

Bacterial 및 Fungal Phytase의 단일 및 혼합 급여가 산란계의 생산성과 영양소 이용에 미치는 영향

강환구¹ · 박수영² · 유동조¹ · 김지혁¹ · 강근호¹ · 나재천¹ · 김동욱¹ · 서옥석¹ · 이상진¹ · 이원준³ · 김상호^{1,†}

¹축산과학원 축산자원개발부 가금과, ²농협사료, ³대성미생물연구소

Effects of Single or Mixed Supplementation of Bacterial Phytase and Fungal Phytase on Laying Performance and Nutrient Digestibility

H. K. Kang¹, S. Y. Park², D. J. Yu¹, J. H. Kim¹, G. H. Kang, J. C. Na¹, D. W. Kim¹,
O. S. Suh¹, S. J. Lee¹, W. J. Lee³ and S. H. Kim^{1,†}

¹Poultry Science Division, National Institute of Animal Science, Korea, ²Nonghyupfeed. Inc. Korea, ³Daesung Microbiological Labs. Korea

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effect of single or mixed supplementation of bacterial and fungal phytase using 45-wk-old 450 Hy-Line Brown laying hens housed in individual cages for 12-wk period. The birds were reallocated to have similar egg productivity by examining the egg production for one wk before starting the experiment. Two sources of phytase, bacterial (BP) and fungal (FP), were used either in single or mixture to determine the effects of these phytase. Five dietary treatments consisted of control (BP 0, FP 0), T1 (BP 300, FP 0), T2 (BP 300, FP 300), T3 (BP 300, FP 3000), and T4 (BP 0, FP 3000). The DPU was used for phytase activity in this experiment. The nonphytate phosphorus (NPP) content of control was 0.30%, and those of phytase treatments were set to 60% of the Control. Experimental diets were fed ad libitum throughout the experimental period. The lighting schedule of 17L7D was employed. The egg production was not different between control and bacterial phytase treatments, but the T4 showed significantly low productivity compared to control ($P<0.05$). No difference was found in average egg weight among all treatments. The daily egg mass did not show any statistical differences among all treatments; however, it was significantly low in T4 compared to their control during the latter half of the experiment ($P<0.05$). No significant difference was found among treatments in terms of feed intake, feed conversion and egg quality. The digestibilities of dry matter, crude protein, and fat digestibility were similar regardless of the treatments. No significant trends were detected in Ca and P availability. In conclusion, the BP level of 300 DPU contributed to achieve 40% reduction of recommended nonphytate phosphorus addition. The synergistic effect of bacterial and fungal phytase was not confirmed.

(Key words : bacterial phytase, fungal phytase, laying hen performance)

서 론

최근 phytase의 이용이 부각되는 것은 인 자체가 값이 비싼 영양소일 뿐 아니라 분으로 배설된 인이 환경오염원으로 작용하기 때문이다. 현재까지 제품화 되어 있는 phytase는 곰팡이에서 유래된 fungal phytase(FP)이며, 최근에 국내에서 bacterial phytase(BP)가 새로 개발되었으나, 그 효과와 활성에 대한 연구가 아직 미흡하다.

Phytase는 곡류나 대두박과 같은 식물의 종자나 fungi, yeast, bacteria, rumen microbes와 같은 미생물의 형태로 자연

계에 존재하며, 식물성 phytase를 함유하고 있는 식물로는 triticale, wheat, corn, barley, rice 그리고 bean 등이 있다(Singh and Sedeh, 1979; Mandal and Biswas, 1970).

일반적으로 식물에 존재하는 phytase의 최적 pH는 5이며, 경우에 따라 pH 7.2와 9에서 활성을 나타낼 때도 있다(Schermann et al., 1988). 이러한 식물성 phytase는 pH 2.5에서 완전 불활성되지만, 미생물에서 추출한 phytase의 최적 활성화를 위한 최적 pH는 5와 2~2.5에서 두 개의 영역을 가지고 있어서 미생물성 phytase가 산성에 가까운 동물의 소화관에 적합한 것으로 알려져 있다.

[†] To whom correspondence should be addressed : shkim@rda.go.kr

산란 사료에 주로 이용되는 대부분의 식물성 곡류 사료의 인은 phytate와 결합되어 복합체를 형성하고 있다. Phytate는 6분자의 인 이외에 단백질 등과 같은 유기물, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu 그리고 K 등의 광물질과 결합되어 있다. 하지만 phytate P는 가수분해 효소인 endogenous phytase가 부족하기 때문에 (Cowieson et al., 2006) 닭에서 소화 흡수가 매우 어려우며, 또한 trypsin이나 pepsin과 복합물을 형성함으로써 단백질 소화를 저해하기도 한다(Singh and Krikorian, 1982).

따라서, phytate 복합체가 단위 가축에서 소화 흡수가 안 되는 문제를 해결하기 위해 관행적으로 무기태 인을 사료에 첨가하여 왔는데, 그 결과로서 분을 통한 인의 배설을 증가시켜 인이 토양 입자에 흡착되어 불용성 물질로 전환되거나 수질 오염 등 환경 문제를 야기하게 되었다. 또, 다른 해결 방안으로는 microbial phytase를 이용하는 방법이 있다(Sebastian et al., 1998). Phytate-P는 phytase에 의해 inositol 분자로 부터 유리되어야 소화 흡수가 가능한데(Sandberg et al., 1993), 단위동물이 가지고 있는 내인성 phytase는 역가가 낮기 때문에 BP를 첨가제로 사용함으로써 인(Simons et al., 1990; Denbow et al 1995; Ravindran et al., 1995)은 물론 단백질과 아미노산의 이용성도 개선되는 효과가 있다 (Officer and Batterham, 1992; Mroz et al., 1994; Yi et al., 1994a; Van der Klis and Verteegh, 1991). Van der Klis et al.(1994)은 산란사료 kg 당 250 DPU의 phytase를 첨가할 때 monocalcium phosphate 0.8 g/kg 급여와 동일한 효과가 있으며, Um and Paik(1999)은 산란사료 kg당 500 DPU 첨가 시 산란 증가와 무기태 인의 첨가와 배설량이 감소되었다고 하였다. Sebastian et al.(1998)도 microbial phytase가 phytate-P의 가수분해를 촉진 이용케 함으로써 무기태 인의 사용을 절감하고 인 배설도 저하시킨다고 하였다.

따라서, 본 연구는 BP와 FP의 단독 또는 혼합 급여 시 인의 함량이 다른 산란 사료 조건에서 생산성, 영양소 이용률 및 인의 배설량 등에 미치는 영향을 구명하고자 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시축 및 시험 설계

본 시험은 45주령 산란계 (Hy-Line Brown) 총 450수를 5처리 3반복 반복당 30수씩 공시하여 실시하였다. Phytase 종류는 BP 및 FP 2종류로 하였으며, BP는 첨가 수준을 공히 300 DPU/kg으로 하였고, FP는 300과 3,000 DPU/kg 수준으로 BP

단일 혹은 FP와의 혼합 효과를 구명하고자 실시하였다.

2. 시험 사료 및 사양 관리

대조구 사료(Control)는 Table 1에서 나타낸 바와 같이 옥수수-대두박 위주의 가루 사료 형태로 하여 NRC (1994)에 준한 영양소로서 배합하였다. 대사 에너지와 조단백질 함량은 각각 2,800 kcal/kg과 16%로 조절하였고, NPP 함량은 0.30%로 하였다. Phytase 첨가구의 nonphytate phosphorus 함량은 대조구(Control)의 60%로 고정하였다. 시험계사는 개방식 계사였으며, 공시계는 니플이 설치된 1수용 3단 케이지에서 사육되었다. 사료는 전기간 자유 채식하였으며, 점등은

Table 1. Chemical composition of basal diet

| Ingredients | Control | Phytase diets | | | |
|-----------------------------------|---------|---------------|-----|-----|----|
| | | T1, | T2, | T3, | T4 |
| Corn | 68.242 | 68.304 | | | |
| Soybean meal (CP 44%) | 17.059 | 17.611 | | | |
| Corn gluten meal (CP 60%) | 4.139 | 3.753 | | | |
| Limestone | 8.574 | 9.025 | | | |
| Tricalciumphosphate | 1.075 | 0.403 | | | |
| DL-methionine (50%) | 0.079 | 0.084 | | | |
| L-lysine HCl (80%) | 0.082 | 0.070 | | | |
| Salt | 0.250 | 0.250 | | | |
| Vit.-min. premix ¹ | 0.500 | 0.500 | | | |
| Sum | 100 | 100 | | | |
| Chemical composition ² | | | | | |
| ME (kcal/kg) | 2,800 | 2,800 | | | |
| Crude protein (%) | 16.0 | 16.0 | | | |
| Ca (%) | 3.5 | 3.5 | | | |
| Non phytate P (%) | 0.30 | 0.18 | | | |
| Lysine (%) | 0.76 | 0.76 | | | |
| Methionine (%) | 0.33 | 0.33 | | | |

¹ Contained per kg diet: Vit. A 1,600,000 IU, Vit. D₃ 300,000 IU, Vit. E 800 IU, Vit. K₃ 132 mg, Vit. B₂ 1,000 mg, Vit. B₁₂ 1,200 mcg, niacin 2,000 mg, pantothenate calcium 800 mg, folic acid 60 mg, choline chloride 35,000 mg, dl-methionine 6,000 mg, iron 4,000 mg, copper 500 mg, Manganese 12,000 mg, zinc 9,000 mg, cobalt 100 mg, BHT 6,000 mg, iodide 250 mg.

² Calculated values.

매주 15분씩 점증하여 17시간으로 고정하였다.

3. 조사 항목 및 조사 방법

1) 생산성 및 계란 품질 조사

산란수와 난중은 매일 15:00시에 측정하였으며, 사료 섭취량은 2주 간격으로 조사하였다. 산란율은 hen day로 표시하였으며, 평균 난중은 기형란을 제외한 정상란에 대하여 조사하였다. 1일 산란량은 총 산란율과 평균 난중을 곱하여 계산하였다. 사료 섭취량은 수당 섭취량으로 표시하였으며, 사료 요구율은 수당 사료 섭취량에 1일 산란량을 나누어 계산하였다.

계란 품질 조사는 시험 개시시, 6주, 12주시 반복별 5개씩 90개를 수집하여 계란 품질을 조사하였다. TSS 난질 측정기(QCM, England)를 이용하여 Haugh unit와 yolk color를 조사하였고, 난각질은 난각 강도계와 난각 두께 측정기(FHK, Japan)로 측정하여 나타내었다.

2) 대사 시험 및 영양소 소화율 분석

대사 시험은 시험 종료 시 처리당 임의로 4수씩 선발하여 대사 케이지로 이동 후 2일간 예비 시험 기간을 거친 후 3일 동안 실시하였다. 사료 섭취량과 계분은 매일 측정하였고 수집된 계분은 충분히 섞은 후 균질화하여 열풍 건조기로 60℃ 상태에서 3일간 건조 후 분쇄하여 분석하였다. 시험사료와 계분의 일반 성분은 AOAC(1995) 방법으로 분석하였으며, Ca은 원자흡광도계로, 인 성분은 비색계를 이용하여 분석하였다.

4. 통계 분석

본 실험에서 얻어진 자료의 분석은 SAS(SAS Institute, 1996) 프로그램을 이용하여 GLM 방식으로 분산 분석을 실시하였으며, 처리별 유의성 분석은 Duncan's new multiple range test를 이용하여 5% 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 산란율 및 사료 섭취량

Table 2에서 나타낸 바와 같이 산란율은 시험 초기 6주간에 처리구 간 통계적 차이는 없었으며, 후기 6주간에는 T4가 Control에 비하여 유의하게 낮았다($P<0.05$). 전 기간에 걸친 산란율에서도 T4가 Control에 비하여 유의하게 낮았으며, T4

Table 2. Effect of different levels and sources of phytase on laying performance

| Treatments ¹ | Ist 6 wk | 2nd 6 wk | 12 wk |
|-----------------------------------|----------|--------------------|--------------------|
| ----- Egg production (%) ----- | | | |
| C | 92.8 | 91.3 ^a | 92.0 ^a |
| T1 | 93.2 | 89.0 ^{ab} | 91.3 ^{ab} |
| T2 | 93.3 | 88.7 ^{ab} | 91.3 ^{ab} |
| T3 | 91.8 | 87.9 ^{ab} | 90.1 ^{ab} |
| T4 | 91.2 | 86.8 ^b | 89.0 ^b |
| SEM | 0.35 | 0.55 | 0.37 |
| ----- Egg weight (g) ----- | | | |
| C | 63.8 | 64.1 | 63.9 |
| T1 | 63.9 | 64.5 | 64.2 |
| T2 | 64.1 | 64.2 | 64.1 |
| T3 | 64.4 | 64.6 | 64.4 |
| T4 | 64.2 | 64.4 | 64.3 |
| SEM | 0.09 | 0.10 | 0.08 |
| ----- Egg mass (g/d/hen) ----- | | | |
| C | 59.1 | 58.5 ^a | 58.8 |
| T1 | 59.6 | 56.9 ^{ab} | 58.3 |
| T2 | 59.8 | 57.2 ^{ab} | 58.7 |
| T3 | 59.0 | 56.8 ^{ab} | 58.1 |
| T4 | 58.5 | 55.9 ^b | 57.2 |
| SEM | 0.24 | 0.36 | 0.24 |
| ----- Feed intake (g/d/hen) ----- | | | |
| C | 126.6 | 122.4 | 124.5 |
| T1 | 125.4 | 119.9 | 122.7 |
| T2 | 126.2 | 119.3 | 123.2 |
| T3 | 126.0 | 120.8 | 123.6 |
| T4 | 125.5 | 118.7 | 122.2 |
| SEM | 0.42 | 0.58 | 0.42 |
| ----- Feed conversion ----- | | | |
| C | 2.14 | 2.09 | 2.11 |
| T1 | 2.10 | 2.10 | 2.10 |
| T2 | 2.11 | 2.08 | 2.10 |
| T3 | 2.13 | 2.13 | 2.13 |
| T4 | 2.14 | 2.12 | 2.13 |
| SEM | 0.01 | 0.01 | 0.01 |

¹ T1; bacterial phytase 300 DPU/kg, T2; bacterial phytase 300 DPU/kg + Fungal phytase 300 DPU/kg, T3; bacterial phytase 300 DPU/kg + Fungal phytase 3,000 DPU/kg, T4; Fungal phytase 300 DPU/kg

^{a,b} Means with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

를 제외한 다른 처리구에서는 Control과 유의적인 차이가 나타나지 않았다. T2와 T3에서 나타난 바와 같이 시험 전 기간에 걸쳐 FP와 BP 혼합 급여하여도 산란율에 대한 개선 효과는 나타나지 않았다. 평균 난중에서도 처리구들 사이에 통계적 차이는 없었으며(Table 4), 1일 산란량은 후기 6주 동안에 T4에서 Control에 비하여 유의하게 작게 나왔으나($P<0.05$), 전 기간에 걸쳐서는 차이가 없게 나왔다. 이러한 결과로 볼 때, BP와 FP의 단독 또는 혼합 급여는 산란계의 생산성에 큰 영향을 미치지 않으면서 사료의 NPP 함량을 크게 낮출 수 있는 것으로 보인다. 이와 같은 결과는 산란 사료 내 phytase 첨가 시 산란율에는 큰 차이가 없었다는 김상호 등(2000)의 보고와 일치한다.

시험 전 기간 동안 사료 섭취량은 처리구 간에 통계적 차이는 나타나지 않았으며, 사료 요구율에서도 각 처리구간에 큰 차이는 나타나지 않았다. 김상호 등(2000)은 무기태 인 급여 시 사료 섭취량이 적으면서 사료 요구율이 개선되는 경향을 갖는다고 하였다. 결론적으로 산란 사료에 BP와 FP 첨가급여 시 사료 섭취량에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

2. 계란 품질

BP와 FP의 첨가가 계란 품질에 미치는 영향을 보면, Table 3에서 보는 바와 같이 난각 강도와 난각 두께에 있어서는 처리구간 유의적인 차이는 없었다. 그러나 Haugh unit에서는 T3와 T4에서 T1보다 유의적인 개선 효과를 나타내었다($P<0.05$). 또한, T3구의 난황색이 다른 처리구들에 비해 유

Table 3. Effect of different levels and sources of phytase on egg quality

| Treatments ¹ | Eggshell breaking strength (cm ² /kg) | Eggshell thickness (μ m) | Haugh unit | York color |
|-------------------------|--|-------------------------------|--------------------|-------------------|
| C | 3.48 | 398 | 82.2 ^{ab} | 8.6 ^a |
| T1 | 3.12 | 375 | 85.8 ^a | 8.8 ^a |
| T2 | 3.09 | 387 | 82.0 ^{ab} | 8.4 ^{ab} |
| T3 | 3.16 | 373 | 78.1 ^b | 7.9 ^b |
| T4 | 3.26 | 388 | 78.5 ^b | 8.4 ^{ab} |
| SEM | 0.06 | 4.20 | 0.73 | 0.08 |

¹ See Table 2.

^{ab} Means with different superscripts differ significantly($P<0.05$).

Table 4. Effect of different levels and sources of phytase on nutrients digestibility

| Treatments ¹ | DM | Protein | Fat | Ash | Ca | P |
|-------------------------|---------------|--------------------|------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | ----- % ----- | | | | | |
| Control | 77.6 | 49.7 ^{ab} | 82.8 | 48.4 ^b | 57.2 ^b | 24.8 ^b |
| T1 | 78.3 | 49.4 ^{ab} | 81.7 | 57.5 ^{ab} | 71.3 ^{ab} | 34.9 ^{ab} |
| T2 | 78.7 | 55.5 ^a | 81.6 | 55.3 ^{ab} | 71.1 ^{ab} | 52.8 ^a |
| T3 | 77.8 | 44.9 ^b | 80.9 | 66.9 ^a | 83.7 ^a | 25.4 ^b |
| T4 | 76.7 | 48.4 ^{ab} | 84.1 | 53.2 ^{ab} | 61.1 ^{ab} | 46.6 ^{ab} |
| SEM | 0.66 | 1.39 | 0.63 | 2.39 | 3.65 | 3.95 |

¹ See Table 2.

^{ab} Means with different superscripts differ significantly($P<0.05$).

의적으로 낮은 수준을 나타내었다($P<0.05$).

3. 영양소 이용률

영양소 소화율은 Table 4에 나타내었다. 건물 소화율은 phytase 첨가에 의한 영향을 전혀 받지 않았다. 단백질은 T2에서 현저하게 향상되었으나 일관성은 없었다. 지방 소화율 역시 처리구간에 차이가 없었다. Ca과 P 소화율에 있어서는 처리별로 일관된 경향을 찾기 어렵게 나타났다. 하지만 P의 소화율에 있어서 P인 부족한 사료에 소화율이 높아진 것은 microbial phytase가 phytin 인에서 부족된 인이 유리되어 이용되었던 것으로 사료된다. Qian et al.(1996)은 인 결핍으로 나타나는 주요 증상으로 뼈의 비정상적인 발달을 들었으며, microbial phytase 첨가 시 뼈회분 함량으로 사료 내 phytate P 이용성이 개선되었다고 보고하였다.

적 요

본 시험에서는 bacteria 또는 fungi로부터 유래된 phytase를 단일 및 혼합으로 45주령 Hy-Line Brown 산란계 450수에 12주 동안 급여하였다. 공시계는 시험개시 전 일주일 동안 산란조사를 하여 처리간에 비슷한 산란율이 되도록 하였다. 대조구(Control)사료는 nonphytate phosphorus 함량이 0.3% 되게 하였으며, 처리구는 bacterial phytase(BP)와 fungal phytase (FP) 2종류를 각각 T1(300 DPU, 0 DPU), T2(300 DPU, 300 DPU), T3(300 DPU, 3000 DPU), T4(0 DPU, 3000 DPU)로 하

여 급여하였다. 처리구들의 nonphytate phosphorus 함량은 Control의 60%로 하였다. 사료와 물은 전 기간 자유채식토록 하였고, 점등은 17L7D로 하였다. 산란율은 T4가 Control에 비해 유의하게 낮았으며($P<0.05$), 두 종류 phytase의 동시 급여 효과는 없었다. 평균 난중과 1일 산란량은 처리구간에 통계적인 차이는 없었으나, 후자의 경우 시험 후반기에 T4에서 Control에 비해 유의하게 낮았다($P<0.05$). 사료 섭취량, 사료 요구율, 계란의 품질은 처리구간에 차이가 없었다. 건물, 조단백질 및 지방 소화율은 처리구간 유사하였으며, 무기물, 칼슘 및 인 이용율은 뚜렷한 경향이 없었다. 본 실험 결과에서 산란계 사료에 BP 300 DPU 수준일 때 NPP 첨가량을 NRC (1994) 권장량 대비 약 40%가 저감되었으며, 인 이용율 역시 개선되었으나 FP와의 혼합 급여로 인한 개선 효과는 나타나지 않았다.

(색인어: bacterial phytase, rungal phytase, 산란율, P, NPP)

인용문헌

- AOAC 1995 Official methods of analysis 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA. USA.
- Cowieson AJ, Acamovic T, Bedford MR 2006 Phytic acid and phytate: Implication for protein utilization by poultry. *Poultry Sci* 85:875-885.
- Denbow DM, Ravindran V, Komegay, ET, Yi Z, Hulet RM 1955 Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase. *Poultry Sci* 74:1831-1842.
- Mandal NC, Biswas BB 1970 Metabolism of inositol phosphates. 1. phytase synthesis during germination in cotyledons of mung beans, *Phaseolus aureus*. *Plant Physiology* 45:4-7.
- Mroz. Z, Jongbloed AW, Kemme PA 1994 Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. *Journal of Animal Science* 72:126-132.
- NRC 1994 Nutrient requirements of poultry. National Research Council. 9th Rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Officer DI, Batterham ES 1992 Enzyme supplementation of Linola™ meal for growing pigs. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 9:288-296.
- Ravindran V, Bryden WL, Komegay ET 1995 Phytates: occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. *Poult Avian Biol Rev* 6:125-143.
- Sandberg AS, Larsen T, Sandstrom B 1993 High dietary calcium levels decrease colonic phytate degradation in pigs. *J Nutr* 123:559-566.
- SAS Institute 1996 SAS/STAT® user's guide, release 6.12 edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Scheuermann Von, Lantzsch SE, Menke KH 1988 *In vitro* and *in vivo* experiments on the hydrolysis of phytate. 2. Activity of plant phytase. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 60:64.
- Sebastian S, Touchbrun SP, Chavez. ER 1998 Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition : A review. *World Poultry Science Journal* 54:27-47.
- Simons PCM, Versteegh HAJ, Jongbloed AW, Kemme PA, Stump P, Wolters MGE, Beudeker RF, Verschoor, GJ 1990 Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *British Journal of Nutrition* 64: 525-540.
- Singh B, Sedeh HG 1979 Characteristics of phytase and its relationship to acid phosphatases and certain minerals in triticale. *Cereal Chemistry* 56:267-272.
- Singh M, Krikorian AD 1982 Inhibition of trypsin activity in vitro by phytate. *J Agric Food Chem* 30:799-800.
- Um JS, Paik IK 1999 Effects of microbial phytase supplementation on of production, eggshell quality, and mineral retention of laying hens fed different levels of phosphorus. *Poultry Sci* 78:75-79.
- Van der Klis JD, Versteegh HAJ, Scheele CW 1994 Practical enzyme use in poultry diets: phytase and NSP enzymes. Pages 113-128 in: BASF Technical Symposium during the Carolina Poultry Nutrition Conference, December 1994, Charlotte, NC.
- Van der klis, JD, Versteegh HAJ 1991 Ileal absorption of phosphorus in lightweight white laying hens using microbial phytase and various calcium contents in laying hen feed. Spelderholt Publication No. 563, spelderholt,, Beekbergen, The Netherlands.
- Yi Z, Komegay ET, Lindemann MD, Ravindran V 1994a Effect of Natuphos phytase for improving the bioavailabilities of phosphorus and other nutrients on soybean meal-based semi-purified diets for young pigs. *Journal of animal Science* 72:7 (Suppl. 1).

Yi Z, Kornegay ET, Denbow DM 1996b Effect of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poults fed corn-soybean meal diets. Poultry Sci 75:979-990.

김상호 유동조 이상진 나재천 최철환 이원준 류경선 2000

Microbial phytase와 무기태 인 수준별 급여가 산란 생산성, 소화율 및 계란 품질에 미치는 영향. 한국가금학회지 27(3):243-254.

(접수일자: 2008. 03. 11, 채택일자: 2008. 06. 09)