

Phytase 첨가가 산란계의 체내 영양소 균형 및 생산성에 미치는 효과

홍종욱 · 김인호¹ · 김은주 · 권오석 · 이상환
단국대학교 동물자원과학과

Effects of Phytase Supplementation on Nutrient Balance and Production of Laying Hens

J. W. Hong, I. H. Kim, E. J. Kim, O. S. Kwon and S. H. Lee
Department of Animal Resource & Science, Dankook University

ABSTRACT : Two experiments were carried out to evaluate the effects of adding phytase on nutrient availability and serum Ca and P level and to determine the effects of phytase on laying performance and egg quality in laying hens. In Exp. 1, twenty four laying hens (1.9kg average body weight and 78.4% egg production) were allotted to four treatments. Treatments included 1) corn-soybean meal based-control diet and 2), 3) and 4) control diet with phytase 200, 400 and 600 unit/kg, respectively. There were no significant effects of treatments on dry matter and nitrogen digestibility ($P>0.05$). Ash, Ca and P digestibility in layer fed diet with phytase were greater than those in layer fed control diet ($P<0.05$). Laying hens fed diets with phytase 200 and 400 unit retained more Ca than those fed other treatments ($P<0.05$). No statistical difference was found for Ca excretion ($P>0.05$). P retention was greater for laying hens fed diet phytase 600 unit than other treatments ($P<0.05$). P level in serum was higher for laying hens fed diets with phytase 400 and 600 unit than for laying hens fed other treatments. In Exp. 2, three hundred, IAS Brown layers, 40-week-old, divided into two treatment groups (control vs phytase supplementation without inorganic phosphate in the diets) with five replications per treatment and 30 layers per replication were fed the diets for 6 weeks. Egg production, egg weight and eggshell breaking strength and thickness were not different significantly ($P>0.05$). In conclusion, phytase supplementation can be used to increase P utilization and retention in laying hens. Also, phytase supplementation was effective to spare inorganic phosphate in laying hen diets without any adverse effects on production performances.

(Key words : phytase, hen, nutrient retention, eggshell)

서 론

곡류나 박류 등 식물성 원료에 포함되어 있는 인은 대부분 phytic acid와 염의 형태로 존재하며, 이러한 염의 형태로 존재하는 것을 phytate라고 한다. 이와 같은 유기태 인은 식물성 사료 원료 중에 포함되어 있는 전체 인의 2/3를 차지한다. 닭이나 돼지와 같은 단위동물의 경우 곡류와 박류내 존재하는 phytate를 분해하여 인을 유리시키는 효소를 분비하지 못하거나 활성이 미약하기 때문에 유기태 인

의 이용성은 매우 제한적이다(Lynch, 1996). 특히 phytic acid는 산성하에서 arginine, histidyl 및 lysyl과 같은 아미노그룹과 phytic acid의 phosphate 그룹간의 이온결합으로 펩신과 단백질의 용해도를 저하시킨다(Rham and Jost, 1979). 그러므로, phytate는 단위동물에 있어 제한적인 이용으로 인해 무기태 인을 추가 급여해야 하며, 이로 인해 인의 배설량 또한 증가하게 된다. 이렇게 배설된 인은 일반적으로 호수에서 제한 영양원으로 작용하기 때문에 인의 농도와 호수로 유입되는 인의 유입량은 호수의 부영양화

정도에 매우 중요한 요인으로 작용한다(허 등, 1992; 김 등, 1995).

Phytase는 곡류나 대두 같은 식물의 종자나 fungi, yeast, bacteria, rumen microbes와 같은 미생물의 형태로 자연계에 풍부하게 존재한다. 이러한 phytase는 inositol의 phosphoric acid의 가수분해를 촉진시켜 이용 가능한 형태의 orthophosphate를 분리시키는 촉매제 역할을 함과 동시에 phytate에 포함되어 있던 Ca, Cu, Mg 등의 양이온들도 함께 분해시켜 흡수 가능한 형태로 만든다.

따라서, 본 연구는 사료내 인 분해효소 phytase를 첨가하여 곡류내 유기태인의 이용성을 최대화하고 인의 배설량을 최소화함으로써 저공해성 산란계 사료 개발에 기초 자료로서 활용하는데 목적이 있다. 또한 배합사료에 무기태인을 첨가하게 되는데 이때 무기태인을 첨가하지 않고 phytase만을 첨가함으로써 실제 농가에서 적용할 자료가 필요하기 때문에 본 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험설계

시험 1

부화 후 64주령된 ISA-Brown 24수(평균체중 1.9kg, 산란율 78.4%)를 공시하였다. 대조구는 옥수수-대두박 위주로 배합된 사료이며 처리구는 대조구 사료에 각각 phytase를 200, 400 그리고 600 unit/kg 첨가한 구로서 4 처리 3반복 그리고 반복당 2수씩 완전임의 배치하였다.

시험 2

40주령된 ISA-Brown 300수를 이용하여 6주간 사양 시험을 실시하였다. 처리내용은 대조구로 옥수수-대두박 위주로 배합된 사료이며 처리구는 대조구 사료에 인산칼슘을 무첨가하고 phytase를 300 unit/kg 첨가한 구로서 2 처리 5반복 그리고 반복당 30수씩 완전임의 배치하였다.

2. 시험사료 및 사양관리

시험 1

시험사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서 에너지 함량은 2,700 kcal ME/kg, 조단백질 함량은 15.00%을 함유하게 배합하였으며, 배합율과 영양소 함량은 Table 1과 같다. 일일 사료 급여량은 체중과 산란율을 고려하여 일정량

Table 1. Composition of experimental diet (Exp. 1)

Ingredients	%
Corn	64.04
Wheat bran	7.10
Soybean meal	18.97
Limestone	8.11
Tricalcium phosphate	1.15
Salt	0.25
Methionine	0.13
Vitamin premix ^a	0.10
Mineral premix ^b	0.10
Antibiotics	0.05
Chemical composition ^c	
ME, kcal/kg	2,700
Crude protein, %	15.00
Calcium, %	3.40
Phosphorus, %	0.59

^a, Provided the following per kg of premix: Vitamin A, 1,250,000IU; Vitamin D₃, 250,000IU; Vitamin E, 10,000mg; Vitamin K₃, 2,000mg; Biotin, 50mg; Folic acid, 500mg; Niacin, 35,000mg; Ca-Pantothenate, 10,000mg; Vitamin B₆, 1,000mg; Vitamin B₂, 5,000mg; Vitamin B₁, 1,000mg; and Vitamin B₁₂, 15mg.

^b, Provided the following per kg of premix: Co, 300mg; Cu, 25,000mg; I, 1,500mg; Fe 40,000mg; Mn, 80,000mg; Se, 150mg; and Zn, 60,000mg.

^c, Calculated values.

의 사료를 아침 7~8시경에 급여하고, 물은 자유채식토록 하였다.

시험 2

산란계에 급여한 기초사료의 비율 및 화학적 조성분은 Table 2에서 보는 바와 같다. 대조구사료의 영양소를 보면 대사에너지가 2,904 kcal/kg, 조단백질은 15.45%, 칼슘함량은 3.25%, 인함량은 0.61%였다. Phytase 첨가구의 기초사료는 다른 영양소는 대조구사료와 동일하지만 인산칼슘제를 첨가하지 않고 인수준을 0.36%로 낮추었다. 기타 사양관리는 시험 1과 동일하였다.

3. 대사시험

시험 1

소화시험에 이용되는 산란계는 체중과 산란율이 유사한

Table 2. Composition of experimental diet (Exp. 2)

Ingredients	Control	Phytase
Corn	50.40	51.80
Wheat grain	10.00	10.00
Soybean oil meal (CP 46%)	18.70	18.70
Corn gluten meal	2.00	2.00
Wheat bran	5.00	5.00
Animal fat	4.40	4.40
Limestone	7.50	7.50
Tricalcium phosphate (P 18%)	1.40	-
Salt	0.30	0.30
DL-methionine	0.10	0.10
Vitamin premix ^a	0.10	0.10
Mineral premix ^b	0.10	0.10
Phytase, unit/kg	-	300
Chemical composition ^c		
ME, kcal/kg	2,904	2,923
Crude protein, %	15.45	15.55
Lysine, %	0.70	0.70
Methionine, %	0.32	0.32
Calcium, %	3.25	3.25
Phosphorus, %	0.61	0.36

^a, Provided the following per kg of premix: Vitamin A, 1,250,000IU; Vitamin D₃, 250,000IU; Vitamin E, 10,000mg; Vitamin K₃, 2,000mg; Biotin, 50mg; Folic acid, 500mg; Niacin, 35,000mg; Ca-Pantothenate, 10,000mg; Vitamin B₆, 1,000mg; Vitamin B₂, 5,000mg; Vitamin B₁, 1,000mg; and Vitamin B₁₂, 15mg.

^b, Provided the following per kg of premix: Co, 300mg; Cu, 25,000mg; I, 1,500mg; Fe 40,000mg; Mn, 80,000mg; Se, 150mg; and Zn, 60,000mg.

^c, Calculated values.

산란계를 대사 케이지에 동일 배치하고 7일간의 적응기간이 지난 후 전분 채취법으로 2일간 분을 채취하였다.

4. 화학분석, 혈액 채취 및 성분분석

시험 1

채취한 분은 60℃에서 24시간 건조시키고 분쇄하여 냉장 보관하면서 분석에 이용하였다. 사료와 분 중 일반 영양소의 함량 분석은 AOAC(1994) 방법에 따라 분석하였고, 무기물 시료는 600℃에서 6시간 이상 회화한 후 분광 광도계를 이용하여 측정하였다.

혈액은 산란계의 사양시험이 끝난 후 임의로 처리당 3마리씩 선택하여 날개의 안쪽에 있는 의정맥에서 채취하여 2,000×g에서 20분간 원심분리하여 혈청을 채취한 후 분석에 이용하였다. 혈청내의 칼슘과 인은 칼슘 및 인 kit(아산제약, 한국)를 이용하여 분석하였다.

시험 2

산란율은 사양시험 기간중 매일 채집하여 처리구별로 총 산란수를 사육두수로 나누어 백분율로 표시하였다. 평균난중은 기형란을 제외한 정상란만 사용하여 전자저울(METTLER, Switzerland)을 이용하여 측정하였다.

계란의 난각질은 46주령에 측정하였는데 처리당 20개씩 2일간 수집하여 측정하였다. 난각강도는 난각강도계(OZAKI MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하였으며 난각두께는 Dial pipe gauge(OZAKI MFG. Co., Ltd., Japan)를 사용하여 조사하였다.

5. 통계처리

모든 자료는 SAS(1996)의 GLM Procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였다. 시험1은 Duncan's multiple range test(1955)로 처리 평균간의 유의성을 분석하였고 시험 2는 T-test를 이용하여 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

시험 1

1 영양소 이용률

산란계 사료에 phytase의 첨가량에 따른 영양소 이용률에 미치는 효과는 Table 2와 같다. 건물과 질소 이용률을 보면 phytase를 첨가한 구와 대조구와의 차이는 보이지 않았다($P>0.05$).

광물질 중 회분의 경우 phytase를 200 unit을 첨가한 구에서 가장 높은 이용률을 보였고($P<0.05$), phytase를 400 unit 첨가한 구, 600 unit 첨가한 구와 대조구 순으로 나타났다. 또한, 칼슘의 이용률에서도 phytase를 200 unit 첨가한 구가 61.52%로 가장 높은 것으로 이용률을 보였고, 다음으로 400 unit 첨가한 구가 54.14%로서 높은 이용률을 보였다($P<0.05$). 인의 이용률은 phytase를 600 unit 첨가한 구가 57.64%로 다른 구보다 이용률이 높은 것으로 나타났고($P<0.05$), 다른 처리구들은 뚜렷한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$).

Schoener 등(1993)에 의하면 육계에서 실시한 시험에

서 인의 이용성은 다소의 차이가 있으나 유기태 인의 이용률은 47%정도였으며 phytase를 첨가할 경우 인의 이용성이 64%로 향상되었다고 보고하였다. 이는 본 시험에 공시한 산란계와 유사한 결과로 나타나고 있다.

본 시험에서 광물질의 이용률, 즉 회분, 칼슘 그리고 인의 이용률에서 일반 산란계 사료에 phytase를 첨가할 때 좋은 효과가 나타난 것으로 보아 저공해성 사료개발을 위해 phytase의 첨가는 필요하리라 사료된다.

2. 분중 칼슘과 인의 배설량 및 축적량

칼슘과 인의 섭취량, 배설량 및 축적량은 Table 3과 같다. 칼슘의 섭취량은 phytase 200 unit 첨가한 구, 400 unit 첨가한 구, 대조구, 600 unit 첨가한 구 순이었으며, 칼슘의 배설량은 각 처리구간에 별다른 차이가 나지 않았다 ($P > 0.05$). 이로 인해 칼슘의 축적량은 phytase를 200 unit와 400 unit 첨가한 구가 대조구와 phytase를 600 unit 첨가한 구보다 높게 나타났다 ($P < 0.05$). 산란계에 대한 각각의 인의 섭취량을 보면 phytase를 600 unit 첨가한 구가 대조구, 200 unit 첨가한 구, 400 unit 첨가한 구보다 많은 양을 섭취하였으나 ($P < 0.05$), 인의 배설량에는 별다

른 차이가 없었다 ($P > 0.05$). 그로 인해 인의 축적량 또한 phytase를 600 unit 첨가한 구가 다른 처리구에 비해 많이 축적되었다 ($P < 0.05$).

결국, phytase를 600 unit 첨가한 사료를 섭취한 산란계에서 인의 배설량이 대조구에 비해 차이는 없었지만 상대적으로 이 두 처리구에서 인의 섭취량이 증가하였기 때문에 이를 고려하여 볼 때 phytase 첨가로 인해 인의 이용률과 축적량이 증가하고 인 배설량이 감소함을 알 수 있었다. 이는 phytase의 첨가수준이 증가할수록 인 배설량이 감소되었다는 Simons 등(1990)의 시험결과와 일치하는 경향을 보였다.

3. 혈청내 칼슘과 인의 수준

소화시험이 끝난 직후 산란계의 익정맥에서 채취한 혈액 내 혈청의 칼슘과 인의 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 혈중 칼슘의 함량은 phytase를 400 unit 첨가한 구와 600 unit 첨가한 구, 대조구간에는 서로 유의적인 차이가 없었고, phytase를 200 unit 첨가한 구보다 그 함량이 높게 나타났다 ($P < 0.05$). 이상의 시험 결과에 의하면 산란계 사료내 phytase를 첨가한 구에서 높은 인의 축적량을

Table 3. Effects of phytase supplementation on nutrient utilization of laying hen diet (Exp. 1)

Item	Control	Phytase, unit/kg			SE
		200	400	600	
Dry matter, %	75.88	78.30	76.53	74.92	1.87
Nitrogen, %	52.14	50.71	50.06	49.58	1.26
Crude ash, %	44.39 ^b	59.08 ^a	54.65 ^{bc}	49.27 ^{bc}	1.83
Calcium, %	40.97 ^b	61.52 ^a	54.14 ^a	39.34 ^b	3.03
Phosphorus, %	41.12 ^b	44.11 ^b	41.07 ^b	57.64 ^a	1.27

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

Table 4. Effects of phytase supplementation on Ca and P utilization of laying hen diet (Exp. 1)

Item	Control	Phytase, unit/kg			SE
		200	400	600	
----- g/d -----					
Ca intake	0.675 ^b	0.832 ^a	0.827 ^a	0.589 ^c	0.024
excretion	0.398	0.324	0.379	0.357	0.035
retention	0.276 ^b	0.509 ^a	0.448 ^b	0.232 ^b	0.018
P intake	0.260 ^b	0.267 ^b	0.254 ^b	0.367 ^a	0.009
excretion	0.153	0.149	0.150	0.157	0.009
retention	0.107 ^b	0.118 ^b	0.104 ^b	0.211 ^a	0.006

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

Table 5. Effects of phytase supplementation on Ca and P level in serum (Exp. 1)

Item	Control	Phytase, unit/kg			SE
		200	400	600	
----- mg/dl -----					
Calcium	29.23 ^a	25.17 ^b	30.38 ^a	30.20 ^a	1.04
Phosphorus	4.26 ^b	4.15 ^b	6.15 ^a	5.80 ^a	0.35

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

Table 6. Effects of phytase supplementation on laying performance and quality of egg (Exp. 2)

Item	Control	Phytase	SE
Egg production (%)	83.15	84.40	9.90
Egg weight (g)	63.40	62.43	1.42
Eggshell breaking strength (kg/cm ²)	3.82	3.85	0.87
Eggshell thickness (mm)	0.40	0.39	0.03

보여 주었고, 혈중내 인의 함량 또한 높은 것으로 나타났다. 따라서, phytase는 식물성 사료내 phytate를 분해하여 무기물과 inositol phosphate를 체내에 이용 가능한 무기물로 분해하여 제공할 뿐만 아니라 인의 흡수 이용성을 높여 환경문제를 야기시킬 수 있는 인의 배설량을 감소시켜 값비싼 무기태 인의 일부를 대체하는데 크게 기여할 수 있으며, 이는 경제적으로 중요한 의미를 갖는다고 사료된다.

시험 2

산란성적 및 난각 품질은 Table 6에서 보는 바와 같다. 산란율은 대조구에서 83.15%에 비해 phytase 처리구에서는 84.40%로 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 난중 역시 처리간의 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 난각 품질에 있어서 난각강도 및 난각두께 역시 처리간의 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 본 연구에서 보여준 결과에 의하면 무기태인을 첨가하지 않고도 phytase 첨가로 산란성적이나 난각품질에는 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다. 이런 결과는 Um과 Paik(1999) 그리고 김 등(2000)에서도 무기태인의 수준이 낮은 사료에 phytase 첨가시 곡류내 phytate 인의 이용성이 개선되어 산란율, 난중, 난각 품질에서 처리간 차이를 보이지 않았다고 보고하였다.

적 요

본 연구는 사료내 인분해효소 phytase를 첨가하여 곡류내 유기태인의 이용성을 최대화하고 인의 배설량을 최소

화함으로써 저공해성 산란계 사료 개발에 기초자료로 또한 무기태인의 무첨가사료에 phytase 첨가로 인한 산란성적을 구명하기 위해 실시하였다. 시험 1은 부화 후 64주령된 갈색 하이라인 24수(평균체중 1.9kg, 산란율 78.4%)를 공시하였다. 대조구는 옥수수-대두박 위주로 배합된 사료, 처리구는 대조구 사료에 각각 phytase를 200, 400 그리고 600 unit/kg 첨가한 구로서 4처리 3반복, 반복당 2수씩 완전임의 배치하였다. 건물과 질소 이용률을 보면 처리간의 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$). 광물질 중 회분과 칼슘의 경우 phytase를 200 unit을 첨가한 구에서 가장 높은 이용률을 보였다($P < 0.05$). 인의 이용률은 phytase를 600 unit 첨가한 구가 57.64%로 다른 처리구보다 이용률이 높은 것으로 나타났다($P < 0.05$). 칼슘의 섭취량과 배설량을 고려한 결과 칼슘의 축적량은 phytase를 200 unit와 400 unit 첨가한 구가 대조구와 phytase를 600 unit 첨가한 구보다 높았다($P < 0.05$). 산란계에 대한 각각의 인의 섭취량을 보면 phytase를 600 unit 첨가한 구가 대조구, 200 unit 첨가한 구, 400 unit 첨가한 구보다 많은 양을 섭취하였으나($P < 0.05$), 인의 배설량에는 별 다른 차이가 없었다($P > 0.05$). 그로 인해 인의 축적량 또한 phytase를 600 unit 첨가한 구가 다른 처리구에 비해 많이 축적되었다($P < 0.05$). 혈중 칼슘의 함량은 phytase를 400 unit 첨가한 구와 600 unit 첨가한 구, 대조구간에는 서로 유의적인 차이가 없었고, phytase를 200 unit 첨가한 구보다 그 함량이 높게 나타났다($P < 0.05$). 시험 2는 40주령된 ISA-Brown 300수를 이용하여 6주간 사양시험을 실시하였다. 대조구로 옥수수-대두박 위주로 배합된 사료이며

처리구는 대조구 사료에 인산칼슘을 무첨가하고 phytase를 300 unit/kg 첨가한 구로서 2처리 5반복 그리고 반복당 30수씩 완전임의 배치하였다. 산란율, 난중, 난각강도 및 난각두께는 처리간의 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 결론적으로 산란계 사료에 phytase를 첨가할 때 환경문제를 야기시킬 수 있는 인의 배설량을 감소시키고 무기태 인의 요구량을 절약할 수 있음을 보여주고 있다.

(색인어 : phytase, 산란계, 영양소축적량, 난각)

인용문헌

- AOAC 1994 *Official methods of analysis*(16th Ed). Association of official analytical chemists. Washington DC.
- De Rham O, Jost T 1979 Phytase protein interactions in soybean extracts and low-phytase soy protein products. *J Food Sci* 596.
- Duncan DB 1955 "Multiple range and multiple F test." *Biometrics* 11:42.
- Lynch GL 1996 phytase allows flexibility in laying hen diets. p12 *Feedstuffs* April 1.
- SAS 1996 SAS user guide. release 6.12 edition. SAS Inst Inc Cary NC USA
- Schoener FJ, Hoppe PP, Schwarz G, Wjesche H 1993 Effects of microbial phytase and inorganic phosphate in broiler chickens: performance and mineral retention at various calcium levels. *J Anim Physiol Anim Nutr* 69:235.
- Simons PCM, Versteegh HAJ 1990 Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broiler and pigs. *British Journal of Nutrition* 64:525.
- Um JS, Paik IK 1999 Effects of microbial phytase supplementation on egg production, eggshell quality, and mineral retention of laying hens fed different levels of phosphorus. *Poultry Sci* 78:75-79.
- 김범철 허우명 황길순 김동섭 최광순 1995 소양호에서 인의 존재 형태별 분포에 관하여. *한국수육학회지* 28:151.
- 김상호 유동조 이상진 강보식 서옥석 최철환 이원준 류경선 2000 산란생산성과 인 이용성에 대한 Microbial Phytase의 첨가효과 II. 무기태인 수준이 다르고 칼슘 수준이 높은 사료에 Microbial Phytase 첨가가 산란성 및 인 이용성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 27:25-30.
- 허우명 김범철 안태석 이기종 1992 소양호 유역과 가두리로부터의 인 부하량 및 인 수치(phosphorus baget). *한국수육학회지* 25:207.