

Microbial Phytase와 무기태 인 수준별 급여가 산란 생산성, 소화율 및 계란 품질에 미치는 영향

김상호 · 유동조 · 박수영 · 이상진 · 박용운, · 이원준¹

축산기술연구소 대전지소, ¹대성미생물연구소

Effect of Supplemental Microbial Phytase and Nonphytate Phosphorus Levels on Performance, Digestibility and Egg Quality in Layer

S.H. Kim, D.J. Yu, S.Y. Park, S.J. Lee, Y.Y. Park and W.J. Lee¹

Daejeon Branch, National Livestock Research Institute, 253 Gyeosan-dong, Yusung-gu, Daejeon, Korea, 305-365

¹Daesung Microbiological Labs, 820-8, Yeoksam-dong, Kangnam-gu, Seoul, Korea, 135-0801

ABSTRACT : The effect of supplemental microbial phytase and non - phytate phosphorus(NPP) levels on layer productivity and nutrient digestibility were conducted in 640 21 weeks - old HyLine brown layer for 12 weeks. Supplemented phytase levels were 0, 300, 500 and 1,000 DPU/kg diet. NPP levels were adjusted with tricalcium phosphate(TCP), which were 0(0.11 % NPP), 0.5(0.20), 1.0(0.29) and 1.5 %(0.38). ME, CP and Ca levels were maintained at 2,800 kcal/kg diet, 16 % and 3.5 %, respectively. Egg production was increased with phytase compared to without phytase($P<0.05$). Increase of egg production was higher latter of experimental period. Egg production was not different to phytase levels. Egg production in TCP levels were increased in above 0.5 % compared to 0 % TCP. Difference of egg production by TCP was higher after 6 week. Especially, egg production to supplemental phytase was higher in 0% TCP. Egg weight was not different to phytase and TCP levels. Egg mass was increased with phytase compared to without phytase, but not difference significantly. There was similar to phytase levels. Egg mass in TCP group was increased in TCP supplementation($P<0.05$). Feed intake was not different in phytase levels. and greater with increasing TCP levels($P<0.05$). Feed conversion was improved with phytase($P<0.05$), and not difference in TCP levels. All of nutrients digestibility tended to improve with phytase, $P(P<0.05)$, especially. There were not different among phytase levels. The effect of adding phytase was higher in low phosphorus diets compared normal levels. Eggshell breaking strength and eggshell thickness also improved in added phytase($P<0.05$). Tibial ash and P content were slightly increased with phytase, and Ca content also was higher($P<0.05$) compared without phytase. We concluded that supplemental phytase in low phosphorus diet was showed to increase laying performance, feed efficiency, nutrients digestibility, egg quality, and bone development. Phytase supplementation was able to compensate for low NPP diet. We also thought optimum phytase level is 300 DPU, and can decrease NPP supplementation adding phytase in layer diet.

(Key words : microbial phytase, TCP, hen, productivity, digestibility, bone ash)

서 론

우리나라 가금사료는 옥수수 - 대두박 위주로 생산되고 있다. 옥수수와 대두박은 상대적으로 높은 인을 함유하고

있으나, 총 인의 80 % 이상이 phytic acid 형태로 되어 있어 그 이용성이 매우 낮다. 그러므로 부족되는 인의 보충을 위해 무기태인의 첨가가 필수적이다. 그러나 무기태인의 첨가는 사료비의 상승으로 이어져 경제적으로 불리할 뿐

만 아니라, 배설되는 다량의 인으로 인하여 토양 및 수질 오염이 문제시되고 있다. 특히, 현대의 양계산업은 고밀도, 집약적으로 발달하고 있기 때문에 다량의 계분내 인 함량은 양계산업 발달의 저해요인으로 작용하고 있다. 또, phytate는 단백질 소화효소인 tripsin, pepsin 등과도 결합체를 형성하여 효소의 활성을 저해하고 있다(Camus와 Laporte, 1976; Singh와 Krikorian, 1982). 이러한 문제점을 개선하고자 상용되고 있는 것이 microbial phytase이다. 식물체의 phytate는 소화기관에서 가수분해효소의 부족으로 이용성이 매우 낮기 때문에 미생물에서 생산된 phytase 첨가시 phytate 인의 이용성을 개선시켜 무기태 인의 첨가량을 낮출 수 있다(Scott 등, 1999; Boiling 등, 2000; 김상호 등, 2000a). 또한 phytate와 결합되어 있는 이가 양이온인 Mg, Fe, Zn, Cu, Mn의 이용성을 개선시키고(Ravindran 등, 1995; Liu 등, 1998), 단백질 및 아미노산의 이용성을 개선시킬 수 있다(Kornegay, 1996).

지금까지의 연구 가운데 육계(Mitchell과 Edwards, 1996), 칠면조(Qian 등, 1996a)에 비하여 산란계의 phytase에 첨가수준 및 효과에 대한 보고는 상대적으로 부족한 편이다. 산란사료에 phytase 첨가시 NRC(1994) 권장량보다 무기태 인의 수준을 낮추더라도 생산성에 문제가 없으며, 오히려 산란율 및 난중이 개선되는 효과가 있다(김상호 등a, 2000; Scott 등, 1999; Um과 Paik, 1999).

Gorden과 Roland(1997)는 무기태 인이 부족한 사료에 phytase 첨가시 산란율, 난중 및 난각질이 떨어지는 것을 방지할 수 있다고 하였고, Um과 Paik(1999)은 phytate 첨가로 인하여 산란생산성과 영양소 이용성 및 난각질을 개선시킬 수 있다고 하였다. Boiling 등(2000)은 유효인 0.1 %수준에 phytase 첨가시 정상적인 무기태 인 사료에 비하여 생산성이 차이가 없었으며, 분내 인 함량은 50 % 정도 감소시킨다고 하였다. Yi 등(1996)은 칠면조에 대한 연구에서 phytase 첨가시 성장률, 경골회분, 회장 질소 및 아미노산 소화율 및 질소 인 축적률을 증가시킨다고 하였다.

현재 상용되는 microbial phytase는 bacteria, fungi, yeast에서 생산되는 것을 이용하고 있는데, 가장 많이 이

용되는 것이 *Aspergillus* spp. 혹은 유전적으로 재조합된 미생물에서 생산되고 있는 것이다. 그러나 상이한 균주에서 생산된 효소들은 형태와 작용이 매우 차이가 있다(Liu 등, 1998). 따라서 각 효소들의 특성에 따라 적절한 첨가 수준 및 효과에 대한 연구가 이루어져야 한다. 이전의 연구 문헌에서 대부분이 곰팡이 유래의 phytase에 대한 효과의 검증이다. 김상호 등(2000a,b)은 *Bacillus*에서 생산된 phytase를 산란사료에 첨가시 NRC 권장량(1994)보다 무기태 인의 함량을 낮출 수 있다고 하였으며, 4.0 % 칼슘함량에서도 phytase의 효과는 입증되었다. 곰팡이 유래 phytase의 경우 칼슘함량이 증가하면서 phytase의 역가는 감소한다고 하여 phytase 생산 균주에 따라 효소의 특성이 차이가 있었다.

따라서 본 연구는 *Bacillus*에서 생산된 phytase를 무기태 인의 수준이 다른 산란사료에 여러 가지 농도로 첨가하여 생산성과 영양소 이용성에 미치는 영향을 구명하여, 적정 phytase 및 무기태 인 첨가수준 조합을 설정하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시계 및 시험설계

본 연구의 공시계는 21주령 HyLine brown 산란계 640 수였으며, 축산기술연구소 대전지소 시험계사에서 12주간 사양시험을 실시하였다. 공시계는 시험개시전 일주일간 산란조사를 하여 비슷한 산란율이 되도록 조정하였다. 처리 내용은 Table 1과 같은데 phytase 4수준(0, 300, 500, 1,000 DPU/kg)과 tricalcium phosphate(TCP) 4수준(0, 0.5, 1.0, 1.5 %)으로 한 4×4 요인시험이었으며 완전임의 배치하였다. 공시된 phytase는 Transphos였다.

2. 시험사료

기초사료의 비율 및 화학적 조성분은 Table 2에서 보는 바와 같다. 시험사료는 옥수수, 대두박 위주로서 배합비율은 TCP 수준별로 나타내었다. 대사에너지, 조단백질, 칼슘

Table 1. Experimental design

| Phytase (DPU/kg) | 0 | | | | 300 | | | | 500 | | | | 1000 | | | |
|----------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| TCP ¹ (%) | 0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 |
| Replicates | 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hens | 10 | | | | | | | | | | | | | | | |

¹. TCP, tricalcium phosphate.

Table 2. Formular and chemical composition of basal diet

| Ingredients | TCP(%) | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 |
| Corn | 67.754 | 67.728 | 67.670 | 67.611 |
| Soybean meal(CP 44%) | 19.480 | 19.052 | 18.655 | 18.249 |
| Corn gluten meal(CP 60%) | 2.600 | 2.900 | 3.180 | 3.475 |
| Tricalcium phosphate | 9.290 | 8.940 | 8.610 | 8.270 |
| Limestone | 0.000 | 0.500 | 1.000 | 1.500 |
| DL - Methionine 50 | 0.096 | 0.090 | 0.088 | 0.085 |
| L - Lysine 80 | 0.030 | 0.040 | 0.050 | 0.060 |
| Salt | 0.250 | 0.250 | 0.250 | 0.250 |
| Vit. - min. mixtures ¹ | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| Chemical composition ² | | | | |
| ME, kcal/kg diet | 2,800 | 2,800 | 2,800 | 2,800 |
| CP, % | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 16.0 |
| Ca, % | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| Non phytate phosphorus, % | 0.11 | 0.20 | 0.29 | 0.38 |
| Methionine, % | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.76 |
| Lysine, % | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 |

¹, Contained the following compounds per kg : 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 and iodide, 250mg.

², Calculated values.

함량은 공히 2,800 kcal/kg, 16 %, 3.5 %로 동일하게 배합하였다. TCP 수준 0, 0.5, 1.0, 1.5 %에 따라 무기태인의 수준은 각각 0.11, 0.20, 0.29, 0.38 %였다. 시험사료는 매 10일 간격으로 수직형 배합기를 이용하여 4~5 분간 배합하였다.

3. 사양관리

공시계는 전 시험기간 동안 니플이 설치된 1 수용 3 단 케이지에서 사육되었다. 사료는 전기간 자유 채식하였으며 점등은 21주령에 15시간 실시하였고 매주 15분씩 17시간 까지 점증하여 시험 종료시까지 고정하였다.

4. 생산성 조사

산란수와 난중은 매일 15:00시에 측정하였으며, 사료섭취량은 매 2주 간격으로 조사하였다. 산란율은 총산란수를 이용하여 hen day 산란율로 표시하였으며, 평균난중은 기형란을 제외한 정상란에 대하여 칭량하였다. 1일 산란량은 총산란율과 평균난중을 곱하여 계산하였다. 사료섭취량은

수당 섭취량으로 표시하였으며, 사료요구율은 수당 사료섭취량에 1일 산란량을 제하여 계산하였다. 조사된 값은 시험기간을 전·후반기 6주간과 전기간으로 나누어 표시하였다.

5. 대사시험 및 영양소 소화율 분석

32 주령된 HyLine 갈색산란계를 반복별 4수씩, 64수를 완전임의 배치하여 대사시험을 실시하였다. 예비시험과 본 시험은 각 3일간 실시하였으며, 본시험 3일간 매일 사료섭취량과 분 배설량을 조사하였다. 대사시험 기간 중 점등시간은 17시간이었으며, 물과 사료는 자유채식토록 하였다. 채취된 분은 칭량 후 homogenizer로 골고루 섞어 65 °C로 조정된 송풍건조기에서 건조하였다. 건조된 계분은 칭량 후 분쇄기로 분쇄하여 일반성분 및 광물질을 분석하였다. 일반성분 및 광물질 분석은 AOAC(1995) 방법에 준하여 분석하였다.

6. 계란품질 조사

시험개시시, 6주, 12주시 반복별 5개씩 90개를 수집하여 계란 품질을 조사하였다. TSS 난질측정기(QCM, England)를 이용하여 Haugh unit를 조사하였고, 난각질은 난각강도계와 난각두께측정기(FHK, Japan)로 측정하여 나타내었다.

7. 경골 조사

대사시험이 종료된 후 각 개체의 경골부위를 채취하여 근육, 지방, 인대 등을 제거하고 105 °C에서 24 시간 건조 후 에테르로 2 일간 탈지한 후 회분과 Ca, P을 분석하였다.

8. 통계분석

자료에 대한 통계분석은 SAS package(1996)의 two-way GLM procedure를 이용하여 phytase와 TCP 수준별 및 interaction에 대한 분산분석을 실시하였으며, 처리별 유의성 검정은 Duncan's new multiple range test를 이용하여 95 % 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 산란 생산성

Hen-day 산란율, 난중, 산란량은 Table 3에서 보는 바와 같다. 초기 6주 동안 hen-day 산란율은 phytase를 첨가구가 향상되었지만, 유의적 차이는 나타나지 않았다. 후기 6주 동안은 phytase 첨가구가 무첨가에 비하여 유의적으로 개선되었으며($P < 0.05$), 전기간 산란율에서도 phytase 첨가 효과가 있는 것으로 나타났다($P < 0.05$). Phytase 첨가 수준에 있어서는 300, 500, 1,000 DPU 수준 모두 비슷하게 나타났는데, 300 DPU 수준이 산란율에 가장 적절한 수준인 것으로 판단된다. Fig. 1에서는 phytase 수준별 매 2주간 산란율 변화를 나타내었다. 무첨가구가 6주까지 증가하는 양상을 보인 반면, phytase 첨가구는 8주까지 증가하였으며 증가폭도 무첨가구에 비하여 큰 것으로 나타났다. 또 산란피크 이후 산란율 감소에 있어서 phytase 첨가구와 무첨가구의 폭이 커짐을 알 수 있다. 본 시험에서는 12주간이었지만 계속 급여하였을 경우 산란율의 폭은 더 커질 것으로 사료된다.

TCP 수준간 비교에서 초기 6주간은 1.0 % 수준이 가장 높았고, 0 %수준이 가장 낮았다. 후반기 6주간 0 % (0.11 % NPP)는 초기에 비하여 산란율 증가가 거의 없었는데 반하여 TCP 0.5 % (0.20 % NPP), 1.0 % (0.29 % NPP), 1.5 % (0.38 % NPP)구는 각각 1.7, 2.9, 2.6 %의 증가를

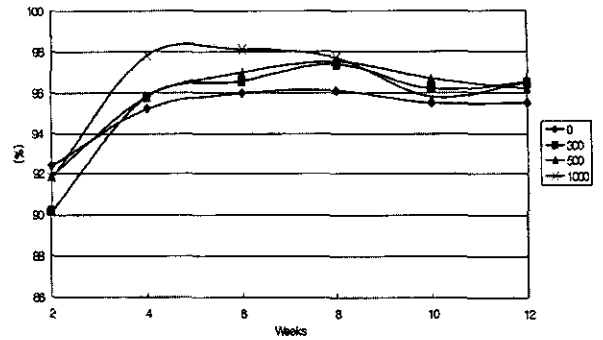


Fig. 1. Comparison of supplemental microbial phytase levels on egg production by two weeks.

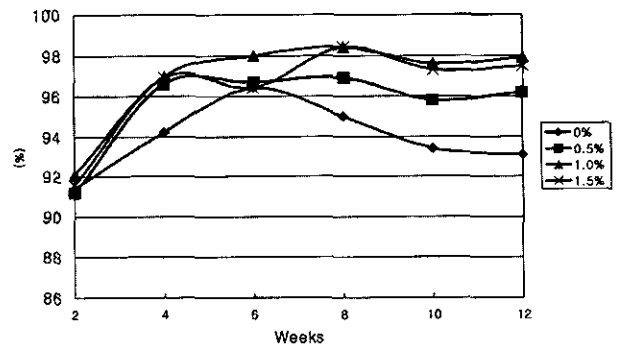


Fig. 2. Comparison of tricalcium phosphate levels on egg production by two weeks.

나타내었다. 따라서 전기간 산란율에 있어서도 TCP 첨가구가 무첨가구에 비하여 산란율이 향상되었으며($P < 0.05$), TCP 수준에서는 1.0 %가 가장 높았으나 유의성은 인정되지 않았다. Fig. 2에서는 TCP 수준별로 매 2주간 산란율을 나타내었는데, 6주까지는 전처리구에서 증가폭은 달랐지만 증가하는 양상을 보였다. 그러나 6주 이후 TCP 0%구는 급격한 하강을 보인 반면, TCP 첨가구는 8주까지 증가하고 서서히 하강하는 양상을 보였다. 산란피크 이후 무첨가는 거의 직선적으로 하강하였으나, TCP 첨가구는 완만하게 감소하였다. 시험종료시점에서 TCP 첨가에 따라 차이가 심하였는데, 무첨가구와의 산란율 차이가 크게 나타났고 0.5 % TCP 첨가구에 비하여, 1.0, 1.5 %구가 산란율이 높게 유지되었다. 이러한 것은 산란이 진행되면서 지속적으로 부족되는 인의 공급때문에 체내 저장 인 역시 고갈되면서 나타나는 결과로 사료된다.

TCP 0 % 수준에서 phytase 첨가효과가 가장 크게 나타났는데, 무첨가구가 90.7 %에 비하여 phytase를 첨가함으

Table 3. Effect of supplemental microbial phytase to various tricalcium phosphate levels on laying performance¹

| Phytase (DPU/kg) | TCP (%) | Hen-day egg production(%) | | | Egg weight(g) | | | Egg mass(g/hen/d) | | |
|---------------------|------------|---------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | 21 to 26 wk | 27 to 32 wk | 21 to 32 wk | 21 to 26 wk | 27 to 32 wk | 21 to 32 wk | 21 to 26 wk | 27 to 32 wk | 21 to 32 wk |
| | | 0 | 0.0 | 91.8 ^c | 89.8 ^b | 90.7 ^b | 52.7 ^{ab} | 59.0 | 56.1 ^{ab} | 48.4 ^c |
| 0 | 0.5 | 95.5 ^{abc} | 96.3 ^a | 95.9 ^a | 53.1 ^{ab} | 59.1 | 56.1 ^{ab} | 50.7 ^{abc} | 56.9 ^{ab} | 53.8 ^{ab} |
| 0 | 1.0 | 95.4 ^{abc} | 99.0 ^a | 97.1 ^a | 53.1 ^{ab} | 59.4 | 56.2 ^{ab} | 50.7 ^{abc} | 58.8 ^a | 54.8 ^{ab} |
| 0 | 1.5 | 95.1 ^{abc} | 97.7 ^a | 96.5 ^a | 53.5 ^{ab} | 60.5 | 56.7 ^{ab} | 50.9 ^{abc} | 58.6 ^a | 54.7 ^{ab} |
| 300 | 0.0 | 95.7 ^{abc} | 95.3 ^a | 95.5 ^a | 52.2 ^b | 58.1 | 55.2 ^b | 50.0 ^{bc} | 55.4 ^{bc} | 52.7 ^b |
| 300 | 0.5 | 95.2 ^{abc} | 99.0 ^a | 97.1 ^a | 53.5 ^{ab} | 59.2 | 56.4 ^{ab} | 51.0 ^{ab} | 58.7 ^a | 54.9 ^{ab} |
| 300 | 1.0 | 94.5 ^{abc} | 98.1 ^a | 96.7 ^a | 53.0 ^{ab} | 59.2 | 56.1 ^{ab} | 50.2 ^{abc} | 58.5 ^a | 54.4 ^{ab} |
| 300 | 1.5 | 94.9 ^{abc} | 98.0 ^a | 96.5 ^a | 53.4 ^{ab} | 58.9 | 56.2 ^{ab} | 50.8 ^{abc} | 57.7 ^{ab} | 54.2 ^{ab} |
| 500 | 0.0 | 93.9 ^{abc} | 97.9 ^a | 95.9 ^a | 53.2 ^{ab} | 59.4 | 56.3 ^{ab} | 50.0 ^{bc} | 58.2 ^{ab} | 54.1 ^{ab} |
| 500 | 0.5 | 93.7 ^{bc} | 97.1 ^a | 95.4 ^a | 52.6 ^b | 59.2 | 55.9 ^{ab} | 49.4 ^{bc} | 57.5 ^{ab} | 53.5 ^b |
| 500 | 1.0 | 97.9 ^a | 98.5 ^a | 98.2 ^a | 53.8 ^{ab} | 60.0 | 56.9 ^{ab} | 52.7 ^a | 59.1 ^a | 55.9 ^a |
| 500 | 1.5 | 94.9 ^{abc} | 97.3 ^a | 96.1 ^a | 53.2 ^{ab} | 58.8 | 56.0 ^{ab} | 50.5 ^{abc} | 57.2 ^{ab} | 53.8 ^{ab} |
| 1,000 | 0.0 | 95.1 ^{abc} | 95.6 ^a | 95.4 ^a | 54.4 ^a | 60.1 | 57.2 ^a | 51.8 ^{ab} | 57.4 ^{ab} | 54.6 ^{ab} |
| 1,000 | 0.5 | 97.0 ^{ab} | 97.3 ^a | 97.2 ^a | 52.8 ^{ab} | 58.4 | 55.6 ^{ab} | 51.3 ^{ab} | 56.8 ^{ab} | 54.0 ^{ab} |
| 1,000 | 1.0 | 96.4 ^{ab} | 97.8 ^a | 97.1 ^a | 53.1 ^{ab} | 59.3 | 56.2 ^{ab} | 51.2 ^{ab} | 58.0 ^{ab} | 54.6 ^{ab} |
| 1,000 | 1.5 | 95.6 ^{abc} | 98.2 ^a | 97.0 ^a | 52.8 ^{ab} | 58.7 | 55.9 ^{ab} | 50.5 ^{abc} | 57.7 ^{ab} | 54.4 ^{ab} |
| SEM | | 2.162 | 2.172 | 1.669 | 0.905 | 1.160 | 0.960 | 1.372 | 1.580 | 1.137 |
| Phytase | 0 | 94.4 | 95.6 ^b | 95.0 ^b | 53.1 | 59.3 | 56.2 | 50.1 | 56.7 | 53.5 |
| | 300 | 95.1 | 97.7 ^a | 96.4 ^a | 53.0 | 58.8 | 55.9 | 50.5 | 57.5 | 54.0 |
| | 500 | 95.1 | 97.7 ^a | 96.4 ^a | 53.2 | 59.3 | 56.3 | 50.7 | 58.0 | 54.3 |
| | 1000 | 96.1 | 97.3 ^a | 96.7 ^a | 53.2 | 59.1 | 56.2 | 51.2 | 57.4 | 54.4 |
| TCP | 0.0 | 94.0 ^b | 94.3 ^b | 94.1 ^b | 53.1 | 59.1 | 56.2 | 50.0 | 55.8 ^b | 52.9 ^b |
| | 0.5 | 95.5 ^{ab} | 97.2 ^a | 96.4 ^a | 53.0 | 58.9 | 55.9 | 50.7 | 57.3 ^a | 54.0 ^a |
| | 1.0 | 95.6 ^a | 98.5 ^a | 97.3 ^a | 53.2 | 59.5 | 56.3 | 51.2 | 58.6 ^a | 54.9 ^a |
| | 1.5 | 95.1 ^{ab} | 97.8 ^a | 96.5 ^a | 53.2 | 59.0 | 56.2 | 50.8 | 57.7 ^a | 54.3 ^b |
| Source of variation | | ----- Probability ----- | | | | | | | | |
| Phytase | | NS | <0.05 | <0.05 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| TCP | | NS | <0.01 | <0.01 | NS | NS | NS | NS | <0.01 | <0.01 |
| Phytase × TCP | | NS | <0.05 | <0.05 | NS | NS | NS | NS | <0.05 | <0.05 |

¹. Means with different superscripts within a column differ significantly (P<0.05).

로써 약 5 % 정도의 산란율 증가가 나타났다. TCP 0.5 % 역시 phytase 첨가에 의하여 산란율의 증가가 있었지만 0 % 첨가보다는 증가폭이 작았으며, TCP 1.0, 1.5 % 수준에서는 phytase 첨가 효과가 나타나지 않았다.

TCP를 첨가하지 않거나 0.5 % 첨가구에 phytase 첨가 시 산란율은 TCP 1 % 정도의 효과가 있는 것으로 나타났다. 이러한 것으로 미루어 무기태인의 수준이 낮을 때

phytase의 첨가는 부족한 무기태인을 공급해 주는 것과 같은 것으로 나타났다.

김상호 등(2000a)은 phytase를 300DPU 첨가 시 무기태인의 수준을 0.165 %로 급여하였을 때 산란율은 무기태인 0.275 %에 비하여 차이가 없다고 하였다. 본 연구에서도 TCP 0%와 0.5 %수준에서 phytase 첨가 시 phytase를 첨가하지 않고 무기태인을 정상적으로 급여한 것과 동일한

효과가 있는 것으로 나타났다. 한편, Boiling 등(2000)은 곰팡이 유래 phytase를 산란계에게 급여한 결과 무기태인의 부족을 보충해 주는 효과가 있었고, 무기태인이 부족시 산란기간이 지날수록 산란율이 급격히 하락한다고 하였다. Van der Klis 등(1997)와 Gorden과 Roland(1997) 역시 비슷한 보고를 하였다.

Phytase 첨가수준별 난중변화에서는 처리간 비슷하게 나타났다. 일반적으로 산란율이 증가하면 난중이 상대적으로 가벼운 경향이었는데, phytase 첨가로 산란율이 유의적인 증가를 보이면서 난중은 차이가 없었다. TCP 수준간에도 난중은 처리간 비슷한 무게를 나타내었다.

Phytase 첨가에 의한 산란량 변화를 보면 산란율과 비슷한 양상을 보였다. 전체적으로 산란량이 phytase를 첨가함으로써 증가하였지만 유의성은 나타나지 않았다. TCP 수준별 비교에서도 산란율과 비슷한 양상을 보였는데 무첨가에 비하여 TCP를 첨가함으로써 유의적인 산란량 증가를 보였다($P < 0.05$). TCP 수준간에서는 비슷하게 나타났다. 산란율과 마찬가지로 산란량도 무기태인의 수준이 낮을수록 phytase의 첨가효과가 큰 것으로 나타났다.

김상호 등(2000a,b)은 phytase를 첨가함으로써 산란율이 증가되고 난중은 차이가 없어 산란량이 개선된다고 하였는데, 본 연구에서도 같은 결과를 얻었다. Boiling 등(2000)은 급여초기보다는 후기에 산란량의 증가가 phytase를 첨가함으로써 더 크게 나타났다고 하였다.

사료섭취량 및 사료요구율은 Table 4에서 보는 바와 같다. Phytase 수준간 사료섭취량은 처리간 차이가 없었으며, 무첨가구와 1000 DPU 수준이 가장 많은 경향을 보였다. 산란율과 산란량이 증가했음에도 사료섭취량이 증가하지 않은 것은 phytate가 분해되면서 유기영양소 역시 이용되어 나타난 결과로 사료된다. TCP 수준간에서는 무첨가구 섭취량이 가장 적은 것으로 나타났고 TCP 1.0, 1.5 % 첨가구가 가장 많이 섭취한 것으로 나타났는데($P < 0.05$), 이는 산란량이 증가한 것에 기인한 것이다.

사료요구율은 phytase 무첨가구가 가장 높았으며, 300, 500 DPU 첨가구가 가장 낮았다. Phytase를 첨가함으로써 사료요구율은 개선되는 결과를 보였다. 특히, 후반 6주간에서 더욱 개선되는 결과를 보여 생산성이 증대할수록 개선효과가 큰 것으로 나타났다. TCP 수준간에서는 시험전기간 동안에는 차이가 나타나지 않았으나, 후반 6주간에서 무첨가구에 비하여 전반적으로 TCP 첨가구가 개선되었는데 0.5 % 첨가가 가장 낮았다.

김상호 등(2000a,b)은 phytase 첨가시 무기태인의 수준이 낮은 사료에서 섭취량이 적었으며 사료요구율이 개

선되는 경향이 있다고 하였는데, 본 연구에서도 비슷한 결과를 보였다. Um과 Paik(1999)는 phytase 첨가시 산란율과 사료섭취량이 증가되고, 사료요구율은 개선된다고 하였다. 이러한 차이는 공시 phytase의 차이로 사료된다.

이상의 결과에서 phytase는 사료내 무기태인의 함량이 낮은 사료에서 부족한 무기태인으로 인한 산란율 저하를 감소시킴으로써 phytate 인의 분해력이 있는 것으로 나타났다. 특히, 산란기간이 지속될수록 phytase 첨가효과가 더 큰 것으로 나타났다.

2. 영양소 이용성

영양소 소화율은 Table 5에서 보는 바와 같다. Phytase 첨가수준에 따른 건물소화율은 약간 증가하는 경향이었으나 유의적인 차이가 없었다. TCP 0 %에서는 phytase 첨가구가 무첨가에 비하여 건물소화율이 증가하는 경향이었는데, 나머지 처리에서는 phytase첨가에 의한 차이가 없었다. TCP 수준간 비교에서는 무기태인의 비율이 증가할수록 건물소화율은 감소하는 경향이었지만 통계적 유의성은 없었다. 조단백질 소화율은 phytase 첨가구가 높은 경향을 보였으나 유의성은 인정되지 않았다. 건물소화율과 마찬가지로 TCP 0 % 수준에서 phytase 첨가구가 무첨가에 비하여 조단백질 소화율이 뚜렷이 향상되었으며, phytase 수준간에서는 차이가 없었다($P < 0.05$). TCP 0.5, 1.0, 1.5 % 수준에서는 phytase 첨가에 의한 소화율 차이는 없었다. TCP 수준간에서는 첨가량이 많아질수록 소화율은 감소하는 경향이였다. 조지방 소화율도 TCP 0%수준에서 phytase 첨가구가 무첨가에 비하여 향상되었지만($P < 0.05$), TCP 0.5, 1.0, 1.5 % 수준에서는 phytase 첨가에 따른 차이는 없었다. Phytase 수준간에서는 무첨가에 비하여 첨가구가 약간 향상되었지만 유의성은 없었으며 TCP 수준간에서는 비슷하게 나타났다. 조섬유와 조회분 소화율 역시 비슷한 경향을 보였다. 칼슘 소화율은 phytase 500, 1,000 DPU 수준이 무첨가와 300 DPU보다 약간 개선되었으며, TCP 수준간에서는 무기태인이 증가할수록 칼슘소화율은 감소하는 경향이였다. 인 소화율은 무첨가에 비하여 phytase 300 DPU 수준이 향상되었으며($P < 0.05$), phytase 첨가구에서는 차이가 없었다. TCP 수준간에서는 무기태인의 첨가량이 증가할수록 소화율이 약간 낮은 경향이였다. 칼슘과 인 소화율 역시 TCP 0 %수준에서 phytase 첨가에 의한 소화율이 향상되었다.

Um과 Paik(1999)은 곰팡이 유래 phytase를 산란사료에 첨가시 건물과 질소의 축적량이 증가하며, 칼슘과 인의 축적량 역시 증가시킨다고 하였다. Yi 등(1996)도

Table 4. Effect of supplemental microbial phytase to various tricalcium phosphate levels on feed intake and feed conversion¹

| Phytase (DPU/kg) | TCP (%) | Feed intake (g/hen/d) | | | Feed conversion | | |
|---------------------|---------|-------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | | 21 to 26 wk | 27 to 32wk | 21 to 32 wk | 21 to 26 wk | 27 to 32wk | 21 to 32 wk |
| 0 | 0.0 | 108.4 ^b | 119.2 ^b | 114.2 ^c | 2.24 ^{ab} | 2.25 ^a | 2.25 ^a |
| 0 | 0.5 | 118.9 ^a | 117.7 ^b | 118.3 ^{abc} | 2.34 ^a | 2.08 ^b | 2.20 ^{abcd} |
| 0 | 1.0 | 113.6 ^{ab} | 125.4 ^{ab} | 119.5 ^{abc} | 2.25 ^{abc} | 2.13 ^{ab} | 2.19 ^{abcd} |
| 0 | 1.5 | 118.6 ^a | 128.7 ^a | 123.7 ^a | 2.20 ^{ab} | 2.20 ^{ab} | 2.27 ^a |
| 300 | 0.0 | 116.5 ^a | 119.1 ^b | 117.8 ^{bc} | 2.34 ^a | 2.15 ^{ab} | 2.25 ^{abc} |
| 300 | 0.5 | 112.0 ^{ab} | 116.4 ^b | 114.2 ^c | 2.21 ^{bc} | 1.98 ^c | 2.09 ^e |
| 300 | 1.0 | 112.4 ^{ab} | 120.3 ^{ab} | 116.4 ^{bc} | 2.25 ^{abc} | 2.05 ^{bc} | 2.15 ^{de} |
| 300 | 1.5 | 113.5 ^{ab} | 120.6 ^{ab} | 117.0 ^{bc} | 2.24 ^{abc} | 2.09 ^{bc} | 2.17 ^{bcde} |
| 500 | 0.0 | 113.1 ^{ab} | 119.5 ^{ab} | 116.3 ^{bc} | 2.27 ^{abc} | 2.05 ^{bc} | 2.16 ^{bcde} |
| 500 | 0.5 | 111.7 ^{ab} | 119.1 ^b | 115.4 ^{bc} | 2.27 ^{abc} | 2.07 ^{bc} | 2.17 ^{bcde} |
| 500 | 1.0 | 117.1 ^a | 123.4 ^{ab} | 120.2 ^{ab} | 2.23 ^{abc} | 2.09 ^{bc} | 2.16 ^{cde} |
| 500 | 1.5 | 114.3 ^{ab} | 121.6 ^{ab} | 117.9 ^{abc} | 2.27 ^{abc} | 2.13 ^{ab} | 2.20 ^{abcd} |
| 1,000 | 0.0 | 112.7 ^{ab} | 121.6 ^{ab} | 117.2 ^{bc} | 2.19 ^c | 2.12 ^{abc} | 2.15 ^{de} |
| 1,000 | 0.5 | 114.9 ^{ab} | 121.5 ^{ab} | 118.2 ^{abc} | 2.25 ^{abc} | 2.14 ^{ab} | 2.19 ^{abcd} |
| 1,000 | 1.0 | 116.7 ^a | 123.9 ^{ab} | 120.3 ^{ab} | 2.29 ^{abc} | 2.14 ^{ab} | 2.21 ^{abcd} |
| 1,000 | 1.5 | 113.6 ^{ab} | 125.0 ^{ab} | 120.0 ^{abc} | 2.26 ^{abc} | 2.17 ^{ab} | 2.22 ^{abcd} |
| SEM | | 4.028 | 5.037 | 3.139 | 0.068 | 0.075 | 0.048 |
| Phytase | 0 | 114.6 | 122.3 | 118.6 | 2.29 | 2.16 ^a | 2.23 ^a |
| | 300 | 113.7 | 119.5 | 116.6 | 2.26 | 2.08 ^b | 2.17 ^b |
| | 500 | 114.1 | 121.0 | 117.5 | 2.26 | 2.09 ^b | 2.17 ^b |
| | 1000 | 114.7 | 122.9 | 118.9 | 2.25 | 2.14 ^{ab} | 2.19 ^{ab} |
| TCP | 0.0 | 112.4 | 119.8 ^{ab} | 116.2 ^b | 2.26 | 2.15 ^a | 2.21 |
| | 0.5 | 115.0 | 119.0 ^b | 117.0 ^{ab} | 2.27 | 2.08 ^b | 2.18 |
| | 1.0 | 115.0 | 123.4 ^a | 119.2 ^a | 2.26 | 2.11 ^{ab} | 2.18 |
| | 1.5 | 114.8 | 123.6 ^a | 119.3 ^a | 2.27 | 2.14 ^{ab} | 2.21 |
| Source of variation | | ----- Probability ----- | | | | | |
| Phytase | | NS | NS | NS | NS | <0.05 | <0.05 |
| TCP | | NS | <0.05 | <0.05 | NS | NS | NS |
| Phytase×TCP | | <0.05 | NS | NS | NS | NS | NS |

¹. Means with different superscripts within a column differ significantly (P<0.05).

phytase 첨가는 질소와 아미노산의 이용성을 개선시킬 수 있다고 하였다. 이러한 것은 phytase가 phytate를 분해하면서 인 뿐만 아니라 결합체를 형성하고 있는 단백질과 유기물질을 가용하도록 하기 때문이다. 또 하나의 공평이 유래 phytase를 이용한 보고 김상호 등(2000a)은 *Bacillus*에서 생산된 phytase를 산란사료에 첨가시 건물과 인의 축적률을 증가시킨다고 하였으며, 특히 칼슘의 이용성이

개선되었다고 하였다. 본 연구에서는 phytase 수준별 건물에 대한 소화율은 무첨가구에 비하여 뚜렷하지는 않았지만 약간 증가하는 경향이었으며, 조단백질, 조섬유, 인의 소화율이 향상되었다. Phytase 첨가는 무기태인의 함량이 낮은 사료에서 소화율을 뚜렷이 향상시켰는데 모든 영양소에서도 동일하게 나타났다. 즉, TCP를 첨가하지 않은 사료에 phytase를 첨가하면 무기태인을 정상적으로 급여한

Table 5. Effect of supplemental microbial phytase to various tricalcium phosphate levels on nutrients digestibility¹

| Phytase (DPU/kg) | TCP (%) | Dry matter | Crude protein | Ether extracts | Crude fiber | Crude ash | Ca | P |
|---------------------|------------|-------------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|-------|--------------------|
| ----- % ----- | | | | | | | | |
| 0 | 0.0 | 72.3 | 82.3 ^b | 94.6 ^b | 77.3 | 85.8 | 88.4 | 79.2 ^b |
| 0 | 0.5 | 74.5 | 86.1 ^{ab} | 96.2 ^{ab} | 80.0 | 88.2 | 92.1 | 82.3 ^{ab} |
| 0 | 1.0 | 73.9 | 86.5 ^{ab} | 96.5 ^{ab} | 79.7 | 86.0 | 89.6 | 82.3 ^{ab} |
| 0 | 1.5 | 75.5 | 86.9 ^{ab} | 96.6 ^{ab} | 79.8 | 85.7 | 88.9 | 81.4 ^b |
| 300 | 0.0 | 75.7 | 89.3 ^a | 96.3 ^{ab} | 84.5 | 92.2 | 95.3 | 90.8 ^a |
| 300 | 0.5 | 73.7 | 86.5 ^{ab} | 96.3 ^{ab} | 79.6 | 87.6 | 89.3 | 83.2 ^{ab} |
| 300 | 1.0 | 74.4 | 86.1 ^{ab} | 96.9 ^a | 78.1 | 85.8 | 88.9 | 84.5 ^{ab} |
| 300 | 1.5 | 73.4 | 86.3 ^{ab} | 96.7 ^a | 78.5 | 84.5 | 86.9 | 86.0 ^{ab} |
| 500 | 0.0 | 77.1 | 88.6 ^{ab} | 96.4 ^{ab} | 83.6 | 89.6 | 92.5 | 84.1 ^{ab} |
| 500 | 0.5 | 75.0 | 87.6 ^{ab} | 97.1 ^a | 83.8 | 88.9 | 91.8 | 85.2 ^{ab} |
| 500 | 1.0 | 73.7 | 87.1 ^{ab} | 96.8 ^a | 80.1 | 85.8 | 89.6 | 83.6 ^{ab} |
| 500 | 1.5 | 73.1 | 86.3 ^{ab} | 96.0 ^{ab} | 78.4 | 85.4 | 89.5 | 83.2 ^{ab} |
| 1,000 | 0.0 | 75.3 | 89.9 ^a | 97.0 ^a | 84.6 | 91.3 | 93.7 | 87.5 ^{ab} |
| 1,000 | 0.5 | 75.7 | 89.1 ^{ab} | 96.8 ^a | 82.6 | 88.8 | 91.5 | 85.3 ^{ab} |
| 1,000 | 1.0 | 76.4 | 85.7 ^{ab} | 96.0 ^{ab} | 79.0 | 86.1 | 90.4 | 84.1 ^{ab} |
| 1,000 | 1.5 | 73.0 | 84.6 ^{ab} | 96.1 ^{ab} | 77.6 | 84.9 | 87.8 | 83.6 ^{ab} |
| SEM | | 3.667 | 3.979 | 1.103 | 4.776 | 5.644 | 5.621 | 4.826 |
| Phytase | 0 | 74.1 | 85.4 | 96.0 | 79.2 | 86.4 | 89.8 | 81.4 ^b |
| | 300 | 74.2 | 86.9 | 96.6 | 79.9 | 87.2 | 89.8 | 85.9 ^a |
| | 500 | 74.7 | 87.4 | 96.6 | 81.5 | 87.4 | 90.8 | 83.2 ^{ab} |
| | 1000 | 75.1 | 87.3 | 96.5 | 80.9 | 87.8 | 90.9 | 85.0 ^{ab} |
| TCP | 0.0 | 75.0 | 87.4 | 96.1 | 82.4 | 89.6 | 92.3 | 84.6 |
| | 0.5 | 74.8 | 87.3 | 96.6 | 81.5 | 88.4 | 91.2 | 83.9 |
| | 1.0 | 74.6 | 86.3 | 96.6 | 79.2 | 86.0 | 89.6 | 83.5 |
| | 1.5 | 73.8 | 86.0 | 96.4 | 78.6 | 85.1 | 88.3 | 83.5 |
| Source of variation | | ----- Probability ----- | | | | | | |
| Phytase | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| TCP | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Phytase × TCP | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

¹. Means with different superscripts within a column differ significantly (P<0.05).

것과 동일한 효과를 나타내었다. 그렇지만 무기태인의 수준이 정상적으로 급여되었을 때는 phytase 첨가에 의한 효과는 나타나지 않았다.

이상의 결과에서, phytase를 산란사료에 첨가하면 무기태인 수준을 NRC(1994)가 권장하고 있는 수준보다 낮출 수 있다고 사료된다.

3. 계란품질 및 경골발달

난각질 및 haugh unit에 대한 결과는 Table 6에 나타내었다. 난각강도는 시험개시때는 처리간 차이를 보이지 않았다. 6주에 이르러 난각강도는 phytase와 무기태인 수준별 차이를 나타내었는데, phytase 첨가구가 무첨가에 비하여 향상되었으며 (P<0.05), phytase 수준간에서는 차이가 없었다. Phytase 첨가에 의한 난각질 향상효과는 무기태인의 수준이 낮을 때가 정상적인 수준보다 크게 나타났다. TCP를 첨가하지 않은 사료에 phytase 첨가시 정상적인

Table 6. Effect of supplemental microbial phytase to various tricalcium phosphate levels on eggshell breaking strength, thickness and haugh unit¹

| Phytase (DPU/kg) | TCP(%) | Eggshell breaking strength(kg/cm ²) | | | Eggshell thickness (μ m) | | | Haugh unit | | |
|---------------------|--------|---|----------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------|
| | | 0wk | 6wk | 12wk | 0wk | 6wk | 12wk | 0wk | 6wk | 12wk |
| 0 | 0.0 | 3.74 | 3.38 ^{cd} | 3.33 ^{bc} | 376 ^{ab} | 322 ^b | 385 ^{bc} | 100.2 ^{ab} | 84.6 ^b | 84.0 |
| 0 | 0.5 | 4.44 | 4.12 ^{abcd} | 4.16 ^{abc} | 399 ^a | 402 ^a | 404 ^{abc} | 100.8 ^{ab} | 87.0 ^{ab} | 86.2 |
| 0 | 1.0 | 4.14 | 4.16 ^{abcd} | 3.78 ^{bc} | 371 ^{ab} | 388 ^{ab} | 380 ^c | 99.6 ^{ab} | 88.6 ^{ab} | 89.5 |
| 0 | 1.5 | 3.78 | 3.46 ^{cd} | 3.32 ^{bc} | 382 ^{ab} | 384 ^{ab} | 384 ^{bc} | 99.2 ^{ab} | 91.2 ^{ab} | 90.0 |
| 300 | 0.0 | 3.96 | 3.98 ^{bcd} | 4.13 ^{abc} | 385 ^{ab} | 398 ^a | 423 ^{ab} | 96.0 ^b | 88.4 ^{ab} | 88.3 |
| 300 | 0.5 | 3.32 | 3.70 ^{bcd} | 3.75 ^{bc} | 350 ^b | 400 ^a | 403 ^{abc} | 98.8 ^{ab} | 92.5 ^{ab} | 92.0 |
| 300 | 1.0 | 3.96 | 4.50 ^{ab} | 4.38 ^{ab} | 382 ^{ab} | 420 ^a | 418 ^{abc} | 97.2 ^{ab} | 91.4 ^{ab} | 90.8 |
| 300 | 1.5 | 4.54 | 4.46 ^{ab} | 4.40 ^{ab} | 400 ^a | 424 ^a | 416 ^{abc} | 98.2 ^{ab} | 91.8 ^{ab} | 91.0 |
| 500 | 0.0 | 3.92 | 3.25 ^d | 3.17 ^c | 385 ^{ab} | 370 ^{ab} | 387 ^{bc} | 102.4 ^a | 89.0 ^{ab} | 89.0 |
| 500 | 0.5 | 4.26 | 4.90 ^a | 4.92 ^a | 377 ^{ab} | 430 ^a | 428 ^a | 99.0 ^{ab} | 87.4 ^{ab} | 86.0 |
| 500 | 1.0 | 4.23 | 4.58 ^{ab} | 4.44 ^{ab} | 381 ^{ab} | 408 ^a | 414 ^{abc} | 99.0 ^{ab} | 89.2 ^{ab} | 88.2 |
| 500 | 1.5 | 4.43 | 4.05 ^{abcd} | 3.93 ^{abc} | 384 ^{ab} | 400 ^a | 410 ^{abc} | 99.2 ^{ab} | 92.5 ^{ab} | 92.0 |
| 1,000 | 0.0 | 4.09 | 3.88 ^{bcd} | 3.98 ^{abc} | 378 ^{ab} | 394 ^{ab} | 406 ^{abc} | 99.8 ^{ab} | 91.6 ^{ab} | 90.8 |
| 1,000 | 0.5 | 4.32 | 4.20 ^{abc} | 4.14 ^{abc} | 384 ^{ab} | 416 ^a | 402 ^{abc} | 96.6 ^b | 88.0 ^{ab} | 87.2 |
| 1,000 | 1.0 | 4.07 | 4.44 ^{ab} | 4.40 ^{ab} | 378 ^{ab} | 410 ^a | 404 ^{abc} | 95.2 ^b | 91.2 ^{ab} | 86.8 |
| 1,000 | 1.5 | 4.40 | 4.08 ^{abcd} | 4.13 ^{abc} | 389 ^{ab} | 388 ^{ab} | 400 ^{abc} | 95.2 ^b | 93.4 ^a | 90.3 |
| SEM | | 0.819 | 0.595 | 0.691 | 29.762 | 50.596 | 25.171 | 3.822 | 4.682 | 5.299 |
| Phytase | 0 | 4.03 | 3.78 ^b | 3.67 ^b | 382 | 374 ^b | 389 ^b | 100.0 ^a | 87.9 | 87.5 |
| | 300 | 3.95 | 4.19 ^a | 4.19 ^a | 379 | 411 ^a | 415 ^a | 97.6 ^{ab} | 90.9 | 90.6 |
| | 500 | 4.21 | 4.26 ^a | 4.24 ^a | 382 | 404 ^{ab} | 412 ^a | 99.9 ^a | 89.4 | 88.6 |
| | 1000 | 4.22 | 4.15 ^{ab} | 4.16 ^a | 382 | 402 ^{ab} | 403 ^{ab} | 96.7 ^b | 91.1 | 88.7 |
| TCP | 0.0 | 3.93 | 3.62 ^c | 3.70 ^b | 381 | 371 ^b | 401 | 99.6 | 88.4 | 88.1 |
| | 0.5 | 4.09 | 4.26 ^{ab} | 4.27 ^a | 378 | 413 ^a | 409 | 98.8 | 88.5 | 87.6 |
| | 1.0 | 4.10 | 4.42 ^a | 4.27 ^a | 378 | 407 ^a | 405 | 97.8 | 90.1 | 88.8 |
| | 1.5 | 4.29 | 4.01 ^b | 3.93 ^{ab} | 389 | 399 ^{ab} | 402 | 98.0 | 92.2 | 90.8 |
| Source of variation | | ----- Probability ----- | | | | | | | | |
| Phytase | | NS | NS | <0.05 | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| TCP | | NS | <0.01 | <0.05 | NS | <0.01 | NS | NS | NS | NS |
| Phytase × TCP | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

¹. Means with different superscripts within a column differ significantly (P<0.05).

인을 섭취한 것과 차이가 없었다. TCP 수준에서는 1.0 % 수준이 가장 높았으며, 0 %가 가장 낮았다(P<0.05). 12 주시의 난각질의 결과는 6주때와 비슷하게 나타났다. 난각의 두께도 난각강도와 마찬가지로 시험개시 후 6주에 이르러 phytase 첨가구가 무첨가구에 비하여 향상되는 것으로 나타났다. Haugh unit는 처리간에 비슷하게 나타났다.

Scott 등(1999)은 phytase 첨가가 난각질 및 albumin height에 영향을 미치지 않는다고 하였으며, 김상호 등

(2000a,b) 역시 비슷한 보고를 하였다. 그렇지만 Um과 Paik(1999)은 phytase 첨가시 난각질이 개선된다고 하였다. 본 연구에서도 난각강도 및 난각두께가 phytase 첨가에 의하여 개선된 것으로 나타났다. 기존의 연구보고 결과가 약간씩 차이가 있는 것은 첨가된 phytase에 의한 차이도 있지만 비교되는 무기태인의 수준이 다르기 때문이다. 본 연구에서도 무기태인의 수준이 0.20%일 때는 phytase 첨가에 의한 난각질 개선효과가 없었지만 0.11%로 극히

Table 7. Effect of supplemental microbial phytase to various tricalcium phosphate levels on tibial ash, Ca and P¹

| Phytase (DPU/kg) | TCP (%) | Ash | Ca | P |
|---------------------|---------|-------|-------------------------|--------------------|
| | | | ----- % ----- | |
| 0 | 0.0 | 53.5 | 19.5 ^{abc} | 8.82 ^{ab} |
| 0 | 0.5 | 50.3 | 18.4 ^{cd} | 8.38 ^{ab} |
| 0 | 1.0 | 52.5 | 19.8 ^{abc} | 8.78 ^{ab} |
| 0 | 1.5 | 51.5 | 18.7 ^{bcd} | 8.31 ^{ab} |
| 300 | 0.0 | 51.7 | 19.0 ^{bcd} | 8.60 ^{ab} |
| 300 | 0.5 | 52.2 | 19.4 ^{abcd} | 8.18 ^{ab} |
| 300 | 1.0 | 53.2 | 20.5 ^{ab} | 8.55 ^{ab} |
| 300 | 1.5 | 52.7 | 19.7 ^{abc} | 8.37 ^{ab} |
| 500 | 0.0 | 50.6 | 17.7 ^d | 8.52 ^{ab} |
| 500 | 0.5 | 50.6 | 17.7 ^{cd} | 7.79 ^b |
| 500 | 1.0 | 53.2 | 20.1 ^{abc} | 8.70 ^{ab} |
| 500 | 1.5 | 50.6 | 18.9 ^{bcd} | 8.30 ^{ab} |
| 1,000 | 0.0 | 50.2 | 18.7 ^{bcd} | 8.06 ^{ab} |
| 1,000 | 0.5 | 53.5 | 20.5 ^{ab} | 8.69 ^{ab} |
| 1,000 | 1.0 | 51.9 | 20.8 ^a | 8.97 ^a |
| 1,000 | 1.5 | 51.8 | 19.7 ^{abc} | 8.47 ^{ab} |
| SEM | | 2.513 | 0.983 | 0.608 |
| Phytase | 0 | 51.3 | 18.7 ^b | 8.31 |
| | 300 | 52.4 | 19.6 ^a | 8.43 |
| | 500 | 51.9 | 19.1 ^{ab} | 8.56 |
| | 1000 | 51.8 | 19.9 ^a | 8.54 |
| TCP | 0.0 | 50.7 | 18.9 | 8.48 |
| | 0.5 | 52.4 | 19.4 | 8.53 |
| | 1.0 | 51.8 | 19.3 | 8.48 |
| | 1.5 | 52.2 | 19.6 | 8.35 |
| Source of variation | | | ----- Probability ----- | |
| Phytase | | NS | <0.05 | NS |
| TCP | | NS | NS | NS |
| Phytase × TCP | | NS | <0.01 | NS |

¹. Means with different superscripts within a column differ significantly (P<0.05).

낮아졌을 때는 난각질 개선효과가 뚜렷하게 나타났다. 그러므로 무기태인의 수준이 낮을 때 phytase 첨가가 부족되는 인을 보충해 주는 역할을 하는 것으로 사료된다.

경골회분과 칼슘 및 인의 함량은 Table 7에서 보는 바와 같다. Phytase 수준별 경골회분의 함량은 유의적 차이는 없었지만 phytase 첨가구가 약간 높은 경향을 보였다. TCP 수준별 경골 회분은 0 % 구가 가장 낮았으며, 0.5, 1.0, 1.5 % 구는 차이가 없었다. 경골내 칼슘함량은 phytase 첨가구가 무첨가구에 비하여 증가하였으며 (P<0.05),

인의 함량은 phytase 첨가구가 약간 증가하였으나 유의성은 인정되지 않았다. TCP 수준에서는 처리별 차이가 없었다. Phytase 첨가는 TCP가 낮은 수준에서 무첨가에 비하여 경골내 칼슘과 인의 함량을 증가시키는 것으로 나타났으며, 정상적인 무기태인 수준에서는 차이가 없었다. Boiling 등(2000)은 유효인이 낮은 사료에 phytase를 첨가하면 뼈내 회분의 함량이 비슷하다고 하였으며, Gordon과 Roland(1997), Van der Klis 등(1997) 역시 무기태인의 수준이 낮을 때 phytase 첨가시 뼈내 회분과 광물질의

함량을 증가시킨다고 하였다. Qian 등(1996b)도 무기태인의 수준이 낮은 옥계사료에 phytase 첨가시 뼈의 발육을 향상시킨다고 하였다. 김 등(2000a,b)도 비슷한 보고를 하였는데, 첨가된 phytase는 연구자마다 차이가 있었지만 뼈의 발달에 미치는 효과는 비슷하였다.

적 요

본 연구는 산란계에 대한 phytase의 적정 첨가수준 및 생산성에 대한 효과를 구명하고자 TCP 4수준 0 % (무기태인 0.11 %), 0.5 % (0.20 %), 1.0 % (0.29 %), 1.5 % (0.38 %)과 phytase 4수준 0, 300, 500, 1000 DPU에 대하여 4×4 요인 시험을 12주간 실시하였다. 산란율은 phytase 첨가가 무첨가에 비하여 증가한 것으로 나타났으며 (P<0.05), 사육기간이 지속될수록 증가폭이 커지는 것으로 나타났다. Phytase 첨가수준에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. TCP 수준에서는 0.5 % 수준 이상 처리에서 무첨가에 비하여 증가하였으며 (p<0.05), 6주 이후 TCP 첨가에 의한 산란율의 차이가 심화되는 것으로 나타났다. 난중은 phytase, TCP 수준간 차이가 없는 것으로 나타났다. 산란량은 산란율과 비슷한 경향을 보였는데 phytase 첨가가 무첨가에 비하여 유의성은 없었으나 증가하는 경향을 보였으며, TCP는 0.5 % (0.20 % NPP) 이상 함유한 처리에서 0 % (0.11 % NPP) 비하여 산란량이 증가하는 것으로 나타났다 (P<0.05). 사료섭취량은 phytase 수준별 차이가 없었으며, TCP 수준이 증가할수록 섭취량이 증가하는 것으로 나타났다 (P<0.05). 사료요구율은 phytase 첨가구가 무첨가구에 비하여 개선되었으며 (P<0.05), TCP 수준간에는 차이가 없었다. 영양소소화율은 phytase를 첨가가 무첨가에 비하여 향상되는 경향을 보였으나, 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 인의 소화율은 phytase 첨가구가 무첨가에 비하여 특히 개선되었으며 (P<0.05), phytase 수준에 있어서는 차이가 없었다. 무기태인의 수준이 낮을 때 phytase에 의한 영양소 소화율이 향상되었으며, 무기태인의 수준이 권장량 수준일 경우는 phytase에 의한 향상효과가 낮았다. 무기태 인의 수준별 비교에서는 뚜렷한 차이가 없었다. 난각질은 시험 경과 6주부터 난각강도 및 난각두께가 향상되었으며 (P<0.05), 12주도 비슷하게 나타났다. 난각질 역시 무기태인의 수준이 낮을 때 phytase 첨가에 의한 효과가 크게 나타났다. TCP 0% 수준에서 난각질이 떨어지는 것으로 나타났으며, 0.5 % (0.20 % NPP) 수준이상에서는 비슷하게 나타났다

(P<0.05), 경골 회분과 칼슘 및 인의 함량은 phytase 첨가구가 약간 높았으며, 칼슘함량은 유의적으로 무첨가구보다 높았다 (P<0.05). TCP 수준에 의한 차이는 없었다. 이상의 결과로 무기태인의 수준이 낮은 사료에 phytase 첨가시 생산성 및 영양소 이용성을 향상시킬 수 있었는데 이는 부족되는 무기태인의 수준을 보충해 주기 때문으로 생각된다. 또, 산란사료에 phytase 300 DPU 수준 첨가시 무기태인 수준을 낮은 농도로 (0.11 %) 급여할 수 있다고 판단된다.

(색인어 : phytase, 무기태인, 산란율, 난중, 사료섭취량, 사료요구율)

인용문헌

- AOAC 1995 Official methods of analysis 16th ed. Association of official Analytical Chemists. Arlington VA, USA.
- Boiling SD, Douglas MW, Johnson ML, Wang X, Parsons CM, Koelkebeck KW, Zimmermann RA 2000 The effect of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of young and older laying hens. *Poultry Sci* 79:224 - 230.
- Camus MC, Laporte JC 1976 Inhibition de la proteolyse pepsique en vitro par de ble. Role de l'acide phytique des issues. *Ann Biol Biochem Biophys* 16:719 - 729.
- Gordon RW, Roland DA 1997 Performance of commercial laying hens fed various phosphorus levels with and without supplemental phytase. *Poultry Sci* 76:1172 - 1177.
- Kornegay ET 1996 Effect of Natuphos phytase on protein and amino acid digestibility and nitrogen retention of poultry. In : *Phytase in Animal Nutrition and Waste Management - a BASF reference manual*. pp 493 - 514 MB Coelho and ET Kornegay eds BASF Corp Mount Olive NJ.
- Liu BL, Rafiq A, Tzeng YM, Rob A 1998 The induction and characterization of phytase and beyond. *Enzyme Microbial Technol* 22:415 - 424.
- Gordon RW, Roland DA 1997 Performance of commercial laying hens fed various phosphorus levels with and without supplemental phytase. *Poultry Sci*

- 76:1172 - 1177.
- Mitchell RD, Edwards HM 1996 Effects of phytase and 1, 25 dihydrocholecalciferol on phytate utilization and the quantitative requirement for calcium and phosphorus in young broiler chicken. Poultry Sci 75:95 - 100.
- National Research Council 1994 Nutrient requirements of poultry 9th ed. Nat Acad Press Wasington DC USA
- Qian H, Veit HP, Kornegay ET, Ravindran V, Denbow DM 1996a Phosphorus equivalence of microbial phytase in turkey diets as influenced by calcium to phosphorus ratios and phosphorus levels. Poultry Sci 75:69-81.
- Qian H, Veit HP, Kornegay ET, Ravindran V, Denbow DM 1996b Effect of supplemental phytase and phosphorus on histological and other tibial bone characteristics and performances of broilers fed semi-purified diets. Poultry Sci 75:618 - 626.
- Ravindran V, Bryden WL, Lornegay ET 1995 Phytates: occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. Poult Avian Biol Rev 6:125 - 143.
- SAS Institute 1996 SAS/STAT Software for PC, Release 6.12. SAS Institute Inc., Cary NC USA.
- Scott TA, Kampen R, Silversides FG 1999 The effect of phosphorus, phytase enzyme, and calcium on the performance of layers fed corn-based diets. Poultry Sci 78:1742 - 1749.
- 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. In: BASF Technical Symp Carolina Poult Nutr Conf pp 113 - 128 Dec 1994 Charlotte NC USA.
- Singh M, Krikorian AD 1982 Inhibition of trypsin activity *in vitro* by phytate. J Agric Food Chem 30:799-800.
- 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 27:19 - 23.
- 김상호, 유동조, 이상진, 강보석, 서옥석, 최철환, 이원준, 류경선 2000b 산란생산성과 인 이용성에 대한 microbial phytase의 첨가효과 II. 무기태인 수준이 다르고 칼슘함량이 높은 사료에 microbial phytase 첨가가 산란성 및 인 이용성에 미치는 영향. 한국가금학회지 27:15 - 30.