

# 육계의 인 이용을 향상을 위한 식물성 Phytase의 이용

김병한·남궁환·백인기

중앙대학교 산업과학대학 동물자원과학과

## Utilization of Plant Phytase to Improve Phosphorous Availability for Broiler

B. H. Kim, H. Namkung and I. K. Paik

Department of Animal Science, College of Industrial Science, Chung-Ang University

### ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the efficacy of wheat and wheat bran as the source of phytase in a 5 week broiler feeding trial. One thousand day-old broiler chickens(Ross<sup>®</sup>) were divided into 20 pens of 50 broilers(25 male and 25 female) each. Four pens were randomly arranged to one of the five dietary treatments: T1, control diet containing normal nonphytate P(NPP) ; T2, T1 - 0.1% NPP; T3, T2 + 600IU microbial phytase(NOVO<sup>®</sup>) per kg diet; T4, T2 + 600IU plant phytase from wheat and wheat bran; T5, T2 + 600IU plant phytase from wheat and hydrothermally treated wheat bran. Reduction of NPP level by 0.1%(T2) reduced weight gain and feed intake but plant phytase treatments(T4 and T5) recovered the lost performance. Plant phytase treatments showed better ( $p<0.05$ ) weight gain and intake than the microbial phytase treatment(T3). There was no difference between regular wheat bran treatment(T4) and hydrothermally treated wheat bran treatment(T5). Mortality was the highest by low NPP diet(T2). Availability of ether extract and crude ash of grower diet was the highest( $p<0.05$ ) in normal wheat bran diet(T4). Availability of Ca and P of grower diet was the highest( $p<0.05$ ) in T4 followed by T3 and T5. Availability of Mg, Fe and Zn was drastically improved by phytase treatments(T3, T4 and T5). Excretion of Ca, P, Mg, Fe and Zn was the lowest( $p<0.05$ ) with microbial phytase treatment(T3). Serum level of Ca and Mg was the highest( $p<0.05$ ) with the low NPP treatment(T2). Tibial ash content of T2 and T3 was lower( $p<0.05$ ) than that of T1, T4 and T5. However, tibial Ca content was higher( $p<0.05$ ) in T1 and T2 than other treatments. Tibial P and Mg contents were the highest( $p<0.05$ ) in T1. It was concluded that plant phytase from wheat bran can be effectively used to improve P utilization. Hydrothermal treatment of wheat bran prior to inclusion in the diet had no beneficial effects.

(Key Words : Broiler, Wheat, Wheat bran, Plant phytase, Microbial phytase, Phosphorus)

### I. 서 론

가축의 사육 밀도가 높은 지역에서 심각한 문제가 되므로 분중 인을 감소시키는 것이 환경 오염의 한 요소를 줄이는 방법이다. 가축의 분

본 연구는 축산업협동조합중앙회(현 농협)의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

Corresponding author : I. K. Paik, Dept. of Animal Science, Chung-Ang University, Ansung-Si, Kyonggi-Do, Korea. 456-756 ikpaik@cau.ac.kr

노에 인이 많이 함유되어 있는 이유는 사료로 이용되는 곡물내의 인중 많은 량이 phytic acid 상태로 존재하며(이 등, 1999; Pointillart, 1993) 이것은 단위동물의 내생효소에 의해서 가수분해되지 않아서 대부분 분으로 배설되기 때문이다.

Phytic acid는 유리산으로써 myo-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakis-dihydrogen phosphate를 말하고, phytate는 phytic acid에 P, Ca, Mg, Zn, Fe, 그리고 Cu 등이 결합되어 있는 염 형태를 말한다(IUPAC-IUB, 1977). Phytic acid는 6개의 인산기( $PO_4^{-2}$ )들이 지니고 있는 12개의 음전하가 2가 또는 3가의 양이온들과 결합하여 안정한 형태의 불용성 염을 형성한다. 또한 이들 불용성 염들은 아미노산이나 단백질과도 결합함으로써 그들의 체내 이용율을 떨어뜨리게 된다(De Rand Jost, 1979; Fretzdorff 등, 1995).

Phytase는 phytic acid의 hydrolytic phosphate를 유리시키는 효소를 말하는데, 일부 곰팡이류와 식물성 사료원료는 동물의 소화관 내에서 phytic acid를 무기태 인과 inositol로 분해할 수 있는 강한 phytase를 함유하고 있다(Kemme와 Jongbloed, 1989; Pointillart, 1991; Eeckhout와 De Paepe, 1991, 1992). microbial phytase는 inosit-ring의 C<sub>3</sub>에 붙어있는 phosphate group을 시작으로 점차적으로 유리시키지만, 식물성 phytase는 C<sub>6</sub>을 시작으로 점차적으로 유리시키는 것으로 알려져 있다(Sebastian, 1998). microbial phytase와 밀 phytase의 활력에 대한 pH와 온도의 영향을 측정한 결과는 이 등(1999)에서 볼 수 있는데, microbial phytase와 밀 phytase의 특성이 유사하여 pH 5.5와 45~50°C에서 최대 활력을 나타내었다. 이러한 결과를 고려할 때 식물성 원료들에 함유된 phytase의 활용 가능성은 매우 큰 것으로 보인다.

따라서 본 연구는 식물성 phytase의 효용성을 검증하기 위해 밀과 밀기울을 그대로 또는 수침 후 건조처리(hydrothermal treatment)하여 식물성 phytase 공급원으로 하고 microbial phytase와 비교하여 육계의 생산성과 영양소 이용률 및 배설량에 미치는 영향을 규명하기 위하여 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. Total-P 및 nonphytate P(NPP) 함량 측정

원료내 총 인 함량을 측정하기 위해 건식법(AOAC, 1990)으로 전처리 하여 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrophotometer; Model JY, Jobin Yvon, France) 방출분광기를 이용하여 인의 함량을 측정하였다. NPP 함량은 총 인 함량으로부터 phytate-P 함량을 정량(Haug와 Lanzsch, 1983)한 후 감하여 구하였다.

### 2. Phytase 활력 측정

Phytase 활력 측정은 Eeckhout와 Paepe (1994) 방법에 준하여 다음과 같이 실시하였다. 시료를 약 200mg 칭량하여 50mL의 Na-phytate가 들어있는 acetate buffer(0.25mol/L, pH 5.5)에 넣고 15분간 shaking 후 37°C의 항온수조에서 10분간 배양 후 2mL를 취하여 trichloro-acetate acid (TCA) 10%용액 2mL이 들어있는 다른 tube에 넣어 blank 시료제조에 사용하였으며 나머지는 60분간 더 배양한 후 위와 같이 2mL를 채취하여 TCA 10% 용액 2mL와 혼합하였다. 침전물을 filtering한 후 1mL를 취하여 1mL의 colour reagent 용액을 첨가하였다. 이 용액을 분광 광도계에서 700nm로 측정하였다.

### 3. 사양실험 및 실험설계

시험동물은 갓 부화한 broiler 1,000수를 5처리 4반복 반복당 50수 (암수 각각 25수)씩 공시하여 완전임의 배치하였다. 공시한 병아리들을 Table 1의 전기 (0-21d)와 Table 2의 육성기 (22-35d) 사료를 급여하여 35일 동안 사양시험을 실시하였으며 시험기간동안 물과 사료는 자유로이 섭취케 하고, 24시간 점등하였다. 체중과 사료섭취량은 매주 측정하였는데 처리구는 다음과 같다.

T1, 정상 NPP 구: (NPP 수준 : 전기 0.45%,

Table 1. Formula and composition of broiler starter diets

Ingredients (%)	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Corn	58.32	58.37	58.37	35.43	35.43
Soybean meal (44% CP)	30.71	31.00	31.00	22.20	22.20
Wheat <sup>1</sup>	-	-	-	15.33	15.33
Wheat bran <sup>2</sup>	-	-	-	10.00	-
Hydrothermally treated Wheat bran	-	-	-	-	10.00
Fish meal (60% CP)	4.00	4.00	4.00	5.00	5.00
Corn gluten	2.15	1.93	1.93	4.88	4.88
Animal fat	2.00	2.00	2.00	4.55	4.55
Limestone	1.08	1.52	1.52	1.54	1.54
Tricalcium phosphate (18% P)	0.93	0.37	0.37	0.27	0.27
Vitamin premix <sup>3</sup>	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Mineral premix <sup>4</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.31	0.31	0.31	0.27	0.27
DL-methionine(50%)	0.22	0.22	0.22	0.17	0.17
Lysine-HCl(78%)	0.04	0.03	0.03	0.12	0.12
Microbial phytase <sup>5</sup>	-	-	+	-	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated nutrient composition					
ME (kcal/kg)	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Crude protein (%)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
Lysine (%)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Met + Cys (%)	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Crude fiber (%)	3.18	3.19	3.19	3.66	3.66
Calcium (%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Total P (%)	0.62	0.52	0.52	0.57	0.57
Non-phytate P (%)	0.44	0.34	0.34	0.33	0.33
Phytase activity (IU/kg)	26.6	26.6	676.6	650.0	650.0

<sup>1</sup> Contained 1,034 units of phytase activity per kilogram.

<sup>2</sup> Contained 4,746 units of phytase activity per kilogram.

<sup>3</sup> Supplied per kg of feed : vitamin A, 15,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 3,750 IU; vitamin E, 37.5mg; vitamin K<sub>3</sub>, 2.55mg; vitamin B<sub>1</sub>, 3mg; vitamin B<sub>2</sub>, 7.5mg; vitamin B<sub>6</sub>, 4.5mg; vitamin B<sub>12</sub>, 24μg; Niacin, 51mg; Folic acid, 1.5mg; Biotin, 126μg; Pantoic acid, 13.5mg

<sup>4</sup> Supplied per kg of feed: Zn, 75mg; Mn, 75mg; Fe, 75mg; Cu, 7.5mg; I, 1.65mg; Se, 0.45mg; S, 125mg

<sup>5</sup> Contained 2,500 units of phytase activity per gram of product(NOVO Nordisk Corp)

후기 0.35%)

T2, 低 NPP 구: (NPP 수준 : 전기 0.35%, 후기 0.25%)

T3: 低 NPP + 600 IU microbial phytase per kg 구

T4, 低 NPP + 600IU plant phytase(wheat +

wheat bran) per kg 구

T5, 低 NPP + 600IU plant phytase(wheat + hydrothermally treated wheat bran) per kg 구

T4와 T5에서 사용한 밀기울은 국내에서 유통되는 제품중 phytase activity(4,700IU/kg)으로 높은 것을 선발하여 사용하였다. T5에서 사용한

Table 2. Formula and composition of broiler grower diets

Ingredients (%)	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Corn	66.48	66.48	66.45	42.21	42.21
Soybean meal(44% CP)	26.80	26.80	26.80	20.78	20.78
Wheat <sup>1</sup>	-	-	-	15.11	15.11
Wheat bran <sup>2</sup>	-	-	-	10.00	-
Hydrothermally treated Wheat bran	-	-	-	-	10.00
Fish meal(60% CP)	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00
Corn gluten				1.21	1.21
Animal fat	2.00	2.00	2.00	5.28	5.28
Limestone	1.18	1.74	1.74	1.62	1.62
Tricalcium phosphate (18% P)	0.81	0.25	0.25	0.11	0.11
Vitamin premix <sup>3</sup>	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Mineral premix <sup>4</sup>	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Salt	0.23	0.23	0.23	0.18	0.18
DL-methionine(50%)	0.15	0.15	0.15	0.12	0.12
Lysine-HCl(78%)	0.16	0.16	0.16	0.18	0.18
Microbial phytase <sup>5</sup>	-	-	+	-	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated nutrient composition					
ME (kcal/kg)	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050
Crude protein (%)	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
Lysine (%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Met + Cys (%)	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
Crude fiber (%)	3.00	3.00	3.00	3.54	3.54
Calcium (%)	0.91	0.95	0.95	0.90	0.90
Total P (%)	0.50	0.40	0.40	0.44	0.44
Non-phytate P (%)	0.33	0.23	0.23	0.23	0.23
Phytase activity (IU/kg)	29.9	29.9	679.9	650.0	650.0

<sup>1</sup> Contained 1,034 units of phytase activity per kilogram.

<sup>2</sup> Contained 4,746 units of phytase activity per kilogram.

<sup>3</sup> Supplied per kg of feed : vitamin A, 12,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 3,000 IU; vitamin E, 30mg; vitamin K<sub>3</sub>, 2.04mg; vitamin B<sub>1</sub>, 2.4mg; vitamin B<sub>2</sub>, 6mg; vitamin B<sub>6</sub>, 3.6mg; vitamin B<sub>12</sub>, 19.2μg; Niacin, 40.8mg; Folic acid, 1.2mg; Biotin, 100.8μg; Pantoic acid, 10.8mg

<sup>4</sup> Supplied per kg of feed: Zn, 60mg; Mn, 60mg; Fe, 60mg; Cu, 6mg; I, 1.32mg; Se, 0.36mg; S, 100mg

<sup>5</sup> Contained 2,500 units of phytase activity per gram of product(NOVO Nordisk Corp)

수침 후 건조처리(hydrothermally treatment)한 밀기울은 밀기울과 증류수를 4:3으로 혼합한 후 배양시간 없이 35℃에서 24시간 건조 시켜 제조하였다.

#### 4. 대사시험과 영양성분 분석

대사시험은 영양소 이용률과 인 배설량을 측정하기 위해 수분채취법으로 3일간의 적응기간

후 3일 동안 실시하였으며, 채취한 분을 60℃에서 48시간 건조시켜 분석에 이용하였다. 분과 시험사료를 직경 1 mm로 분쇄한 후 AOAC (1990)방법으로 일반 조성분을 측정하였으며, P, Ca, Mg, Zn, 그리고 Fe는 AOAC(1990)의 건식법(dry ashing method)으로 전처리를 한 후 ICP-AES를 이용하여 측정하였다.

### 5. 혈장 및 경골내 광물질 함량 분석

사양시험을 종료한 후 각 처리 평균체중에 근접한 (각 처리평균 ± 40 g) 닭을 각 처리의 반복당 2수씩을 희생시켜 Vacutainer® (Becton Dickinson, USA)를 이용하여 심장으로부터 혈액을 채취한 다음 3,000 rpm에서 15분 동안 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 혈청내 광물질 함량은 습식법(AOAC, 1990)으로 전처리를 한 후 ICP-AES를 이용하여 측정하였다. 경골은 혈액 채취를 마친 후 왼쪽다리를 절단하여 채취한 후, -20℃에서 동결시켰다. 분석 시 근육과 모든 연골 조직을 제거한 후 60℃에서 72시간 건조시켰다. 경골의 회분 함량은 지방을 제거한 후 550℃ 회화소에서 6시간 회화시켜 측정하였다. 광물질은 사료와 분의 분석에 사용했던 것과 동일한 방법으로 측정하였다.

### 6. 통계처리

실험 결과들은 SAS®(1990)의 GLM(General Linear Model) Procedure를 통해 분석하였으며, 처리 평균치간 차이의 비교는 Duncan's new multiple range test로  $p < 0.05$  수준에서 실시하였다.

## III. 결과 및 고찰

전기와 후기 및 전체 사양시험기간(Table 3) 동안에 증체량은 처리간에 유의한 차이가 있었는데 T2의 증체량은 1,289.5g로 가장 낮았으며 다음이 T3(1,451.5g)이었고 T1(1,610.7g), T4(1,564.3g)와 T5(1,592.1g)간에는 유의한 차이가 없었다. 사료 섭취량도 처리간에 유의한 차이

가 있었는데 증체량과 같은 경향을 나타내어 T2가 2,160.6g으로 가장 낮고 다음이 T3(2,407.4g)이었으며 T1(2,648.2g), T4(2,594.9g)와 T5(2,672.8g)간에는 유의한 차이가 없었다. 사료 요구율은 처리들간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 폐사율에서는 T2(7%)가 T1(2%)과 T4(1.5%)보다 높았다( $p < 0.05$ ). 그리고, T3(5%)과 T5(4.5%)가 중간으로 유의차는 없었다.

Yi 등(1996)이 브로일러 전기사료내 NPP 함량을 0.27%로 감소시켰을 경우 여기에 700IU/kg의 microbial phytase를 첨가하면 증체량이 520g에서 606g로 증가하였고 사료 섭취량도 791g에서 925g로 증가하였다. Sebastian 등(1996a)의 실험에서 3주령까지의 증체량을 보면 정상 NPP구(876g) 다음이 microbial phytase 구(817g) 끝으로 저 NPP구(748g) 순으로 높았고 사료 섭취량도 비슷한 경향을 보여 본 실험과 같은 경향을 나타냈다. Zhang 등(2000)은 NPP 함량을 0.21%로 감소 시켜 microbial phytase와 plant phytase 첨가효과를 비교실험하였는데 2-3주간에 500IU/kg을 첨가한 경우 증체량은 각각 518g와 528g, 섭취량은 각각 749g와 758g으로 plant phytase가 약간 높은 것으로 나타났으나 유의성은 없었다. 이들 논문들에서도 본 실험과 같은 phytase의 첨가가 증체량과 사료섭취량의 증가를 보여 주었고 microbial phytase 보다 plant phytase가 증체량과 사료 섭취량이 높은 것으로 나타내 plant phytase가 microbial phytase를 충분히 대체가 가능하고 이용할 수 있다는 것을 증명하고 있다.

Zhang 등(2000)이 실험한 2-5주의 결과는 무첨가구의 증체량은 1,242g이고 microbial phytase와 plant phytase는 각각 1,327g와 1,362g로 plant phytase가 높은 경향은 보였으나 처리구간에 유의한 차이는 없었다. Sebastian(1996b) 등은 phytase 600IU/kg을 첨가한 처리구와 첨가하지 않은 처리구를 비교한 결과 증체량이 각각 610g와 559g이었고 사료 섭취량은 각각 804g와 761g를 보여 phytase를 첨가한 처리구가 높게 나왔으나 유의성은 없었다. 본 실험의 경우에도 低 NPP구는 폐사율이 높고 생산성이 낮았

Table 3. Body weight gain, feed intake, feed/gain and mortality of broiler chickens fed experimental diets for 35 days

Item	Age (day)	Treatments <sup>1</sup>					SEM
		T1	T2	T3	T4	T5	
Weight gain (g/bird)	1-21	703.8 <sup>a</sup>	577.1 <sup>c</sup>	654.5 <sup>b</sup>	683.6 <sup>a</sup>	688.0 <sup>a</sup>	8.89
	22-35	906.9 <sup>a</sup>	712.3 <sup>c</sup>	797.0 <sup>b</sup>	880.7 <sup>a</sup>	904.1 <sup>a</sup>	18.06
	1-35	1610.7 <sup>a</sup>	1289.5 <sup>c</sup>	1451.5 <sup>b</sup>	1564.3 <sup>a</sup>	1592.1 <sup>a</sup>	23.44
Feed intake (g/bird)	1-21	973.6 <sup>a</sup>	814.8 <sup>c</sup>	919.5 <sup>b</sup>	951.7 <sup>a</sup>	965.6 <sup>a</sup>	9.42
	22-35	1674.6 <sup>a</sup>	1345.0 <sup>c</sup>	1487.0 <sup>b</sup>	1642.2 <sup>a</sup>	1707.2 <sup>a</sup>	35.69
	1-35	2648.2 <sup>a</sup>	2160.6 <sup>c</sup>	2407.4 <sup>b</sup>	2594.9 <sup>a</sup>	2672.8 <sup>a</sup>	44.01
Feed/gain (g/g)	1-21	1.39	1.41	1.41	1.40	1.40	0.02
	22-35	1.85	1.89	1.87	1.87	1.89	0.02
	1-35	1.65	1.67	1.66	1.66	1.68	0.02
Mortality (%)	1-21	2.00	3.50	3.00	1.50	3.50	0.97
	22-35	0.00	3.62	2.06	0.00	1.04	0.92
	1-35	2.00 <sup>b</sup>	7.00 <sup>a</sup>	5.00 <sup>ab</sup>	1.50 <sup>b</sup>	4.50 <sup>ab</sup>	1.27

<sup>1</sup> T1 = control diet containing normal nonphytate P(NPP) level, T2 = control diet - 0.1% NPP, T3 = control diet - 0.1% NPP + 600IU microbial phytase, T4 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + wheat bran), T5 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + hydrothermally treated wheat bran)

<sup>a-c</sup> Values with different superscripts in the same row are different (p<0.05).

Table 4. Nutrient digestibility of broiler grower diets (%)

Item	Treatments <sup>1</sup>					SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	
DM	75.3	76.2	75.5	75.0	73.8	0.96
Crude protein	66.1	69.1	65.0	65.6	63.8	2.60
Ether extract	89.7 <sup>ab</sup>	88.2 <sup>b</sup>	85.0 <sup>c</sup>	91.2 <sup>a</sup>	87.7 <sup>bc</sup>	0.87
Crude fiber	3.20	2.57	7.18	9.02	9.53	2.20
Crude ash	28.3 <sup>b</sup>	19.1 <sup>c</sup>	26.5 <sup>b</sup>	45.5 <sup>a</sup>	27.2 <sup>b</sup>	1.73
NFE	84.3 <sup>ab</sup>	85.5 <sup>a</sup>	85.2 <sup>a</sup>	82.1 <sup>b</sup>	82.6 <sup>b</sup>	0.77

<sup>1</sup> T1 = control diet containing normal nonphytate P(NPP) level, T2 = control diet - 0.1% NPP, T3 = control diet - 0.1% NPP + 600IU microbial phytase, T4 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + wheat bran), T5 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + hydrothermally treated wheat bran)

<sup>a-c</sup> Values with different superscripts in the same row are different (p<0.05).

으며 phytase를 첨가한 처리구에서 증체량과 사료 섭취량이 통계적으로 높게 나왔는데 plant phytase구가 microbial phytase구 보다 생산성이 높았다. 밀기울의 수침 후 건조처리하는 유의한 효과가 없었다.

Table 4는 후기사료의 영양소 이용률을 측정

한 결과이다. 고형물과 조단백질의 이용률에서는 처리간에 유의차가 없었다. 그리고 조섬유에서도 유의성은 보이지 않았으나 plant phytase를 첨가한 처리구(T4 9.02%, T5 9.53%)가 T2(2.57%)보다 이용률이 높은 경향을 보였다. 조지방의 이용률은 T4(91.2%)가 가장 높았고

T3(85.0%)이 가장 낮게 나타났다. 조희분의 이용률은 T4(45.5%)가 가장 높았고 T2(19.1%)가 가장 낮게 나타났다. Lim 등(2001)에서 보면 microbial phytase를 첨가한 구가 지방 이용률에서 저 NPP구와 유의적 차이를 보이지 않았다. 하지만 정상 수준에 phytase를 추가하면 유의적으로 높아졌다. 본 실험에서 T4구만이 유의적으로 높아졌고 T5는 저 NPP구와 비슷하였고 오히려 T3구는 유의적으로 낮았다. 그리고 회분 이용률은 저 NPP구보다 첨가구들에서 유의차는 보이지 않지만 높아지는 경향을 보여 본 실험과 비슷한 경향을 나타냈다.

Table 5는 후기사료의 광물질 이용률을 조사

한 결과인데 모든 광물질의 이용률은 처리간 유의차가 있었다. Ca의 이용률을 보면 T4 (46.1%)가 가장 높게 나타났고 phytase를 첨가하지 않은 처리구가 낮게 나왔다. P의 이용률은 T3과 T4 처리가 유의하게 높게 나왔고, Mg, Fe와 Zn에서 T4 처리가 모두 높은 이용률을 보였고 T2가 가장 낮았다.

Table 6은 광물질의 1일 보유량을 측정 한 것이다. Ca, P, Mg, Fe과 Zn에서 T4가 가장 높은 보유량을 보여주었고 다음으로 T3와 T5가 높은 보유량을 보여주어 phytase 급여가 광물질 흡수를 유의적으로 높게 하는 것을 나타냈고 T2가 가장 낮은 보유력을 가지는 것을 나타냈

Table 5. Digestibility of Ca, P, Mg, Fe and Zn of broiler grower diets(%)

Item	Treatments <sup>1</sup>					SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	
Calcium	26.0 <sup>d</sup>	26.7 <sup>d</sup>	46.1 <sup>b</sup>	57.2 <sup>a</sup>	38.9 <sup>c</sup>	1.93
Phosphorus	33.5 <sup>b</sup>	35.1 <sup>b</sup>	47.5 <sup>a</sup>	49.9 <sup>a</sup>	37.0 <sup>b</sup>	2.08
Magnesium	8.2 <sup>b</sup>	13.9 <sup>b</sup>	31.1 <sup>a</sup>	30.7 <sup>a</sup>	26.3 <sup>a</sup>	2.10
Iron	3.36 <sup>d</sup>	3.69 <sup>d</sup>	15.98 <sup>c</sup>	37.64 <sup>a</sup>	23.04 <sup>b</sup>	1.80
Zinc	17.6 <sup>c</sup>	8.0 <sup>d</sup>	29.0 <sup>b</sup>	42.7 <sup>a</sup>	21.3 <sup>b</sup>	1.92

<sup>1</sup> T1 = control diet containing normal nonphytate P(NPP) level, T2 = control diet - 0.1% NPP, T3 = control diet - 0.1% NPP + 600IU microbial phytase, T4 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + wheat bran), T5 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + hydrothermally treated wheat bran)

<sup>a-d</sup> Values with different superscripts in the same row are different (p<0.05).

Table 6. Retention of Ca, P, Mg, Fe and Zn of broilers fed grower diets

Item	Treatments <sup>1</sup>					SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	
	g/bird/d					
Calcium	0.24 <sup>c</sup>	0.18 <sup>c</sup>	0.41 <sup>b</sup>	0.85 <sup>a</sup>	0.42 <sup>b</sup>	0.03
Phosphorus	0.17 <sup>bc</sup>	0.13 <sup>c</sup>	0.20 <sup>b</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.21 <sup>b</sup>	0.016
Magnesium	0.01 <sup>c</sup>	0.01 <sup>c</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.05 <sup>ab</sup>	0.004
	mg/bird/d					
Iron	4.92 <sup>d</sup>	3.77 <sup>d</sup>	21.90 <sup>c</sup>	86.66 <sup>a</sup>	42.86 <sup>b</sup>	4.45
Zinc	12.28 <sup>b</sup>	4.37 <sup>c</sup>	19.09 <sup>b</sup>	46.40 <sup>a</sup>	16.89 <sup>b</sup>	2.18

<sup>1</sup> T1 = control diet containing normal nonphytate P(NPP) level, T2 = control diet - 0.1% NPP, T3 = control diet - 0.1% NPP + 600IU microbial phytase, T4 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + wheat bran), T5 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + hydrothermally treated wheat bran)

<sup>a-d</sup> Values with different superscripts in the same row are different (p<0.01).

다. Table 4와 Table 5에서 보면 식물성 phytase 구인 T4가 영양소 이용률 특히 광물질 이용률이 microbial phytase구 보다 높았으나 수침 처리 후 건조 처리한 밀기울을 사용한 T5구는 이에 미치지 못하므로 이와 같은 전처리가 밀기울의 이용률 향상에 도움이 되지 않는 것으로 사료된다.

Table 7은 광물질의 1일 배설량을 측정 한 것이다. T3이 Ca(0.48g), P(0.22g) 및 Mg(0.09g)에서 가장 낮은 배설량을 보였다. 하지만 이용률이 가장 높았던 T4 처리구는 Ca(0.63g)과 P(0.33g)와 Mg(0.13g)에 있어 다소 높은 배설량을 보였다. 이는 처리사료 내 Total-P의 함량이 높고 Table 3에서 보듯이 사료의 섭취량이 많은데 따른 것으로 보인다. 모든 원소들에서 배설량이 가장 낮은 처리구는 T3이고, T4와 T5는 이용률에서는 높았으나 섭취량도 많아 일당 배설량은 T1, T2와 유의한 차이를 보이지 않았다.

Zhang 등(2000)이 실험한 P 이용률 시험 결과에서 phytase를 첨가한 처리구(microbial phytase 54.1%, plant phytase 53.8%)가 대조구(48.8%)에 비해 높게 나타났지만 유의성은 없었다. Han 등(1997)이 돼지로 실험한 결과 중에 P의 섭취량을 보면 대조구가 6.9g/d이고 microbial

phytase가 5.7g/d이고 plant phytase가 7.4g/d로 microbial phytase를 첨가한 처리구가 plant phytase를 첨가한 구보다 P의 섭취량이 적었으나 유의차는 없었고, P의 흡수율을 보면 대조구가 52.2%이고 microbial phytase가 66.7%이고 plant phytase구가 59.5%으로 microbial phytase를 첨가한 처리구가 plant phytase를 첨가한 구보다 P의 흡수율이 높았으나 유의성은 보이지 않았다. 그리고 배설량을 보면 대조구가 3.3g/d이고 microbial phytase가 1.9g/d이고 plant phytase 3.0g/d로 plant phytase를 첨가한 처리구가 microbial phytase를 첨가한 구보다 P의 배설량이 많았다. 그것은 microbial phytase처리구가 사료 및 Total-P의 섭취량도 적었고 흡수율이 높았기 때문이다. 하지만 plant phytase 처리구의 배설량이 대조구와 차이를 보이지 않는 것은 섭취량에 기인한 것으로 보인다. 즉, plant phytase 처리구는 Total-P의 함량도 높고 사료 섭취량이 많아 P의 하루 배설량도 많아진 것으로 보인다.

Table 8은 혈청 내 광물질 함량을 분석한 결과이다. Ca과 Mg는 T2 (각각 15.5mg/dl 및 3.55mg/dl)에서 가장 높았다(p<0.05). 그리고 P는 T4(14.3mg/dl)와 T5(15.1mg/dl)가 다른 처리구보다 높았으나 유의성은 없었다. 혈장 내 광물

Table 7. Excretion of Ca, P, Mg, Fe and Zn of broilers fed grower diets

Item	Treatments <sup>1</sup>					SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	
	g/bird/d					
Calcium	0.69 <sup>a</sup>	0.64 <sup>a</sup>	0.48 <sup>b</sup>	0.63 <sup>a</sup>	0.66 <sup>a</sup>	0.03
Phosphorus	0.34 <sup>a</sup>	0.28 <sup>b</sup>	0.22 <sup>c</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	0.02
Magnesium	0.12 <sup>a</sup>	0.12 <sup>a</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.13 <sup>a</sup>	0.14 <sup>a</sup>	0.01
	mg/bird/d					
Iron	144.6 <sup>a</sup>	135.0 <sup>a</sup>	116.0 <sup>b</sup>	142.3 <sup>a</sup>	143.3 <sup>a</sup>	5.94
Zinc	56.9 <sup>ab</sup>	54.3 <sup>b</sup>	46.7 <sup>c</sup>	61.9 <sup>a</sup>	62.6 <sup>a</sup>	2.28

<sup>1</sup> T1 = control diet containing normal nonphytate P(NPP) level, T2 = control diet - 0.1% NPP, T3 = control diet - 0.1% NPP + 600IU microbial phytase, T4 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + wheat bran), T5 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + hydrothermally treated wheat bran)

<sup>a-c</sup> Values with different superscripts in the same row are different (p<0.05).

Table 8. Serum Ca, P, Mg, Fe and Zn of broiler chickens fed experimental diets

Item	Treatments <sup>1</sup>					SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	
	..... mg/dl .....					
Calcium	10.9 <sup>b</sup>	15.5 <sup>a</sup>	10.2 <sup>b</sup>	11.4 <sup>b</sup>	10.5 <sup>b</sup>	0.54
Phosphorus	12.9	13.4	12.3	14.3	15.1	0.76
Magnesium	2.55 <sup>c</sup>	3.55 <sup>a</sup>	2.68 <sup>bc</sup>	3.09 <sup>ab</sup>	2.94 <sup>bc</sup>	0.17
	..... µg/dl .....					
Iron	940	570	640	660	620	170
Zinc	167	195	186	183	177	10.5

<sup>1</sup> T1 = control diet containing normal nonphytate P(NPP) level, T2 = control diet - 0.1% NPP, T3 = control diet - 0.1% NPP + 600IU microbial phytase, T4 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + wheat bran), T5 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + hydrothermally treated wheat bran)

<sup>a-c</sup> Values with different superscripts in the same row are different (p<0.05).

Table 9. Tibia Ca, P, Mg, Fe and Zn of broiler chickens fed experimental diets

Item	Treatments <sup>1</sup>					SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	
Ash, % of fat- free DM	53.5 <sup>a</sup>	47.6 <sup>b</sup>	49.1 <sup>b</sup>	51.9 <sup>a</sup>	51.7 <sup>a</sup>	0.67
	..... % .....					
Calcium	34.0 <sup>a</sup>	34.2 <sup>a</sup>	31.1 <sup>c</sup>	32.5 <sup>b</sup>	31.6 <sup>c</sup>	0.27
Phosphorus	17.7 <sup>a</sup>	16.6 <sup>b</sup>	16.9 <sup>b</sup>	16.6 <sup>b</sup>	16.9 <sup>b</sup>	0.19
Magnesium	0.72 <sup>a</sup>	0.69 <sup>ab</sup>	0.65 <sup>c</sup>	0.67 <sup>bc</sup>	0.66 <sup>c</sup>	0.01
	..... µg/g .....					
Iron	446.1	520.4	509.0	425.8	476.4	32.20
Zinc	303.4	295.3	282.2	287.6	288.4	8.69

<sup>1</sup> T1 = control diet containing normal nonphytate P(NPP) level, T2 = control diet - 0.1% NPP, T3 = control diet - 0.1% NPP + 600IU microbial phytase, T4 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + wheat bran), T5 = control diet - 0.1% NPP + 600IU plant phytase(wheat + hydrothermally treated wheat bran)

<sup>a-c</sup> Values with different superscripts in the same row are different (p<0.05).

질 수준은 흡수율과 이용율에 의해 영향을 받는데 Sebastian 등(1996a)이 혈장내 무기물 수준을 관찰한 바에 의하면 Ca은 무첨가구(12.4mg/dl)가 높았으나 유의성은 없었고 P는 phytase 첨가구(13.8mg/dl)가 무첨가구(12.5mg/dl)보다 높았으나 유의성은 없었다. Sebastian 등(1996a)의 논문에서 low-P구가 혈청 내 높은 Ca 함량을 보였고 P는 본 실험과 같이 정상 NPP구와 같은 수준을 보였다. Sebastian 등 (1996b)의 논

문에서도 Ca 1.25%구에 phytase를 첨가하지 않은 구에서 혈청 내 높은 Ca를 보였다. 그리고 Mitchell and Edwards(1996)에서도 같은 결과를 보였다. low-P 사료를 급여하면 혈장 내 Ca 이온이 증가하고 그 결과로 갑상선 호르몬이 증가하여 갑상선 호르몬 저해인자가 감소하여 인산염 재흡수가 감소되고 뇨로 배설되는 Ca의 량도 감소되어 혈장 내 Ca이 증가하게 된다 (Taylor and Dacke, 1984). 이들의 결과는 본 실험

험의 결과와 비슷한 경향을 보였다.

Table 9은 경골 내 광물질 함량을 분석한 결과이다. 경골내 회분의 함량은 T2(47.6%), T3(49.2%)보다 T1(53.5%), T4(51.9%)와 T5(51.7%)가 유의하게 높았다. Ca는 T1(34.0%)과 T2(34.2%)가 가장 높고 T3(31.1%)과 T5(31.6%)가 가장 낮았다. P는 T1(17.7%)이 높고 타처리들 간에는 유의차가 없었다. Fe와 Zn는 처리 간에 유의차가 없었다. Sebastian 등(1996b)이 경골에서 회분 함량을 측정된 결과 phytase 첨가구가 28.2%였고 무첨가구는 25.1%로 낮았으나 유의차는 없었다. Qian 등(1996)은 경골의 회분을 측정된 결과 phytase 첨가구가 37.4%였고 무첨가구가 32.6%로 낮았으나 유의차는 없었다. Zhang 등(2000)은 발가락 뼈에서 회분을 구했는데 microbial phytase 처리구(11.6%)와 plant phytase 처리구(11.6%)간에 차이가 없었고 무첨가구(11.1%)가 낮았으나 유의차는 없었다. 권 등(1999)이 경골에서 실험한 결과 대조구(NRC 요구량)의 회분량이 47.1%로 가장 높았고 phytase 500U/kg를 첨가한 처리구가 44.9%로 낮게 나왔지만 유의차는 없었다. 그리고 Ca와 P도 회분과 마찬가지로 처리구가 대조구보다 낮았으나 유의차는 없었다. 본 실험에서도 정상 NPP구의 경골 회분 함량이 가장 높았고 phytase 첨가구 특히 식물성 phytase구들의 회분 함량이 低 NPP구보다 유의하게 높았다. Table 5, Table 8과 Table 9를 보아 저 NPP 사료에 phytase를 공급하므로 광물질 이용률을 높여 혈청 내 광물질 함량을 정상 NPP 사료를 급여한 구와 유의적 차이를 보이지 않아 극복할 수 있는 것을 나타냈고 경골 내 회분 함량은 plant phytase를 공급한 처리구에서 극복되어졌다.

위의 결과를 종합적으로 고찰해 보면 plant phytase를 첨가한 처리구가 저 NPP구보다 높은 증체량과 사료 섭취량을 보였으며, 폐사율도 낮았다. 수침 처리하지 않은 밀기울 사용구에서는 조회분과 Ca, P, Mg, Fe 및 Zn의 이용률이 유의하게 높았으나 수침 후 건조시킨 밀기울 사용구는 첨가 효과가 저조하였는데 건조 조건(35℃, 24시간)이 phytase의 활력을 저하시

킨 때문인 것으로 사료된다. Microbial phytase를 첨가한 처리구는 Ca, P, Mg, Fe와 Zn의 배설량이 정상 NPP 처리구보다 낮게 나왔으나 plant phytase 구에서는 대조구와 차이가 없었다.

결론적으로 밀과 밀기울에 들어있는 plant phytase는 microbial phytase와 같이 육계에서 phytate-P의 이용률을 개선하여 유용하게 이용할 수 있다.

#### IV. 요약

Phytase 공급원으로 밀과 밀기울의 첨가가 육계 생산성 및 P이용률에 미치는 영향을 측정하기 위해 5주간의 사양 실험을 실시하였다. 갓 부화한 1,000수의 병아리(Ross<sup>®</sup>)를 20pen에 50수씩(암수 각 25수) 공시하여 5처리 4반복으로 완전임의 배치하였다. T1은 대조구로 정상 수준의 nonphytate-P(NPP)를 함유하였고, T2는 T1 - 0.1% NPP의 低 NPP구, T3는 T2 + 사료 kg당 600IU microbial phytase(NOVO<sup>®</sup>)구, T4는 T2 + 밀과 밀기울로 사료 kg당 600IU plant phytase 공급구, T5는 T2 + 밀과 수침 후 건조 처리한 밀기울로 사료 kg당 600IU plant phytase 공급구 였다. NPP 수준을 0.1% 감소시킨(T2) 처리에서 생산성과 사료효율이 감소되었고 식물성 phytase 처리시(T4와 T5)에서는 생산성이 회복되었다. 식물성 phytase 처리구들(T4와 T5)이 microbial phytase 처리구(T3)보다 더 나은 결과를 보였다. 정상 밀기울구(T4)와 수침 후 건조 처리한 밀기울구(T5)와는 차이를 보이지 않았다. 폐사율은 低 NPP(T2)에서 가장 높았다. 육성 사료에서 조지방과 조회분 이용률에 일반 밀기울 처리구(T4)가 가장 높았다. Ca과 P의 이용률 또한 T4가 가장 높고 T3와 T5가 다음으로 높았다. Phytase 처리구 (T3, T4와 T5) 들은 Mg, Fe와 Zn의 이용률을 크게 증가시켰다. Ca, P, Mg, Fe와 Zn의 배설량은 microbial phytase가 가장 적었다. 혈청내 Ca과 Mg의 함량은 低 NPP에서 가장 높았고, 경골내 조회분 함량은 T2와 T3가 T1, T4와 T5보다 낮았다. 그러나 경골내 Ca 함량은 T1과 T2가 다른 처리구들보다 높았다. 경골내 P과 Mg의 함

량은 T1구가 가장 높았다. 결론적으로 밀기울을 통한 식물성 phytase의 공급은 P 이용률 향상에 효과적이었다. 수침 후 건조처리하는 것은 이용률 향상에 도움이 되지 않았다.

## V. 인 용 문 헌

1. Association of Official Analytical Chemist, 1990. Official Methods of Analysis. 15thed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
2. De Rham, O. and Joost, T. 1979. Phytate protein interaction in soybean extracts and low-phytate soy protein products. *J. Food Sci.* 44:596-600.
3. Eeckhout, W. and De 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.
4. 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.
5. Eeckhout, W. and De Paepe, M. 1994. Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 47:19-29.
6. Fretzdorff, B., Brummer, J. M., Rocken, W., Greiner, R., Konietzny, U. and Jany, K. 1995. Reduktion des phytinsäure-gehaltes bei der herstellung von Backwaren and getreidenahr-mitteln. *AID - Verbraucherdienst.* 40:12-20.
7. Han, Y. M., Yang, F., Zhou, A. G., Miller, E. R., Ku, P. K., Hogberg, M. G. and Lei, X. G. 1997. Supplemental phytases of microbial and cereal sources improve dietary phytate phosphorous utilization by pigs from weaning through finishing. *J. Anim. Sci.* 75:1017-1025.
8. Haug, W. and Lantzsch, H. J. 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and areal products. *J. Sci. Food Agric.* 34:1423-1426.
9. IUPAC-IUB: Comission on Biochemical Nomenclature. 1977. Nomenclature of phosphorus containing compounds of biochemical importance. *Eur. J. Biochem.* 79:1-9.
10. Kemme, P. A. and Jongbloed, A. W. 1989. Effect van tarwe phytase op de Ca- en P-verteerbaarheid onder invloed van maalfijnheid, voorweken en pelletieren. *Communication 202, IVVO, Lelystad, Netherlands.*
11. Lim, H. S., Namkung, H., Um, J. S., Kang, K. R., Kim, B. S. and Paik, I. K. 2001. The effects of phytase supplementation on the performance of broiler chickens fed diets with different levels of non-phytate phosphorus. *14(2):250-257.*
12. Mitchell, R. D. and Edwards, H. M. JR. 1996. Additive effects of 1,25-Dihydroxycholecalciferol and phytase on phytate phosphorus utilization and related parameters in broiler chickens. *Poultry Sci.* 75:111-119.
13. Pointillart, A. 1991. Enhancement of phosphorus utilization in growing pigs, fed phytate-rich diets by using rye bran. *J. Anim. Sci.* 69:1109-1115.
14. Pointillart, A. 1993. Importance of phytates and cereal phytases in the feeding of pig. *Enzymes in Animal Nutrition. Ibid.* pp.192-198.
15. Qian, H. E., Kornegray, T. and Dendow, D. M.. 1996. Phosphorus equivalence of microbial phytase in turkey diets as influenced by calcium to phosphorus ratios and phosphorus levels. *Poultry Sci.* 75:69-81.
16. Ravindran V., Denbow, D. M., Kornegay, E. T., Yi, Z. and Hulet, R. J. 1995. Supplemental phytase improves availability of phosphorus in soybean meal for turkey poults. *Poultry Sci.* 74: 1843-1854.
17. Sebastian. S., Touchburn, S. P. and Chavez, E. R. 1998. Implication of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition : a review. *World's Poultry Sci. J.* 54:27-47.
18. Sebastian. S., Touchburn, S. P., Chavez, E. R. and Lague, P. C. 1996a. The effects of supplemental Microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper, and zinc in broiler chickens fed corn-soybean diets. *Poultry Sci.* 75:729-736.
19. Sebastian, S., Touchburn, S. P., Chavez, E. R. and Lague, P. C. 1996b. Efficacy of supplemental

- microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. *Poultry Sci.* 75:1516-1523.
20. Taylor, T. G. and Dacke, C. G. 1984. Calcium metabolism and its regulation. Pages 126-170. in: *Physiology and biochemistry of the domestic fowl*. B. M. Freeman, ed. Academic Press, London, UK.
21. Yi, Z., Kornegay, E. T., Ravindran, V. and Cenbow, D. M. 1996. Improving phytate phosphorus availability in corn and soybean meal for broilers using microbial phytase and calculation of phosphorus equivalency values for phytase. *Poultry Sci.* 75:240-249.
22. 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. *Poultry Sci.* 79:709-717.
23. 권 관, 권찬호, 장재익, 주종철, 유문일, 손광수, 최양웅. 1999 옥수수-대두박 사료내 미생물 phytase의 첨가가 브로일러의 생산능력에 미치는 영향. *한축지* 41(5):519-526
24. 이선재, 엄재상, 남궁환, 백인기. 1999. 식물성 사료원료내 피틴대 인의 함량과 Phytase Activity 및 그 특성에 관한 연구. *한영사지*. 23(6):501-506.
- (접수일자 : 2002. 5. 13 / 채택일자 : 2002. 7. 15)