학적 조절로 모돈 생산성의 감소 없이 포유모돈의 사료급여수준을 내릴 수 있다면 사료비 절감효과는 기타 성장단계의 돼지보다 그 효과가 클 것으로 사료된다.

최근 Lewis 등(1995)과 Yang 등(1999)은 젖소사료에 보충되는 효소제가 유선으로 영양소이행을 증가시켜 유질 및 유량을 향상시켰다고 보고하였다. 젖소에 대한 효소제개념을 포유모돈에 적용할 시, 포유모돈사료에 각종 소화효소가 함유된 복합효소를 첨가하면, 섭취사료에 대한 영양소이용율을 증가시켜 사료급여량을 줄이더라도 모돈의 생산성적은 개선될 수 있을 것으로 생각된다. 하지만, 기존의 복합효소에 대한 돼지연구는 육성-비육돈에 복합효소를 첨가하여 돼지의 증체량 및 생산성향상효과(Nyachoti 등, 2006; Veum과 Eilersieck, 2008)와 분말생량 및 분내 질소와 인배설량을 감소시켜 환경오염 감소효과에 주로 관심을 뒀(O'Connell 등, 2006), 포유모돈사료에 복합효소의 첨가가 모돈 생산성(복당자돈성적 및 유생산)에 미치는 영향에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 상업적으로 생산되는 *Aspergillus niger* 유래 복합효소를 포유모돈사료에 첨가한 후 제한급여하였을 때, 포유모돈의 생산성, 유생산 및 혈액성상에 미치는 영향을 조사하여 포유기에 다급하는 사료의 영양소 이용효율 향상을 통한 모돈 생산성 개선유도 및 사료비 절감의 한 방법을 제시하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시동물 및 실험설계

본 연구에 사용된 모돈은 경상남도 축산진흥연구소 축산시험장에

서 교배계획에 따라 생산 육성하고 있는 버크셔(Berkshire) 순종이었고, 건강상태 및 산차를 고려하여 5처리구, 처리군당 10두씩 포유모돈 50두를 공시하였다. 본 연구의 동물사용과 제반 관리는 경상남도 축산진흥연구소 동물실험윤리위원회의 승인을 받아 이루어졌다. 본 연구에 공시된 모든 모돈은 분만 일주일 전부터 분만사의 개별 분만스톨(2.4×1.7 m)로 이동시켜 시험사료를 급여하였고, 분만 후부터 이유 시까지 28일 간의 포유기간 동안 사양시험을 실시하였다. 본 연구에서 모돈당 자돈포유두수를 동일하게 맞추기 위하여 분만 48시간 이내에 위탁포유를 실시하여 모돈당 9두의 자돈으로 맞추었다.

실험설계는 Table 1에 나타난 바와 같이, 급여방법을 달리하는 무제한 급여구(1처리구: 무첨가구)와 제한급여구(4처리구)로 나누었고, 자율사료섭취량의 85%를 급여하는 제한급여구는 복합효소 수준별로 각 0, 0.02, 0.04, 0.08%씩 첨가 급여하였다. 공시모돈의 산차구성은 2산에서 5산으로 평균 3.53산이었고, 체중, 체평점 및 등지방두께는 236.14 kg, 2.26 및 14.83 mm로 나타나 처리군 간 모돈의 상태는 유사하였다.

### 2. 실험사료 및 복합효소

시험사료는 시판되는 포유모돈사료(부경양돈협동조합, 경남 김해 소재)에 복합효소를 첨가수준별로 첨가하여 배합되었고(Table 2), 무제한급여구(무첨가구)와 제한급여구(0, 0.02, 0.04 및 0.08%) 모돈에 각 시험사료를 아침과 저녁으로 나누어 두 번 급여하였다. 무제한급여구는 자유급식시키고, 제한급여구는 자율사료섭취량의 85%로 사료급여수준을 제한하였다. 무제한급여구는 예비시험을 통하여 포유기 모돈의 최대 섭취수준이 사료원물기준으로 대략 6 kg 정도 섭취하는 것으로 나타나 실험기간 동안 6 kg으로 급여량을 제한하였다. 제한급여구는 약 5 kg(무제한급여구의 85% 수준)으로 제한 급여하였다. 무제한 및 제한 급여구의 목표 섭취량은 분만 후 1주일 이내에 섭취수준에 도달할 수 있도록 사양하였다. 분만 당일에는 사료를 급여하지 않았고, 분만 다음날부터 모돈 두당 일일 2.5~3 kg을 급여하여 점차적으로 일당 0.5~0.7 kg씩 사료를 증량

Table 1. Experimental design and body description of sows subjected to this trial

Item	Feeding method Enzyme level	Feed restriction <sup>1)</sup>				SEM <sup>2)</sup>	P< <sup>3)</sup>
		<i>ad libitum</i> 0 %	0 %	0.02 %	0.04 %		
No. of sows		10	10	10	10	10	—
Parity		3.50	3.40	3.50	3.83	3.43	1.24
Body weight, kg		235.83	235.00	236.67	237.50	235.71	15.89
Body condition score <sup>4)</sup>		2.25	2.20	2.17	2.25	2.43	0.49
Backfat depth, mm		14.67	14.87	14.39	14.61	15.62	2.30

<sup>1)</sup> Diets were offered to 85% level of voluntary feed intake.

<sup>2)</sup> Standard error of the mean.

<sup>3)</sup> Significant if P<0.05.

<sup>4)</sup> 1 = overly thin and 5 = overly fat.

Table 2. Chemical composition (%) of experimental diets on the dry matter basis

Chemical composition <sup>1)</sup>	Supplemental levels of multi-enzyme complex			
	0%	0.02%	0.04%	0.08%
Moisture, %	11.43	11.39	11.27	11.47
Crude Protein, %	18.32	18.31	18.35	18.39
Crude fat, %	9.43	8.97	9.37	9.73
Crude ash, %	6.19	5.48	5.71	5.60
Crude fiber, %	6.14	7.18	5.96	6.37
Nitrogen free extracts, %	59.92	60.06	60.61	59.91
Calcium, %	0.84	0.72	0.73	0.70
Phosphorus, %	0.58	0.55	0.54	0.53
Lysine, %	0.86	0.82	0.86	0.81
Digestible energy <sup>2)</sup> , Mcal/kg	3.64	3.64	3.64	3.64

<sup>1)</sup> Analyzed values.

<sup>2)</sup> Value was obtained from feed mill.

하여 5~6 kg까지 급여하였다. 물은 자동급수기에서 자유로이 음수할 수 있도록 하였다.

한편, 본 연구에 사용된 복합효소는 고상발효로 생산되는 *Aspergillus niger* 발효배양물 (Allzyme<sup>®</sup>SSF, Alltech Biotechnology Corp. Inc., Nicholasville, KY, USA)로서 α-amylase, β-glucanase, cellulase, protease, pectinase, phytase, xylanase 및 lipase를 함유하고 이들 각 효소의 최소활성은 g당 각각 30, 200, 40, 700, 4000, 300, 100 및 100단위를 가졌다.

### 3. 사료섭취량, 등지방두께, 체평점 및 시료채취

사료섭취량은 1일 2회 급여량과 다음날 아침 사료급여 전 잔여 사료를 수거하여 그 차이에 의하여 계산되었다. 포유기간 동안 모돈의 체지방 손실을 알아보기 위하여 등지방두께는 분만전후 및 이 유시에 Digital backfat indicator (Renco lean-meter, USA)를 이용하여 1번째 및 10번째 늑골과 요추 세 부위의 정중선으로부터 5 cm 떨어진 곳에서 측정하여 평균값을 산출하였다. 포유기간 동안 모돈의 돈유성상 및 돈유내 영양성분을 처리군 간에 비교하기 위하여 포유 21일째에 포유자돈을 격리하여 oxytocin 20 IU를 모돈에 주사한 후에 각 모돈당 50 mL의 돈유를 채취하였다. 채취한 돈유는 유성분분석을 위해 분석 시까지 -80℃ 냉동고에 보관하였다.

포유 21일째에 유생산량을 조사하기 위하여 Speer와 Cox (1984)의 weigh-suckle-weigh법에 따라 포유 전 1시간 동안 어미로부터 자돈을 격리한 후, 포유 전 복당 자돈체중을 측정한 후 자돈을 1시간 동안 포유시킨 다음 자돈의 무게를 다시 측정하여 복당 자돈중체중을 계산하였다. 이와 같은 절차를 3회 이상 실시하여 시간당 증체중을 계산하였고, 시간당 증체중에 24를 곱하여 일일 복당증체중을 산출하였다. 이상의 과정을 거쳐 계산된 값을 이용하여 일일

유생산량을 결정하였다.

모돈의 실험개시 및 이유시 체평점 (BCS: body condition score)의 측정은 Coffey 등 (1999)에 의해 제안된 시각적 평가법 (visual-appraisal method)을 이용하여 조사하였는데, 모돈 후미쪽 (caudal)에서 보아 관골돌기, 등뼈 및 갈비뼈의 시각적인 관찰과 눌러서 뼈가 만져지는 감도에 따라 체평점을 1~5점으로 표시하였고, 1점은 심각하게 야윈 상태, 5점은 과도하게 비만한 상태로 나타내었다.

그리고, 포유모돈사료에 복합효소첨가에 따른 모돈의 혈액성상변화를 조사하기 위하여 포유 27일차 아침사료급여 (07:00)전 10 mL용량 혈청분리용 진공시험관 (Becton Dickinson Co., Franklin Lakes, NJ, USA)을 이용 모돈의 경정맥을 통하여 혈액을 채취하였다. 채취된 혈액은 혈청분리를 위해 온도가 4℃로 유지된 원심분리기에서 3,000 × g 15분간 원심분리하였으며, 분리된 혈청은 실험실로 운반하여 분석 시까지 -80℃ 냉동고에 보관하였다.

한편, 분배설량과 분내 질소 및 인함량을 조사하기 위하여 시험종료 전 3일 동안 모든 모돈에서 전분채취법으로 분량(糞量)을 측정하였고, 수집한 분 중 일부를 취하여 60℃ 48시간 동안 건조시킨 후 수분함량을 측정하였다. 이후 분을 분쇄하여 분내 질소 및 인함량을 분석하였다.

### 4. 사료, 분, 혈액 및 돈유분석

실험사료의 일반조성분 및 분의 질소, 인함량은 AOAC (1995) 방법에 따라 분석하였고, 혈액 중 유리지방산을 제외한 모든 성분은 자동혈액분석기 (ADVIA 1650, Bayer, Japan)를 이용하여 분석하였으며, 유리지방산은 spectrophotometer (Hitachi 7180, Hitachi, Japan)를 이용하여 분석하였다. 돈유내 성분은 Lactoscope (Petta. Ins. Co., the Netherlands)를 이용하여 분석하였다.

### 5. 통계분석

본 실험에서 얻어진 모든 결과자료는 SAS program (2009)의 GLM (general linear model) procedure를 이용하여 처리군 간 평균비교는 Duncan 다중검정으로 분석하였고, 처리군의 유의성은 5% 수준 (P<0.05)에서 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 모돈 생산성

포유모돈사료에 복합효소를 첨가하였을 때, 모돈의 복당생산성에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 포유기간은 전 처리군 평균 26.97일로 처리군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 사료 섭취량은 제한급여군에 비하여 무제한급여군이 유의하게 높았다 (P<0.01). 하지만, 제한급여군내에서 복합효소수준에 의하여 사료 섭취량이 영향을 받지 않았다. 이는 Ji와 Kim (2004)의 연구와 일

Table 3. Litter performances of feed-restricted sows supplemented with multi-enzyme complex

Item	Feeding method	Feed restriction <sup>1)</sup>				SEM <sup>2)</sup>	P< <sup>3)</sup>	
	Enzyme level	<i>ad libitum</i> 0 %	0 %	0.02 %	0.04 %			0.08 %
Duration of lactation, d		26.50	27.40	26.83	27.67	26.43	1.56	0.5663
Feed intake, kg/d								
as-fed		5.78 <sup>a</sup>	4.98 <sup>b</sup>	4.97 <sup>b</sup>	4.97 <sup>b</sup>	4.96 <sup>b</sup>	0.14	<0.0001
dry matter		5.08 <sup>a</sup>	4.38 <sup>b</sup>	4.44 <sup>b</sup>	4.41 <sup>b</sup>	4.39 <sup>b</sup>	0.12	<0.0001
Litter size								
at initiation		9	9	9	9	9	—	—
at weaning		8.67	8.92	8.84	8.76	8.86	0.30	0.2460
Litter body weight, kg								
at birth		13.54	12.47	12.59	13.08	13.88	1.81	0.6196
at weaning		69.08 <sup>a</sup>	57.59 <sup>b</sup>	62.63 <sup>ab</sup>	66.31 <sup>a</sup>	66.36 <sup>a</sup>	4.78	0.0412
Piglet body weight, kg								
at birth		1.50	1.39	1.40	1.45	1.54	0.20	0.6093
at weaning		7.97 <sup>a</sup>	6.46 <sup>b</sup>	7.08 <sup>ab</sup>	7.57 <sup>a</sup>	7.49 <sup>a</sup>	0.50	0.0255
Litter weight gain, kg/d		2.09 <sup>a</sup>	1.72 <sup>b</sup>	1.83 <sup>ab</sup>	1.92 <sup>ab</sup>	2.03 <sup>ab</sup>	0.19	0.0461
Average daily gain, g/piglet		238.73 <sup>a</sup>	191.53 <sup>c</sup>	203.39 <sup>bc</sup>	213.60 <sup>abc</sup>	230.12 <sup>ab</sup>	18.71	0.0351

<sup>a,b,c</sup> Means with different superscripts within the same row significantly differ.

<sup>1)</sup> Diets were offered to 85% level of voluntary feed intake.

<sup>2)</sup> Standard error of the mean.

<sup>3)</sup> Significant if P<0.05.

치된 결과로, Ji와 Kim (2004)은 포유모돈사료에 탄수화물분해효소(carbohydrase)의 첨가로 가소화영양소수준은 증가하나 포유모돈의 사료섭취량에는 영향을 주지 않는다고 보고하였다. Veum과 Eilersieck (2008) 또한 육성기 및 비육기 돼지에 *Aspergillus niger* 유래 효소(phytase)를 급여하였을 때, 사료섭취량에는 아무런 영향이 나타나지 않았지만, 효소첨가수준이 증가함에 따라 일당 증체량 및 사료효율은 개선된다고 보고하였다.

본 연구에서 각 처리군의 모돈이 분만을 한 후, 모돈당 동일한 수의 포유개시 자돈을 맞추었다. 이유 시 자돈수는 사료급여수준 및 복합효소첨가로 차이가 나타나지 않았다. 일반적으로 이유 시 자돈수는 모돈사료 내 단백질수준과 깊은 관련이 있는 것으로 알려져 있는데(Mahan과 Mangan, 1975; NCR-42, 1978), Brendemuhl 등 (1987)은 포유 시 모돈에 대한 고단백질사료급여는 복당이유자돈수를 감소시킨다고 하였고, 고단백질사료의 섭취는 모돈의 혈중 요소농도를 증가시켜 유선으로 요소가 전이되어 자돈에 나쁜 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다. 하지만, 본 연구에서 모든 처리군 사료의 단백질수준은 건물기준 약 18.3%로 비슷하였고(Table 2), 비록 무제한급여 무처리군이 상대적으로 많은 단백질을 섭취할 것으로 판단되나, 모돈의 혈중요소농도가 다른 처리군과 차이가 없는 것으로 나타나 복당이유자돈수에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Table 5). 복당생시체중은 전 처리군 평균 13.11 kg으로 처리군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

한편, 복당이유체중, 일일복당증체중, 자돈이유체중 및 일일자돈 두당증체중은 제한급여군내에서 복합효소첨가수준이 증가함에 따라 유의하게 증가하였다(P<0.05). 이는 포유모돈사료에 복합효소첨가에 의한 사료내 영양소이용율이 향상되어 자돈의 영양급원인 돈유를 통한 영양소섭취가 증가하여 나타난 결과인 것으로 사료된다. 하지만, 복당이유체중, 자돈이유체중 및 일일복당증체중은 무제한급여 대조군과 제한급여내 첨가군 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 사료내 복합효소의 수준증가는 사료내 영양소이용율을 향상시키고, 그 결과로서 흡수된 영양소의 증가는 돈유로 이행하여 복당이유체중, 자돈이유체중 및 일일복당증체중을 개선시키는 것으로 나타났으며, 제한급여 사료내 복합효소의 이용은 무제한급여군에 상응하는 효과를 보여주어 사료절약 효과가 나타났다. 김 등 (2007)은 복합효소제 함유 식물성단백질 공급원을 포유모돈에 급여하였을 때, 자돈의 증체량이 개선된다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다. 자돈생시체중은 처리군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

또한 일일자돈두당증체중은 0.04 및 0.08% 제한급여구가 무제한급여 대조군과 유의한 차이가 나타나지 않았고, 이는 0.04% 이상의 수준에서 무제한 사료급여수준에 준하는 자돈성장효과가 나타나는 것으로 나타났다. 무제한급여 대조군과 제한급여 대조군 간에는 무제한급여 대조군이 유의하게 높았다(P<0.05). 이는 모돈의 사료섭취량 증가에 따른 이행하는 영양소수준이 증가하여 자돈이 포유하는 돈유내 영양분이 증가하여 나타난 결과인 것으로 사료된다.

다. 또한 여러 연구자는 사료제한급여가 포유기 동안 복당자돈이유 체중을 감소시킨다고 하였고 (Reese 등, 1982; Eastham 등, 1988; Mullan과 Williams, 1989), Koketsu 등 (1997)은 무제한급여 모돈이 포유 2 및 3주차에 1일 1 kg 더 사료를 섭취하면 복당 자돈 증체중이 일당 0.035 kg씩 증가한다고 보고하였다.

2. 체평점과 등지방두께

포유모돈사료에 복합효소를 첨가하였을 때, 이유시 모돈체평점과 등지방두께 변화에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 제한급여 군내 복합효소수준이 증가함에 따라 이유시체평점 및 등지방두께가 유의적으로 증가하였고 (P<0.05), 제한급여군내 첨가군은 무제한급여 대조군과 유의한 차이가 나타나지 않았다. 일반적으로 포유기간 동안 모돈의 과도한 체중 감소는 이유 후 모돈의 차기번식성적(제귀발정, 수태 및 복당산자수)에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있어 포유기간 동안 체내 저장된 조직의 감소를 최소화하는 것이 중요하다 (King과 Williams, 1984a; Kirkwood 등, 1987). 포유모돈은 섭취한 사료에 함유되어 있는 영양소 및 체내에 저장되어 있는 단백질과 지방을 이용하여 모유를 생산한다.

본 연구에서는 포유모돈사료를 제한급여하는 대신 복합효소를 첨가하여 상대적으로 더 많은 영양소가 체내로 운반되도록 하여 무제한급여 대조군 간 이유시 등지방두께 및 체평점의 차이가 없었던 것으로 사료된다. Ji와 Kim (2004)은 포유기동안 유생산을 위해 모돈의 체중이 감소하지만, 포유모돈사료에 효소제 (carbohydrase)의 보충으로 체중의 손실을 상쇄시킬 수 있다고 보고하였다. 그리고 대조구의 제한급여 및 무제한급여 간에는 무제한급여가 제한급여보다 등지방두께가 유의하게 두꺼웠다 (P<0.05). 이는 사료내 에너지 및 단백질제한으로 등지방두께가 감소한다고 보고한 King과 Williams (1984b)의 결과와 일치하였다.

일일등지방두께 및 포유 중 등지방두께는 전반적으로 첨가수준이 증가함에 따라 적게 감소하는 경향이었다 (P>0.05). 본 결과는 사

료내 복합효소의 첨가로 유생산을 위한 영양소가 수준별로 체내에 더 많이 공급되어 체내 저장지방손실이 적었던 것으로 사료되고, Ji와 Kim (2004)도 포유모돈사료에 탄수화물분해효소의 첨가는 영양소 이용효율을 향상시켜 더 많은 영양소가 체내로 공급되어 체중손실이 대조구보다 적었다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. 제한급여 대조군은 일일등지방두께 변화량 및 포유 중 등지방두께 변화량이 각 -0.13 및 -3.75 mm로 가장 많은 등지방두께의 손실을 나타내었고, 무제한급여 대조군은 각 -0.08 및 -2.13 mm로 가장 적게 등지방두께가 손실되었다.

사료섭취량 제한은 적은 사료섭취량을 보상하기 위하여 체내 저장조직을 더 많이 동원하여 등지방두께가 얇아진다고 보고된 바 있다 (Reese 등, 1982; Prunier 등, 1993; Zak 등, 1997).

3. 혈액성상

포유모돈사료에 복합효소를 첨가하였을 때, 모돈의 혈액성상에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. 전반적으로 알부민, 혈중요소태질소, 총콜레스테롤, 중성지방, 포도당의 성분에는 유의한 효과가 나타나지 않았다. 본 연구에서 사용한 *Aspergillus niger* 유래 복합효소는 사료내 단백질 및 탄수화물의 분해 및 대사에는 유의한 효과를 가지지 않은 것으로 나타났다.

하지만, 무기인의 농도는 제한급여군내에서 복합효소수준이 증가함에 따라 유의하게 증가하였고 (P<0.05), 이는 사료내 함유 인의 이용율이 증가되어 혈중 수준이 증가한 것으로 판단된다. 일반적으로 옥수수-대두박 위주 양돈사료에 존재하는 인은 대부분이 피틴태인 (phytate P)으로 돼지 소화기관에서는 이를 분해할 수 있는 효소 (phytase)가 존재하지 않아 사료내 인을 이용할 수 없다 (Pointillart 등, 1984, 1987). 하지만, Harper 등 (1997)은 본 연구에서 이용한 균주 (*Aspergillus niger*) 유래 phytase를 육성-비육돈사료에 첨가하였을 때, 체내 인흡수 및 이용효율이 증가하였다고 보고하였고, Veum과 Ellersieck (2008)은 이용가능한 인과 칼슘이

Table 4. Changes in body condition score and backfat depth of sows at weaning

Item	Feeding method	Feed restriction <sup>1)</sup>					SEM <sup>2)</sup>	P< <sup>3)</sup>
	Enzyme level	<i>ad libitum</i> 0 %	0 %	0.02 %	0.04 %	0.08 %		
At weaning								
Body condition score <sup>4)</sup>		2.00 <sup>a</sup>	1.42 <sup>b</sup>	1.80 <sup>a</sup>	1.92 <sup>a</sup>	2.00 <sup>a</sup>	0.30	0.0110
Backfat depth, mm		14.11 <sup>a</sup>	11.00 <sup>b</sup>	12.33 <sup>ab</sup>	13.08 <sup>ab</sup>	13.80 <sup>a</sup>	1.72	0.0454
Δ Daily backfat depth, mm		-0.08	-0.13	-0.12	-0.10	-0.08	0.06	0.4965
Δ Lactational backfat depth, mm		-2.13	-3.75	-3.48	-2.68	-2.25	1.60	0.4977

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts within the same row significantly differ.

<sup>1)</sup> Diets were offered to 85% level of voluntary feed intake.

<sup>2)</sup> Standard error of the mean.

<sup>3)</sup> Significant if P<0.05.

<sup>4)</sup> 1= overly thin and 5 = overly fat.

Table 5. Blood metabolite concentrations of feed-restricted sows supplemented with multi-enzyme complex

Item	Feeding method	Feed restriction <sup>1)</sup>				SEM <sup>2)</sup>	P< <sup>3)</sup>	
	Enzyme level	<i>ad libitum</i>	0 %	0.02 %	0.04 %			0.08 %
Albumin, g/dL		4.10	4.14	4.17	4.15	4.28	0.20	0.5885
Blood urea nitrogen, mg/dL		10.40	12.03	12.17	12.36	11.40	1.32	0.1962
Total cholesterol, mg/dL		77.50	71.40	71.33	74.17	76.17	11.44	0.8494
Triglyceride, mg/dL		33.50	34.00	33.83	35.00	33.83	8.10	0.9986
Glucose, mg/dL		84.50	98.40	92.83	84.17	88.67	15.82	0.5453
Inorganic phosphorus, mg/dL		5.32 <sup>b</sup>	5.16 <sup>b</sup>	5.48 <sup>ab</sup>	5.60 <sup>ab</sup>	5.78 <sup>a</sup>	0.15	0.0311
NEFA <sup>4)</sup> , µEq/L		119.00 <sup>a</sup>	87.33 <sup>b</sup>	92.50 <sup>b</sup>	99.00 <sup>ab</sup>	112.00 <sup>a</sup>	10.01	0.0432

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts within the same row significantly differ.

<sup>1)</sup> Diets were offered to 85% level of voluntary feed intake.

<sup>2)</sup> Standard error of the mean.

<sup>3)</sup> Significant if P<0.05.

<sup>4)</sup> Non-esterified fatty acid.

결핍된 육성비육돈사료에 *Aspergillus niger* phytase를 수준별로 급여한 결과 인의 이용율이 향상되어 뼈강도 및 뼈회분량이 증가하였다고 보고하였다.

유지지방산(NEFA: non esterified fatty acid) 또한 복합효소의 수준이 증가함에 따라 제한급여군내에서 유의하게 증가하였고 (P<0.05), 무제한급여 대조군과 제한급여 0.04% 이상 첨가군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이로 미루어 볼 때, 복합효소 중 지방분해효소(lipase)의 작용이 유효하게 나타난 것으로 보인다. Fu 등 (1995)과 Macris 등 (1996)에 의하면, 지방을 지방산과 글리세롤로 분해시키는 lipase는 세균, 효모 및 곰팡이에 널리 존재하고, 특히 곰팡이류 중 *Aspergillus niger*는 lipase 생산에 많이 이용되고 산업적으로 활용하기에 적합하다고 설명하였다.

#### 4. 유생산

포유모돈사료에 복합효소를 첨가하였을 때, 돈유생산량 및 유성분에 미치는 영향은 Table 6에 나타내었다. 유생산량은 전반적으로 복합효소첨가수준이 증가함에 따라 처리군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한, 유지방, 유단백, 유당 및 무지고형분의 성분율은 처리군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았고, 유지방을 제외한 나머지 유성분의 생산량은 처리군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

하지만, 유지방생산량은 제한급여군내 복합효소첨가수준이 증가함에 따라 유의하게 증가하였고 (P<0.05), 0.04% 이상의 첨가수준에서는 무제한급여의 대조군과도 유의한 차이가 없었다. 본 연구에서 사료섭취량제한 및 복합효소첨가는 유생산량에 변화를 가져오지 않았고, 이는 전반적으로 본 실험에 사용된 모돈이 1일 돈유를 생

산하는데 필요한 사료영양소요구량이 부족하지 않았던 것으로 판단된다. Pluske 등 (1998)은 모돈이 기본적으로 요구하는 사료섭취량보다 더 높은 수준의 사료섭취는 유생산 보다는 모돈의 체성분으로 영양분이 저장된다고 하였고, 무제한급여수준과 유생산량이 유사하였다고 보고하였다. 유성분생산량은 혈액성상에서 나타난 결과와 유사하게도 유단백질, 유당 및 무지고형분이 처리군 간에 차이가 나타나지 않았고, 이는 복합효소 중 단백질 및 탄수화물분해효소가 모돈의 소화기관에서 제대로 작용하지 않았던 것으로 판단된다. 하지만, 유지방생산량은 혈중 유지지방산농도의 결과와 마찬가지로 복합효소의 첨가로 유지방생산량이 증가하였고, 이러한 돈유를 섭취한 자돈에서 더 높은 증체성적이 나타났는데 (Table 3), 이는 복합효소첨가구의 유지방생산량 증가와 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다.

#### 5. 분내 질소 및 인 함량

복합효소를 포유모돈사료에 수준별로 첨가하였을 때, 분배설량, 분질소 및 분인 배설량에 미치는 영향은 Table 7에 나타내었다. 분배설량은 무제한급여 대조군이 일일평균 479.48 g으로 제한급여군보다 유의하게 높았고 (P<0.05), 이와 같은 결과는 사료섭취량과 비슷한 양상을 나타내었다. 하지만, 제한급여군내 복합효소첨가수준이 증가하여도 분배설량에 유의한 차이가 나타나지 않았다. Omogbenigun 등 (2004)은 어린 돼지사료에 다양한 효소를 함유하는 복합효소를 첨가하였을 때, 건물소화율을 증가시켜 분배설량이 감소한다고 하였다. 하지만, Nyachoti 등 (2006)은 육성돈사료에 복합효소를 첨가하였지만 분배설량에는 차이가 없었다고 하였고, 이는 돼지의 나이에 따라 달라질 수 있어 나이든 돼지에서 효

Table 6. Milk yield and composition of feed-restricted sows supplemented with multi-enzyme complex

Item	Feeding method	Feed restriction <sup>1)</sup>				SEM <sup>2)</sup>	P< <sup>3)</sup>	
	Enzyme level	<i>ad libitum</i>	0 %	0.02 %	0.04 %			0.08 %
Milk yield, kg/d		8.64	8.29	8.33	8.34	8.48	0.83	0.9807
Milk fat								
%		9.31	7.71	7.78	8.08	8.79	1.36	0.4933
Yield, kg/d		0.80 <sup>a</sup>	0.64 <sup>b</sup>	0.64 <sup>b</sup>	0.67 <sup>ab</sup>	0.75 <sup>a</sup>	0.05	0.0334
Milk protein								
%		4.89	4.73	4.92	4.76	4.72	0.38	0.8932
Yield, kg/d		0.42	0.39	0.41	0.40	0.40	0.04	0.8857
Lactose								
%		5.30	5.43	5.34	5.40	5.40	0.21	0.9329
Yield, kg/d		0.46	0.45	0.45	0.45	0.46	0.05	0.9971
Solid-not fat								
%		10.50	10.55	10.64	10.57	10.47	0.36	0.9536
Yield, kg/d		0.91	0.87	0.89	0.88	0.91	0.09	0.9641

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts within the same row significantly differ.

<sup>1)</sup> Diets were offered to 85% level of voluntary feed intake.

<sup>2)</sup> Standard error of the mean.

<sup>3)</sup> Significant if P<0.05.

Table 7. Fecal nitrogen and phosphorus amount in feed-restricted sows supplemented with multi-enzyme complex

Item	Feeding method	Feed restriction <sup>1)</sup>				SEM <sup>2)</sup>	P< <sup>3)</sup>	
	Enzyme level	<i>ad libitum</i>	0 %	0.02 %	0.04 %			0.08 %
Dried fecal amount, g/d		479.48 <sup>a</sup>	389.00 <sup>b</sup>	409.66 <sup>b</sup>	386.09 <sup>b</sup>	387.32 <sup>b</sup>	15.37	0.0017
Fecal nitrogen, g/d		16.27	12.43	14.47	12.95	13.60	1.68	0.2083
Fecal phosphorus, g/d		8.73 <sup>a</sup>	8.17 <sup>a</sup>	7.85 <sup>ab</sup>	7.58 <sup>ab</sup>	7.10 <sup>b</sup>	0.48	0.0401

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts within the same row significantly differ.

<sup>1)</sup> Diets were offered to 85% level of voluntary feed intake.

<sup>2)</sup> Standard error of the mean.

<sup>3)</sup> Significant if P<0.05.

소첨가효과가 적게 나타날 수 있다고 보고하였다.

분질소배설량도 처리군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이는 단백질분해와 관련이 있는 것으로 이전의 혈액 및 유생산성적 과 유사한 양상을 나타내었다. 하지만, 분중 인배설량은 제한급여군 내 복합효소수준이 증가함에 따라 분내 인배설량이 유의하게 감소하였고(P<0.05), 0.08% 첨가 제한급여군의 인배설량이 가장 낮았다. 이는 혈중 인농도와 연계하여 복합효소내 존재하는 *phytase*에 의하여 장내 인의 흡수가 증가하여 나타난 결과로 사료되고, Veum 과 Ellersieck (2008)의 연구에서도 유사한 결과를 보고하였다.

## 6. 경제성 분석

복합효소를 포유모돈사료에 첨가하였을 때, 복당자돈증체량대비 모돈사료비에 미치는 영향은 Table 8에 나타내었다. 포유모돈의 사료비와 복합효소비를 kg당 각 588원과 16,500원으로 모돈 두당사료섭취량에 적용하였을 때, 모돈 두당 일일 총사료비는 무제한급여 대조군이 3,399원으로 가장 높았고, 제한급여 대조군이 2,928원으로 가장 낮았다. 그리고 제한급여군내 복합효소수준 증가에 따른 사료비 총액이 증가하여 첨가최대수준인 0.08%군에서 2,982원의

Table 8. Comparison of feed costs between sows supplemented with and without multi-enzyme complex per litter weight gain

Item	Feeding method	Feed restriction <sup>1)</sup>				
	Enzyme level	<i>ad libitum</i> 0 %	0 %	0.02 %	0.04 %	0.08 %
Cost, won/sow/d						
Feed (A) <sup>2)</sup>		3,398.64	2,928.24	2,922.36	2,922.36	2,916.48
Enzyme additives (B) <sup>3)</sup>		none	none	16.40	32.80	65.47
(A) + (B)		3,398.64	2,928.24	2,938.76	2,955.16	2,981.95
Feed cost, won/sow/d						
per kg of daily litter weight gain		1,626.14	1,702.47	1,605.88	1,539.15	1,468.94
Relative index, %		100.00	104.69	98.75	94.65	90.33
Cost-reduction, %		0.00	-4.69	1.25	5.35	9.67

<sup>1)</sup> Diets were offered to 85% level of voluntary feed intake.

<sup>2)</sup> Applied 588 won/kg of commercial lactating sow diet.

<sup>3)</sup> Applied 16,500 won/kg of commercial multi-enzyme complex.

사료비가 계산되었다. 모돈복당 자돈중체 kg당 모돈사료비는 제한 급여의 대조군이 1,702원으로 가장 높았고, 다음이 무제한급여의 대조군, 제한급여군내 0.02, 0.04 및 0.08% 순으로 각각 1,626원, 1,606원, 1,539원 및 1,469원으로 낮아졌다.

포유모돈사료에 복합효소를 첨가하였을 때, 무제한급여 대조군 대비 사료비는 최소 1.25%에서 최대 9.67%의 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 이에 반하여 제한급여군내 대조군은 복당자돈중체 대비 사료비가 기존사양방식(무제한급여방식) 보다 더 많은 사료비 (4.69% 더 소비)가 소요되는 것으로 나타났다. 경제성을 분석해 본 결과 복합효소첨가로 사료내 영양소이용율 향상에 따른 복당자돈중체량대비 사료비가 감소하여 양돈농가의 생산비를 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

### 요 약

본 연구는 제한급여하는 포유모돈사료에 *Aspergillus niger* 유래 복합효소를 수준별로 첨가하였을 때, 무제한급여 무첨가구와 비교하여 포유모돈의 생산성, 유생산 및 혈액성상에 미치는 영향을 조사하였다. 처리군은 무제한급여 대조군, 제한급여군내 0%, 0.02%, 0.04%, 0.08% 복합효소첨가구의 5처리구이었고, 처리구당 10두씩 총 50두의 모돈(Berkshire)을 공시하였다. 포유기간 동안 모돈당 포유자돈수는 9두로 표준화하였다. 모돈의 혈액성상을 조사하기 위하여 포유 27일차 오전사료급여 전에 모돈의 혈액을 채취하였다. 복합효소 첨가수준이 증가함에 따라 복당이유체중, 자돈이유체중 및 복당중체중은 유의하게 증가하였고(P<0.05), 무제한급여 대조군과 제한급여내 첨가군 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 복합효소 첨가수준이 증가함에 따라 이유시 체평점 및 등지방두께가 유의하게 증가하였고(P<0.05), 포유 중 등지방두께가 전반적으로

로 복합효소 첨가수준이 증가함에 따라 적게 감소하는 경향이였다(P>0.05). 혈중 무기인의 농도는 복합효소수준이 증가함에 따라 유의하게 증가하였고(P<0.05), 혈중 유리지방산농도는 복합효소의 수준이 증가함에 따라 유의하게 증가하였다(P<0.05). 유생산량은 처리군 간에 유의한 차이가 없었고, 유지방생산량은 복합효소첨가 수준이 증가함에 따라 유의하게 증가하였다(P<0.05). 분배설량은 무제한급여군이 제한급여군보다 유의하게 높았지만(P<0.01), 제한 급여군내 복합효소수준이 증가함에 따라서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 분중 인배설량은 복합효소수준이 증가함에 따라 분내 인배설량이 유의하게 감소하였다(P<0.05). 복당자돈중체대비 모돈 사료비는 복합효소수준이 증가함에 따라 무제한급여 대조군에 비하여 1.25% 내지 9.67% 절감되었다. 이상의 결과로부터 제한급여하는 포유모돈사료에 복합효소의 첨가는 포유기동안 복당 자돈생산성을 증가시켰을 뿐만 아니라 무제한 급여수준에 준하는 생산성적용을 나타내어 사료비 절감효과가 나타났다. 또한 복합효소의 수준별 첨가에 따른 분중 인배설량 감소는 환경오염감소에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

### 인 용 문 헌

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

Boyd, R. D. and Kensinger, R. S. 1998. Metabolic precursors for milk synthesis. Page 71 in The Lactating Sow. Verstegen, M. W. A., Moughun, P. J. and Schrama, J. W. ed. Wageningen Press, Wageningen, the Netherlands.

Brendemuhl, J. H., Lewis, A. J. and Peo Jr., E. R. 1987. Effect of protein and energy intake by primiparous sows during lactation



- on sow and litter performance and sow serum thyroxine and urea concentrations. *J. Anim. Sci.* 64:1060-1069.
- Coffey, R. D., Parker, G. R. and Laurent, K. M. 1999. Assessing sow body condition. In Publ. ASC 158, University of Kentucky Cooperative Extension Service, Lexington, KY.
- Eastham, P. R., Smith, W. C., Whittemore, C. T. and Phillips, P. 1988. Response of lactating sows to food level. *Anim. Sci.* 46:71-77.
- Fu, X., Zhu, X., Gao, K. and Duan, J. 1995. Oil and fat hydrolysis with lipase from *Aspergillus* sp. *JAOCS* 72:527-531.
- 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.
- Ji, F. and Kim, S. W. 2004. Effects of carbohydrase supplement on lactation performance of primiparous sows fed corn-soybean meal based lactation diet. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 17:533-537.
- King, R. H. and Williams, I. H. 1984a. The effect of nutrition on the reproductive performance of first-litter sows. 1. Feeding level during lactation, and between weaning to mating. *Anim. Prod.* 38:241-247.
- King, R. H. and Williams, I. H. 1984b. The effect of nutrition on the reproductive performance of first-litter sows. 2. Protein and energy intakes during lactation. *Anim. Prod.* 38:249-325.
- Kirkwood, R. N., Baidoo, S. K., Aherne, F. X. and Sather, A. S. 1987. The influence of feeding level during lactation on the occurrence and endocrinology of the post weaning estrus in sows. *Can. J. Anim. Sci.* 67:405-415.
- Koketsu, Y., Dial, G. D., Pettigrew, J. E. and King, V. L. 1997. Influence of feed intake during individual weeks of lactation on reproductive performance of sows on commercial farms. *Livest. Prod. Sci.* 49:217-225.
- Lewis, G. E., Sanchez, W. K., Treacher, R., Hunt, C. W. and Pritchard, G. T. 1995. Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on lactational performance of midlactation Holstein cows. *Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci. Can. Soc. Anim. Sci.* 46:310-313.
- Macris, J. B., Kourentzi, E. and Hatzinkolaou, D. G. 1996. Studies on localization and regulation of lipase production by *Aspergillus niger*. *Process Biochem.* 31:807-812.
- Mahan, D. C. and Mangan, L. T. 1975. Evaluation of various protein sequences on the nutritional carry-over from gestation to lactation with first-litter sows. *J. Nutr.* 105:1291-1298.
- Mullan, B. P. and Williams, I. H. 1989. The effect of body reserves at farrowing on the reproductive performance of first-litter sows. *Anim. Prod.* 48:449-457.
- NCR-42 Committee Swine Nutrition. 1978. Effect of protein level during gestation and lactation on reproductive performance in swine. *J. Anim. Sci.* 46:1673-1684.
- Nyachoti, C. M., Arntfield, S. D., Guenter, W., Cenkowski, S. and Opapeju, F. O. 2006. Effect of micronized pea and enzyme supplementation on nutrient utilization and manure output in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84:2150-2156.
- O'Connell, J. M., Callan, J. J. and O'Doherty, J. V. 2006. The effect of dietary crude protein level, cereal type and exogenous enzyme supplementation on nutrient digestibility, nitrogen excretion, faecal volatile fatty acid concentration and ammonia emissions from pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 127:73-88.
- Omogbenigun, F. O., Nyachoti, C. M. and Slominski, B. A. 2004. Dietary supplementation with multi-enzyme preparations improves nutrient utilization and growth performance in weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 82:1053-1061.
- Pluske, J. R., Williams, I. H., Zak, L. J., Clowes, E. J., Cegielski, A. C. and Aherne, F. X. 1998. Feeding lactating primiparous sows to establish three divergent metabolic states: III. Milk production and pig growth. *J. Anim. Sci.* 76:1165-1171.
- Pointillart, A., Fontaine, N. and Thomasset, M. 1984. Phytate phosphorus utilization and intestinal phytases in pigs fed low phosphorus: Wheat or corn diets. *Nutr. Rep. Int.* 29:473-483.
- Pointillart, A., Fourdin, A. and Fontaine, N. 1987. Importance of cereal phytase activity for phytate phosphorus utilization by growing pigs fed diets containing triticale or corn. *J. Nutr.* 117:907-913.
- Prunier, A., Dourmad, J. Y. and Etienne, M. 1993. Feeding level, metabolic parameters and reproductive performance of primiparous sows. *Livest. Prod. Sci.* 37:185-196.
- Reese, D. E., Moser, B. D., Peo Jr., E. R., Lewis, A. J., Zimmerman, D. R., Kinder, J. E. and Stroup, W. W. 1982. Influence of energy intake during lactation on the interval from weaning to first estrus in sows. *J. Anim. Sci.* 55:590-598.
- SAS. 2009. SAS/STAT® User's guide (Release 9.1 ed.). Statistics, SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Speer, V. C. and Cox, D. F. 1984. Estimating milk yield of sows. *J. Anim. Sci.* 59:1281-1285.
- Veum, T. L. and Ellersieck, M. R. 2008. Effect of low doses of *Aspergillus niger* phytase on growth performance, bone strength, and nutrient absorption and excretion by growing and finishing swine fed corn-soybean meal diets deficient in available phosphorus and calcium. *J. Anim. Sci.* 86:858-870.
- Yang, W. Z., Beauchemin, K. A. and Rode, L. M. 1999. Effects of an enzyme feed additive on extent of digestion and milk

- production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:391-403.
- Zak, L. J., Cosgrove, J. R., Aherne, F. X. and Foxcroft, G. R. 1997. Pattern of feed intake and associated metabolic and endocrine changes differentially affect postweaning fertility in primiparous lactating sows. *J. Anim. Sci.* 75:208-216.
- 김효진, 조진호, 진영걸, 유종상, 신승오, 황엽, 김인호. 2007. 포유모돈에 있어 복합효소제 함유 식물성 단백질 공급원이 생산성과 돈유성상에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지.* 49:745-752.
- 통계청. 2010. 2009년 축산물생산비 조사결과. <http://kostat.go.kr>
- 한국육류유통수출입협회. 2010. 육류 유통 실태조사. VOL11 p. 79-80. (접수일자 : 2010. 4. 14 / 수정일자: 2010. 7. 27 / 채택일자 : 2010. 8. 4)