

Phytase를 이용한 환경친화성 육성돈사료개발

김인호* · 홍종욱

단국대학교 동물자원과학과

Development of Growing Pig Diets for Environment-Friendly by Using Phytase

Kim In-Ho · Hong Jong-Wook

Dept. of Animal Resource and Science, Dankook University

〈목 차〉

ABSTRACT

- I. 서언
- II. 재료 및 방법

- III. 결과 및 고찰
- IV. 결 요
- 참고문헌

ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate the effects of adding phytase on nutrient digestibility in growing pigs. Three barrow pigs averaging $28.5 \pm 3.1\text{kg}$ of body weight were allotted to three treatments by 3×3 latin square. Treatments included 1) corn-soybean meal based-control diet and 2) and 3) control diet with phytase 500 and 1,000 unit. There were no effects of treatments on dry matter and nitrogen digestibility ($P > 0.05$). Ash, Ca and P digestibility in pigs fed diet with phytase were greater than those in pigs fed control diet($P < 0.05$). An increased phosphorus intake was observed from pigs fed diet with treatments compared to that from pigs fed control diet. Pigs fed diet with adding phytase had improved P absorption compared to pigs fed control diet($P < 0.05$). There was no significantly effect on fecal and urine excretion($P < 0.05$). Ca intake was increased for pigs fed adding phytase compared to pigs fed control diet. No evident effect was observed on Ca fecal excretion among dietary treatments, however,

urine excretion of pigs fed diet with treatments was decreased compared to pigs fed control diet. Cystine, isoleucine, tyrosine and phenylalanine digestibility of amino acid were greater for pigs fed diet with treatments than those for pigs fed control diet($P<0.05$). Asparagine, threonine, serine, methionine and leucine digestibility were improved for pigs fed with phytase 500 unit compared to pigs fed control diet. Lysine, histidine, arginine and other amino acids digestibility were higher for pigs fed diet with phytase than control diet, but there were no significant effects by the treatments($P>0.05$). In conclusion, the results of the experiments suggest that phytase supplementation in the diets could be a very beneficial strategy in environmental aspects.

I. 서 언

근래 축산업은 축사의 집약화, 대규모화로 빠른 성장을 하였는데 이는 가축분뇨의 생산량을 급증시키고 있다. 과잉된 분뇨를 토양에 과다하게 산포하면 빗물에 씻기거나 침출되어 지표수와 지하수가 오염되기 때문에 가축의 분뇨가 환경에 미치는 영향은 국내는 물론 세계적으로 중요 관심사가 되었다. 이러한 오염의 주범 중에서도 특히 문제시되는 분중 영양소는 인과 질소이다. 이중 인은 수로를 따라 저수지나 강으로 유입되면서 조류(algae)와 수중식물의 성장을 과다하게 촉진시키는 부영양화의 원인이 되어 어류와 조류 등의 폐사를 유발시킨다(허 등, 1992 ; 김 등, 1995). 또한 질소는 토양미생물에 의해 질산염을 생성하며, 암모니아 가스를 발생하여 냄새를 유발하고, 증발되어서는 산성비의 원인이 된다.

한편 가축의 사료내에 포함되어 있는 인은 피틴태라 불리는 유기화합물로서 옥수수, 대두박 등의 곡류, 박류로부터 만들어지는 부산물 사료와 식물성 식품에 다량으로 존재한다. 그러나 이러한 피틴산은 사람이나 돼지 또는 가금류 등의 단위동물에게는 효율적으로 이용할 수 없는데 이는 피틴산이 단백질, 비타민 그리고 광물질 등과 상호작용하는 항영양 인자이기 때문이다. 피틴산은 영양소의 흡수를 억제할 뿐만 아니라, 소화에 관여하는 펩신, 트립신, α -아밀라제 등의 중요한 효소 기능을 억제한다(Hartman, 1979). 그러므로 영양소 이용률을 촉진시키는 효소의 작용을 원활하게 하여 옥수수와 대두박내 인의 이용성을 높인다면 무기태 인의 보충을 현저히 줄이거나 완전히 배제할 수 있을 것이다.

결국 경제적이고 환경 친화적인 사료를 개발하기 위해서는 보다 정확한 영양소 평가를 위한 연구가 필요하리라고 본다. 따라서, 본 실험은 육성돈 사료에 phytase를 첨가하여 칼슘과 인 그리고 아미노산의 소화율에 미치는 영향을 구명하기 위해 대사시험을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1) 공시동물 및 시험설계

개시체중이 $28.5 \pm 3.1\text{kg}$ 인 3마리 거세 육성돈(Landrace × Duroc × Yorkshire)을 공시하여 3×3 Latin square 방법으로 시험을 수행하였다. 옥수수-대두박을 기초한 육성돈 사료를 대조군으로 하였고 처리구는 기초 육성돈 사료에 phytase를 500 unit/kg 첨가한 구와 1,000 unit/kg로 첨가 수준을 달리하였다.

2) 사양방법

사료 급여량은 유지를 위한 제한급여로 시험 시작시 각 돼지 체중의 5%를 사료량으로 공급하였다. 약 1시간동안 섭취하게 한 후 남은 사료의 무게를 측정하였다. 사료의 급여는 하루 3번으로 아침(7시), 점심(1시), 저녁(7시)에 급여하였고, 급여 전후에는 항상 물을 자유 채식도록 하였다. 사육실의 온도는 평균 20°C , 습도는 40-50%를 유지하였으며, 자동 통풍시설을 갖춘 대사실에서 사육하였다.

3) 시험사료

시험사료는 옥수수-대두박 기초사료로 Cr을 0.25% 첨가하여 배합하였다. 총 에너지는 3,450 kcal metabolizable energy/kg, crude protein은 16.5%, lysine는 0.94%로 NRC (1988) 사양포준을 기초로 하여 배합하였다. 시험 기초사료의 배합율과 영양소 함량은 Table 1과 같다.

Table 1. Formula and chemical composition of the diet

Ingredients	%
Corn	52.44
Soybean meal	18.00
Wheat	10.00
Wheat bran	3.00
Rape seed meal	3.00
Fish meal	1.00
Molasses	3.50
Tallow	5.40
Monocalcium phosphate	1.00
Lysine	0.11
Limstone	0.60
Vitamin-Mineral premix ^a	0.65
Seassam oil meal	1.00
Salt	0.30

Ingredients	%
Nutrient content ^b	
Metabolizable energy, kcal/kg	3,450
Crude protein, %	16.50
Lysine, %	0.94
Calcium, %	0.80
Phosphorus, %	0.60

^aProviding the followings per kg of diet : Vitamin A, 7,000IU ; Vitamin D₃, 1,400IU ; Vitamin E, 8mg ; Vitamin K₃, 3.2mg ; Vitamin B₂, 4mg ; Vitamin B₆, 0.8mg ; Niacin, 6mg ; Pantothenic acid, 5.2mg ; Choline, 3.69mg ; Vitamin B₁₂ 0.01mg ; Mn, 77mg ; Zn, 66mg ; Cu, 10mg ; Fe, 62mg ; I, 0.3mg ; BHT, 0.5mg ; Co, 1mg ; Mg, 43mg.

^bCalculated values.

4) 대사시험

시험 기간동안 분과 뇨의 채취는 시험 6일 중에 4일간의 적응기간 후 마지막 2일 동안 아침 사료를 급여한 후 채취하였다. 이때 매 반복(총 3반복)마다 개시시 체중, 종료시 체중 그리고 사료 섭취량을 조사하였다.

분뇨 채취는 대사 케이지 밑에 설치한 채분통에서 스크린에 걸려 있는 분과 그 밑으로 뇨를 받아 이물질이 섞이지 않게 주의하여 채취하였다. 채뇨통에는 미리 10% HCl 50ml을 첨가하였다. 분은 약 200g을 채취하여 60℃의 전조기에서 24시간 동안 전조하고, 분쇄하여 냉동 보관하여 분석에 이용하였다. 뇨는 배설한 양을 모두 측정하고 이물질을 채에 걸러준 후 뇨의 총량 중 5%를 채취하여 냉동 보관하였다.

5) 화학분석 및 통계처리

시험사료와 채취된 분과 뇨의 화학분석은 AOAC(1994)에 의거하여 분석하였으며 사료내 무기물 시료는 550℃에서 6시간 이상 회화한 후 분광 광도계를 이용하여 측정하였다.

아미노산 분석은 시료를 6N HCl 용액으로 16시간 동안 110℃에서 가수분해하여(Mason, 1984) 아미노산 자동분석기(automatic acid analyzer ; LKB model 4150, alpha)를 사용하여 측정하였다.

모든 자료는 SAS(1985)의 GLM procedure를 이용하여 Duncan's multiple rang test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성 검정을 하였다.

III. 결과 및 고찰

1) 영양소 소화율

Phytase의 첨가수준에 따른 영양소 소화율의 결과는 Table 2와 같다. 건물 소화율을 보면 대조구 사료가 83.78%, phytase를 500 unit 첨가한 구에서는 83.56%, 1,000 unit 첨가한 구에서 84.30%로 서로 다른 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 질소에 대한 소화율에서도 각 처리 구간에 별 다른 차이를 보이지 않았다. 그러나, 회분의 경우 처리구가 대조구에 비해 높은 수준으로 소화되었으며, 또한 칼슘과 인의 경우 처리구가 대조구에 비해 현저한 차이를 내며 높은 수준으로 소화되었다($P<0.05$). Phytase활성이 낮은 식물성 위주의 사료에 미생물 phytase(800 unit)를 첨가할 경우 건물, 유기물, 단백질, 칼슘, 인의 소화율이 뚜렷하게 향상되었고, 특히 45kg 체중의 거세돈에서 더욱 뚜렷한 회장 소화율의 향상을 보였다고 하였다(Mroz 등, 1994). 본 시험의 경우도 처리구가 대조구에 비해 회분, 칼슘 그리고 인 소화율에 있어 현저한 차이를 나타내어 다른 연구자들과 같은 연구 결과를 보였다.

Table 2. Effects of phytase supplementation on nutrient digestibility

Item	Control	Phytase(unit/kg)		
		500	1,000	SE
DM	83.78	83.56	84.30	0.50
N	81.25	80.96	81.48	0.75
Ash	35.91 ^b	48.81 ^a	43.72 ^{ab}	2.55
Ca	62.76 ^b	69.25 ^a	68.03 ^a	1.51
P	37.73 ^b	48.96 ^a	47.10 ^a	2.63

Three barrows with an average initial body weight of 28.5±3.1kg.

^{ab}Means in same row with different superscripts differ significantly at $P<0.05$.

2) 인의 섭취량, 흡수량 및 배설량

인의 섭취량, 흡수량 및 분뇨의 배설량은 Table 3과 같다. 돼지가 섭취한 인의 양은 처리구가 대조구에 비해 더 많은 양을 섭취하였다. 또한 인의 흡수량 역시 처리구가 대조구에 비해 높은 양을 흡수하였으며($P<0.05$), 이는 사료내 인이 분해되어 소화, 흡수가 증가된 것으로 사료된다. 분뇨 인의 배설량은 처리구와 대조구를 비교할 때 유의적인 차이는 없었다. 다른 연구에 의하면 옥수수와 대두박 위주의 사료내 phytase를 첨가했을 때 인의 이용성을 약간 증가하나 인의 배설량은 감소되지 않았다고 하였다(Cromwell 등, 1995).

Table 3. Effects of phytase supplementation on balance and retention of P and Ca

Item	Control	Phytase(unit/kg)		SE
		500	1,000	
		g/d		
P intake	6.40 ^b	7.58 ^a	7.31 ^{ab}	0.31
fecal excretion	3.99	3.87	3.80	0.19
urine excretion	0.01 ^b	0.02 ^{ab}	0.04 ^a	0.01
total excretion	4.00	3.89	3.84	0.19
absorption	2.40 ^b	3.70 ^a	3.47 ^a	0.27
Ca intake	7.82 ^b	11.11 ^a	10.08 ^a	0.43
fecal excretion	2.92	3.41	3.20	0.17
urine excretion	1.76 ^a	1.44 ^b	1.21 ^c	0.07
total excretion	4.68	4.85	4.41	0.20
absorption	3.14 ^b	6.26 ^a	5.67 ^a	0.36

Three barrows with an average initial body weight of 28.5±3.1kg.

^{abc}Means in same row with different superscripts differ significantly at P<0.05.

적은 양이긴 하나 뇌의 배설량에서는 처리구에서 더 많은 인이 배설되었으나(P<0.05), 분과 뇌의 총 배설량의 경우 통계상 다른 차이를 나타내지 않았다. 하지만 처리구에서의 사료 섭취량이 대조구의 사료 섭취량에 비해 그 양이 많은 점을 고려하면 상대적으로 인의 배설량이 줄어든 결과를 알 수 있었다. 이로서 phytase 첨가시 인의 흡수량이 증가함을 알 수 있었다. 이와 관련하여 이유 자돈의 옥수수 대두박 위주의 사료에 phytase를 1,200 unit을 추가 공급할 때 피틴태 인의 이용성이 효과적으로 향상되었다고 하였다(Lei 등, 1993).

3) 칼슘의 섭취량, 흡수량 및 배설량

칼슘의 섭취량, 흡수량 및 분뇨의 배설량은 다음 Table 3과 같다. 처리구가 대조구에 비해 칼슘의 섭취량이 보다 높았다. 그리고 칼슘 소화율의 증가로 흡수량 또한 phytase를 500 unit 첨가한 구(6.26g/d)와 1,000 unit 첨가한 구(5.67g/d)가 phytase를 첨가하지 않은 구(3.14g/d)에 비해 월등히 높았다(P<0.05). Lantzsch (1989)에 의하면 칼슘과 피틴산의 결합은 phytase에 의해 분해가능하며 이러한 phytase의 활성정도는 사료내 무기태 인과 칼슘의 수준에 따라 제한을 받는다고 하였다.

한편 칼슘의 분 배설량은 각 처리구간에 별 다른 차이를 보이지 않았으나, 뇌의 배설량은 phytase를 첨가한 구가 phytase를 첨가하지 않은 구보다 적은 양을 배출하였다(P<0.05). 그러므로 섭취량과 배설량을 고려한 흡수량에서 보면 처리구가 대조구에 비해 칼슘의 흡수량이 증가하였음을 알 수 있었다. 이는 phytase가 식물성 phytate에 포함되어 있던 칼슘의 양이온을 함께 분해시켜 흡수 가능한 형태로 변환된 것으로 사료된다.

4) 아미노산의 이용률

Table 4는 사료내 phytase의 첨가시 흡수된 아미노산의 소화율을 나타낸 것이다. 소화된 아미노산 중 cystine, isoleucine, tyrosine, phenylalanine은 phytase를 500 unit와 1,000 unit 첨가한 구가 대조구에 비해 소화율이 현저히 증가된 것을 알 수 있었다($P<0.05$). Asparagine, threonine, serine, methionine, leucine의 경우 phytase를 500 unit 첨가한 구에서 높은 소화율을 나타내었다($P<0.05$).

돼지사료에 첨가한 phytase의 경우 단백질과 필수 아미노산의 소화율이 7~12% 향상된다고 하였다(Officer와 Batterham, 1992). 본 실험에서도 phytase의 첨가로 필수 아미노산의 일부가 소화율이 향상됨을 찾아볼 수 있었다. 한편 lysine, histidine, arginine 등의 다른 아미노산은 phytase를 첨가한 구가 첨가하지 않은 구보다 약간의 소화율 증가를 볼 수 있었으나 통계적 차이는 나타나지 않았다.

Table 4. Effects of phytase supplementation on amino acid digestibility

Item	Control	Phytase(unit/kg)		SE
		500	1,000	
Asparagine	82.32 ^{ab}	83.80 ^a	80.40 ^b	0.96
Threonine	78.80 ^{ab}	81.35 ^a	77.22 ^b	1.08
Serine	85.05 ^{ab}	85.65 ^a	82.53 ^b	0.86
Glutamine	90.52	91.07	90.28	0.53
Proline	89.17 ^b	89.27 ^b	91.60 ^a	0.60
Glycine	81.52	83.50	82.08	0.74
Alanine	76.08	80.18	79.50	1.27
Valine	80.98	83.23	82.03	0.95
Cysteine	85.92 ^b	91.95 ^a	90.43 ^a	1.09
Methionine	81.03 ^b	90.53 ^a	82.07 ^b	2.04
Isoleucine	76.47 ^b	85.17 ^a	85.12 ^a	1.41
Leucine	81.40 ^b	85.87 ^a	84.08 ^{ab}	1.08
Tyrosine	78.52 ^b	89.47 ^a	87.92 ^a	2.32
Phenylalanine	80.97 ^b	92.15 ^a	88.43 ^a	1.51
Lysine	80.08	82.23	79.35	1.18
Histidine	84.52	87.30	86.75	1.21
Arginine	87.75	90.52	89.53	1.00

Three barrows with an average initial body weight of $28.5 \pm 3.1\text{kg}$.

^{ab}Means in same row with different superscripts differ significantly at $P<0.05$.

곡류내 존재하는 피틴산은 광물질과 결합되어 있고, 또한 단백질과도 복합적인 형태로 결합

되어 있기 때문에(Maga, 1982 ; Han, 1989 ; Gifford와 Clydesdale, 1990 ; Honig와 Wolf, 1991 ; Pallauf와 Rimbach, 1995) phytase에 의해 일부 필수 아미노산의 소화율 향상을 보였던 이유로 사료된다. 아미노산의 이용률을 살펴본 결과, 본 실험에서 돼지 사료내 phytase의 첨가는 phytate를 유리시키고 따라서 phytate와 결합된 단백질의 이용성을 향상시킬 수 있음을 시사하였다.

IV. 적 요

본 연구는 육성돈에 있어 phytase의 첨가수준에 따른 영양소 이용률을 측정하기 위해 대사시험을 실시하였다. 대조구는 옥수수-대두박의 육성돈 사료이고, 처리구는 대조구 사료에 phytase의 첨가 수준을 500 unit 및 1,000 unit을 첨가한 구로 3×3 Latin Square방법으로 실시하였다. 전물과 질소에 대한 소화율에서는 각 처리구간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 회분, 칼슘 및 인의 소화율의 경우 phytase 첨가구가 대조구에 비해 높은 수준을 보였다($P<0.05$). 돼지가 섭취한 인의 양은 phytase 첨가구가 대조구에 비해 증가하였다. 또한 인의 흡수량 역시 phytase 첨가구가 대조구에 비해 높았다($P<0.05$). 분과 뇨의 총 인 배설량은 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 칼슘의 섭취량은 처리구가 대조구에 비해 높았다. 칼슘의 분배설량은 각 처리구간에 별 다른 차이를 보이지 않았으나($P>0.05$), 뇨의 배설량은 처리구가 대조구보다 적은 양이 배설되었다. 소화된 아미노산 중 cystine, isoleucine, tyrosine, phenylalanine은 처리구가 대조구에 비해 소화율이 현저히 증가된 것을 알 수 있었다($P<0.05$). Asparagine, threonine, serine, methionine, leucine의 경우 phytase를 500 unit 첨가한 구가 높은 소화율을 나타내었다($P<0.05$). 한편 lysine, histidine, arginine 등의 다른 아미노산은 처리구가 대조구보다 약간의 소화율 증가를 보였으나 통계적 유의차는 나타나지 않았다($P>0.05$). 결론적으로 사료내 phytase 첨가는 환경측면에 있어 매우 효과적인 방법으로 사료된다.

참고문헌

1. A.O.A.C. 1994. Official Methods of Analysis. 16th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
2. Cromwell, G. L., Coffey, R. D., Monegue, H. J. and Randolph, H. J. 1995. Efficacy of a recombinant-derived phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. *J. Anim. Sci.*
3. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11 : 1. 73 : 2000.
4. Gifford, S. R. and Clydesdale, F. M. 1990. Interactions among calcium, zinc and phytate with three protein source. *J. Food Sci.* 55 : 1720.
5. Han, Y. W. 1989. Use of microbial phytase in improving the feed quality of soya bean meal. *Anim. Feed Sci. Technol.* 24 : 345.
6. Hartman, G. H. J. 1979. Removal of phytate from soy protein. *J. Amer. Oil Chemists` Soc.* 56 : 731.
7. Honig, D. H. and Wolf, W. J. 1991. Phytate-mineral-protein composition of soybean : gel filtration studies of soybean meal extracts. *J. Agric. Food Chem.* 39 : 1037.
8. Lantzsch, H.-J. 1989. Einführung und Stand der Diskussion zur intestinalen Verfugbarkeit des Phosphorus beim Schwein. In : Industrieverband Agrar e.V., FachausschuB Futterphosphate. p 53.
9. Lei, X. G., Ku, P. K., Miller, E. R., Yokoyama, M. T. and Ullrey, D. E. 1993. Supplementing corn-soybean meal diets with microbial phytase maximizes phytate phosphorus utilization by weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 71 : 3368.
10. Maga, J. A. 1982. Phytate : Its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. *J. Agric. Food Chem.* 30 : 1.
11. Mason, V. C. 1984. Metabolism of nitrogenous compounds in the large gut. *Proc. Nutr. Soc.* 43 : 45.
12. Mroz, Z., Jongbloed, A. W. and Kemme, P. A. 1994. Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. *J. Anim. Sci.* 72 : 126.
13. NRC. 1988. Nutrient Requirements of Swine (9th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.

14. Officer, D. I. and Batterham, E. S. 1992. Enzyme supplementation of TM meal In Proc. Wollongbar Pig Industry Seminar on Feed Enzyme. p 56.
15. Pallauf, J. and Rimbach, G. 1995. Recent results on phytic acid and phytase. Proc. 5th Forum Animal Nutrition, May 4-5, BASF, p 43.
16. SAS. SAS/STAT[®]. User's Guide(Release 6.03). SAS. Inst. Inc. Cary. N.C. 1985.
17. 김범철, 허우명, 황길순, 김동섭, 최광순. 1995. 소양호에서 인의 존재 형태별 분포에 관하여. 한국수육학회지. 28 : 151.
18. 허수명, 김범철, 안태석, 이기종. 1992. 소양호 유역과 가두리로부터의 인 부하량 및 인 수지(phosphorus Baget), 한국육수학회지. 25 : 207.