

수침처리가 밀기울의 피틴태 인 함량과 육계의 생산성에 미치는 영향

김병한·백인기

중앙대학교 산업과학대학 동물자원과학과

Influence of Hydrothermal Treatment of Wheat Bran on Phytate-P Content and Performance of Broiler Chickens

B. H. Kim and I. K. Paik

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

ABSTRACT

An *in vitro* test and a broiler feeding trial were conducted to test the effect of hydrothermal treatment of wheat bran on phytate-P degradation and its feeding effect on performance of broilers. Hydrothermal treatment of wheat bran was carried out at 55°C with pH 5.5 buffer solution. Phytate-P content of wheat bran decreased quadratically as the wheat bran: buffer solution ratio increased from 1:0.5 to 1:5. Phytate-P degradation was not significantly affected by incubation times above 10 min., drying temperature (55°C, 65°C and 75°C) or pH of the buffer solution (5.5 and 7.0). A feeding trial was conducted with 240 sex separated d-old broiler chickens (Ross®). Broilers were randomly housed to 24 cages of 10 birds each. Six cages (3 of each sex) were assigned to 4 treatments: Control-normal level of non-phytate-P (NPP); LP-low NPP treatment which had 0.1% lower NPP than Control; LPWB-LP with wheat bran which provided 475 IU of plant phytase per kg diet; LPHWB-LP with hydrothermally treated wheat bran. Results of the feeding trial showed that broilers in the LP treatment gained significantly less than other treatments in starter period (1~21d) but only male broilers for growing LP gained significantly less than Control in the grower (22~35d) and overall period. There were no significant differences in weight gain among the birds of LPWB, LPHWB and Control. Feed intake during the overall period was not significantly different between LPWB and Control but that of LP was lower than LPHWB and that of LPHWB was lower than Control. Feed/gain ratio was significantly lower in LPHWB and LP than in Control and LPWP. Mortality was highest in LPHWB. Availability of crude fat, crude ash and Ca was significantly lower in LP than other treatments. Availability of P and Zn was higher in LPWB and LPHWB than in Control and LP. Availability of P, Mg and Zn was highest in LPHWP treatment. Excretion of P was significantly lower in low NPP treatments than in Control. Serum Ca level was highest whereas serum P level was lowest in LP. Tibial crude ash content was higher in wheat bran treatments, but lower in LP than Control. However, tibial Ca content was higher in Control and LP than wheat bran treatments. Tibial P content of LP and LPWB was lower than Control. However, tibial content of Fe was highest in LP. It was concluded that wheat bran, a source of plant phytase, could be used in low NPP broiler diets to prevent the depression of performance. Reduction of P excretion can be achieved concomitantly. Hydrothermal treatment of wheat bran was effective in improving utilizability of some minerals but was not effective in improving performance of broilers.

(**Key words** : Broiler, Wheat bran, Plant phytase, Phytate-phosphorus, Hydrothermal treatment)

본 연구는 대산농촌문화재단의 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

I. 서 론

가축 사육규모의 대형화, 전업화에 의해 축산분뇨는 생활폐수와 더불어 환경오염의 주 원인이 되고있다. 특히 경작면적에 비해 가축의 사육밀도가 높은 한국의 경우는 축산분뇨 중 인과 질소에 의한 수질오염은 매우 심각한 수준에 이르고 있다. 가축분뇨 중 인에 의한 환경오염은 식물성 사료원료 내 인의 많은 부분이 단위동물에서 소화시킬 수 없는 피틴태(phytic acid) 형태로 존재하여 소화되지 않고 배설되기 때문이다. 따라서 인에 의한 환경오염을 줄이기 위해서 가축의 생산성이 저하되지 않는 수준에서 인의 사용수준을 줄이며, 사료의 피틴태 인의 이용률을 극대화 할 수 있는 방법에 대해 많은 연구가 진행되어 왔다. 사료 내 피틴태 인의 이용률의 증가는 phytate와 결합되어 있는 P 뿐만 아니라 Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, 그리고 아미노산과 단백질이용률도 증가시킨다. Phytic acid의 가수분해는 사료원료의 발효 및 미생물 phytase의 첨가에 의해 이루어질 수 있다. 미생물 phytase의 이용은 사료의 제조비용을 증가시킬 뿐 아니라 국내에서 사용되고 있는 미생물 phytase의 일부가 국내에서 생산되지만 대부분 수입에 의존하고 있다. Eeckhout와 Paepe(1994)에서 보듯이 일부 식물성 사료원료에 높은 수준의 phytase가 함유되어 있다. 김등(2002)에서는 밀기울을 phytase 공급원으로 급여 시 그 효과가 높은 것으로 밝혀졌다. 그리고 Türk 등(1995)이 연구한 결과 밀을 pH 5.5와 37°C에서 배양 시 피틴태 인이 감소되어 생리적으로 광물질 이용률이 높아졌다. 따라서 밀기울과 같이 natural phytase activity가 높은 원료를 적절히 활용하기 위해 가수분해처리에 따른 식물성 원료 내 phytase에 의한 phytic acid의 분해 특성을 규명할 필요가 있다. 본 연구에서는 식물성원료(밀기울 등)의 이용성을 최대화할 수 있는 수침처리의 조건과 효과를 규명하고 처리한 밀기울을 이용하기 위해 육계 사양 실험을 통하여 생산성과 광물질 이용성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 본 실험을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 수침처리의 적정조건

Frendlund 등(1995)과 Peers(1953)가 연구한 결과 pH 5.5와 55°C에서 phytase가 최고의 활력을 가지는 것이 밝혀졌다. 따라서 이를 기준으로 하여 구입시기가 다른 2가지 밀기울로 2차에 걸친 *in vitro* 실험을 실시하였다.

1차 수침처리 실험에서는 초산과 증류수를 이용한 pH 5.5의 완충용액을 제조한 후 1차 구입 밀기울과 완충용액 배합비율, 배양시간과 건조온도를 달리하여 실시 하였다. 이때의 배양온도는 55°C였다.

Table 1. Incubation and drying conditions of wheat brans

Parameters	Conditions
Wheat bran: buffer solution	2:1, 1:1, 1:2, 1:3
Incubation time, min	10, 20, 30, 60, 120, 240
Drying temperature(°C)	55, 65, 75

Incubation temperature: 55°C.

2차 수침처리 실험은 pH 5.5 ,배양온도 55°C에서 60분간 배양하였고, 건조는 65°C에서 밀기울과 완충용액의 비율을 달리하여 1:3, 1:4, 1:5 그리고 1:6으로 하여 추가 실험을 하였다.

2. 총인과 피틴태 인의 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. 피틴태 인 함량은 Haug와 Lanzasch(1983)의 방법으로 측정하였다.

3. 사양실험 및 실험설계

실험동물은 갓 부화한 육계 240수를 4처리 6을 Table 2의 전기 (0~21d)와 Table 3의 육성기 반복(처리별 암수 각 3반복), 반복당 10수씩 공(22~35d) 사료를 급여하였다. 실험사료에 사용 시하여 완전임의 배치하였다. 공시한 병아리들 한 밀기울의 phytase 활력은 4,746 IU/kg 이었

Table 2. Formula and composition of broiler starter diets

Ingredients (%)	Treatments			
	Control	LP	LPWB	LPHWB
Corn	53.34	53.34	48.25	48.25
SBM-44	32.06	32.06	29.54	29.54
Rice bran	3.00	3.00		
Wheat bran ¹⁾ (WB)			10.00	
Hydrothermally treated WB				10.00
Fish meal-60	2.50	2.50	2.86	2.86
Corn gluten	2.50	2.50	3.00	3.00
Animal fat	3.50	3.50	3.50	3.50
Limestone	1.04	1.59	1.33	1.33
Tricalcium phosphate(18% P)	1.17	0.61	0.66	0.66
Vitamin premix ²⁾	0.15	0.15	0.15	0.15
Mineral premix ³⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.34	0.34	0.34	0.34
DL-methionine	0.23	0.23	0.21	0.21
Lysine-HCl	0.07	0.07	0.07	0.07
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated composition;				
ME, poultry (Kcal/kg)	3,000	3,000	3,000	3,000
Crude protein (%)	22.5	22.5	22.5	22.5
Lysine (%)	1.10	1.10	1.10	1.10
Methionine (%)	0.60	0.60	0.59	0.59
Methionine & cystine (%)	0.84	0.84	0.84	0.84
Crude fiber (%)	3.45	3.45	3.59	3.59
Calcium (%)	1.03	1.08	1.00	1.00
Total P (%)	0.68	0.58	0.57	0.57
Available P (%)	0.45	0.35	0.35	0.35
Potassium (%)	0.85	0.85	0.85	0.85
Phytase activity (IU/kg)	26	26	500	500

¹⁾ Contained 4,746 units of phytase activity per kilogram.

²⁾ Vitamin premix contains the followings per kg : vitamin A, 10,000,000 IU; vitamin D₃, 2,500,000 IU; vitamin E, 25,000mg; vitamin K₃, 1,700mg; vitamin B₁, 2,000mg; vitamin B₂, 5,000mg; vitamin B₆, 3,000mg; vitamin B₁₂, 16,000 μ g; niacin, 34,000mg; folic acid, 1,000mg; biotin, 84,000 μ g; pantothenic acid, 9,000mg.

³⁾ Mineral premix contains the followings per kg : Zn, 75,000mg; Mn, 75,000mg; Fe, 75,000mg; Cu, 7,500mg; I, 1,650mg; Se, 450mg; S, 125,000mg.

Table 3. Formula and composition of broiler grower diets

Ingredients (%)	Treatments			
	Control	LP	LPWB	LPHWB
Corn	61.70	61.69	56.44	56.44
SBM-44	23.76	23.74	22.82	22.82
Rice bran	3.85	3.98		
Wheat bran ¹⁾ (WB)			10.00	
Hydrothermally treated WB				10.00
Fish meal-60	1.00	1.00	1.00	1.00
Corn gluten	4.50	4.50	4.46	4.46
Animal fat	2.30	2.30	2.50	2.50
Limestone	1.16	1.71	1.52	1.52
Tricalcium phosphate(18% P)	0.91	0.35	0.45	0.45
Vitamin premix ²⁾	0.12	0.12	0.12	0.12
Mineral premix ³⁾	0.08	0.08	0.08	0.08
Salt	0.28	0.28	0.28	0.28
DL-methionine	0.12	0.12	0.10	0.10
Lysine-HCl	0.23	0.23	0.21	0.21
Total	100.00	100.10	100.00	100.00
Calculated composition;				
ME, poultry (Kcal/kg)	3,050	3,050	3,050	3,050
Crude protein (%)	20.0	20.0	20.0	20.0
Lysine (%)	1.00	1.00	1.00	1.00
Methionine (%)	0.46	0.46	0.44	0.44
Methionine & cystine (%)	0.68	0.68	0.68	0.68
Crude fiber (%)	3.26	3.26	3.38	3.38
Calcium (%)	0.90	0.94	0.90	0.90
Total P (%)	0.59	0.49	0.47	0.47
Available P (%)	0.35	0.25	0.25	0.25
Potassium (%)	0.74	0.74	0.73	0.73
Phytase activity (IU/kg)	26	26	500	500

¹⁾ Contained 4,746 units of phytase activity per kilogram.

²⁾ Vitamin premix contains the followings per kg : vitamin A, 10,000,000 IU; vitamin D₃, 2,500,000 IU; vitamin E, 25,000mg; vitamin K₃, 1,700mg; vitamin B₁, 2,000mg; vitamin B₂, 5,000mg; vitamin B₆, 3,000mg; vitamin B₁₂, 16,000 μ g; niacin, 34,000mg; folic acid, 1,000mg; biotin, 84,000 μ g; pantothenic acid, 9,000mg.

³⁾ Mineral premix contains the followings per kg : Zn, 75,000mg; Mn, 75,000mg; Fe, 75,000mg; Cu, 7,500mg; I, 1,650mg; Se, 450mg; S, 125,000mg.

고 이 밀기울을 10%씩 각각 사용하여 전기 및 케 하고, 24시간 조명하였으며, 체중과 사료 섭취
육성기 실험사료를 제조하였다. 35일 동안의 취량은 매주 측정하였다. 실험 처리구는 다음
사양실험 기간 중 물과 사료는 자유로이 섭취 과 같다.

대조구(Control); 정상 nonphytate P(NPP) 수준구 (NPP:전기 0.45%, 육성기 0.35%)

LP; 저 NPP 수준구 (NPP : 전기 0.35%, 육성기 0.25%)

LPWB; LP + plant phytase(wheat bran) 475 IU/kg

LPHWB; LP + hydrothermally treated wheat bran(LPWB의 wheat bran과 동량)

LPHWB에서 사용한 수침처리 밀기울은 밀기울과 pH 5.5 완충용액을 1:5로 혼합한 후 55℃에서 60분 배양 후 65℃에서 건조시켜 제조하였다.

4. 대사실험과 인 배설량 측정

대사실험은 영양소 이용률과 인 배설량을 측정하기 위해 전 분체취법으로 3일간의 적응기간 후 3일 동안 실시하였으며, 채취한 분을 60℃에서 48시간 건조시켜 분석에 이용하였다. 분과 실험사료를 직경 1 mm로 분쇄한 후 AOAC(1990) 방법으로 일반 조성분을 측정하였으며, P, Ca, Mg, Zn, 그리고 Fe을 측정하기 위해 AOAC (1990)의 건식법으로 전처리를 한 후 ICP-AES(총인에서와 같은 기구)를 이용하여 측정하였다.

5. 혈장 및 경골 내 광물질 함량 분석 및 경골강도

사양실험을 종료한 후 각 처리 평균체중에 근접한 닭 (각 처리평균±40 g)을 각 처리의 반복 당 2수씩을 희생시켜 vacutainer® (Becton Dickinson, USA)를 이용하여 심장으로부터 혈액을 채취한 다음 3,000 rpm에서 15분 동안 원심 분리하여 혈장을 분리하고, 혈장 내 광물질 함량은 습식법 (AOAC, 1990)으로 전처리를 한 후 ICP-AES(총인에서와 같은 기구)를 이용하여 측정하였다. 경골 내 광물질 분석은 혈액 채취를 마친 후 왼쪽다리를 절단하여 채취한 후, -20℃에서 동결 보존 시켰다. 분석 시 근육과 모든 연골 조직을 제거한 후 60℃에서 72시간

건조하여 사료와 분에 사용했던 방법과 동일한 방법으로 측정하였다. 경골강도는 Texture Analyser(Stable Micro System., 2000, UK)를 이용해 전단력을 측정하였다.

6. 통계처리

실험 결과들은 SAS®(1990)의 GLM Procedure를 통해 분석하였으며, 처리 평균치간 차이는 Duncan's new multiple range test로 p<0.05 수준에서 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 밀기울 배양 실험

밀기울과 pH 5.5 완충용액을 1:3으로 섞은 후 배양시간과 건조온도를 달리 했을 때 밀기울 내 피틴태 인의 변화는 Fig. 1에서 볼 수 있다. 이때 배양온도는 55℃로 하였다. 그림에서 보는 바와 같이 배양 후 10분 후면 밀기울 내 피틴태 인의 함량이 1/3로 감소하였고 배양시간이 길어지면 약간의 추가적인 감소가 있었으나 큰 영향을 미치지 못했으며 건조온도도 영향을 미치지 않았다.

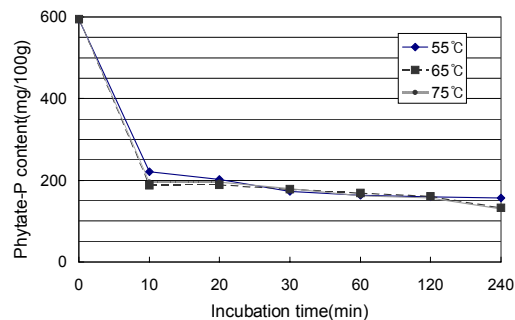


Fig. 1. Change in phytate-P content of wheat bran at different incubation times and drying temperatures. Incubated at 55°C, pH 5.5 and wheat bran : buffer solution ratio 1:3.

Fig. 2는 배양 온도(55℃)와 건조시간(65℃)을 고정하고 완충용액(pH 5.5)의 비율을 달리

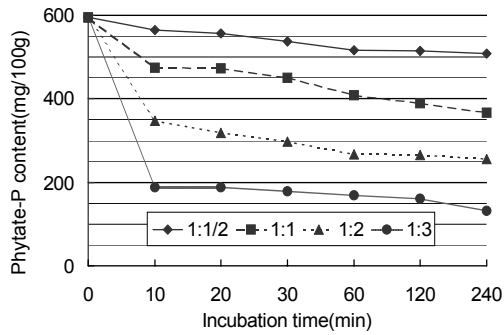


Fig. 2. Change in phytate-P content of wheat bran at different incubation times and wheat bran:buffer solution ratio. Incubated at 55°C, pH 5.5 buffer solution and dried at 65°C.

하였을 때 피틴태 인 함량에 미치는 영향을 보여주는데 완충용액의 양이 많을수록 피틴태 인 함량이 크게 감소하는 것을 보여주었다.

2차 실험은 밀기울과 완충용액의 비율에 따라서 배양은 55°C와 pH 5.5에서 배양하였으며, 65°C에서 건조하였고(Fig. 3) 밀기울과 완충용액의 비율에 따른 피틴태 인 함량 변화를 보았다. Fig. 2에서와 같이 밀기울: 완충용액 비율이 증가 할수록 피틴태 인의 함량이 감소하였는데 1차 실험에서는 밀기울: 완충용액의 비율이 1:3이면 피틴태 인의 2/3가 분해되었으나 2차 실험에서는 1:5~1:6일 때 최대의 분해(약 2/3)가 일어났다.

Singh와 Sedeh(1979)와 이 등(1999)의 연구에서 밀에 함유된 식물성 phytase의 특성을 실험한 결과 pH 5.5와 45°C와 50°C가 배양 적정조건이라는 결론을 내었다. 그리고 Fredlund 등(1995)은 식물성 phytase에 관한 실험에서 55°C에서 배양하였는데 완충용액의 비율에 대한 조건은 없었다. 본 실험을 통해서 pH와 온도 보다 완충용액의 비율이 피틴태 인의 함량을 감소시키는데 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 그러나 완충용액의 양이 늘어남으로써 건조 시간의 연장으로 인한 피틴태 인의 함량이 감소되었을 것으로 사료된다. 그러나 Fredlund 등(1995)의 실험에서 보리의 피틴태 인 함량의 86%가 2시간 안에 분해 되었다고 하였다.

그러므로 완충용액의 양이 건조시간을 길게 하여 피틴태 인의 함량을 감소 시켰다고는 볼 수 없을 것이다. 따라서 완충용액의 비율이 높아지면서 효소의 활동이 원활하게 되어 높은 분해력을 나타낸 것으로 보이며 밀기울의 종류에 따라 그 정도가 다르게 나타났다.

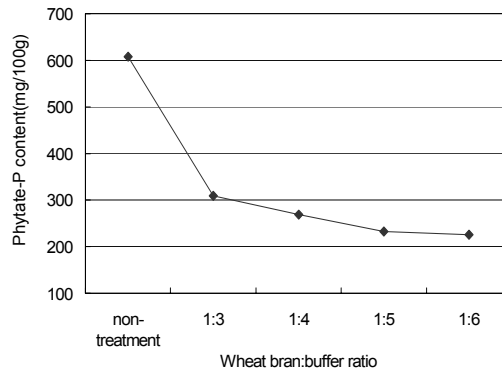


Fig. 3. Influence of wheat bran: buffer solution ratio on the phytate-P content of wheat bran. Incubated at pH 5.5, 55°C for 1 hour, and dried at 65°C.

2. 사양 실험

사양 실험동안의 증체량 측정은 Table 4에서 보는 바와 같이 사양 전기와 육성기에 암수를 분리하여 측정하였는데 사양전기에는 LP에서 다른 처리구에 비하여 현저하게 낮았으며, LPWB와 LPHWB는 동일한 경향을 보였다. 육성기 사료를 섭취한 수컷에서 대조구가 LP보다 높은 증체량을 보였고 LPWB와 LPHWB는 대조구와 유의차를 보이지 않았다. 암컷과 암수를 합하였을 때에는 처리간 유의차를 보이지 않았다. 전 기간으로 볼 때, 수컷에서 LPWB와 LPHWB는 대조구와 유의차를 보이지 않았고 대조구는 LP보다 높은 증체량을 보였다. 하지만 암컷과 암수를 합한 것에서는 유의차를 보이지 않았다. 사료 섭취량은 전기(1~21일) 및 전 기간에서 암, 수 그리고 전체가 모두 처리간에 유의한 차이를 나타내었으나 육성기에는 모두 유의차가 없었다. 전 기간동안 암수 전체

Table 4. Body weight gain, feed intake, feed/gain and mortality of broiler chickens fed experimental diets for 35 days.

Item	Age (day)	Sex	Treatments ¹⁾				SEM	
			Control	LP	LPWB	LPHWB		
Weight gain (g/bird)	1~21	♂	773.3	704.0	772.6	766.9	23.36	
		♀	719.6	678.4	709.7	729.7	17.27	
		All	746.5 ^a	691.2 ^b	741.2 ^a	748.3 ^a	16.73	
	22~35	♂	874.8 ^a	811.9 ^b	863.8 ^{ab}	866.8 ^{ab}	18.04	
		♀	782.7	764.9	773.7	790.2	19.64	
		All	828.8	788.3	818.8	828.5	21.24	
	1~35	♂	1648.2 ^a	1515.9 ^b	1636.5 ^{ab}	1633.7 ^{ab}	36.69	
		♀	1502.3	1443.6	1483.4	1502.3	23.57	
		All	1575.2	1496.6	1559.9	1576.8	34.15	
	Feed intake (g/bird)	1~21	♂	1108.7 ^a	930.7 ^b	1115.5 ^a	996.5 ^{ab}	37.93
			♀	1133.9 ^a	905.8 ^b	1127.7 ^a	949.4 ^b	22.49
			All	1121.3 ^a	918.2 ^b	1121.6 ^a	973.0 ^b	20.84
22~35		♂	1595.2	1472.2	1595.5	1591.4	45.99	
		♀	1474.2	1436.9	1428.6	1499.0	31.50	
		All	1534.7	1454.5	1511.5	1545.2	35.65	
1~35		♂	2703.9 ^a	2402.8 ^b	2710.0 ^a	2588.0 ^{ab}	60.39	
		♀	2608.1 ^a	2342.7 ^c	2556.3 ^{ab}	2448.4 ^{bc}	40.67	
		All	2656.0 ^a	2393.2 ^c	2633.1 ^{ab}	2518.2 ^b	41.93	
Feed/gain (g/g)		1~21	♂	1.44	1.32	1.45	1.30	0.06
			♀	1.58	1.34	1.59	1.30	0.02
			All	1.51 ^a	1.33 ^b	1.52 ^a	1.30 ^b	0.04
	22~35	♂	1.82	1.81	1.85	1.84	0.03	
		♀	1.88	1.88	1.85	1.90	0.01	
		All	1.85	1.85	1.85	1.87	0.02	
	1~35	♂	1.64	1.58	1.66	1.58	0.03	
		♀	1.74 ^a	1.62 ^b	1.74 ^a	1.61 ^b	0.01	
		All	1.69 ^a	1.60 ^b	1.69 ^a	1.60 ^b	0.02	
	Mortality (%)	1~21	♂	0.00	3.33	0.00	6.67	2.36
			♀	3.33	0.00	0.00	3.33	2.36
			All	1.67	1.67	0.00	5.00	1.62
22~35		♂	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	10.37 ^a	2.89	
		♀	0.00	3.33	0.00	0.00	1.67	
		All	0.00	1.67	0.00	5.19	1.93	
1~35		♂	0.00 ^b	3.33 ^b	0.00 ^b	16.67 ^a	2.36	
		♀	3.33	3.33	0.00	3.33	2.89	
		All	1.67 ^b	3.33 ^{ab}	0.00 ^b	10.00 ^a	2.27	

¹⁾ Control = Normal nonphytate P(NPP) level diet, LP = Control - 0.1% NPP diet, LPWB = Control diet - 0.1% NPP + 475IU plant phytase(wheat bran), LPHWB = Control diet - 0.1% NPP + 475IU plant phytase (hydrothermally treated wheat bran).

^{a-c} Values with different superscripts in the same row are different (p<0.05).

를 보면 LP의 사료 섭취량이 가장 적었고 대조구가 가장 많았으며 다음으로 LPWB 그리고 LPHWB이었다. 사료 전환율(사료섭취량 / 증체량)은 전기의 암수 전체와 전기간의 암컷 및 암수 전체에서 유의한 차이가 있었는데 모두 대조구와 LPWB구가 LP 및 LPHWB 보다 유의하게 높았다. 폐사율에 있어서 전기에는 모든 처리에서 유의차를 보이지 않았지만 육성기에 수컷에서 LPHWB가 가장 높은 폐사율을 보였다. 전 기간 중 수컷에서 LPHWB가 가장 높은 폐사율을 보였고 암수 모두에서는 LPHWB가 대조구와 LPWB보다 높은 폐사율을 보였지만 LP와는 유의차가 없었다.

Denbow 등(1995), Yi 등(1996)과 Sohail와 Roland(1999)들이 실험을 통하여 microbial phytase를 저 NPP구에 첨가 하였을 경우 증체량을 개선하는 효과를 보았다. 본 실험에서 저 NPP구에 식물성 phytase 공급원으로 밀기울 또는 가수분해밀기울(4,749IU/kg)을 10% 첨가했을 때 저 NPP구보다 증체량이 높고 정상 NPP 수준의 대조구와 유의차가 없었다. 김 등(2002)의 실험에서 저 NPP구에 600IU/kg의 phytase를 microbial phytase와 밀기울 또는 수침처리 밀기

울로 처리 했을 때 정상 NPP의 대조구에 비해 유의차가 없었다. 그리고 섭취량에서도 차이가 없었는데 본 실험에서는 수침처리 밀기울구가 다소 낮게 나왔다. Kita 등(2000)이 보리에 microbial phytase을 첨가하여 수침 처리를 하였는데 증체량에는 개선 효과를 볼 수 없었으나 사료 효율에서는 개선을 보였다. 본 실험에서도 수침처리 밀기울구가 사료 효율이 정상 처리보다 개선되었다. 김 등(2002)의 실험에서도 수침처리 밀기울구에서 다소 높은 폐사율을 보였고 본 실험에서도 마찬가지로 LPHWB구가 높은 폐사율을 보였는데 이에 대한 원인은 규명하지 못하였다.

대사 실험에 따른 육성기 사료의 영양소 이용률(Table 5)에 있어서 건물, 조단백질과 가용 무질소물은 처리간에 유의차를 보이지 않았으나 조지방과 조회분의 이용률은 처리간에 유의한 차이가 있었다. 조지방은 LP가 가장 낮은 이용률을 보였고 대조구, LPWB과 LPHWB는 비슷하였다. 마찬가지로 조회분도 LP가 가장 낮은 이용률을 보였고 대조구, LPWB과 LPHWB는 비슷하였다. Ca 이용률은 LP가 가장 낮았고 대조구, LPWB과 LPHWB가 비슷한 이용률을

Table 5. Nutrient availability of broiler grower diets

Item(%)	Treatments ¹⁾				SEM
	Control	LP	LPWB	LPHWB	
DM	74.03	74.71	74.83	75.41	0.75
Crude protein	64.95	64.90	64.92	68.61	1.91
Ether extract	87.52 ^a	83.91 ^b	87.59 ^a	87.61 ^a	0.74
Crude ash	34.14 ^a	29.14 ^b	34.50 ^a	35.57 ^a	1.21
NFE	84.23	85.00	84.61	84.81	0.47
Calcium	41.36 ^a	32.03 ^b	40.60 ^a	42.79 ^a	1.55
Phosphorus	37.44 ^b	37.28 ^b	46.63 ^a	47.85 ^a	1.26
Magnesium	8.23 ^{bc}	5.06 ^c	10.43 ^{ab}	15.20 ^a	1.72
Iron	11.51 ^a	7.58 ^{ab}	6.85 ^{ab}	5.35 ^b	1.73
Zinc	13.62 ^c	12.55 ^c	20.59 ^b	27.02 ^a	1.59

¹⁾ Control = Normal nonphytate P(NPP) level diet, LP = Control - 0.1% NPP diet, LPWB = Control diet - 0.1% NPP + 475IU plant phytase(wheat bran), LPHWB = Control diet - 0.1% NPP + 475IU plant phytase(hydrothermally treated wheat bran).

^{a-c} Values with different superscripts in the same row are different (p<0.05).

보였다. P 이용률은 LPWB와 LPHWB가 높았고 대조구와 LP가 비슷하였다. Mg 이용률은 LPHWB가 대조구와 LP보다 높았고 LPWB과는 유의적 차이가 없었다. Ca, P 그리고 Mg는 LPHWB구가 높은 이용률을 보였지만 Fe 이용률은 반대로 LPHWB가 가장 낮았는데 LP 및 LPWB과는 유의차가 없었으나 대조구보다는 유의하게 낮았다. Zn 이용률은 LPHWB가 가장 높았고 다음으로 LPWB가 높았고 대조구와 LP(12.55%)는 비슷하였다.

김 등(2002)의 실험에서 저 NPP구가 조지방과 조회분에서 유의적으로 낮은 이용률을 보였고 밀기울구가 수침처리 밀기울구 보다 좋은 이용률을 보였는데 본 실험은 비슷한 결과를 보였다. 광물질 중 Ca, P, Mg, Fe 및 Zn의 이용률은 모두 처리간에 유의한 차이가 있었다. Yi 등(1996), Zyla 등(2000)과 Sebastian 등(1996a)의 논문에서 Ca는 phytase구에서 높은 이용률을 보였고 P 역시 phytase구에서 높은 이용률을 보였다. Han 등(1997)이 자돈에서 밀기울을 공급하여 식물성 phytase의 능력을 검증하였는데 이 실험에서도 식물성 phytase구가 Ca 및 P의 이용률이 높았는데 유의차는 없었다. 김 등(2002)의 실험에서 밀기울과 수침처리 밀기울구에서 Mg, Zn와 Fe가 대조구보다 향상되었고 Sebastian 등(1996b)의 실험에서 phytase의 추가는 Mg은 개선 되는 경향을 보였지만 Zn는 영향이 없었고, Fe는 감소 하였다. 본 실험

에서 식물성(밀기울) phytase에 의해 Fe를 제외한 Ca, P, Mg 및 Zn의 이용률이 향상되었는데 밀기울의 수침처리 밀기울(LPHWB)은 무처리 밀기울(LPWB)에 비해 Zn와 Mg의 이용률을 향상시켰다.

주요 광물질 배설량은 Table 6에서 보는 바와 같은데 Ca, Mg, Fe과 Zn의 배설량은 처리들 간에 유의적 차이를 보이지 않았다. 하지만 P의 배설량은 대조구가 유의하게 많았고 LP, LPWB과 LPHWB 간에는 유의한 차이가 없었다.

Yi 등(1996)의 실험에서 0.27% NPP사료에 phytase 첨가시 유의 차는 없지만 배설량을 감소시켰고, Zyla 등(2000)의 실험에서는 0.17% NPP사료에 phytase 첨가시 배설량을 감소시켰다. 본 실험에서 밀기울 처리구들의 P배설량이 대조구보다는 적었지만 저 NPP보다 유의적으로 낮은 배설량을 보이지 않았는데 사료 섭취량 차이 때문인 것으로 사료된다.

혈청 및 경골의 광물질 함량 및 경골의 강도는 Table 7에서 보는 바와 같다. 혈청 내 광물질 함량을 보면 Ca은 LP가 가장 높았고 다음으로 대조구와 LPWB 그리고 LPHWB 순이었다. P는 LP구가 가장 낮았으며 대조구, LPWB 그리고 LPHWB간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. Mg은 처리구 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다. Fe는 대조구가 유의하게 높았고 다른 처리구들은 비슷하였다. Zn는 대조구

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

Item	Treatments ¹⁾				SEM
	Control	LP	LPWB	LPHWB	
 g/bird/d				
Calcium	0.396	0.363	0.346	0.348	0.018
Phosphorus	0.234 ^a	0.174 ^b	0.168 ^b	0.172 ^b	0.008
Magnesium	0.108	0.115	0.105	0.102	0.005
 mg/bird/d				
Iron	93.71	91.94	99.16	101.02	4.74
Zinc	48.67	46.52	48.24	48.42	2.12

¹⁾ Control = Normal nonphytate P(NPP) level diet, LP = Control - 0.1% NPP diet, LPWB = Control diet - 0.1% NPP + 475IU plant phytase(wheat bran), LPHWB = Control diet - 0.1% NPP + 475IU plant phytase (hydrothermally treated wheat bran).

^{a-b} Values with different superscripts in the same row are different (p<0.05).

Table 7. Serum and tibial Ca, P, Mg, Fe and Zn and tibial breaking strength of broiler chickens fed experimental diets

Item	Treatments ¹⁾				SEM
	Control	LP	LPWB	LPHWB	
 mg/dL				
Calcium	12.61 ^b	13.78 ^a	12.05 ^{bc}	11.33 ^c	0.31
Phosphorus	19.24 ^a	16.39 ^b	18.24 ^{ab}	19.09 ^a	0.65
Serum Magnesium	3.42	3.62	3.45	3.38	0.15
 µg/dL				
Iron	520.19 ^a	440.52 ^b	427.13 ^b	427.25 ^b	26.34
Zinc	221.15 ^a	206.55 ^{ab}	198.92 ^b	203.78 ^b	5.76
 %				
Ash, % of fat-free DM	51.48 ^b	50.03 ^c	53.51 ^a	53.25 ^a	0.37
Calcium	33.13 ^a	32.15 ^a	30.71 ^b	30.53 ^b	0.37
Phosphorus	15.92 ^a	15.16 ^b	15.21 ^b	15.50 ^{ab}	0.17
Tibia Magnesium	0.637 ^a	0.564 ^b	0.585 ^b	0.619 ^a	0.010
 µg/g				
Iron	352.95 ^b	405.70 ^a	325.70 ^b	315.31 ^b	14.4
Zinc	281.76	283.56	281.94	286.10	7.45
Breaking strength(kg)	22.46	19.55	20.68	23.07	1.29

¹⁾ Control = Normal nonphytate P(NPP) level diet, LP = Control - 0.1% NPP diet, LPWB = Control diet - 0.1% NPP + 475IU plant phytase(wheat bran), LPHWB = Control diet - 0.1% NPP + 475IU plant phytase(hydrothermally treated wheat bran).

^{a-c} Values with different superscripts in the same row are different (p<0.05).

가 LPWB와 LPHWB 보다 높았으며 LP와는 유의한 차이가 없었다. 경골의 조회분은 LPWB과 LPHWB가 가장 높았고 다음으로 대조구였고 LP가 가장 낮았다. 경골 내 Ca 함량은 대조구와 LP가 높았고 LPWB과 LPHWB는 유의적으로 낮았다. P 함량은 대조구가 LP와 LPWB보다 유의하게 높았고 LPHWB와는 유의차를 보이지 않았다. Mg 함량도 비슷하였는데 대조구와 LPHWB는 유사하였고 LP와 LPWB보다 높았다. 하지만 Fe 함량은 LP가 유의하게 높았고 대조구, LPWB과 LPHWB가 비슷하였다. Zn는 처리간에 유의차를 보이지 않았다. 경골의 전단력 강도는 대조구와 LPHWB가 비교적 높고 LP로 낮았으나 처리간에 유의차는 없었다.

Sebastian 등(1996a)의 논문에서 low-P구가 혈청 내 높은 Ca 함량을 보였고 P는 저 NPP구에 phytase 추가구는 정상 NPP구와 같은 수준을 보였다. 그리고 Zn는 저 NPP구에 phytase 추가

구가 낮은 함량을 보였지만 유의차는 없었다. Sebastian 등(1996b)의 논문에서 Ca 1.25%구에서 phytase를 첨가한 구보다 첨가하지 않은 구에서 혈청 내 Ca 함량이 높았고 혈청 내 P의 함량은 저 NPP에 phytase 첨가한 구에서 저 NPP구 보다 높았다. 김 등(2002)의 논문에서 저 NPP구에서 Mg 함량이 가장 높았고 Fe와 Zn에서는 유의차를 나타내지 않았다. 본 실험에서도 LP구에서 혈청 내 Ca 함량이 높았고 P의 함량은 대조구와 비슷하였으나, Fe와 Zn는 대조구보다 낮았다. 경골의 회분 함량은 김 등(2002)의 실험에서 정상 NPP구와 저 NPP구에 밀기울을 첨가한 구 사이에 유의차가 없었고 Sebastian 등(1996b)의 논문에서 phytase를 첨가하였을 때 대조구에 비하여 경골 내 조회분 함량이 phytase 첨가구에서 많은 경향을 보였다. 본 실험에서 경골 내 조회분 함량이 밀기울 첨가구들이 대조구보다 높은 함량을 보이며 Ca과

P의 함량이 낮은 결과를 보였는데 Sebastian 등 (1996b)의 논문에서도 phytase 첨가구보다 대조구에서 조회분 함량이 높으며 Ca과 P의 함량이 낮은 결과를 보여주었다. 김 등(2002)의 논문에서도 대조구와 밀기울구들에서 조회분 함량은 비슷하였지만 Ca과 P의 함량은 대조구보다 낮았다. 그리고 경골 내 Mg 함량은 대조구가 가장 높았고 밀기울구 수침처리 밀기울구 순이었다. Fe의 함량은 저 NPP구가 높은 함량을 보였으나 유의차는 없어 본 실험과 비슷한 경향을 나타냈다. 본 실험에서 밀기울 구들에서 조회분 함량이 높은 결과를 보였다. 경골 강도는 Sebastian 등(1996a)의 논문에서 대조구와 저 NPP 사료에 phytase를 첨가한구 간의 경골강도 비교시 shaft는 유의차가 없었으나 head에서는 phytase 첨가구가 낮은 결과를 보였다. Sohail과 Roland(1999), Perney 등(1993)과 Qian 등(1996)의 실험에서 경골의 강도는 정상 NPP구, 저 NPP구 그리고 저 NPP에 phytase를 첨가한구 간에 유의차를 보이지 않았다. 경골 강도는 LP보다 높은 경향을 나타냈다.

이상의 사양실험 결과를 종합해 보면 정상보다 0.1% 낮은 저 NPP구에 475IU/kg의 식물성 phytase를 밀기울로 공급시 저 NPP로 인한 증체량 감소를 방지할 수 있었고 일부 광물질의 이용률 개선, P 배설량의 감소, 경골 회분 함량 증가 등의 효과를 보였다. 밀기울을 사용 전에 수침처리 했을 때 광물질의 이용률과 사료 전환율로 이 개선되었으나 사망률이 높아져 실용적이지 못하였으며 밀기울을 수침처리하지 않고 그대로 사용해도 체내에서 유효한 phytase 공급원으로 작용한다고 결론지을 수 있었다.

IV. 요약

밀기울의 수침처리가 밀기울 내 phytase에 의한 피틴태 인의 분해에 미치는 영향을 연구하기 위하여 *in vitro* 실험을 실시하였고, 육계사료에 밀기울을 첨가 하였을 때 밀기울에 들어 있는 phytase가 육계 생산성 및 P 이용률에 미치는 영향을 구명하기 위해 5주간의 사양실험을 실시하였다. 수침처리는 배양온도 55℃와

pH 5.5 완충용액에서 배양액과 밀기울의 비율 및 배양 시간을 달리하고, 배양 후 55, 65와 75℃에서 건조 시켰다. 피틴태 인 함량 감소(phytic acid 분해)에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로는 밀기울과 완충용액의 비율로 밀기울:완충용액 비율이 증가할수록 곡선적(quadratic)으로 피틴태 인 함량이 감소 하였으며 1:5 전후가 효율적이었고 배양시간은 10분 이상에서는 큰 차이가 없었다. 건조온도(55℃, 65℃와 75℃)와 완충용액의 pH(5.5 및 7.0)는 큰 영향을 미치지 않았다. 사양 실험은 갖 부화한 240수의 병아리(Ross®)를 24 cage에 10수씩 공시하여 4처리 6반복(처리별 암수 각 3반복)으로 완전임의 배치하였다. 처리구 들은 대조구; 정상 수준의 nonphytate-P(NPP)구, LP구; 저 NPP구로 대조구보다 0.1% 낮음, LPWB구; 저 NPP구(LP)에 + 밀기울로 475IU phytase 공급, LPHWB구; LP+수침 후 건조 처리한 밀기울을 LPWB와 동량 공급한 구 등이었다. 실험 결과 증체량에 있어서 전기(1~21일)의 경우 타 처리구들에 비해 LP구가 유의하게 낮았으며 육성기(22~35일)와 전 기간에 있어서는 LP구의 옹추만이 대조구에 비해 유의하게 낮았다. 전 기간 동안 LPWB구와 LPHWB구는 대조구와 차이가 없었다. 전 기간동안 사료 섭취량은 LPWB는 대조구와 유의한 차이가 없었으나 LP구는 LPHWB보다 그리고 LPHWB구는 대조구보다 유의하게 낮았다. 사료 요구량은 LPHWB와 LP구가 대조구와 LPWB보다 유의하게 낮았다. 폐사율은 LPHWB구에서 가장 높았다. 영양소 이용률에 있어서 LP구가 조지방, 조회분과 Ca 이용률이 타처리구에 비해 유의하게 낮았으나 Fe 이용률 만은 가장 높았다. P, Mg 및 Zn의 이용률은 LPWB 및 LPHWB구가 대조구나 LP구보다 높았다. P 배설량은 대조구에 비해 저 NPP구들이 낮았으나 저 NPP구들 간에는 차이가 없었다. 혈청 내 Ca 함량은 LP구가 가장 높았고 P 함량은 LP구가 가장 낮았다. 경골 내 조회분 함량은 밀기울 처리들에서 높았지만 Ca 함량은 대조와 LP구가 높았다. P 함량에선 LP가 LPWB보다 낮았다. Fe 함량은 LP구가 가장 높았다.

결론적으로 밀기울의 피틴태 인 감소에 수침 처리 조건으로 밀기울과 완충용액의 비율이 가장 큰 영향을 미치는데 밀기울에 대한 완충용액의 비율이 증가함으로써 피틴태 인 함량이 감소하였으며 1:5 전후가 효율적이었고 저 NPP 사료에 밀기울을 phytase 공급원으로 사용 시 육계의 생산성 감소를 방지하고 P의 배설량을 줄일 수 있다. 밀기울의 수침처리는 광물질 이용률 향상에 다소 도움이 되나 생산성 향상에는 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. Denbow, D. M., Ravindran, V., Kornegay, E. T. Yi, Z. and Hulet, R. N. 1995 Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase. Poultry Sci. 74:1831-1842.
3. Eeckhout, W. and Paepe, M. De 1994. Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. Animal Feed Science and Technology. 47:19-29.
4. Fredlund, K., Asp, N. G., Larsson, M., Marklinder, I. and Sandberg, A. S. 1995. Phytate reduction in whole grains of wheat, rye, barley and oats after hydrothermal treatment. Journal of cereal science. 25:83-91.
5. 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 phosphorus utilization by pigs from weaning though finishing. J. Anim. Sci. 75:1017-1025.
6. Haug, W. and Lantzsch, H. J. 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. J. Sci. Food Agric. 34:1423-1426.
7. Kita, K., Sakai, S., Okumura, M., Nakajima, S., Nakagawa, J., Furuse, M. and Okumura, J. 2000. Effects of soaking barley in water containing phytase on growth and plasma phosphorus concentration in chicks. Animal Science Journal. 71(3):250-254.
8. Peers, F. G. 1953. The phytase of wheat. Biochemistry Journal. 53:102-110.
9. Perney, K. M., Cantor, A. H., Straw, M. L. and Herkelman, K. L. 1993. The effect of dietary phytase on growth performance and phosphorus utilization of broiler chicks. Poultry Sci. 72: 2106-2114.
10. 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.
11. Sebastian, S., Touchburn, S. P., Chavez, E. R. and Lague, P. C. 1996(a). 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.
12. Sebastian, S., Touchburn, S. P., Chavez, E. R. and Lague, P. C. 1996(b). Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. Poultry Sci. 75: 1516-1523.
13. Singh, B. and Sedeh, H. G. 1979. Characteristics of phytase and its relationship to acid phosphatase and certain minerals in triticale. Cereal chem. 56 (4):267-272.
14. Sohail, S. S. and Roland, D. A. 1999 Influence of supplemental phytase on performance of broilers four to six Weeks of age. Poultry Sci. 78:550-555.
15. Türk, M., Carlsson, N. G. and Sandberg, A. S. 1995. Reduction in the levels of phytate during wholemeal bread making; effect of yeast and wheat phytases. J. of cereal science. 23:257-264.
16. Yi, Z., Kornegay, E. T., Ravindran, V. and Denbow, 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.
17. Zyla, K., Wikiera, A., Koreleski, J., Swiatkiewicz, S., Piironen, J. and Ledoux, D. R. 2000. Comparison of the efficacies of a novel *Aspergillus niger* mycelium with separate and combined effectiveness of phytase, acid phosphatase, and pectinase in dephosphorylation of wheat-based feeds fed to growing broilers. Poultry Sci. 79: 1434-1443.
18. 김병환, 남궁환, 백인기. 2002. 인 이용률 향상을 위한 천연(natural) phytase의 이용. 한국동물자원과학회지. 44(4):407-418.
19. 이선재, 엄재상, 남궁환, 백인기. 1999. 식물성 사료원료내 피틴태 인의 함량과 Phytase Activity 및 그 특성에 관한 연구. 한영사지 23(6):501-506.

(접수일자 : 2002. 11. 15 / 채택일자 : 2003. 2. 17)