

## 인과 칼슘의 수준이 낮은 산란계 사료 내 미생물 Phytase의 첨가가 생산성 및 영양소 소화율에 미치는 영향

민병준<sup>1</sup> · 권오석<sup>1</sup> · 이원백<sup>1</sup> · 손경승<sup>1</sup> · 홍종욱<sup>1</sup> · 양승주<sup>2</sup> · 문태현<sup>3</sup> · 김인호<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>단국대학교 동물자원학과, <sup>2</sup>제주도청, <sup>3</sup>InterMax System, Inc.

### Effect of Microbial Phytase in Low Phosphorus and Calcium Level Diet on the Performance and Nutrient Digestibility in Laying Hens

B. J. Min<sup>1</sup>, O. S. Kwon<sup>1</sup>, W. B. Lee<sup>1</sup>, K. S. Son<sup>1</sup>, J. W. Hong<sup>1</sup>, S. J. Yang<sup>2</sup>, T. H. Moon<sup>3</sup> and I. H. Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Resource & Science, Dankook University,

<sup>2</sup>Jeju Provincial Government, <sup>3</sup>InterMax System, Inc.

**ABSTRACT** This study was conducted to investigate the effects of microbial phytase in low phosphorus and calcium level diet on the performance and nutrient digestibility in laying hens. One hundred ninety two, 50 wks old, ISA brown commercial layers were used for 12 weeks feeding trial after 7-d adjustment period. Four dietary treatments included CON (control; corn-soybean meal basal diet contained available P (aP) and Ca to meet the NRC requirement), P1 (0.01% PHYTEX, Agranco, Co.), P2 (0.06% Natuphos, BASF) and P3 (0.06% PHOSMAX, GENOFOCUS). Ca and available P concentrations of P1, P2 and P3 were 90 and 50% of NRC recommendations to accentuate difference in response to phytase availability. In whole period, egg production was not affected by treatments. At 12 weeks, egg weight was significantly increased in adding phytase treatments ( $P<0.05$ ). Egg shell thickness was increased in P1, P2 and P3 treatments compared with control ( $P<0.05$ ) at 9 weeks. Ca concentration of serum tended to decrease in P1 treatment without significant difference ( $P>0.05$ ). Ca and P concentrations of tibia were higher in layers fed dietary phytase than those fed control diet without significantly difference ( $P>0.05$ ). Digestibilities of DM, N and ash were improved in P1 treatment compared with P2 and P3 treatments ( $P<0.05$ ). Ca and P digestibilities were the highest in P2 treatment ( $P<0.05$ ), but was not significantly different between control and P1 treatments.

(Key words : microbial phytase, performance, digestibility, laying hens)

## 서 론

사료원료로 사용되는 곡류나 박류내 인은 대부분이 Phytate 형태로 존재하며(Jongbloed et al., 1991), 단위가축은 이를 분해할 수 있는 phytase의 분비가 충분히 이루어지지 않기 때문에 phytate 형태의 인은 단위가축에서 소화되지 못하고, 배설된다(Peeler, 1972). 따라서 식물성 사료원료와 함께 phytase를 첨가하면 돼지(Harper et al., 1997)와 가금(Um et al., 1998)에서 인의 이용성이 향상되며, 분내 인 배설이 감소된다.

Phytase는 곡류나 대두 같은 식물의 종자나 fungi, yeast, bacteria, rumen microbe와 같은 미생물의 형태로 자연계에 풍부하게 존재한다. 그러나 일반적으로 곡류에 존재하는 phytase의 최대 활성을 위한 적정 pH는 5~5.5인 반면, 미생물 유래 phytase의 적정 pH는 2~2.5로 상대적으로 폭 넓은 pH 영역을 가지고 있다. 또한 단위 동물의 체내에서 phytase에 의한 phytate의 분해는 거의 pH 2~3 정도 수준인 위장 속에서 일어난다(Schulz and Oslage, 1972). 따라서, 위장의 pH가 2.0~2.5인 닭에서 미생물 유래 phytase가 더욱 적합할 것으로 판단된다.

\* To whom correspondence should be addressed : inhokim@dankook.ac.kr

현재 산란계 사료 내 많은 종류의 미생물 유래 phytase가 첨가, 이용되어지고 있으며, 이에 따른 효과로는 산란율 향상(Um and Paik, 1999), 난각강도 증가(손중천 등, 1999), 인의 이용성 개선(김상호 등, 2000) 등이 있다. 또한, 이러한 효과는 사료내 첨가되는 무기태 인의 수준을 감소시킬 수 있음이 보고되어졌다(손중천 등, 1999; 김상호 등, 2000). 그러나, 이러한 미생물성 phytase는 미생물의 균주, 활성의 범위(Irving and Cosgrove, 1972), 역가, 사료원료(Agustin et al., 2000) 및 사료 내 인, 칼슘의 함량 등에 따라 그 효과가 다양하게 나타날 수 있다.

따라서 본 시험은 칼슘과 인 함량을 감소시킨 옥수수-대두박 위주의 사료 내 각각의 미생물성 phytase의 첨가가 산란계의 생산성 및 영양소 소화율에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험동물 및 시험설계

50주령 ISA brown 갈색계 192수를 공시하였으며, 사양시험은 7일간의 적응기간 후, 12주간 실시하였다.

시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 사료에 NRC(1994) 요구량에 맞춰 Available P과 Ca을 처리한 구(CON; 기초사료), 기초사료에 Available P과 Ca을 각각 대조구 사료의 50%와 90%를 함유한 사료에 3종류의 미생물 phytase PHYTEX, Agranco. Co. 0.01%(P1), Natuphos<sup>®</sup>, BASF 0.06%(P2), PHOSMAX, GENOFOCUS 0.06%(P3)를 첨가한 처리구로 4개 처리를 하여 처리당 8반복, 반복당 6마리씩 완전 임의배치하였다.

시험에 사용된 phytase는 *Aspergillus niger* 유래의 미생물 phytase이며, 각각의 역가는 Table 2와 같다. 또한, 첨가수준은 각각의 역가를 토대로 적정 수준을 사료내 첨가하였다.

### 2. 시험사료 및 사양관리

시험에 사용된 기초사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서 2,902kcal ME/kg, 16.07% CP, 0.75% lysine을 동일하게 함유토록 하였다(Table 1). 시험사료는 가루 형태로 자유채식토록 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 총 점등시간은 일일 17시간이 되도록 조절하였다.

### 3. 조사항목 및 방법

**Table 1.** Diet composition(as-fed basis)

Ingredients	Control(%)	Treatment <sup>1</sup> (%)
Corn	50.36	51.31
Soybean meal(CP 46%)	18.70	18.77
Wheat grain	10.00	11.00
Limestone	7.50	7.50
Wheat bran	5.00	5.00
Animal fat	4.44	3.78
Corn gluten meal	2.00	1.64
Tricalcium phosphate(P 18%)	1.40	0.40
Salt	0.30	0.30
DL-methionine	0.10	0.10
Vitamin premix <sup>2</sup>	0.10	0.10
Mineral premix <sup>3</sup>	0.10	0.10
Chemical composition <sup>4</sup>		
ME, kcal/kg	2,902	2,902
Crude protein, %	16.07	16.07
Lysine, %	0.75	0.75
Methionine, %	0.38	0.38
Calcium, %	3.23	2.91
Available P, %	0.35	0.17

<sup>1</sup> Supplemented phytase. Table 2 shows individual treatments.

<sup>2</sup> Provided per kg of premix: 12,500,000 IU vitamin A, 2,500,000 IU vitamin D<sub>3</sub>, 10,000 mg vitamin E, 2,000 mg vitamin K<sub>3</sub>, 50 mg biotin, 500 mg folic acid, 35,000 mg niacin, 10,000 mg Ca-pantothenate, 1,000 mg vitamin B<sub>6</sub>, 5,000 mg vitamin B<sub>2</sub>, 1,000 mg vitamin B<sub>1</sub> and 15 mg vitamin B<sub>12</sub>.

<sup>3</sup> Provided per kg of premix: 25,000 mg Cu, 40,000 mg Fe, 60,000 mg Zn, 80,000 mg Mn, 1,500 mg I, 300 mg Co and 150 mg Se.

<sup>4</sup> Calculated values.

**Table 2.** Supplemented phytase level and definition of unit

Item	P1	P2	P3
Unit	500 AGR U/kg <sup>a</sup>	300 FTU/kg <sup>b</sup>	300 GFU/kg <sup>c</sup>

<sup>a</sup> 1 unit of AGR U(unit of activity) is the amount of enzyme that release a 1.5% soluble protein and 0.1% free phosphorus in 1g of feed at pH 5 at 37°C.

<sup>b</sup> 1 FTU is the amount of enzyme that release 1 micro mole inorganic phosphate per minute from 5mM sodium phytate at pH 5.5 at 37°C.

<sup>c</sup> 1 GFU is the amount of enzyme that release 1 micro mole inorganic phosphate per minute from 2mM phytic acid at pH 4.5 at 37°C.

산란율과 난중은 사양시험 기간동안 매일 계란을 채집하여 측정하였다. 난각강도는 난각강도계(Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하였으며, 난각두께는 Dial pipe gauge (Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였다.

난황계수는 Ozaki사의 캘리퍼스로 난황의 높이와 직경을 측정하여 Sauter et al.(1951)의 방법에 의하여 난황의 높이를 난황의 직경으로 나누어 계산하였으며, 난황색은 Yolk colour fan(Roche, Switzerland)을 이용하여 난황의 색도를 측정하였다.

혈청내 Ca 과 P 함량의 측정을 위해 시험 개시시와 종료시에 처리당 12마리를 임의 선발, 익정맥에서 혈액을 채취하여 4°C에서 2,000×g로 20분간 원심분리한 혈청을 분석에 이용하였다. 분리된 혈청은 Ca 과 P 검사시약(Boehringer Mannheim Co., Germany)을 이용하여 자동생화학 분석기(Hitachi 747, Hitachi, Japan)로 측정하였다.

경골 파괴 강도는 시험 종료시 처리당 10마리를 도축하여 각 개체의 경골부위를 채취하여 육과 인대 등을 제거하고 100°C에서 24시간 건조 후 Instron을 사용하여 three-point loading(3 mm/sec)방법으로 측정하였으며, 경골내 Ca 과 P 함량은 건조된 경골을 분쇄하여 분석에 사용하였다.

영양소 소화율을 측정하기 위하여 표시물로서 산화크롬(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)을 사료내 0.2% 첨가하였으며, 시험종료 5일전에 동일한 시간동안 배설된 분을 채취하여 건조시킨 후 분석에 이용하였다.

4. 화학분석 및 통계처리

사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC(1994)에 의해 분석하였다.

모든 자료는 SAS(1996)의 general linear model procedure를 이용하여(Petersen, 1985) Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 산란율 및 계란 품질

시험사료의 급여가 산란계의 산란율에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 총 12주간의 사양 시험기간동안 산란율에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나(P>0.05). 손중천 등(1999)은 인의 수준을 60% 낮춘 산란계 사료 내 미생물 phytase를 500 FTU 첨가했을 때 산란율이 가장 높았으나, 그 이하의 첨가수준에서는 대조구와 별다른 차

Table 3. Effects of dietary phytase on hen-day egg production (%) in laying hens

Periods (Weeks)	CON	P1 <sup>1</sup>	P2 <sup>1</sup>	P3 <sup>1</sup>	SE <sup>2</sup>
3	91.67	91.67	93.33	92.08	1.35
6	90.18	89.30	90.40	90.10	1.16
9	90.77	89.98	91.70	90.91	1.24
12	85.27	83.04	82.29	81.99	1.67
Mean	89.47	88.50	89.43	88.77	0.97

<sup>1</sup> Abbreviated CON, basal diet; P1, added PHYTEX 0.01% in low P and Ca diet; P2, added Natuphos<sup>®</sup> 0.06% in low P and Ca diet; P3, added PHOSMAX 0.06% in low P and Ca diet.

<sup>2</sup> Pooled standard error.

이를 보이지 않았으며, phytase를 첨가하지 않은 사료에서도 산란율은 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 산란계에 있어 인의 이용성과 산란율과의 관계는 아직 명확히 밝혀진 바가 없으며, 여러 연구자들에 따라 그 결과도 조금씩 다르다. Keshavarz(1996)은 산란사료의 유효 인의 함량을 0.4, 0.3, 0.2%로 점차 감소시켜도 생산성에 영향을 미치지 않는다고 하였으며, Antillon(1976)은 고능력 산란계에서 인 함량을 0.55%에서 0.26%로 감소시켜도 산란율은 대조구와 차이가 없었다고 보고하였다. 그러나 김상호 등(2000)은 *Bacillus* 유래의 미생물 phytase를 인의 수준을 80% 낮춘 사료 내 300 DPU 수준을 첨가하였을 때, 산란율이 증가되었다고 보고하였다. 본 연구에서 인과 칼슘의 수준을 감소시킨 사료 내 phytase를 첨가하였을 때 산란율에서는 영향을 받지 않았으나, 산란계에 있어 미생물성 phytase와 산란율의 상관관계에 관한 더 많은 연구가 시행되어야 할 것으로 사료된다.

난중, 난각질 및 계란 품질을 Table 4에 나타내었다. 시험 개시 후, 3주째와 6주째의 난중에 있어서는 phytase를 첨가한 처리구에서 대조구와 비교하여 통계적인 차이가 없었으며(P>0.05), 9주째와 시험종료시의 난중은 처리구에서 유의적으로 높게 평가되었다(P<0.05). 이는 김상호 등(2000)이 인의 수준을 80%로 한 산란계 사료 내 미생물 phytase를 첨가시 대조구와 비교하여 난중이 유의적으로 증가하였다는 보고와 일치하였다. 난각강도에 있어서는 시험 9주째(P<0.05)를 제외하고 처리구간 통계적인 차이를 나타내지 않았다. 난각 두께에 있어서는 시험 9주째 phytase를 급여한 처리구가

**Table 4.** Effects of dietary phytase on the egg quality in laying hens

Traits	CON	P1 <sup>1</sup>	P2 <sup>1</sup>	P3 <sup>1</sup>	SE <sup>2</sup>
<b>Initial</b>					
Egg weight, g	60.87	61.07	61.38	61.27	0.95
Egg shell breaking strength, kg/cm <sup>2</sup>	4.24	4.18	4.16	4.19	0.17
Egg shell thickness, mm	45.77	45.00	45.03	45.73	0.74
Haugh unit	71.24	71.34	71.77	72.02	1.24
Yolk color unit	7.07	7.09	7.19	7.13	0.18
Egg yolk index	0.426	0.419	0.418	0.425	0.007
<b>3 weeks</b>					
Egg weight, g	60.88	62.50	61.49	62.82	0.68
Egg shell breaking strength, kg/cm <sup>2</sup>	4.25	4.23	4.17	4.33	0.14
Egg shell thickness, mm	45.63 <sup>b</sup>	45.43 <sup>b</sup>	45.33 <sup>bc</sup>	45.87 <sup>a</sup>	0.06
Haugh unit	70.44	71.87	71.99	72.71	1.13
Yolk color unit	6.84	7.06	6.98	6.91	0.21
Egg yolk index	0.431	0.416	0.416	0.430	0.008
<b>6 weeks</b>					
Egg weight, g	60.47	62.52	63.51	60.54	1.11
Egg shell breaking strength, kg/cm <sup>2</sup>	4.01	3.73	3.45	3.63	0.27
Egg shell thickness, mm	43.12 <sup>a</sup>	43.10 <sup>a</sup>	41.43 <sup>b</sup>	42.32 <sup>ab</sup>	0.48
Haugh unit	70.19	71.21	72.96	74.81	1.82
Yolk color unit	7.22	7.51	7.33	7.16	0.21
Egg yolk index	0.394	0.394	0.396	0.385	0.007
<b>9 weeks</b>					
Egg weight, g	60.34 <sup>b</sup>	62.32 <sup>ab</sup>	63.06 <sup>a</sup>	62.75 <sup>ab</sup>	0.86
Egg shell breaking strength, kg/cm <sup>2</sup>	3.63 <sup>b</sup>	4.22 <sup>a</sup>	3.89 <sup>ab</sup>	4.00 <sup>ab</sup>	0.17
Egg shell thickness, mm	43.47 <sup>b</sup>	45.60 <sup>a</sup>	44.78 <sup>a</sup>	45.63 <sup>a</sup>	0.42
Haugh unit	70.86 <sup>b</sup>	70.35 <sup>b</sup>	75.32 <sup>ab</sup>	79.79 <sup>a</sup>	1.92
Yolk color unit	6.60 <sup>b</sup>	7.11 <sup>ab</sup>	7.43 <sup>a</sup>	7.13 <sup>ab</sup>	0.22
Egg yolk index	0.392 <sup>c</sup>	0.416 <sup>b</sup>	0.407 <sup>bc</sup>	0.438 <sup>a</sup>	0.007
<b>12 weeks</b>					
Egg weight, g	56.28 <sup>b</sup>	61.17 <sup>a</sup>	60.24 <sup>a</sup>	60.73 <sup>a</sup>	1.02
Egg shell breaking strength, kg/cm <sup>2</sup>	3.75	3.60	3.33	3.66	0.18
Egg shell thickness, mm	42.53 <sup>a</sup>	43.07 <sup>a</sup>	41.22 <sup>b</sup>	43.35 <sup>a</sup>	0.43
Haugh unit	58.10	60.01	61.72	63.41	1.84
Yolk color unit	6.88 <sup>ab</sup>	6.21 <sup>b</sup>	7.21 <sup>a</sup>	6.58 <sup>ab</sup>	0.30
Egg yolk index	0.366	0.370	0.358	0.355	0.005

<sup>1</sup> Abbreviated CON, basal diet; P1, added PHYTEX 0.01% in low P and Ca diet; P2, added Natuphos<sup>R</sup> 0.06% in low P and Ca diet; P3, added PHOSMAX 0.06% in low P and Ca diet.

<sup>2</sup> Pooled standard error.

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

대조구와 비교하여 두꺼워졌으며(P<0.05), 시험 종료시에는 대조구, P1과 P3 처리구간 유의적 차이가 없었다(P>0.05). 계

란의 신선도를 나타내는 Haugh unit은 시험 9주령일 때를 제외하고(P3>CON, P<0.05) 처리구간 유의적인 차이를 보이지

않았다( $P>0.05$ ). 난황색과 난황지수에 있어서는 시험개시 후, 6주령까지 처리구간 유의성을 보이지 않았으며( $P>0.05$ ), 시험 종료시에는 난황색에 있어 P2 처리구가 가장 높은 경향을 나타내었다. 본 실험에서 나타난 난각 두께는 phytase를 급여한 처리구(P1, P3)에서 두꺼워지는 경향을 보였다. 이는 난각 형성에 필요한 Ca의 흡수가 phytase에 의해 원활히 이루어진 것에 기인한 것으로 보인다. 또한, 처리구 사료의 칼슘과 인의 비율은 6%로서 대조구 사료의 11% 보다 적으며, 이로 인한 phytase의 효과가 더욱 잘 나타난 것으로 보인다. Qian 등(1997)은 Ca과 P의 비율이 커질수록 미생물성 phytase의 효과가 감소한다고 보고하여 본 결과를 뒷받침해 주고 있다.

2. 혈청 내 Ca 과 P 함량

Phytase를 급여한 산란계의 혈청 내 Ca 및 P의 함량의 변화를 Table 5에 나타내었다. 시험 종료시의 혈청 내 Ca 함량에 있어서는 P1과 P3 처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높게 평가되었다( $P<0.05$ ). 이러한 결과는 앞에서 나타난 난각 두께와 Table 6의 경골 내 Ca 함량과 유사한 경향을 보인 것이며, 이는 phytase에 의해 옥수수-대두박 등에 다량 존재하는 phytate 형태의 인이 분해됨으로써 이에 결합되어져

**Table 5.** Effects of dietary phytase on the Ca and P concentrations(mg/dL) of serum

Traits	CON	P1 <sup>1</sup>	P2 <sup>1</sup>	P3 <sup>1</sup>	SE <sup>2</sup>
Initial					
Ca	22.20	23.20	22.45	24.56	1.45
P	5.29 <sup>b</sup>	7.15 <sup>a</sup>	5.69 <sup>ab</sup>	6.70 <sup>ab</sup>	0.58
Final					
Ca	17.11 <sup>b</sup>	20.41 <sup>a</sup>	19.45 <sup>ab</sup>	21.26 <sup>a</sup>	0.95
P	4.15 <sup>b</sup>	4.23 <sup>ab</sup>	4.04 <sup>b</sup>	4.89 <sup>a</sup>	0.23
Difference					
Ca	-5.09	-2.79	-3.00	-3.30	1.30
P	-1.14	-2.92	-1.65	-1.81	0.58

<sup>1</sup> Abbreviated CON, basal diet; P1, added PHYTEX 0.01% in low P and Ca diet; P2, added Natuphos<sup>®</sup> 0.06% in low P and Ca diet; P3, added PHOSMAX 0.06% in low P and Ca diet.

<sup>2</sup> Pooled standard error.

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

**Table 6.** Effects of dietary phytase on the eggshell breaking strength and nutrient concentration of tibia

Traits	CON	P1 <sup>1</sup>	P2 <sup>1</sup>	P3 <sup>1</sup>	SE <sup>2</sup>
Breaking strength, kg/cm <sup>2</sup>	14.24	14.50	16.16	13.10	1.46
Nutrient concentration, %					
Ca	12.21	12.71	12.41	12.45	1.14
P	3.99	4.36	4.41	4.51	0.42

<sup>1</sup> Abbreviated CON, basal diet; P1, added PHYTEX 0.01% in low P and Ca diet; P2, added Natuphos<sup>®</sup> 0.06% in low P and Ca diet; P3, added PHOSMAX 0.06% in low P and Ca diet.

<sup>2</sup> Pooled standard error.

있던 Ca의 흡수율 또한 높인 것으로 사료된다. 또한 시험 개시시와 종료시 혈청 내 Ca 함량의 차이는 P1 처리구에서 가장 적은 변화를 보였으나, 처리구간 유의적인 차이는 보이지 않았으며, P 함량에 있어서도 처리구간 유의성은 보이지 않았다( $P>0.05$ ).

3. 경골 파괴 강도 및 Ca 과 P 함량

경골의 파괴 강도와 경골 내 Ca과 P의 함량을 Table 6에 나타내었다. 경골의 파괴 강도는 P2 처리구가 가장 높은 경향을 보였으며, P1, 대조구, P3 순으로 나타났으나 4개의 처리구간에 통계적인 차이는 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 경골 내 Ca과 P의 함량은 phytase를 급여한 처리구가 대조구에 비하여 유의적인 차이없이 높은 경향을 보였다( $P>0.05$ ). 일반적으로, 대란에는 2.0~2.2g의 칼슘이 들어 있는데, 전 칼슘을 사료를 통해서 공급받는 닭은 사료를 먹지 않는 밤에도 난각은 계속 형성되어지므로, 사료가 아닌 뼈로부터 칼슘 및 인을 공급받아야 한다(노선호, 2001). 손중천 등(1999)은 인의 함량을 60%로 낮춘 사료 내 미생물성 phytase 100 FTU의 첨가가 대퇴골의 강도를 높였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었으며, 이는 산란계 사료 내 인과 칼슘의 함량을 낮추더라도 미생물성 phytase를 첨가함으로써 그 이용성을 증가시켜 기초사료와 큰 차이를 보이지 않은 것으로 사료된다. 그러나, Xavier 등(2004)은 육계에 있어 옥수수-대두박 사료 내 본 연구의 P2 처리구와 같은 미생물성 phytase를 첨가하였을 때, 인의 함량이 낮아지면 경골의 강도도 낮아지는 경향을 보인다고 하여 본 연구와 부분적으로 다른 결과를 나타내었다. 이는 사용되어진 사료원료 또는 인과 칼슘의 차이에 의한 것이라 사료된다.

**Table 7.** Effects of dietary phytase on the nutrient digestibility in laying hens

Traits(%)	CON	P1 <sup>1</sup>	P2 <sup>1</sup>	P3 <sup>1</sup>	SE <sup>2</sup>
DM	74.52 <sup>a</sup>	74.47 <sup>a</sup>	73.52 <sup>b</sup>	73.34 <sup>b</sup>	0.06
N	66.30 <sup>ab</sup>	67.73 <sup>a</sup>	64.07 <sup>b</sup>	65.07 <sup>b</sup>	0.31
Ash	43.70 <sup>a</sup>	43.53 <sup>a</sup>	41.10 <sup>b</sup>	40.85 <sup>b</sup>	0.62
Ca	67.33 <sup>b</sup>	67.97 <sup>b</sup>	70.24 <sup>a</sup>	65.17 <sup>c</sup>	0.60
P	59.15 <sup>a</sup>	59.01 <sup>ab</sup>	59.42 <sup>a</sup>	58.05 <sup>b</sup>	0.12

<sup>1</sup> Abbreviated CON, basal diet; P1, added PHYTEX 0.01% in low P and Ca diet; P2, added Natuphos<sup>R</sup> 0.06% in low P and Ca diet; P3, added PHOSMAX 0.06% in low P and Ca diet.

<sup>2</sup> Pooled standard error.

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

#### 4. 영양소 이용률

산란계 사료내 미생물 phytase의 첨가가 영양소 소화율에 미치는 영향을 Table 7에 나타내었다. DM, N과 Ash의 소화율에 있어서는 대조구와 P1 처리구가 P2, P3 처리구와 비교하여 유의적으로 증가하였다(P<0.05). Ca과 P에 있어서는 P2 처리구의 소화율이 가장 높게 나타났으며(P<0.05), 대조구와 P1 처리구는 서로 통계적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 김상호 등(2000)은 phytase의 첨가가 칼슘과 인의 소화율을 증가시켰으나, 60%로 인의 함량을 낮추었을 때는 오히려 감소되었다고 보고하였다. 본 연구에서는 인의 함량을 50%로 감소시켰을 때, 대조구와 P1처리구에서의 인의 이용율이 가장 높았으며, 이는 산란계에 있어 사용되어진 사료 원료의 이용성 차이와 각각의 Phytase의 체내 활성도의 차이에 기인한 것으로 보인다.

이상의 결과를 볼 때, 산란계 사료 내 인과 칼슘의 수준을 낮추어도 미생물성 phytase를 첨가함으로써 생산성에 있어서는 일반사료와 차이를 보이지 않았으나, 소화율에 있어서는 각각의 phytase에 따른 이용율에 차이를 보여 이와 관련한 연구가 차후 계속 시행되어야 할 것으로 보인다.

## 적 요

본 연구는 인과 칼슘의 수준이 낮은 산란계 사료내 미생물 phytase의 첨가가 생산성 및 영양소 소화율에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시되었다. 사양시험은 50주령 ISA

brown 갈색계 192수를 공시하였으며, 사양시험은 7일간의 적응기간 후, 12주간 실시하였다. 시험설계는 옥수수-대두박 위주의 사료에 NRC 요구량에 맞춰 Available P과 Ca을 처리한 구(CON; 기초사료), 기초사료에 Available P과 Ca을 각각 대조구 사료의 50%와 90%를 함유한 사료에 3종류의 미생물 phytase PHYTEX, Agranco. Co. 0.01%(P1), Natuphos<sup>R</sup>, BASF 0.06%(P2), PHOSMAX, GENOFOCUS 0.06%(P3)를 첨가한 처리구로 4개 처리를 하였다. 총 12주간의 사양 시험기간동안 산란율은 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 시험 종료시 난중은 처리구에서 유의적으로 높게 평가되었다(P<0.05). 난각 두께는 시험 9주째 phytase를 급여한 처리구가 대조구와 비교하여 두꺼워졌다(P<0.05). 시험 개시시와 종료시 혈청 내 Ca 함량의 차이는 P1처리구에서 가장 적은 변화를 보였으나, 처리구간 유의적인 차이는 보이지 않았으며, P함량에 있어서도 처리구간 유의성은 보이지 않았다(P>0.05). 경골 내 Ca과 P의 함량은 phytase를 급여한 처리구가 대조구에 비하여 유의적인 차이없이 높은 경향을 보였다(P>0.05). DM, N과 Ash의 소화율에 있어서는 대조구와 P1 처리구가 P2, P3 처리구와 비교하여 유의적으로 증가하였다(P<0.05). Ca과 P에 있어서는 P2 처리구의 소화율이 가장 높게 나타났으며(P<0.05), 대조구와 P1 처리구는 서로 통계적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05).

(색인어 : 미생물성 phytase, 생산성, 소화율, 산란계)

## 인용문헌

- Agustin V, Carmen C, Agustin B, Rosa C, Ana L 2000 Phytase and acid phosphatase activities in plant feedstuffs. *J Agric Food Chem* 48:4009-4013.
- Antollon A 1976 Pathology of caged laying hens fed different levels of calcium, phosphorus and vitamin D<sub>3</sub>. Ph D. Thesis Cornell University.
- AOAC 1994 Official Methods of Analysis(16th Ed.). Association of official Analytical Chemists. Washington DC.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1.
- Harper AF, Kornegay ET, Schell TC 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.

- Irving GCJ, Cosgrove DJ 1972 Inositol phosphate phosphatases of microbiological origin: the inositol pentaphosphate products of *Aspergillus ficuum* phytase. *J Bacteriol* 112: 434-438.
- Jongbloed AW, Everts H, Kemme PA 1991 Phosphorus availability and requirement in pigs. *Rec Adv Anim Nutr* 65-80.
- Keshavarz K 1996 Phytase and phosphorus requirement of laying hens. *Cornell Poultry Pointer* Vol 46 No 2.
- NRC 1994 Nutrient requirement of poultry. National Academy Press. Washington DC. USA.
- Peeler HT 1972 Biological availability of nutrients in feeds; Availability of major mineral ions. *J Anim Sci* 35:695-699.
- Petersen RG 1985 Design and analysis of experiments. Oregon State University. Corvallis Oregon. USA.
- Qian H, Kornegay ET, Denbow DM 1997 Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol and the calcium: Total phosphorus ratio in broiler diets. *Poult Sci* 76:37-46.
- SAS 1996 SAS user guide. release 6.12 edition. SAS Inst Inc Cary NC. USA.
- Sauter EA, Stadelman WJ, Harns V, McLaren BA 1951 Methods for measuring yolk index. *Poult Sci* 30:629-630.
- Schulz E, Oslage HJ 1972 Intestinal hydrolysis of inositol phosphoric acid and absorption of phytin phosphorus in the swine. 2. Hydrolysis of inositol phosphoric acid in the intestinal tract of the swine. *Z Tierphysiol Tierernahr Futtermittelkd* 30:76-91.
- 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.
- Um JS, Paik IK, Chand MB, Lee BH 1998 Effects of microbial phytase supplementation to diets with low non-phytate phosphorus levels in the performance and bioavailability of nutrients in laying hens. *Asian-Aus J Anim Sci* 12:203-208.
- Xavier EG, Cromwell GL, Lindemann MD 2004 Performance and phosphorus excretion of chicks fed conventional or low-phytate corn-soybean meal diets without or with phytase. *J Anim Sci* 82(Suppl. 1):150.
- 김상호 유동조 나재천 최철환 상병돈 이상진 이원준 류경선 2000 산란 생산성과 인 이용성에 대한 Microbial Phytase의 첨가 효과 I. 무기태인 수준이 다른 사료에 Microbial Phytase 첨가가 산란성 및 인 이용성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 27:19-23.
- 노선호 2001 양계영양학 신광출판사.
- 손중천 김인호 김영길 1999 미생물 phytase의 첨가가 산란계의 생산성에 미치는 영향. *한국축산학회지* 41:175-192.