

산란계 사료 내 칼슘 및 무기태 인 수준에 따른 Bacterial Phytase 급여 효과

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

¹축산과학원 축산자원개발부 가금과, ²농협사료, ³대성미생물연구소

The Effects of Supplemental Bacterial Phytase to the Calcium and Nonphosphorus Levels in Feed of Laying Hens

H. K. Kang¹, S. Y. Park², D. J. Yu¹, J. H. Kim¹, G. H. Kang¹, 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 identify the correlation of bacterial phytase (Transphos[®]) to the calcium level in feed. Of all 21-week-old 720 HyLine brown laying hens, 2 birds of similar weight were placed on each individual cage. The experiment was conducted by 3×2×3 factorial design with including 3 different levels of phytase (0, 300, and 1,000 DPU/kg), 2 different levels of calcium (3.5% and 4.0%), and 3 different levels of no NPP addition 0% (0.095 NPP), 0.5% (0.185% NPP), and 1.0% (0.275% NPP). The feeding trial maintained the ME level of 2,800 kcal/kg and 16% for crude protein. The diet was fed *ad libitum* and 17 hours of lighting was provided throughout the experimental period.

Egg production seemed to increase, in the 300 DPU of bacterial phytase added group and the cracked egg tended to reduce in Transphos added group. The egg productivity between treatment groups did not show significant difference by dietary calcium level, whereas non NPP added group (0.095% NPP) was found to be low compared to NPP added groups ($P<0.05$). The highest mean egg weight and the highest daily egg mass were detected in 300 DPU phytase added group. Although the mean egg weight was significantly higher in treatment groups fed with 3.5% calcium containing feeds ($P<0.05$), daily egg mass was no among treatment groups. The mean egg weight and daily egg mass were the lowest in non NPP added group (0.095% NPP) compared to other treatment groups ($P<0.05$). The feed intake showed similar pattern regardless of the bacterial phytase and calcium levels in the diet. However, the treatment groups fed diets containing NPP level of 0.275% and 0.165% showed significantly higher feed intake than the group fed with 0.095% NPP ($P<0.05$).

Although the feed conversion was not affected by calcium and NPP levels in the diet, the most improved result was obtained from 300 DPU phytase added group ($P<0.05$). The eggshell breaking strength and thickness increased as dietary calcium level increase the level of calcium increases in diet. The treatment groups fed diet containing 0.275% and 0.165% NPP revealed to show improvement in eggshell breaking strength and yolk color index compared to the NPP non added (0.095% NPP) treatment group. The result of the present study suggests that the appropriate level of microbial phytase is 300 DPU and at this level, tricalcium-phosphate supplementation in feed can be reduced to 40% of NRC recommendation. Higher calcium level in feed fail to show synergistic effect by adding microbial phytase.

(Key words : bacterial phytase, laying hen, egg mass, performance)

서론

최근 양계 산업이 고밀도화, 집약화되면서 계분으로 인한 환경 오염 문제가 큰 관심사로 대두되면서 닭과 돼지 같은 단위 동물은 사료내 인의 이용성이 특히 낮으므로 배설되는 인이 증가하여 환경 오염의 주 원인이 된다.

양계 사료의 주 원료인 곡물에 존재하는 인은 대부분 phytate와의 복합체인 피틴태 인(*myo*-inositol hexakis phosphate)으로 구성된다(Haug and Lantzsch, 1983; Eeckhout and De Paepe, 1994; Harland and Morris, 1995; Harland and Narula, 1999; Sandberg, 2002).

피틴태 인의 가수분해 효소인 내인성 파이타제(endoge-

* To whom correspondence should be addressed : shkim@rda.go.kr

nous phytase)가 부족하기 때문에 피틴내 인의 소화 흡수가 매우 낮다(Cowieson et al., 2006). Phytate는 6분자의 인 외에도 Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, K 등의 광물질과도 결합되어 있으며, 여러 소화 효소 특히 trypsin이나 pepsin과 복합물을 형성하여 단백질 소화를 저해하는 역할을 한다(Singh and Krikorian, 1982). 따라서, phytate 복합체가 단위 가축에서 소화 흡수가 안 되는 문제를 해결하기 위한 방법 중 하나로 미생물에서 생산된 phytase를 이용하여 환경 오염에 대한 문제를 최소화하는 것이다(Sebastian et al., 1998). 피틴내 인은 phytase에 의해 inositol 분자로부터 유리되어야 소화 흡수가 가능한데(Sandberg et al., 1993), 단위 동물에 존재하는 내인성 phytase는 역가가 낮기 때문에 fungal phytase를 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., 1994; Van der Klis and Verteegh, 1991).

Van der Klis et al.(1994)은 산란 사료 kg당 250U의 phytase를 첨가할 때 monocalcium phosphate 0.8 g/kg 급여와 동일한 효과가 있으며, Um and Paik(1999)은 산란 사료 kg당 500U 첨가시 산란 증가와 무기태 인의 첨가와 배설량이 감소되었다고 하였다. Sebastian et al.(1998)도 fungal phytase가 피틴내 인의 가수 분해를 촉진 이용케 함으로써 무기태 인의 사용을 절감하고 인 배설도 저하시킨다고 하였다.

이와 같이 fungal phytase의 효과는 여러 요인에 따라 달라지는데, 그 중 가장 큰 것이 사료 내 칼슘의 함량이다(Bahndari, 1980; Wise, 1983; Ballam et al., 1985; Mohammed et al., 1991). Qian et al.(1997)에 의하면 Ca과 P의 비율이 커짐에 따라 fungal phytase 급여 효과가 감소되는 원인은 배합 사료에서 phytate 인의 이용이 사료 내 칼슘과 인의 수준에 상호 의존적으로서(Edwards, 1983), 칼슘 함량이 동물이 요구하는 적정 수준보다 높으면 잉여의 칼슘은 phytate와 결합하여 불용성이 되므로 phytase의 접근이 제한되며, phytase가 작용하는 부위에서 경쟁적으로 phytase의 활동을 직접 방해하기 때문이다(Wise, 1983; Pointillart et al., 1985).

따라서, 본 연구에서는 bacterial phytase가 인과 칼슘의 함량이 다른 산란 사료 내 첨가·급여 시 산란율, 사료 섭취량 및 계란 품질 등에 미치는 영향을 구명하고자 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시축 및 시험 설계

본 시험은 21주령 HyLine Brown 산란계 720수를 6처리 3

반복 반복 당 30수씩 공시하였으며, 처리구는 3×2×3 요인 시험으로 사료에 fungal phytase 첨가 수준을 0, 300, 1,000 DPU/kg, 칼슘을 2수준(3.5, 4.0%), 무기태 인을 무첨가(0.095% NPP), 0.5(0.185% NPP), 1.0%(0.275%) 수준으로 하였다.

2. 시험 사료 및 사양 관리

기초 사료는 옥수수-대두박 위주의 가루 사료 형태로 NRC (1994) 요구량을 충족하도록 대사 에너지는 2,800 kcal/kg, 조 단백질은 16% 수준으로 하였다(Table 1). 공시계는 전 시험 기간 동안 니플이 설치된 3단 케이지에서 사육하였으며, 환경변이를 최소화하고자 처리 반복간의 배치를 조정하였다. 사료는 전 기간 자유로 채식토록 하였으며, 점등은 17시간으로 고정하였다.

3. 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 칭량하였다. 1일 산란량은 총 산란율과 평균 난중을 곱하여 계산하였다. 사료 섭취량은 수당 섭취량으로 표시하였으며, 사료 요구율은 수당 1일 사료 섭취량으로 1일 산란량을 나누어 계산하였다.

시험 개시 시, 6주 그리고 12주시 반복별 임의로 5개씩 90개를 수집하여 계란 품질 조사를 실시하였다. TSS 난질 측정기(QCM, England)를 이용하여 haugh unit를 조사하였고, 난각질은 난각 강도계와 난각 두께 측정기(FHK, Japan)로 측정하여 나타내었다.

4. 통계 분석

통계 분석은 SAS package(1996)에서 GLM procedure를 이용하여 Ca, phytase 및 NPP 수준에 따른 삼원분류자료(three-way classification data)에 대한 요인 분석을 실시하였으며, 처리별 유의성 검정은 Duncan's new multiple range test를 이용하여 95% 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 생산성

산란율은 Table 2에 나타내었다. 사료 내 칼슘 수준에 따른 처리구간 산란율은 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 무기태 인의 NPP 0.095% 첨가구에서 92.0%로 실험 기간에 가장

Table 1. Chemical composition of experimental diet

	Ca(%)			4.0			
	TCP(%)	0	0.5	1.0	0	0.5	1.0
Corn		67.81	67.75	67.78	67.20	67.27	67.26
Soybean meal (CP 44%)		19.35	18.96	18.25	16.57	15.64	15.29
Corn gluten meal (CP 60%)		2.61	2.89	3.40	4.82	5.32	5.45
Limestone		9.29	8.95	8.62	10.66	10.33	9.99
Tricalciumphosphate		0	0.50	1.00	0.00	0.50	1.00
DL-Methionine50		0.20	0.20	0.19	0.17	0.17	0.17
L-Lysine HCl80		0.00	0.00	0.02	0.06	0.09	0.10
Salt		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Vit-Min premix ¹		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Sum		100	100	100	100	100	100
Chem. composition							
ME (kcal/kg)		2,800	2,800	2,804	2,800	2,800	2,797
CP (%)		16.0	16.0	16.0	16.1	16.1	16
Ca (%)		3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0
NPP (%)		0.095	0.185	0.275	0.095	0.185	0.275
Lysine (%)		0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Methionine (%)		0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38

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 mg, 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.

낮게 나타났으며($P<0.05$), NPP 첨가 수준이 높을수록 산란율이 증가하였다. Boiling 등(2000)은 곰팡이 유래 phytase를 산란계에 급여 시 부족한 무기태 인을 보충하며, 무기태 인이 부족할 경우 산란율이 급격히 떨어진다는 보고와 유사한 결과로서 본 시험에서는 무기태 인이 충분히 첨가되어 산란율이 증가되어진 것으로 사료된다. Phytase 처리구에서는 300 DPU를 첨가 시에 산란율은 95.2%로 다른 처리구보다 가장 높게 나타났으나 처리구간 유의성은 없었다.

결과적으로 사료 내 phytase와 NPP 수준을 동일하게 처리한 후 칼슘 수준만 다르게 급여하였을 경우 산란율에서는 차이가 나타나지 않기 때문에 사료 내 칼슘 수준이 phytase의 이용에 미치는 영향은 없다고 사료된다. 기존의 곰팡이 유래 phytase에서는 사료내 칼슘 수준이 높을수록 그 역가가 감소되었는데 비하여, 본 연구에서 이용한 phytase는 칼슘 수준과 무관한 관계를 가진 인 분해 효소로 사료되었다.

Table 3에서는 연·파란율을 나타내었는데, 사료에서 칼슘 및 phytase 수준간 연파란율은 차이가 없었으며, 사료 내 NPP 수준이 낮은 처리구에서 높은 경향을 보였지만 통계적 차이는 인정되지 않았다.

Table 4에서는 사료 내 칼슘, 무기태 인 수준이 난중에 미치는 영향을 나타내었다. 난중은 사료 내 칼슘 수준에 따라서 현저한 차이를 보였다. 시험 전 기간 동안 3.5%인 처리구에서 62.0 g으로 4.0% 처리구에 비하여 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05$), 무기태 인 수준이 0.275%와 0.185% 첨가구에서 각각 62.1 g과 62.0 g으로 나타나 0.095% 처리구(61.0 g)보다 높게 나타났다($P<0.05$). 이외에도 난중은 phytase 수준간 비교에서는 300 DPU 첨가구에서 제일 우수하였다.

1일 산란량은 Table 5에 나타내었다. 사료에 함유되는 칼슘 및 phytase 각 처리구간에 유의적인 차이는 없었으며, 수준 별 무기태 인 처리구 간에서는 무기태 인 함량이 높을수

Table 2. Effect of dietary supplemental phytase at various Ca, NPP levels on egg production

Ca (%)	NPP (%)	Phytase (DPU/kg)	1st	2nd	Total
			7 week	7 week	
			----- % -----		
3.5	0.095	0	93.5 ^{abc}	90.7 ^{ab}	92.1 ^{bcd}
	0.185	0	95.1 ^{ab}	96.2 ^a	95.6 ^{abc}
	0.275	0	95.9 ^{ab}	94.9 ^a	95.4 ^{abc}
4.0	0.095	0	92.4 ^{bc}	84.9 ^b	88.6 ^d
	0.185	0	96.5 ^a	97.5 ^a	97.0 ^{ab}
	0.275	0	96.6 ^a	98.0 ^a	97.3 ^a
3.5	0.095	300	94.3 ^{abc}	93.1 ^a	93.7 ^{abc}
	0.185	300	96.0 ^{ab}	96.5 ^a	96.2 ^{abc}
	0.275	300	96.3 ^{ab}	96.5 ^{ab}	96.4 ^{abc}
4.0	0.095	300	94.4 ^{abc}	92.0 ^a	93.2 ^{abcd}
	0.185	300	94.2 ^{abc}	94.7 ^a	94.4 ^{abc}
	0.275	300	96.2 ^{ab}	98.0 ^a	97.1 ^{ab}
3.5	0.095	1000	90.8 ^c	92.3 ^a	91.5 ^{cd}
	0.185	1000	95.4 ^{ab}	93.6 ^a	94.5 ^{abc}
	0.275	1000	95.8 ^{ab}	95.8 ^a	95.8 ^{abc}
4.0	0.095	1000	94.2 ^{abc}	91.5 ^a	92.8 ^{abcd}
	0.185	1000	94.4 ^{abc}	94.5 ^a	94.4 ^{abc}
	0.275	1000	97.1 ^a	97.5 ^a	97.3 ^a
SEM			0.31	0.57	0.40
Ca effect					
3.5			94.8	94.4	94.6
4.0			95.1	94.3	94.7
NPP effect					
0.095			93.3 ^b	90.7 ^b	92.0 ^b
0.185			95.2 ^a	95.5 ^a	95.4 ^a
0.275			96.3 ^a	96.8 ^a	96.5 ^a
Phytase effect					
0			95.0	93.7	94.3
300			95.2	95.1	95.2
1000			94.6	94.2	94.4

^{a~d} Means with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).**Table 3.** Effect of dietary supplemental phytase at various Ca, NPP levels on soften and deformed egg

Ca (%)	NPP (%)	Phytase (DPU/kg)	1st	2nd	Total
			7 week	7 week	
			----- % -----		
3.5	0.095	0	2.15	2.60	2.35
	0.185	0	1.65	1.53	1.60
	0.275	0	1.10	1.38	1.25
4.0	0.095	0	1.63	1.90	1.78
	0.185	0	1.88	1.78	1.83
	0.275	0	0.95	1.78	1.38
3.5	0.095	300	1.10	0.85	0.98
	0.185	300	1.95	3.23	2.58
	0.275	300	1.40	1.15	1.28
4.0	0.095	300	1.15	2.05	1.60
	0.185	300	1.93	2.00	1.98
	0.275	300	0.95	1.53	1.25
3.5	0.095	1000	1.93	1.18	1.53
	0.185	1000	1.05	0.85	0.95
	0.275	1000	1.68	2.53	2.10
4.0	0.095	1000	1.10	1.40	1.23
	0.185	1000	2.18	2.40	2.30
	0.275	1000	1.05	1.93	1.48
SEM			0.01	0.16	0.11
Ca effect					
3.5			1.556	1.697	1.622
4.0			1.422	1.861	1.644
NPP effect					
0.095			1.508 ^{ab}	1.663	1.575
0.185			1.771 ^a	1.962	1.871
0.275			1.188 ^b	1.713	1.454
Phytase effect					
0			1.496	1.713	1.596
300			1.413	1.800	1.608
1000			1.558	1.825	1.696

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

Table 4. Effect of dietary supplemental phytase at various Ca, NPP levels on egg weight

Ca(%)	NPP (%)	Phytase (DPU/kg)	1st	2nd	Total
			7 week	week	
			g		
3.5	0.095	0	59.7 ^{abcd}	63.5 ^{bc}	61.6 ^{bc}
	0.185	0	60.2 ^{abcd}	64.3 ^{abc}	62.2 ^{ab}
	0.275	0	60.3 ^{abcd}	64.6 ^{ab}	62.4 ^{ab}
4.0	0.095	0	59.2 ^{bcd}	61.8 ^{de}	60.5 ^c
	0.185	0	59.8 ^{abcd}	63.8 ^{abc}	61.8 ^{abc}
	0.275	0	60.3 ^{abcd}	63.5 ^{bc}	61.9 ^{abc}
3.5	0.095	300	59.7 ^{abcd}	63.4 ^{bc}	61.6 ^{bc}
	0.185	300	59.9 ^{abcd}	64.7 ^{ab}	62.3 ^{ab}
	0.275	300	61.2 ^a	65.3 ^a	63.3 ^a
4.0	0.095	300	60.5 ^{ab}	62.6 ^{cde}	61.6 ^{bc}
	0.185	300	60.7 ^{ab}	64.7 ^{ab}	62.7 ^{ab}
	0.275	300	59.5 ^{abcd}	63.6 ^{abc}	61.5 ^{bc}
3.5	0.095	1000	58.4 ^d	62.6 ^{cde}	60.5 ^c
	0.185	1000	59.7 ^{abcd}	64.1 ^{abc}	61.9 ^{abc}
	0.275	1000	60.4 ^{abc}	64.4 ^{ab}	62.4 ^{ab}
4.0	0.095	1000	59.5 ^{abcd}	61.7 ^e	60.6 ^c
	0.185	1000	59.3 ^{bcd}	63.3 ^{bcd}	61.3 ^{bc}
	0.275	1000	58.6 ^{cd}	64.0 ^{abc}	61.3 ^{bc}
SEM			0.14	0.15	0.13
Ca effect					
3.5			59.9	64.1 ^a	62.0 ^a
4.0			59.7	63.2 ^b	61.5 ^b
NPP effect					
0.095			59.5	62.6 ^b	61.0 ^b
0.185			59.9	64.1 ^a	62.0 ^a
0.275			60.0	64.2 ^a	62.1 ^a
Phytase effect					
0			59.9 ^{ab}	63.6	61.7 ^{ab}
300			60.3 ^a	64.0	62.1 ^a
1000			59.3 ^b	63.3	61.3 ^b

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

Table 5. Effect of dietary supplemental phytase at various Ca, NPP levels on daily egg mass

Ca(%)	NPP(%)	Phytase (DPU)	1st week	2nd week	Total
			g/d		
3.5	0.095	0	55.8 ^{abc}	67.6 ^{bc}	56.7 ^{bcde}
	0.185	0	57.2 ^{ab}	61.8 ^{ab}	59.5 ^{abc}
	0.275	0	57.9 ^{ab}	61.2 ^{abc}	59.6 ^{abc}
4.0	0.095	0	54.7 ^{bc}	52.5 ^d	53.6 ^e
	0.185	0	57.7 ^{ab}	62.1 ^{ab}	60.0 ^{ab}
	0.275	0	58.2 ^a	62.2 ^{ab}	60.3 ^{ab}
3.5	0.095	300	56.3 ^{ab}	59.1 ^{abc}	57.7 ^{abcd}
	0.185	300	57.6 ^{ab}	62.3 ^{ab}	60.0 ^{ab}
	0.275	300	59.0 ^a	63.0 ^a	61.0 ^a
4.0	0.095	300	57.2 ^{ab}	57.6 ^{bc}	57.4 ^{abcd}
	0.185	300	57.2 ^{ab}	61.2 ^{abc}	59.2 ^{abc}
	0.275	300	57.3 ^{ab}	62.4 ^{ab}	59.8 ^{abc}
3.5	0.095	1000	53.0 ^c	57.7 ^{bc}	55.4 ^{de}
	0.185	1000	57.0 ^{ab}	60.0 ^{abc}	58.5 ^{abcd}
	0.275	1000	57.9 ^{ab}	61.7 ^{ab}	59.8 ^{abc}
4.0	0.095	1000	56.0 ^{ab}	56.4 ^{cd}	56.2 ^{cde}
	0.185	1000	55.9 ^{abc}	59.8 ^{abc}	57.9 ^{abcd}
	0.275	1000	56.9 ^{ab}	62.4 ^{ab}	59.7 ^{abc}
SEM			0.25	0.43	0.31
Ca effect					
3.5			56.9	60.5	58.7
4.0			56.8	59.6	58.2
NPP effect					
0.095			55.5 ^b	56.8 ^b	56.2 ^b
0.185			57.1 ^a	61.2 ^a	59.2 ^a
0.275			57.9 ^a	62.1 ^a	60.0 ^a
Phytase effect					
0			56.9 ^{ab}	59.6	58.3
300			57.4 ^a	60.9	59.2
1000			56.1 ^b	59.7	57.9

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

록 1일 산란량이 높게 나타났으며, 0.095% 첨가구에서는 56.2로 나타나 처리구간 유의적인 차이를 나타내었다($P < 0.05$). 사료 섭취량과 사료 요구율은 Table 6과 Table 7에 각각 나타내었는데, 사료 내 칼슘 수준이 4.0%인 처리구에서 수당 1일 사료 섭취량은 3.5%에 비하여 약 1 g 낮았지만 처리구간에 유의성은 없었다. Phytase 수준 별 처리구간에 통계적 차이는 나타나지 않았으나, NPP에 대한 수준 별 처리구간에서의 차이는 0.095%일 때 가장 낮았으며($P > 0.05$), 0.275와 0.185%에서는 차이가 나타나지 않았다. Table 7에서 나타낸 바와 같이 사료 요구율은 사료 내 칼슘 및 NPP 수준에 따른 처리구간 차이는 나타나지 않았으나, 수준 별 phytase 처리구 간 차이에서는 300 DPU 첨가구에서 개선되는 결과를 보였다.

2. 계란 품질 조사

난각 강도는 사료 내 칼슘 수준이 4.0% 처리구에서 3.5% 처리구에 비하여 높은 경향을 보였지만 처리구간에 통계적 유의성은 없었으며, 난각 두께도 난각 강도와 동일한 경향을 보였다(Table 8). 사료 내 NPP 수준에 따른 처리구간 차이는 0.095% 첨가구에서 난각 강도가 다른 처리구에 비하여 매우 낮았으며($P < 0.05$), 난각 두께 역시 같은 처리구에서 낮게 나타나는 경향을 보였다. Phytase 처리구간에 난각은 통계적 차이가 없었지만 300 DPU 급여구에서 다른 처리구에 비하여 난각 강도와 난각 후도가 개선되는 경향을 나타내었다. 김상호 등(2000a,b)은 미생물에서 유래한 phytase를 산란 사료 내 첨가하였을 때 칼슘의 이용성이 개선된다고 하였으며, Um and Paik(1999)은 산란계 사료 내 phytase의 첨가 급여가 난각질을 개선시킨다는 보고와도 일치하는 결과라 할 수 있다. Haugh unit은 칼슘 및 NPP 첨가 수준에 따른 통계적인 차이는 나타나지 않았으나 phytase 처리구간에 차이에서는 무첨가구가 유의적으로 높게 나타났었다($P < 0.05$). 난황색은 처리구간 차이에서는 칼슘 및 NPP 수준이 높을수록 유의적으로 개선되는 결과가 나타났으나($P < 0.05$), phytase에 대한 처리구간 통계적인 차이는 나타나지 않았다.

적 요

본 실험은 사료 내 칼슘 수준과 fungal phytase의 상호 관계를 구명하고자 21주령 HyLine Brown 산란계 720수를 공시하여 시험을 실시하였다. 시험구는 phytase 첨가 수준 0, 300, 1000 DPU/kg, 칼슘 2수준(3.5, 4.0%), 무기태 인 수준 무첨가(0.095 NPP), 0.5(0.185 NPP), 1.0%(0.275%)를 조합한 3 ×

Table 6. Effect of dietary supplemental phytase at various Ca, NPP levels on feed intake of laying hens

Ca(%)	NPP (%)	Phytase (DPU/kg)	1st	2nd	Total
			7week	7week	
			----- g/d/hen -----		
3.5	0.095	0	115.5 ^{bcd}	116.5 ^{bc}	116.0 ^{bcd}
	0.185	0	120.3 ^{abc}	125.8 ^a	123.0 ^a
	0.275	0	122.6 ^a	125.5 ^a	124.1 ^a
4.0	0.095	0	113.9 ^d	109.3 ^d	111.6 ^d
	0.185	0	120.5 ^{abc}	122.6 ^{ab}	121.6 ^{ab}
	0.275	0	119.6 ^{abcd}	121.7 ^{ab}	120.6 ^{abc}
3.5	0.095	300	116.0 ^{bcd}	116.7 ^{bc}	116.4 ^{bcd}
	0.185	300	118.2 ^{abcd}	120.7 ^{abc}	119.4 ^{abc}
	0.275	300	120.5 ^{abc}	122.9 ^{ab}	121.7 ^{ab}
4.0	0.095	300	115.4 ^{bcd}	115.6 ^{bcd}	115.5 ^{bcd}
	0.185	300	119.6 ^{abcd}	119.5 ^{abc}	119.6 ^{abc}
	0.275	300	118.6 ^{abcd}	121.5 ^{ab}	120.1 ^{abc}
3.5	0.095	1000	114.0 ^d	118.1 ^{abc}	116.0 ^{bcd}
	0.185	1000	117.8 ^{abcd}	118.9 ^{abc}	118.4 ^{abc}
	0.275	1000	121.1 ^{ab}	120.6 ^{abc}	120.9 ^{ab}
4.0	0.095	1000	114.7 ^{cd}	113.8 ^{cd}	114.2 ^{cd}
	0.185	1000	117.4 ^{abcd}	123.3 ^{ab}	120.4 ^{abc}
	0.275	1000	121.3 ^{ab}	124.9 ^a	123.1 ^a
SEM			0.45	0.69	0.56
Ca effect					
3.5			118.4	120.6	119.5
4.0			117.9	119.1	118.5
NPP effect					
0.095			114.9 ^b	115.0 ^b	114.9 ^b
0.185			118.9 ^a	121.8 ^a	120.4 ^a
0.275			120.6 ^a	122.8 ^a	121.7 ^a
Phytase effect					
0			118.7	120.2	119.5
300			118.1	119.5	118.8
1000			117.7	119.9	118.8

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

Table 7. Effect of dietary supplemental phytase at various Ca, NPP levels on feed conversion of laying hens

Ca(%)	NPP(%)	Phytase (DPU/kg)	1st 7 week	2nd 7 week	Total
3.5	0.095	0	2.075 ^{ab}	2.025 ^{ab}	2.050
	0.185	0	2.125 ^{ab}	2.025 ^{ab}	2.075
	0.275	0	2.125 ^{ab}	2.050 ^{ab}	2.075
4.0	0.095	0	2.075 ^{ab}	2.100 ^a	2.100
	0.185	0	2.100 ^{ab}	2.000 ^{ab}	2.025
	0.275	0	2.050 ^b	1.950 ^b	2.000
3.5	0.095	300	2.075 ^{ab}	2.000 ^{ab}	2.025
	0.185	300	2.050 ^b	1.950 ^b	2.000
	0.275	300	2.050 ^b	1.950 ^b	2.000
4.0	0.095	300	2.050 ^b	2.000 ^{ab}	2.025
	0.185	300	2.100 ^{ab}	1.950 ^b	2.025
	0.275	300	2.075 ^{ab}	1.950 ^b	2.000
3.5	0.095	1000	2.150 ^{ab}	2.025 ^{abcb}	2.100
	0.185	1000	2.075 ^{ab}	1.975 ^{ab}	2.025
	0.275	1000	2.075 ^{ab}	1.975 ^a	2.050
4.0	0.095	1000	2.050 ^b	2.025 ^{ab}	2.050
	0.185	1000	2.075 ^{ab}	2.075 ^{ab}	2.100
	0.275	1000	2.275 ^a	2.000 ^{ab}	2.125
SEM			0.01	0.01	0.01
Ca effect					
3.5			2.089	1.997	2.044
4.0			2.094	2.006	2.050
NPP effect					
0.095			2.079	2.029 ^a	2.058
0.185			2.088	1.996 ^{ab}	2.042
0.275			2.108	1.979 ^b	2.042
Phytase effect					
0			2.092	2.025 ^a	2.054 ^{ab}
300			2.067	1.967 ^b	2.013 ^b
1000			2.117	2.013 ^b	2.075 ^a

^{a,b} Means with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).**Table 8.** Effect of dietary supplemental phytase at various Ca, NPP levels on egg quality

Ca (%)	NPP (%)	Phytase (DPU)	Eggshell breaking strength (cm ² /kg)	Eggshell thickness (μm)	Haugh unit	York color
3.5	0.095	0	3.96 ^{abc}	410.3 ^{abc}	79.6 ^{abc}	7.75 ^d
	0.185	0	3.89 ^{bc}	408.3 ^{abc}	75.3 ^{abc}	8.25 ^{bcd}
	0.275	0	4.31 ^{ab}	407.8 ^{abc}	70.9 ^{bc}	8.25 ^{bcd}
4.0	0.095	0	3.92 ^{bc}	396.3 ^c	78.0 ^{abc}	8.75 ^{abc}
	0.185	0	4.34 ^{ab}	405.5 ^{abc}	78.0 ^{abc}	9.00 ^{ab}
	0.275	0	4.36 ^{ab}	419.5 ^{abc}	81.2 ^a	9.25 ^a
3.5	0.095	300	4.28 ^{ab}	418.3 ^{abc}	80.1 ^{ab}	8.00 ^{cd}
	0.185	300	4.08 ^{ab}	407.8 ^{abc}	78.1 ^{abc}	8.25 ^{bcd}
	0.275	300	4.34 ^{ab}	400.8 ^{bc}	78.0 ^{abc}	7.75 ^d
4.0	0.095	300	3.86 ^{bc}	416.5 ^{abc}	73.3 ^{abc}	8.75 ^{abc}
	0.185	300	4.76 ^a	427.8 ^a	71.7 ^{abc}	8.75 ^{abc}
	0.275	300	4.24 ^{ab}	418.0 ^{abc}	75.8 ^{abc}	9.00 ^{ab}
3.5	0.095	1000	3.29 ^c	399.5 ^{bc}	71.2 ^{bc}	7.75 ^d
	0.185	1000	3.98 ^{abc}	415.8 ^{abc}	75.4 ^{abc}	8.25 ^{bcd}
	0.275	1000	4.18 ^{ab}	404.5 ^{abc}	70.0 ^c	8.25 ^{bcd}
4.0	0.095	1000	4.08 ^{ab}	411.8 ^{abc}	75.0 ^{abc}	8.25 ^{bcd}
	0.185	1000	4.23 ^{ab}	411.0 ^{abc}	72.2 ^{abc}	9.25 ^a
	0.275	1000	4.14 ^{ab}	422.8 ^{ab}	70.8 ^{bc}	9.25 ^a
SEM			0.05	1.92	0.70	0.07
Ca effect						
3.5			4.03	408.1	75.4	8.06 ^b
4.0			4.21	414.3	75.1	8.92 ^a
NPP effect						
0.095			3.89 ^b	408.8	76.2	8.21 ^b
0.185			4.21 ^a	412.7	75.1	8.63 ^a
0.275			4.26 ^a	412.2	74.4	8.63 ^a
Phytase effect						
0			4.13	407.9	77.1 ^a	8.54
300			4.26	414.8	76.2 ^a	8.42
1000			3.98	410.9	72.4 ^b	8.50

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

2×3 요인 시험으로 하였다. 실험 사료는 CP 16%에 ME 2,800 kcal/kg 수준으로 급여하였다. 사료는 실험 전 기간 자유 채식토록 하였으며, 점등은 17시간으로 하였다. 조사 항목은 산란계의 생산 능력, 계란의 품질이다.

산란율은 fungal phytase 300 DPU 첨가구에서 증가하는 경향을 보였으며, 연·파란율은 감소하는 경향을 보였다. 처리구간별 산란율은 사료의 칼슘 수준에 따른 차이가 없었지만, NPP 무첨가구인 0.095% 첨가구에서 다른 처리구에 비하여 낮았다($P<0.05$). 평균 난중 및 1일 산란량은 fungal phytase 300 DPU 첨가구에서 가장 높게 나타났다. 평균 난중은 사료 칼슘 수준이 3.5% 처리구에서 높게 나타났지만($P<0.05$) 1일 산란량은 처리구간에 차이가 없었다. 평균 난중 및 1일 산란량은 NPP 무첨가구인 0.095% 첨가구에서 다른 처리구에 비하여 매우 낮았다($P<0.05$). 사료 섭취량은 사료의 fungal phytase 및 칼슘 수준에 관계없이 비슷한 경향을 보였지만, 사료내 NPP 0.275, 0.165% 함유된 처리구에서 0.095% 처리구보다 통계적으로 높게 나타났지만($P<0.05$). 사료 요구율은 사료내 칼슘 및 NPP 수준간에 차이가 없었지만, fungal phytase 300DPU 첨가구에서 가장 크게 개선되었다($P<0.05$). 난각 강도와 두께는 사료의 칼슘 수준이 높을수록 향상되는 결과를 보였고, NPP 0.275, 0.165%가 함유된 처리구에서 0.095% 처리구에 비하여 향상되었으며, 사료내 fungal phytase 수준에 따른 차이는 없었다. Haugh unit은 처리구간에 큰 차이 없이 비슷하게 나타났다.

본 실험의 결과, 산란계 사료에서 fungal phytase의 적정 수준은 300 DPU이며, 이때 사료내 TCP 첨가량은 권장량 대비 40% 이상 저감 효과가 있었으며, 사료의 칼슘 수준을 높게 하였을지라도 fungal phytase 첨가에 대한 개선 효과는 나타나지 않았다.

(색인어 : fungal phytase, 산란율, 계란 품질, NPP)

인용문헌

- Bahandari SD 1980 Effect of phytate feeding with and without protein and vitamin D deficiencies on intestinal phytase activity in rat. *Indian J Biochem Biophys* 17:309-912.
- Ballam SC, Nelson TS, Kirby LK 1985 Effect of different levels of dietary calcium and phosphorus on phytate hydrolysis by chicks. *Nutr Rep In* 32:909-913.
- Cowieson AJ, Acamovic T, Bedford MR 2006 Phytic acid and phytase: Implication for protein utilization by poultry. *Poultry Sci* 85:875-885.
- Denbow DM, Ravindran V, Komegay ET, Yi Z, Hulet RM 1995 Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase. *Poultry Sci* 74:1831-1842.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F test. *Biometric* 11:1-42.
- Edwards HM, Veltmann Jr. 1983 Phosphorus. 1. Effects of breed and strain on utilization of sub-optimal levels of phosphorus in the ration. *Poultry Sci* 62:77-84.
- Eeckhout W, De paepe M 1994 Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. *Anim Feed Sci Technol* 47:19-29.
- Harland F, Morris ER 1995 Phytate: A good or bad food component? *Nutr Res* 15:733-754.
- Harland F, Narula G 1999 Food phytate and its hydrolysis products. *Nutr Res* 19:947-961.
- Haug W, Lantzsch HJ 1983 Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. *J Sci Food Agric* 34:1423-1426.
- Mohammed A, Gibney MJ, Taylor TG 1991 The effects of dietary levels of inorganic phosphorus, calcium and cholecalciferol on the digestibility of phytate-P by the chick. *Br J Nutr* 66:251-259.
- 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. *J Anim Sci* 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.
- Pointillart A, Fourdin A, Thomasset M, Jay ME 1985 Phosphorus utilization and hormonal control of calcium metabolism in pigs fed phytic phosphorus diets containing normal or high calcium levels. *Nutr Rep Int* 40(3):517-527.
- Qian H, Komegay 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. *Poultry Sci* 76:37-46.
- Ravindran V, Bryden WL, Komegay ET 1995 Phytates: Occu-

- rence, bioavailability and implications in poultry nutrition. *Poult Avian Biol Rev* 6:125-143.
- Sandberg AS 2002. Bioavailability of minerals in legumes. *Br J Nutr* 88(Suppl. 3): S281-S285.
- 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.
- Sebastian S, Touchbrun SP, Chavez ER 1998 Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition : A review. *World poultry Sci J* 54:27-47.
- Simons PCM, Versteegh HA, Jongbloed J, Kemme AW, Stump P, Wolters MGE, Beudeker RF, Verschoor GJ 1990 Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *Brit J Nutr* 64: 525-540.
- 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 egg 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.
- Wise A 1983 Dietary factors determining the biological activities of phytate. *Nutr Abstr Rev* 53:791-806.
- Yi Z, Komegay ET, Lindemann MD, Ravindran V 1994 Effect of Natuphos phytase for improving the bioavailabilities of phosphorus and other nutrients on soybean meal-based semi-purified diets for young pigs. *J Anim Sci* 72:7(Suppl. 1).
- 김상호 유동조 나재천 최철환 상병돈 이상진 이원준 류경선 2000a 산란생산성과 인 이용성에 대한 microbial phytase의 첨가효과 I. 무기태인 수준이 다른 사료에 microbial phytase 첨가가 산란성 및 인 이용성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 27(1):19-23.
- 김상호 유동조 이상진 강보석 서옥석 최철환 이원준 류경선 2000b 산란 생산성과 인 이용성에 대한 microbial phytase의 첨가 효과 II. 무기태인 수준이 다르고 칼슘 함량이 높은 사료에 microbial phytase 첨가가 산란성 및 인 이용성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 27(1):15-30.
- (접수일자: 2008. 03. 11, 채택일자: 2008. 06. 11)