

육계 사료내 phytase 첨가시 성장률, 육질특성, 영양소 소화율 및 인 이용율에 미치는 영향

장해동 · 유종상 · 김효진 · 신승오 · 황 염 · 주천상 · 진영걸 · 조진호 · 김인호

단국대학교 동물자원학과

Effect of Dietary Phytase on Growth Performance, Meat Quality, Nutrient Digestibility and Phosphorus Utilization in Broilers

Hea-Dong Jang, Jong-Sang Yoo, Hyo-Jin Kim, Seung-Oh Shin, Yan Hwang, Tian-Xiang Zhou,

Ying-Jie Chen, Jin-Ho Cho and In-Ho Kim

Department of Animal Resource & Science, Dankook University

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate effects of dietary phytase on growth performance, meat quality, nutrient digestibility and phosphorus utilization in broilers. Breeding experiment, a total of 480 Arbor acre broilers chicks of 2 days old were randomly divided into 3 treatments with 8 replicates of 20 birds each. The treatments were CON (basal diet), LP (Low phosphorus diet) and CP (Low phosphorus diet + 0.05% coated phytase). Metabolism experiment 2, a total of 96 Arbor acre broilers chicks of 5wks old were randomly divided into 4 treatments with 8 replicates of 3 birds each. The treatments were CON (basal diet), LP (Low phosphorus diet), NP (Low phosphorus diet + 0.05% normal phytase) and CP (Low phosphorus diet + 0.05% coated phytase). Weight gain was significantly increased in CON treatment than LP and CP treatments (P<0.05). F/G in CON and CP treatments was improved than LP treatment (P<0.05). Calcium contents in blood was increased for CP treatment compared to LP treatment (P<0.05). However, Phosphorus in blood was higher in CON treatment compared to LP treatment (P<0.05). Carcass and CIE a* of breast meat were significantly increased in CON treatment than LP treatment (P<0.05). WHC of breast meat was improved for CON and CP treatments compared to LP treatment (P<0.05). Digestibilities of dry matter and nitrogen were higher in CON treatment compared to LP treatment (P<0.05). Crude ash was greater in CON treatment than CP treatment (P<0.05). Calcium was improved for broiler fed CON and CP treatments compared with LP treatment (P<0.05). Digestibility of phosphorus was significantly reduced in LP treatments than CON and CP treatments (P<0.05). CP treatment was significantly increased their dry matter intake, calcium intake and nitrogen retention compared to LP treatment (P<0.05). CON treatment was significantly increased their phosphorus intake and phosphorus retention compared to other treatments (P<0.05). Calcium retention was higher in CON and CP treatments than LP treatment (P<0.05). Phosphorus excretion was significantly reduced in NP treatment than CON and LP treatment (P<0.05). Nitrogen and calcium excretion were significantly reduce in CON treatment than other treatments (P<0.05). In conclusion, Phytase treatment improved performance and decreased calcium and phosphorus excretion in broilers.

(Key words : Phytase, Growth performance, Meat quality, Phosphorus utilization, Broilers)

Corresponding author : In Ho Kim, Dept. of Animal Resource & Science, Dankook University #29 Anseodong, Cheonan, Choongnam 330-714, Korea.

Tel : 041-550-3652, Fax : 041-553-1618, E-mail : inhokim@dankook.ac.kr

I. 서 론

축산업이 점차 전업화, 대규모화 되면서 여가서 발생하는 분뇨가 새로운 공해 문제로 부각되면서 분뇨의 오염도 감소에 대한 연구가 이루어지고 있다.

가축 분뇨 중 인은 환경오염원으로 토지나 수자원이 부족하고 가축의 사육밀도가 높은 지역에서 심각한 오염원으로서, 분뇨 내 인을 감소시키는 것이 환경오염을 줄이는 방법으로 알려져 있다(Cromewill과 Coffey, 1991). 인은 수로를 따라 저수지나 강으로 유입되면서 조류(algae)와 수중식물의 성장을 과다하게 촉진시키는 부영양화의 원인이 되어 어류와 갑각류 등의 폐사를 유발시킨다(허 등, 1992; 김 등, 1995). 또한, 질소는 토양 미생물에 의해 질산염을 생성하며, 암모니아 가스를 발생시켜 냄새를 유발하고, 증발시 산성비의 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 특히, 가금류는 사료의 소화율이 낮아, 계분에는 소화되지 않은 유기물이 다량 함유되게 됨으로써 악취를 발생시키고 수질과 토양을 오염시킨다(Nelson, 1967). 가축의 분뇨에 인이 많이 함유되어 있는 이유는 곡물 내 인 중 다량이 phytic acid 상태로 존재하여 이것이 단위동물의 내생효소에 의해서 가수분해 되지 않고 대부분 분으로 배설되기 때문이다(Pointillart, 1993; 이 등, 1999).

Phytic acid는 유리산으로서, myo-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakis dihydrogen phosphate를 말하고, phytate는 phytic acid에 P, Ca, Zn, Fe 및 Ca 등이 결합되어 있는 염 형태를 말한다(IUPAC-IUB, 1977). Phytic acid은 영양소의 흡수를 억제할 뿐만 아니라, 소화와 관여하는 펩신, 트립신, α -아밀라아제 등의 중요한 효소 기능을 억제한다고 하였다(Hartman, 1979). 가축사료의 주원료로 사용되고 있는 옥수수 중의 60%와 대두 중의 50% 이상의 인이 phytate 형태로 되어 있고 단위동물은 이를 분해하는 phytase가 적어 인의 이용성이 떨어진다고 보고되었다(Reddy

등, 1982).

Phytase는 phytic acid의 hydrolytic phosphate를 유리시키는 효소를 말하며, 일부 곰팡이류와 식물성 사료원료는 동물의 소화관 내에서 phytic acid를 무기태 인과 inositol로 분해할 수 있는 강한 phytase를 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(Pointillart, 1991; Eeckhout와 De Paepe, 1991, 1992).

Simons 등(1990)과 Hoppe와 Schwarz(1993)는 육계에 phytase 급여시 Ca과 P의 이용율과 골격 내 축적율이 증가하였다고 하였으며, Simon과 Versteegh(1990)는 2주령 병아리 사료에 750 Unit/kg의 phytase 첨가시 Ca과 P의 이용율이 약 65% 정도 증가하였다고 보고하였다. Saylor 등(1991)은 병아리에게 phytase를 급여하였을 경우 인의배설량이 34% 감소되었다고 보고하였다. 권(1995)은 phytase의 첨가로 인 배설량이 육계와 산란계의 경우 약 20~40%, 돼지의 경우 약 15~20%가 감소되었다고 하였으며, Carter 등(1996)은 30~50%까지 감소시킬 수 있다고 하였다.

최근 들어 phytase의 장내 이용성을 증진시키기 위해 phytase 입자에 지방을 코팅하는 방법들이 있으며 코팅된 phytase는 사료의 pellet가 공시 높은 열에 안정성을 나타내며, 낮은 pH에서도 견딜 수 있다고 알려져 있다.

따라서, 본 시험에서는 옥수수 대두박 위주의 사료내 phytase의 급여에 따른 육계의 성장률과 육질특성에 영향을 조사하였고, phytase 형태에 따른 영양소 소화율과 인 이용율에 미치는 영향에 대해 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

사양시험으로 시험 사료 급여가 육계의 성장능력, 도체특성 및 육질 특성에 미치는 영향을 알아보려고 실시하였다. 시험 동물은 2일령의

Arbor acre Broiler 병아리 480수 (BW: 37.79 g ± 0.68 g)를 공시하였고, 5주간 사양시험을 실시하였다. 처리구는 CON, LP 및 CP로 3개 처리를 하였으며, 처리당 8반복, 반복당 20수씩 완전임의 배치하였다.

대사시험으로 시험 사료 급여가 육계의 영양소 소화율 및 인 이용율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다. 시험 동물은 5주령 병아리 96(BW: 1,038 g ± 130.6 g)수를 공시하였고, 4주간 시험에 이용하였다. 처리구는 CON, LP, NP 및 CP로 4개 처리를 하였으며, 처리당 8반복, 반복당 3수씩 완전임의 배치하였다.

본 시험에 사용한 처리구는 CON(control), LP(Low phosphorus diet), CP(Low phosphorus diet + 0.05% coated phytase), NP(Low phosphorus diet + 0.05% normal phytase)로 4개 처리를 하였다.

2. 시험사료와 사양관리

Arbor Acre broiler 병아리는 평사로 가로 세로 각각 1.2×m 크기의 24개 케이지에 20수씩 사육하였으며, 24시간 점등하였다. 사육온도는 시험 개시시 33±1℃로 맞추어준 뒤 한 주마다 2℃씩 감소시켰다. 시험 1 기초사료는 옥수수 대두박 위주의 pellet 형태로서 사료의 대사에너지는 3,100 kcal/kg, 조단백질 21% 및 lysine 1.20%를 함유하였다. 시험 2 기초사료에서는 옥수수 대두박 위주의 pellet 형태로서 사료의 대사에너지는 3,150 kcal/kg, 조단백질 19% 및 lysine 1.02%를 함유하였다. 사료와 물은 자유 채식토록 하였다.

본 시험에 사용된 normal phytase은 microbial 유래 phytase로서 일반 분말 형태로 만들어졌으며, coated phytase은 microbial 유래 phytase로서 일반 분말 입자에 지방을 코팅을 하였다. 시험에 사용된 phytase는 1000 FTU/kg의 역가를 가졌다. 1 FTU는 37℃, pH5.5에서 0.0015 mole의 sodium phytate로부터 분당 1 micromole의 inorganic phosphorus를 방출하는데 소요되는 효

소의 양으로 나타내었다.

3. 조사항목 및 방법

(1) 사양시험.

1) 증체량, 사료섭취량 및 사료 요구율

개시시와 3주 후, 그리고 종료시에 처리구별로 체중 및 섭취량을 측정하여 증체량과 사료 섭취량을 계산하였으며, 사료 요구율은 사료 섭취량을 증체량으로 나누어 계산하였다.

2) 혈중 내 칼슘 및 인 함량

혈액 채취는 시험 종료시에 처리당 임의로 5수씩을 선발하여 익정맥에서 sodium heparin vacuum tube를 이용하여 혈액을 채취하여 4℃에서 2,000×g로 30분간 원심 분리하여 얻은 혈장을 자동 생화학 분석기 (ADVIA 1650, Bayer Inc., Japan)를 이용하여 혈액내 칼슘 및 인 함량을 조사하였다.

3) 육질 특성 분석

육질특성 분석을 위하여 각 처리구별로 10두씩 선발하였으며, 머리, 깃털, 다리 및 내장을 적출하여 도체율을 측정하였다.

육질분석은 정형된 가슴살을 이용하였다. 육색은 Chromameter (Model CR-410, Minolta Co., Japan)를 사용하여 동일한 시료를 3회 반복하여 명도(L*), 적색도(a*) 및 황색도(b*) 값을 측정하였으며, 이때 표준색판은 Y = 94.6, x = 0.3131, y = 0.3194으로 하였다. pH의 측정은 pH meter (Istek NeoMet 77P, Istek Inc., Korea)를 이용하였다. 가열 감량(cooking loss)은 시료를 2cm 두께로 일정하게 절단하여 무게를 측정하고 70℃ 항온수조에서 10분간 가열한 다음 냉각시켜 감량된 무게를 백분율로 환산하여 측정하였다. 보수력(WHC:water-holding capacity)은 여과압착법을 이용하여 Hofmann 등(1982)의 방법으로 유리판 위에 여과지, 고기표본 0.5g, 플렉시 유리판을 차례로 올린 다음 상하의 플렉시 유리판을 스크류로 조여 2분간 압착하고 여과지를 제거하여 고기 조직이 묻어 있는 부위의 면적

Table 1. Diet composition, Breeding EXP

Ingredient (%)	CON ³⁾	LP ³⁾	CP ³⁾
Corn	54.12	54.66	54.61
Soybean Meal	36.84	38.23	38.23
Salt	0.20	0.20	0.20
Limestone	0.34	0.34	0.34
TCP	2.05	0.30	0.30
Tallow	5.76	5.58	5.58
Vitamin premix ¹⁾	0.10	0.10	0.10
Mineral premix ²⁾	0.10	0.10	0.10
NaHCO ₃	0.18	0.18	0.18
Phytase	—	—	0.05
DL-Methinine	0.23	0.23	0.23
Lysine (78.4%)	0.07	0.07	0.07
Threonine (98.5%)	0.01	0.01	0.01
Chemical composition ⁴⁾			
ME, kcal/kg	3,100	3,100	3,100
Crude Protein, %	21.00	21.00	21.00
Crude Fat, %	8.35	8.19	8.19
Crude Ash, %	6.06	5.79	5.79
Crude Fiber, %	3.33	3.34	3.34
Calcium, %	0.90	0.90	0.90
Phosphorus, %	0.71	0.39	0.39
Available phosphorus, %	0.45	0.13	0.13
Lysine, %	1.20	1.20	1.20

¹⁾ Provided per kilogram of diet: 15,000 IU of vitamin A, 3,750 IU of vitamin D₃, 37.5 mg of vitamin E, 2.55 mg of vitamin K₃, 3 mg of vitamin B₁, 7.5 mg of vitamin B₂, 4.5 mg of vitamin B₆, 24 g of vitamin B₁₂, 51 mg of niacin, 1.5 mg of folic acid, 126 g of biotin and 13.5 mg of pantothenic acid.

²⁾ Provided per kilogram of diet: 37.5 mg of Zn, 37.5 mg of Mn, 37.5 mg of Fe, 3.75mg of Cu, 0.83 mg of I, 0.23 mg of Se and 62.5 mg of S.

³⁾ Abbreviated CON, basal diet; LP, Low phosphorus diet; CP, Low phosphorus diet + 0.05% coated phytase

⁴⁾ Calculated values

과 젓어 있는 부위의 면적을 Area-Line sensor (Model, M, T. 10S, M T Precision Co., LTD, Japan)로 측정하고, 아래 식으로 계산하였다.

보수력(%) = 고기 조직에 묻어 있는 면적 × 100 / 젓어 있는 부위 면적

(2) 대사시험

시험 종료 7일전에 표시물로서 산화크롬 (Cr₂O₃)을 0.2% 첨가하여 급여 후 동일한 시간 동안 배설된 분을 채취하였다. 채취한 분은 60 ℃의 건조기에서 72시간 건조시킨 후 Willey mill로 분쇄하여 분석에 이용하였다. 사료의 일

Table 2. Diet composition, Metabolism EXP

Ingredient (%)	CON ³⁾	LP ³⁾	NP ³⁾	CP ³⁾
Corn	59.59	59.92	59.88	59.88
Soybean Meal	31.6	31.54	31.54	31.54
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Limestone	0.68	1.78	1.78	1.78
TCP	1.54	0.3	0.3	0.3
Tallow	5.83	5.70	5.70	5.70
Vitamin premix ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
NaHCO ₃	0.18	0.18	0.18	0.18
Phytase	—	—	0.05	0.05
DL-Methinine	0.18	0.18	0.18	0.18
Lysine (78.4%)	0.01	0.01	0.01	0.01
Chemical composition ⁴⁾				
ME, kcal/kg	3,150	3,148	3,148	3,148
Crude protein, %	19.00	19.00	19.00	19.00
Crude Fat, %	8.51	8.39	8.39	8.39
Crude Ash, %	5.56	5.41	5.41	5.41
Crude Fiber, %	3.18	3.18	3.18	3.18
Calcium, %	0.85	0.86	0.86	0.86
Phosphorus, %	0.59	0.37	0.37	0.37
Available phosphorus, %	0.35	0.13	0.13	0.13
Lysine, %	1.02	1.02	1.02	1.02

¹⁾ Provided per kilogram of diet: 15,000 IU of vitamin A, 3,750 IU of vitamin D₃, 37.5 mg of vitamin E, 2.55 mg of vitamin K₃, 3 mg of vitamin B₁, 7.5 mg of vitamin B₂, 4.5 mg of vitamin B₆, 24 g of vitamin B₁₂, 51 mg of niacin, 1.5 mg of folic acid, 126 g of biotin and 13.5 mg of pantothenic acid.

²⁾ Provided per kilogram of diet: 37.5 mg of Zn, 37.5 mg of Mn, 37.5 mg of Fe, 3.75mg of Cu, 0.83 mg of I, 0.23 mg of Se and 62.5 mg of S.

³⁾ Abbreviated CON, basal diet; LP, Low phosphorus diet; NP, Low phosphorus diet + 0.05% normal phytase; CP, Low phosphorus diet + 0.05% coated phytase

⁴⁾ Calculated values

반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC (1995) 다중검정법 (1955)을 이용하였다. 의 방법에 준하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

4. 통계처리

모든 자료는 SAS (1996)의 General Linear Model procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였으며, 처리구간의 유의성 검정은 Duncan의

1. 육계 생산성

Phytase 급여가 육계 생산성에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 일당 증체량은 CON 처

Table. 3 Effects of dietary phytase on growth performance in broilers

Items	CON ¹⁾	LP ¹⁾	CP ¹⁾	SE ²⁾
Finish weight, kg	1.762 ^a	1.533 ^c	1.552 ^b	0.320
Weight gain, kg	1.759 ^a	1.496 ^c	1.515 ^b	0.520
Feed intake, kg	2.346	2.320	2.264	0.078
Feed/Gain	1.333 ^b	1.550 ^a	1.495 ^b	0.318

¹⁾ Abbreviated CON, basis diet; LP, Low phosphorus diet; CP, Low phosphorus diet + 0.05% coated phytase

²⁾ Pooled standard error.

^{abc} Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

리구가 LP와 CP 처리구에 비해 유의적으로 높았으며 (P<0.05), 사료 요구율에서는 CON과 CP 처리구가 LP 처리구에 비해 유의적으로 낮았다 (P<0.05). 하지만, 사료 섭취량에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Simons 등 (1990)는 육계 사료내 인의 함량을 0.75%에서 0.45%로 감소 시켰을 경우 증체량이 감소한다고 하였으며, 사료 요구율도 증가한다고 하였다. 권 등(1995)은 인 급여 수준을 NRC 요구량의 60% 수준으로 낮추어 줄 경우 증체량은 유의적으로 감소한다고 하였고, 사료 요구율은 증가한다고 하였다. Yi 등(1996)은 육계에 microbial phytase를 첨가하면 증체량이 증가한다고 보고 하였다. Zhang 등(2000)은 육계에 있어 인을 0.27%로 감소 시킨후 phytase를 첨가하였을 시에 대조구에 비해 성장률에 있어 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않는다고 하였다. 본 시험에서는 낮은 인을 함유한 LP 처리구에 비해 phytase를 급여한 CP 처리구가 유의적으로 높은 증체량을 나타내었으나, CON 처리구에 비해 낮은 증체량을 나타내었다. 인

은 생물의 에너지 대사에 필수적인 요소이고, 골격성장에 중요하다. 하지만, 인의 결핍은 비정상적 골격성장의 중요한 요인으로 골격 성장의 저하, 중량 및 광물질 함량에 있어서도 감소하기 때문에 성장에 중요한 영향을 나타낸다. 따라서, CP 처리구는 LP 처리구에 비해 phytase의 이용성으로 인해 사료내 phytate 인의 이용성 증가로 높은 증체량을 나타내는 것으로 사료된다.

2. 혈액 내 칼슘과 인 함량

Phytase 급여가 육계 혈액 내 칼슘 및 인 함량에 미치는 영향은 Table 4에 나타났다. 혈액 내 칼슘 함량은 CP 처리구가 LP 처리구에 비해 유의적으로 높았다 (P<0.05). 혈액 내 인의 함량은 CON 처리구가 LP 처리구에 비해 유의적으로 높았다 (P<0.05). Sebastian 등(1996)은 육계에 phytase 급여시 혈장내 칼슘 함량은 대조구가 높은 함량을 나타내었고, 인 함량은 phytase 첨가구가 높은 경향을 나타냈다고 하였

Table 4. Effects of dietary phytase on calcium and phosphorus in blood of broilers

Items	CON ¹⁾	LP ¹⁾	CP ¹⁾	SE ²⁾
Ca, mg/dL	10.43 ^{ab}	9.80 ^b	12.30 ^a	0.65
P, mg/dL	6.83 ^a	4.35 ^b	6.68 ^{ab}	0.48

¹⁾ Abbreviated CON, basis diet; LP, Low phosphorus diet; CP, Low phosphorus diet + 0.05% coated phytase

²⁾ Pooled standard error.

^{ab} Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

다. Mithchell과 Edwards (1996)의 결과에서도 낮은 인 사료를 급여시 혈장 내 칼슘 함량이 증가한다고 하였다. 이는 낮은 인 사료를 급여하면 혈장 내 Ca 이온이 증가하고 그 결과 갑상선 호르몬이 증가함에 따라서 갑상선 호르몬 저해인자는 감소가 됨에 따라 인산염 재흡수가 감소 된다고 하였다. 따라서, 뇨로 배설되는 칼슘의 함량도 감소되어 혈장 내 칼슘이 증가된다고 하였다(Taylor와 Dacke, 1984). 본 시험에서는 phytase을 급여한 CP 처리구가 낮은 인 처리구인 LP 처리구에 비해 혈장내 칼슘 함량이 유의적으로 높게 나타내었다. 이는 phytase의 작용에 의해 원료 사료내 phytate가 분해되어 phytate 내 염 형태로 존재하는 칼슘의 흡수 및 이용이 용이해져 혈액내 칼슘 함량이 증가된 것으로 사료된다. 인 함량에서는 CON 처리구가 낮은 인 함량 처리구인 LP 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타내었다. LP 처리구와 CP 처리구의 인 함량에서는 유의적인 차이를 나타내지는 않았으나, CP 처리구가 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 phytase 급여가 혈액내의 인의 이용성을 증가 시킨 것으로 사료된다.

3. 육질특성에 미치는 영향

Phytase 급여가 육계의 육질 특성에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. 도체율, 적색도 및 보수력에 있어 CON 처리구가 다른 처리구에 비해 높은 결과를 나타내었다(P<0.05). phytase 첨가에 따른 결과에서는 도체율과 보수력에서 CP 처리구가 LP 처리구에 비해 높은 결과를 나타내었다(P<0.05). 적색도에 있어서도 유의적인 차이를 나타내지 않았지만 CP 처리구가 LP 처리구에 비해 높은 경향을 나타내었다. 하지만, pH와 Cooking loss은 처리구간 차이를 보이지 않았다. Shelton 등(2004)은 육성-비육돈에 phytase을 급여 하였을 경우 도체율은 낮은 칼슘과 인을 함유한 처리구에 비해 유의적으로 증가한다고 하였다. 하지만, O'Quinn 등(1997)은 phytase을 300 unit/kg 수준으로 첨가하면 도체율이 감소한다고 하였지만, 500 unit/kg 첨가시 감소하지 않는다고 하였다. 본 시험에서도 phytase을 급여한 처리구가 CON 처리구에 비해 낮은 도체율을 나타냈지만, 낮은 인을 함유한 LP 처리구에 비해 도체율이 증가하여 같은 경향을 나타냈다. Shelton 등(2004)은 phytase

Table 5. Effects of dietary phytase on meat quality in broilers(EXP1)

Items	CON ¹⁾	LP ¹⁾	CP ¹⁾	SE ²⁾
Carcass, %	76.19 ^a	70.18 ^c	72.99 ^b	0.64
CIE ³⁾				
L*	49.42	47.24	51.52	2.76
a*	15.48 ^a	11.65 ^b	14.31 ^{ab}	0.84
b*	11.98	9.72	10.29	1.08
pH	5.75	5.66	5.72	0.04
Cooking loss, %	29.33	31.86	32.40	2.59
WHC, %	68.72 ^a	55.34 ^b	69.60 ^a	1.99

¹⁾ Abbreviated CON, basis diet; LP, Low phosphorus diet; CP, Low phosphorus diet + 0.05% coated phytase

²⁾ Pooled standard error.

³⁾ L*, Lightness; a*, Yellowness; b*, Redness

^{abc} Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

급여시 명도를 나타내는 L*값이 CON 처리구에 비해 유의적으로 감소한다고 하였다. 또한, pH 값에서는 처리구간 차이가 없다고 하였다. Rienstra 등(2001)은 돼지에 phytase 급여시 드립 감량이 감소한다고 하였다. 따라서, phytase 급여시 육질 특성에 있어 수분 감량에 유의적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 본 시험에서는 육색에서 명도를 나타내는 L*값과 pH값이 처리구간 차이를 나타내지 않았다. 이는 phytase 첨가시 육색에 있어 영향을 미치지 않는 것으로 알 수 있었다. 하지만, 보수력에서 낮은 인을 함유한 LP 처리구에 비해 phytase를 첨가한 CP 처리구가 증가한 것으로 보아 Rienstra 등(2001)의 연구결과와 같이 수분함량에 있어 유의적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서, phytase 급여가 육계에 있어 도체율과 보수력에서 인의 함량이 낮은 사료를 급여한 육계와 비교하여 효과를 나타내는 것으로 사료된다.

4. 영양소 소화율

Phytase 급여가 육계의 영양소 소화율에 미치는 영향을 Table 6에 나타내었다. 영양소 소화율에 있어 CON 처리구는 건물, 질소, 회분, 칼슘 및 인 소화율에서 가장 높은 결과를 보였다 (P<0.05). phytase 종류에 따른 소화율에서는 건

물, 질소, 회분, 칼슘 및 인 소화율에서 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, LP 처리구에 비해 칼슘과 인 소화율에서 유의적으로 높은 결과를 나타내었다 (P<0.05). 이 등(1999)은 육계에 phytase 급여는 영양소 소화율에 영향을 미치지 않는다고 하였다. 또한, Schoener (1992) 및 Simons와 Versteegh (1990)은 phytase의 첨가시 건물, 조단백질 등 영양소 소화율에 영향을 미치지 않았지만 인의 소화율은 증가한다고 하였다. 본 시험에서도 phytase를 급여한 처리구가 CON 처리구에 비해 건물, 질소, 회분 소화율에서는 감소하였지만, 칼슘과 인의 소화율에서는 LP 처리구에 비해 유의적으로 증가하여 이전 연구와 같은 결과를 나타내었다. Nasi (1990)과 Lei 등(1993)에서도 phytase의 첨가가 무기태인이나 phytate 상태로 결합된 필수 무기물의 이용성을 증대시킬 수 있다고 하였다. 따라서, 본 시험에서도 phytase 급여가 사료내에 있는 무기태 인이나 불용성 phytase 상태로 결합된 인을 phytase의 작용으로 인해 이용성을 증가시켜 칼슘과 인의 소화율을 증가 시킨 것으로 사료된다. 하지만, phytase의 종류에 따른 소화율 이용성에서는 처리구간 차이를 나타내지 않아 지속적인 연구를 하는 것으로 사료된다.

5. 질소, 칼슘 및 인 섭취량과 배설량

Table 6. Effects of dietary phytase on nutrient digestibility in broilers

Items	CON ¹⁾	LP ¹⁾	NP ¹⁾	CP ¹⁾	SE ²⁾
Nutrient digestibility(%)					
Dry matter	69.45 ^a	63.68 ^b	65.25 ^{ab}	62.89 ^b	1.42
Nitrogen	52.75 ^a	41.66 ^b	47.99 ^{ab}	49.74 ^{ab}	3.10
Crude ash	76.15 ^a	73.20 ^{ab}	72.74 ^{ab}	70.34 ^b	1.08
Calcium	50.64 ^a	31.10 ^b	40.03 ^{ab}	45.95 ^a	3.56
Phosphorus	50.58 ^a	21.96 ^b	43.18 ^a	43.79 ^a	4.98

¹⁾ Abbreviated CON, basis diet; LP, Low phosphorus diet; NP, Low phosphorus diet + 0.05% normal phytase; CP, Low phosphorus diet + 0.05% coated phytase

²⁾ Pooled standard error.

^{ab} Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

Table 7. Effects of dietary phytase on nitrogen, calcium and phosphorus utilization in broilers

Items	CON ¹⁾	LP ¹⁾	NP ¹⁾	CP ¹⁾	SE ²⁾
DM intake, g/d	123.25 ^{ab}	110.13 ^b	123.21 ^{ab}	132.25 ^a	9.55
N intake, g/d	3.51	3.35	3.65	4.24	0.34
Ca intake, g/d	1.11 ^{ab}	0.99 ^b	1.11 ^{ab}	1.19 ^a	0.08
P intake, g/d	0.73 ^a	0.41 ^b	0.45 ^b	0.49 ^b	0.09
N retention, g/d	1.85 ^{ab}	1.40 ^b	1.75 ^{ab}	2.11 ^a	0.34
Ca retention, g/d	0.56 ^a	0.31 ^b	0.44 ^{ab}	0.55 ^a	0.16
P retention, g/d	0.37 ^a	0.09 ^c	0.19 ^b	0.21 ^b	0.10
N excretion, g/d	1.66 ^b	1.95 ^{ab}	1.90 ^{ab}	2.13 ^a	0.27
Ca excretion, g/d	0.55 ^b	0.68 ^a	0.67 ^a	0.64 ^a	0.10
P excretion, g/d	0.36 ^a	0.32 ^a	0.26 ^b	0.28 ^{ab}	0.05

¹⁾ Abbreviated CON, basis diet; LP, Low phosphorus diet; NP, Low phosphorus diet + 0.05% normal phytase; CP, Low phosphorus diet + 0.05% coated phytase

²⁾ Pooled standard error.

^{abc} Means in the same row with different superscripts differ (P<0.05).

Phytase 급여가 육계 사료내 질소, 칼슘 및 인 균형에 미치는 영향은 Table 7에 나타내었다. CON 처리구는 다른 처리구에 비해 인 섭취량, 칼슘과 인 보유량에서 다른 처리구에 비해 높은 결과를 나타내었다 (P<0.05). Phytase 처리구에 따른 칼슘 섭취량, 질소, 칼슘 및 인 보유량은 LP 처리구에 비해 높은 결과를 나타내었으며, 인 배출량에서는 낮은 결과를 나타내었다 (P<0.05). 하지만, phytase 종류에 따른 질소, 칼슘 및 인의 섭취량, 보유량 및 배출량에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다 (P<0.05). Kornegay 등 (1996)은 인의 수준이 낮은 사료에 phytase를 급여하면 육계의 인 배설량이 유의적으로 감소한다고 하였고, Um과 Piak (1999)은 phytase 첨가시 무기물의 이용성을 개선시켜 칼슘과 인의 축적량이 증가하고 인의 배설량이 감소된다고 하였다. 또한, Yi 등 (1996)은 phytase의 첨가시 인의 축적량이 증가된다고 하였다. 하지만, 손 등 (1999)은 phytase 급여시 인의 축적량이 증가하였고, 배설량이

유의적으로 감소하였지만, 칼슘의 축적량과 배설량에서는 차이가 없다고 하였다. 본 시험에서도 이전 연구와 같이 인의 축적량에서 phytase를 급여하지 않은 LP 처리구에 비해 phytase 처리구가 증가하였고, 배설량에서도 LP 처리구에 비해 phytase 처리구가 낮게 나타내었다. 하지만, phytase 종류에 따른 질소, 칼슘 및 인의 섭취량, 보유량 및 배출량에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 따라서, 코팅 처리를 한 phytase는 일반 phytase에 비해 유의적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

결론적으로 본 연구 결과 phytase의 첨가는 육계 생산성에 긍정적인 영향을 미치고, 인, 칼슘 배설량 감소를 통해 가축 분뇨 오염도를 낮춰 친환경 사료 개발에 이용가능성이 있을 것으로 생각된다.

IV. 요약

본 시험은 육계 사료내 인 함량을 감소시킨

옥수수-대두박 위주의 사료 내 제조방법이 다른 phytase 첨가시 성장률, 육질특성, 영양소 소화율 및 인 이용율에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 시험 설계는 CON (control), LP (Low phosphorus diet), NP (Low phosphorus diet + 0.05% normal phytase), CP (Low phosphorus diet + 0.05% coated phytase)로 4개 처리를 하였다. 사양시험은 480수 (BW : 37.79 g \pm 0.68 g)를 공시하였다. 처리구는 CON, LP 및 CP로 3개 처리를 하였으며, 처리당 8반복, 반복당 20수씩 완전임의 배치하였다. 대사시험은 96 (BW : 1,038 g \pm 130.6 g)수를 공시하였다. 처리구는 CON, LP, NP 및 CP로 4개 처리를 하였으며, 처리당 8반복, 반복당 3수씩 완전임의 배치하였다. 증체량에서는 CON 처리구가 LP와 CP 처리구에 비해 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 사료 요구율에서는 CON과 CP 처리구가 LP 처리구에 비해 유의적으로 개선되었다 ($P < 0.05$). 혈액 내 칼슘 함량은 CP 처리구가 LP 처리구에 비해 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 하지만, 혈액내 인 함량에서는 CON 처리구가 LP 처리구에 비해 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 도체율과 가슴살 적색도에서는 CON 처리구가 LP 처리구에 비해 유의적으로 증가하였다 ($P < 0.05$). 가슴살의 보수력에서 CON과 CP 처리구가 LP 처리구에 비해 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 건물과 질소 소화율에서는 CON 처리구가 LP 처리구에 비해 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 회분 소화율에서는 CON 처리구가 CP 처리구에 비해 유의적으로 증가하였다 ($P < 0.05$). 칼슘 소화율에서는 CON과 CP 처리구가 LP 처리구에 비해 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 인 소화율에서는 LP 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮았다 ($P < 0.05$). 건물 섭취량, 칼슘 섭취량 및 질소 흡수량은 CP 처리구가 LP 처리구에 비해 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). CON 처리구는 인 섭취량과 인 흡수량에서 다른 처리구에 비해 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 칼슘 흡수량에서는 CON과 CP 처리구가 LP 처리구에 비해 유의적으로 높았다

($P < 0.05$). 인 배출량에서는 NP 처리구가 CON과 LP 처리구에 비해 유의적으로 낮았다. 질소와 칼슘 배출량에서는 CON 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮았다 ($P < 0.05$). 결론적으로 본 연구 결과 phytase의 첨가는 육계 생산성에 긍정적인 영향을 미치고, 인, 칼슘 배설량 감소를 통해 가축 분뇨 오염도를 낮춰 친환경 사료 개발에 이용가능성이 있을 것으로 생각된다.

V. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1995. Official method of analysis, 16th edition. Association of Official Analytical Chemest. Washington. DC.
2. Carter, S. D., Cromwell, G. L., Lindmann, M. D., Turney, L. W. and Bridges, T. C. 1996. Reducing N and P excretion by dietary manipulation in growing and finishing pigs. J. Anim. Sci. 74(Suppl. 1):59(Abstr.).
3. Cromwell, G. L. and Coffey, R. D. 1991. Phosphorus-a key essential nutrient, yet a possible major pollutant- its central role in animal nutrition. pp.133-145. In Lyons (Ed.) Biotechnology in the Feed Industry. Alltech Technical Publications, Nicholasville. KY.
4. Duncan, D. B. 1995. Multiple range and multiple F testes. Biometrics.
5. Eeckhout, W. and Dd Paepe, M. 1991. The quantitative effects of an industrial microbial phytase and wheat phytase on the apparent phosphorus absorbability of a mixed feed by piglets. Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent, 56:1643-1648.
6. Eeckhout, W. and De Paepe, M. 1992. Effects of phytase from wheat or triticale, and Ca level of a pig feed, on P digestibility with pigs. 4th Int. Conf. IMPHOS, Ghent, 8-11 September 1992. Instit Mondial du Phosphate, Casablanca, p. 66, Abstract.
7. Hartman, G. H. J. 1979. Removal of phytate from

- soy protein. *J. Amer. Oil Chemists. Soc.* 56:731.
8. Hofmann, K., Hamm R. and Bluchel, E. 1982. New information on the determination of water binding in meat by the dilter paper press method. *Fleischwirtsch* 62:87-94.
 9. Hoppe, P. P. and Schwarz, G. 1993. Experimental approaches to establish the phosphorus equivalency of *Aspergillus niger* phytase in pigs. pp. 187-192. in: *Proceeding of 1st Symposium. Enzymes in Animal Nutrition.* Kartause Ittingen, Switzerland.
 10. IUPAC-IUB: Commission on Biochemical Nomenclature. 1977. Nomenclature of phosphorus containing compounds of biochemical importance. *Eur. J. Biochem.* 79:1-9.
 11. Kornegay, E. T., Denbow, D. M., Yi, Z. and Ravindran, V. 1996. Response of broilers to graded levels of Natuphos phytase added to corn-soybean meal based diets containing three levels of nonphytate phosphorus. *Br. J. Nutr.* 75: 839-852.
 12. Lei, X. G., Ku, P. K., Miller, E. R., Yokoyama, M. T. and Ullrey, D. E. 1993. Supplementing corn-soybean meal diets with microbial phytase maximizes phytate phosphorus utilization by weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 71:3368-3375.
 13. Nasi. M. 1990. Microbial phytase supplementation for improving availability of plant phosphorus in the diet of the growing pigs. *J. Agri. Sci. Finl.* 62:435.
 14. Nelson, T. S. 1967. The utilization of phytate phosphorus by poultry: A review: *Poult. Sci.*, 46:862.
 15. O'Quinn, P. R., Knabe, D. A. and Gregg, E. J. 1997. Efficacy of Natuphos in sorghum-based diets of finishing swine. *J. Anim. Sci.* 75:1299 - 1307.
 16. Pointillart, A. 1991. Enhancement of phosphorus utilization in growing pigs, fed phytate-rich diets by using rye bran. *J. Anim. Sci.* 69:1109-1115.
 17. Reddy, N. R., Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. 1982. Phytates in legumens and cereals. *Adv. in Food Res.* 28:1.
 18. Rienstra, R. M., Socha, T. E., Tilton, J. E. and Fisher, R. 2001. Effects of added phytase in swine diets on performance, body composition, and longissimus dorsi quality traits. *J. Anim. Sci.* 79(Suppl.2): 348. (Abstr.).
 19. SAS. 1996. *SAS/STAT User's Guide : Version 6, 11th edition.* SAS Institute Inc., Cary, NC.
 20. Saylor, W. W., Bartnikovski, A. and Spencer, T. L. 1991. Improved performance of broiler chicks fed diets containing phytase. *Poult. Sci.* 70:104.
 21. Schoener, V. F. J., Hoppe, P. P. and Schwarz, G. 1992. Comparative effects of microbial phytase and inorganic P on performance and on retention of P, Ca and crude ash in broilers. *J. Amin. Physiol. Anim. Nutr.* 66:248-255.
 22. Shelton, J. L., Southern, L. L., LeMieux, F. M., Bidner, T. D. and Page, T. G. 2004. Effects of microbial phytase, low calcium and phosphorus, and removing the dietary trace mineral premix on carcass traits, pork quality, plasma metabolites, and tissue mineral content in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 82: 2630-2639.
 23. Simons, P. C., Versteegh, H. A. J., Jongbloed, A. W., Kemme, P. A., Slump, P., Bos, K. D., Wolters, M. G. E., Beudeker, R. F. and Vershoor, G. J. 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *Br. J. Nutr.* 64:525-540.
 24. Simons, P. C. M. and Versteegh, H. A. J. 1990. Phytase in feed reduces phosphorus excretion, *Poultry-Misset June/July:15-17.*
 25. Taylor, T. G. and Dacke, C. G. 1984. Calcium metabolism and its regulation. Page 26-170. in: *Physiology and biochemistry of the domestic fowl.* B. M. Freeman, ed. Academic press, London, UK.
 26. Um, J. S. and Paik, I. K. 1999. Effects of microbial phytase supplementation on egg production, eggshell quality and mineral retention of laying hens fed different levels of phosphorus. *Poult. Sci.* 78:75-79.
 27. Yi, Z., Kornegay, E. T., Ravindran, V. and Cenbow, D. M. 1996. Improving phytate phos-

- phorus availability in corn and soybean meal for broiler using microbial phytase and calculation of phosphorus equivalency values for phytase. *Poultry Sci.* 75:240-249.
28. Zhang, Z. B., Kornegay, E. T., Radcliffe, J. S., Dendow, D. M., Veit, H. P. and Larsen, C. T. 2000. Comparison of genetically engineered microbial and plant phytase for young broilers. *Poult. Sci.* 79:709-717.
29. 권 관. 1995. Phytase가 단위가축의 성장능력 및 인의 이용성에 미치는 영향. 농학박사 학위논문. 서울대학교.
30. 김범철, 허우명, 황길순, 김동섭, 최광순. 1995. 소양호에서 인의 존재 형태별 분포에 관하여. *한국육수학회지.* 28:151.
31. 손중천, 김인호, 김은주, 권기범, 김영길, 문태현. 1999. 육성돈에서 phytase 첨가가 extrusion한 쌀겨의 P 이용성에 미치는 영향. *동물자원과학회지.* 23(3):157-162.
32. 이선재, 엄재상, 남궁환, 백인기. 1999. 식물성 사료원료내 피틴태 인의 함량과 Phytase Activity 및 그 특성에 관한 연구. *한영사지.* 23(6):501-506.
33. 허수명, 김범철, 안태석, 이기종. 1992. 소양호 유역과 가두리로부터의 인 부하량 및 인수지 (phosphorus Baget). *한국육수학회지.* 25:207. (접수일자 : 2008. 1. 24. / 수정일자 : 2008. 5. 9. / 채택일자 : 2008. 6. 5)