

# 사료내 식물성 Phytase (Phytazyme®) 첨가가 산란계의 생산성 및 인 이용성에 미치는 영향

권순관\* · 김성권\* · 안병기\* · 양운목\* · 남기택\*\* · 강창원\* · 강석진\*\*\*  
건국대학교 동물자원연구센터\*, 국립한경대학교 낙농기술지원센터\*\*, 주식회사 우진\*\*\*

## Influences of Supplemental Plant Phytase (Phytazyme®) on Performances and Phosphorus Excretion in Laying Hens

Kwon, S. K\*, S. K. Kim\*, B. K. An\*, U. M. Yang\*, K. T. Nam\*\*, C. W. Kang\*  
and S. J. Kang\*\*\*

Animal Resources Research Center, Konkuk University\*, Dairy Extension Service Center,  
Hankyong National University\*\*, Woogene Co., Ltd.\*\*\*

### ABSTRACT

Two experiments were conducted to investigate the effect of dietary supplementation of plant phytase (Phytazyme®) in corn-soybean meal based diets on utilization of phytase-bound phosphorus in laying hens and evaluate nitrogen(N) digestibility and phosphorus(P) availability in breeders. In the experiment one, three levels of the Phytazyme®(0.05, 0.1, and 0.2% of diet) were added to diets containing a half of control TCP level(0.96%) for 4 wks. Feed consumption, egg production rate, egg weight and eggshell quality were recorded weekly. At the end of experiment, 8 birds per treatment were sacrificed, liver weight were weighed and right tibiae were removed for determination of P content. The second experiment was conducted to evaluate the P availability and nitrogen digestibility in breeders fed same diets for 2 wks. Feed and excreta were collected to determine the P and N contents for the last three days of experiment two. Addition of Phytazyme® resulted in no effects on feed intake, egg product rate, egg weight and egg shell quality. P excretion decreased and its availability enhanced as phytase supplementation increased in diets. Dietary supplementation of Phytazyme® above 0.1% level in corn-soybean meal based diets did not have an adverse effect on production and decreased level of phosphorus in excreta.

(Key words : Phytase, Laying hen, Phosphorus availability)

### I. 서 론

인은 골격의 발달과 유지에 중요한 역할을 하며 체내 대사를 조절하는 필수 광물질이지만(NRC, 1994), 배설물 중에 함유된 인은 토양 및 지표수에 유입되어 환경을 오염시키는 주요 요인이 된다(Waldroup, 1999). 단위동물의 분뇨에 인이 다량 함유되어 있는 원인은 사료 중에

피틴태 인(phytate-bound phosphorus)이 다량 포함되어 있어 단위동물의 소화기관내에서 이용되지 못하고 배설되기 때문이다. 즉 사료의 원료로 사용되는 곡류나 그 부산물에 함유된 인의 약 60~70%가 phytate 형태로 결합되어 있고 돼지나 닭에서는 이들의 이용률이 저조하여, 사료의 주원료인 옥수수 및 대두박의 인 이용률은 각각 15% 및 25%에 불과하다(Bailey 등,

Corresponding author : Dr. C. W. Kang, Animal Resources Research Center, Konkuk University, 1 Hwayang-Dong, Gwangjin-Gu, Seoul, 143-701, Korea TEL : 82-2-450-3669, FAX : 82-2-452-9946, e-mail : kkuccwkang@kkucc.konkuk.ac.kr.

1986). 따라서 사료내 인의 이용률 제고를 위한 노력의 일환으로 산란계 사료에 phytase를 첨가함으로써 인 요구량의 일부를 대체할 수 있다는 연구결과와(Um and Paik, 1999), Phytase를 첨가함으로써 사료 내의 phytate-bound P의 이용성 증가로 무기태인의 첨가수준을 낮추어도 가축의 생산성에 나쁜 영향을 미치지 않는다는 결과들이 보고되었다(Ravindran 등, 1995).

사료용 효소제로 phytase는 미생물과 plant에서 주로 얻어진다. Phytase 효소활성측정 조건은 37°C, pH 5.5에서 이루어지는데, 이 등(1999)의 보고에 따르면 식물성(밀) phytase와 미생물 phytase 활성은 같았으며 pH와 온도변화에 대한 효소 활성은 식물성 phytase가 미생물 phytase에 비하여 변화가 적었다. 미생물 phytase는 사료의 phytate-bound P의 이용성을 상당히 개선시킨다고 보고되었다(Roberson 등, 1994; Yi 등, 1996; Berka 등, 1998). 이들의 연구결과에 의하면 인의 이용성은 20~45% 정도 개선되었으며, 배설되는 phytate-bound P의 양은 phytase 첨가 수준, 사료내 non-phytic P의 수준, 사료내 Ca 수준(Ca : total P의 비율) 및 사료중 vitamin D<sub>3</sub>의 함량 등의 요인에 좌우된다. Yi 등(1996)에 의하면 사료중 phytate 함량을 고려하여 미생물 phytase를 활용할 경우 phytate의 배설량을 60%까지 감소시킬 수 있으며, 일반적인 사양 환경 하에서도 최소 30%까지 인 배설을 줄일 수 있다고 하였다. 그러므로 양계사료중 인의 과잉 공급을 피하고 인의 배설로 인한 환경 오염의 문제점을 개선하려면 인의 공급수준을 권장치 보다 낮은 조건으로 phytase를 첨가하고 그 효과를 확인하는 작업이 선행되어야 한다.

따라서 본 연구는 plant phytase를 중심으로 하는 복합효소제(Phytazyme<sup>®</sup>)의 사료내 첨가가 산란계에서 생산성과 인 이용률에 미치는 영향을 검토하기 위하여 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

실험은 58주령 갈색 산란계(ISA-brown) 240수를 공시하여 5처리 4반복, 반복당 12수를 2단 철제 케이지에 임의 배치하여 총 6주간에

걸쳐 사양실험을 실시하였다. 실험사료는 유효 인 수준이 NRC(1994) 요구량인 0.25%가 되도록 tricalcium phosphate(TCP)의 첨가량을 9.2 g/kg 첨가한 대조구사료와 TCP 첨가량을 그 절반인 4.6g/kg으로 낮추고 보리로부터 얻어진 식물성 phytase를 주성분으로 하는 복합효소제(Phytazyme<sup>®</sup>)를 각각 0.05, 0.1 및 0.2% 첨가한 총 4개의 처리구를 두었다(Table 1). 각 실험사료의 영양소 수준은 NRC 요구량(NRC, 1994)에 준하여 배합하였으며 실험사료는 자유채식시켰고 17시간 점등을 실시하였다.

매주 사료섭취량을 조사하였고 실험기간 중 매일 12:00에 산란수와 난중을 측정하여 산란율 및 평균난중을 조사하였다. 산란율은 헨데이(hen-day) 산란율로 하였고 난중은 정상란의 평균난중으로 하였다.

실험사료 급여 후 매주 생산된 계란을 수집하여 난각강도계(FHK Co., Japan)를 이용하여 난각강도를 측정하고, 난백의 높이를 조사하여 Haugh unit를 구하고(FHK 卵白測定台, FHK Co., Japan), Roshe egg yolk color fan 및 난각후도계(FHK Co., Japan)를 통해 난황색 및 난각두께 등 난질 및 난각질 관련 항목을 측정하였다.

실험 최종일에 반복구별로 2수씩 선발하여 도살 후 간장을 채취하여 중량을 측정하였다. 결과치는 생체중에 대한 상대적 중량으로 표시하였다. 또한 경골 내 각각의 인 함량은 Orban 등(1993)의 방법으로 경골만을 분리하여 분쇄한 후 습식회화시킨 후 spectrophotometer (UVS-2100, Shinco Co.)를 이용하여 측정하였다.

질소 소화율과 인 이용률을 조사하기 위하여 별도로 32주령 산란종계 수컷을 처리구별로 7수씩 총 28수를 이용하여 실험 1과 동일한 조건의 실험사료를 2주간 급여한 후 마지막 3일간 전분을 수집하여 실시하였다. 실험사료와 3일간 수집 후 건조시킨 분 내의 질소 함량은 Kjeldahl 방법으로 측정하였고, 인 함량은 습식회화시킨 후 spectrophotometer를 이용하여 측정하였다(AOAC, 1990).

실험에서 얻어진 자료들의 통계분석은 SAS (1996)의 GLM Procedure를 이용하여 실시하였으며, Duncan's Multiple Range Test (Duncan,

Table 1. Composition of the experimental diets

Ingredients	Control	Enzyme level <sup>3)</sup>		
		0.05%	0.1%	0.2%
Yellow corn	67.32	67.40	67.35	67.25
Soybean meal	21.77	21.77	21.77	21.77
Calcium carbonate	8.77	9.10	9.10	9.10
Tricalcium phosphate	0.92	0.46	0.46	0.46
Salt	0.31	0.31	0.31	0.31
Choline-chloride	0.06	0.06	0.06	0.06
Animal fat	0.50	0.50	0.50	0.50
DL-methionine	0.11	0.11	0.11	0.11
Mineral mix <sup>1)</sup>	0.12	0.12	0.12	0.12
Vitamin mix <sup>2)</sup>	0.12	0.12	0.12	0.12
Phytazyme <sup>3)</sup>	0.00	0.05	0.10	0.20
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated Values				
Dry Matter	87.87	87.80	87.75	87.66
Crude Protein	15.00	15.00	15.00	15.00
Crude Fat	3.07	3.07	3.07	3.07
Fiber	2.75	2.75	2.75	2.75
Ca	3.70	3.70	3.70	3.70
Total P	0.48	0.39	0.39	0.39
Available P	0.25	0.17	0.17	0.17
Crude ash	12.18	12.03	12.03	12.03
TMEn(kcal/kg)	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00

<sup>1)</sup> Mineral mixture provided following nutrients per kg of diet: Mn, 77mg; Zn, 57.2mg; I, 1.32mg; Se, 0.11mg; Cu, 27.5mg.

<sup>2)</sup> Vitamin mixture provided following nutrients per kg of diet: Vitamin A, 15,600IU; Vitamin D<sub>3</sub>, 3,120IU; Vitamin E, 15.6mg; Vitamin K, 0.91mg; Vitamin B<sub>1</sub>, 1.3mg; Vitamin B<sub>12</sub>, 0.026mg; Niacin, 52mg; Oxystat, 65mg; Biotin, 0.039mg; Folacin, 0.39mg; Pyridoxin, 1.3mg; Riboflavin, 13mg; Pantothenic acid, 15.6mg.

<sup>3)</sup> Phytazyme provided following nutrients per kg of diet: Phytase, 90,000phyIU, Acid phosphatase, 15,000,000acpIU; Amylase, 1,500,000IU; Xylanase, 10,000IU;  $\beta$ -glucanase, 100IU; Protease, 220,000IU; Lipase, 500IU. Phytazyme provided by Woogene Co., Ltd. Seoul, Korea. 140-012.

1955)를 통해 처리간의 유의성을 검정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 사료섭취량, 산란율 및 난중에 미치는 영향

TCP 첨가수준을 대조구의 50%로 하고 식물성 phytase를 첨가하였을 때 사료섭취량, 산란율 및 난중에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 2에 나타내었다.

식물성 phytase 0.1% 첨가구에서 일당 사료

섭취량이 가장 높았으나 처리간에 유의한 차이는 인정되지 않았다. 전체 실험기간 중의 평균 산란율과 평균난중도 phytase 처리에 따른 차이가 없었다.

이러한 연구 결과는 Um과 Paik(1999)이 관찰한 바와 같은데 이들은 TCP 첨가수준을 50%로 줄이고 미생물 phytase를 첨가하였을 때 대조구와 비교하여 산란율과 난중의 변화는 일어나지 않았다고 하였다. Van der Klis 등(1997)에 의하면 낮은 유효인 수준은 사료섭취량을 감소시키지만 phytase의 첨가로 이를 완화시킬 수 있다고 한다.

Table 2. Effect of dietary Phytazyme supplementation into low phosphorus level diets on feed consumption, egg production rate, and egg weight for 6 wks during the late stage of egg production(58~64 wk)<sup>1)</sup>

Item	Control	Enzyme level <sup>2)</sup>		
		0.05%	0.1%	0.2%
Feed consumption (g/hen/d)	117.5 ± 2.7	119.2 ± 0.5	122.4 ± 1.8	119.1 ± 1.4
Egg production rate (%)	64.8 ± 1.3	64.0 ± 1.0	63.5 ± 0.7	60.8 ± 5.2
Egg weight (g)	68.0 ± 0.4	68.2 ± 0.6	67.8 ± 0.3	67.0 ± 0.9

<sup>1)</sup> Values are mean ± SE.

<sup>2)</sup> Phytazyme<sup>®</sup> from Woogene Corp. (Seoul, Korea) was used.

이는 본 실험에서 유효인의 결핍에도 불구하고 식물성 phytase도 미생물 phytase와 같은 사료섭취량의 감소에 대한 억제효과를 지녔다고 사료된다.

## 2. 난질 및 난각질에 미치는 영향

식물성 phytase의 첨가가 난각강도 및 난각두께 Haugh unit와 난황색에 미치는 영향에 대해 Table 3에 나타내었다.

실험 개시후 각 주별로 측정된 Haugh unit과 Roche yolk color fan 값인 난황색 평균치는 차이가 없는 것으로 나타났다. 전 실험기간의 평균 난각강도는 차이를 보이지 않았다. 그러나 난각강도 변화를 주별로 분석해 보면 실험 5주째에 난각강도가 식물성 phytase 0.05% 첨가구에서 2.5kg/cm<sup>2</sup>로 가장 낮았고, 이는 대조구의 3.4kg/cm<sup>2</sup>에 비해 유의하게 낮은 것이었다 (P<0.05). 난각두께 평균치에서도 난각강도와

유사한 경향을 보였는 바 식물성 phytase 첨가량 0.05%로는 충분하지 못했을 가능성도 있다. 다만 식물성 phytase 0.05% 첨가구를 제외한 다른 처리구에서는 대조구와 통계적인 차이가 없었고 특히 식물성 phytase 0.2% 첨가구에서 난각 두께가 가장 높은 것으로 나타났다. 본 실험에서는 식물성 phytase 0.1% 이상 첨가수준에서는 난각질에 영향을 미치지 않는 것으로 관찰되었다.

## 3. 간 중량 및 경골(tibia)내 인 함량에 미치는 영향

식물성 phytase의 첨가가 간 중량 및 경골(tibia)내 인 함량에 미치는 영향에 대해 Table 4에 그 결과를 나타내었다.

대조구에 비해 모든 식물성 phytase 첨가구에서 간 중량이 낮은 것으로 나타났으나 통계적인 유의차는 인정되지 않았으며, 식물성 phy-

Table 3. Effect of dietary Phytazyme supplementation into low phosphorus level diets on egg quality for 6 wks during the late stage of egg production(58~64 wk)<sup>1)</sup>

Variable	Control	Enzyme level <sup>2)</sup>		
		0.05%	0.1%	0.2%
Eggshell strength (kg/cm <sup>2</sup> )	3.4 ± 0.1	3.1 ± 0.2	3.4 ± 0.1	3.4 ± 0.1
Eggshell thickness (0.01mm)	37.2 ± 0.7	36.3 ± 0.7	37.3 ± 0.3	37.4 ± 0.4
Haugh unit (HU)	74.9 ± 1.9	72.4 ± 2.4	76.1 ± 1.8	73.9 ± 1.0
Egg yolk color (RCF) <sup>2)</sup>	7.4 ± 0.2	7.3 ± 0.1	7.3 ± 0.2	7.4 ± 0.1

<sup>1)</sup> Values are mean ± SE.

<sup>2)</sup> RCF: Roche egg yolk color fan

<sup>3)</sup> Phytazyme<sup>®</sup> from Woogene Corp. (Seoul, Korea) was used.

Table 4. Effect of dietary Phytazyme supplementation into low phosphorus level diets on liver weight and phosphorus contents of tibia bone during the late stage of egg production(58~64 wk)<sup>1)</sup>

Variable	Control	Enzyme level <sup>2)</sup>		
		0.05%	0.1%	0.2%
Liver (g/100g BW)	2.83 ± 0.12	2.81 ± 0.17	2.67 ± 0.09	2.74 ± 0.21
P contents in tibia bone (mg/kg)	1.92 ± 0.02	1.85 ± 0.02	1.82 ± 0.03	2.01 ± 0.03

<sup>1)</sup> Values are mean ± SE.

<sup>2)</sup> Phytazyme<sup>®</sup> from Woogene Corp. (Seoul, Korea) was used.

Table 5. Effect of dietary Phytazyme supplementation into low phosphorus level diets on nitrogen digestibility and phosphorus availability during the late stage of egg production(58~64 wk)

Variable	Control	Enzyme level <sup>1)</sup>		
		0.05%	0.1%	0.2%
Intake N(g)	2.20 ± 0.11	2.42 ± 0.02	2.05 ± 0.13	1.98 ± 0.08
Excreta N(g)	0.81 ± 0.02	0.86 ± 0.05	0.69 ± 0.02	0.64 ± 0.04
Apparent N digestibility(%)	62.0 ± 2.3	64.5 ± 2.3	65.2 ± 2.6	67.8 ± 1.0
Intake P(g)	436.3 ± 22.4	396.8 ± 3.8	335.4 ± 21.5	340.1 ± 4.8
Excreta P(g)	155.3 ± 6.1 <sup>a</sup>	131.0 ± 0.8 <sup>a</sup>	95.5 ± 1.0 <sup>b</sup>	90.6 ± 6.3 <sup>b</sup>
Apprent P availability(%)	62.7 ± 3.0 <sup>b</sup>	66.8 ± 2.2 <sup>ab</sup>	68.4 ± 2.7 <sup>ab</sup>	73.3 ± 1.8 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Means ± SE within a row with no common superscript are significantly different(P<0.05).

<sup>1)</sup> Phytazyme<sup>®</sup> from Woogene Corp. (Seoul, Korea) was used.

tase 0.2% 첨가구에서 경골내 인 함량이 가장 높게 나타났으나 처리간에 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았다. 뿐만 아니라 내부조직을 관찰해보아도 별다른 이상을 발견할 수 없었다. 따라서 식물성 phytase인 Phytazyme를 산란계에 경구투여해도 신체조직에 별다른 나쁜 영향을 나타내지 않은 안전한 물질임을 알 수 있었다.

#### 4. 질소 소화율 및 인 이용률

식물성 phytase의 첨가에 따른 질소 소화율 및 인 이용률의 변화를 Table 5에 나타내었다.

식물성 phytase 0.2% 첨가구에서 질소 소화율이 가장 높게 그리고 효소제가 전혀 첨가되지 않은 대조구에서 가장 낮게 나타났으나 통계상 처리간에 유의한 차이는 인정되지 않았다. 아마도 식물성 phytase에는 다른 효소제가 소량 혼합되어 있어서 미미하나마 단백질 이용률을 증진에 영향을 미칠 것으로 사료되었으나 이를 증명하기 위해서는 더 높은 수준의 효소

제 첨가가 필요할 것으로 생각된다.

P 이용률은 식물성 phytase 0.2% 첨가구에서 가장 높았고, 대조구에서 가장 낮았다. 또한 효소의 첨가수준이 증가함에 따라 P 이용률이 유의하게 증가하는 경향을 나타내었으며 특히 대조구에 비하여 식물성 phytase 0.2% 첨가구에서는 유의성이 인정되었다(P<0.05). 인의 배설량 감소는 식물성 phytase 0.1%, 0.2% 첨가구에서 뚜렷한 결과를 나타내었다(P<0.05). 본 결과는 인의 이용성이 증가되었다는 점에는 Van der Klis 등(1997)과 Keshavarz(2000)의 결과와 일치하였으나 본 실험의 이용효율은 약 16%로 Van der Klis 등(1997)의 결과에 비하여 약 10% 정도 낮았는데 이는 실험사료내 인 함량이 종계의 요구량 이상이었기 때문으로 사료되며 산란계를 통한 대사실험이 이루어진다면 인 이용률은 증가될 것으로 예상되지만 본 실험의 결과만으로는 단정하기 어려우므로 추가 실험이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

앞에서 언급된 연구결과에서처럼 사료내 무

기태인의 사용량을 절반으로 감소시킨다 하여도 산란율 및 난각질에 이상을 나타내지 않은 것으로 미루어보아 식물성 phytase인 Phytazyme® 사용은 사료내 phytic phosphorus의 이용효율을 증가시킴으로써 인의 추가사용 및 인의 배설을 줄일 수 있는 하나의 효과적인 방법으로 사료된다.

#### IV. 요약

본 연구는 식물성 phytase 처리수준이 산란계의 생산성에 미치는 영향 및 인 이용률에 미치는 영향을 검토하기 위하여 실시하였다.

NRC 사양표준의 유효 인 요구량을 충족시킨 대조구와 무기태인 사용량을 50%로 제한한 처리구로 나누고, 각각의 처리구에 식물성 phytase를 각각 0.05%, 0.1% 및 0.2% 첨가하였다. 58주령의 갈색 산란계(ISA-Brown) 240수를 공시하여 총 6주간 사양실험을 실시하였고 산란종계를 이용하여 인 및 질소의 이용성을 측정하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 50% 무기태인 수준에서 식물성 phytase의 첨가에 따른 일당증체량, 산란율의 저하는 나타나지 않았다.
2. 50% 무기태인 수준에서 식물성 phytase 0.05% 첨가수준에서 일시적으로 난각질 저하 현상이 나타났으나 0.1% 이상 첨가수준에서는 난각질의 변화가 관찰되지 않았다.
3. 효소의 첨가수준이 증가함에 따라 P 배설량의 감소와 P 이용률이 개선되었다(P<0.05).
4. 식물성 phytase 첨가는 산란계의 성적 저하없이 사료내 무기태인의 사용량을 줄일 수 있음이 시사되었다.

#### V. 인용문헌

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA., USA.
2. Bailey, C. A., Linton, S., Brister, R. and Creger, C. R. 1986. Effects of graded level of dietary phosphorus on bone mineralization in the very young poult. Poultry Sci. 65:1018-1020.
3. Berka, R. M., Rey, M. W., Brown, K. M., Byun,

- T. and Klotz, A. V. 1998. Molecular characterization and expression of a phytase gene from the thermophilic fungus thermomyces lanuginosus. Appl. Environ Microbiol. 64:4423-4427.
4. Duncan D. B., 1955. Multiple range and multiple F test. Biometric. 11:1-4.
5. Keshavarz, K., 2000. Nonphytate phosphorus requirement of laying hens with and without phytase on a phase feeding program. Poultry Sci. 79:748-763.
6. NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. National Academic Press, Washington, D.C., U.S.A.
7. Orban, J. I., Roland, D. A. Sr. and Bryant, M. M. 1993. Factors influencing bone mineral content density, breaking strength, and ash as response criteria for assessing bone quality in chickens. Poultry Sci. 72:437-446.
8. Ravindran, V., Kornegay, E. T., Potter, L. M., Ogunabameru, B. O., Welten, M. K., Wilson, J. H. and Potchanakorn, M. 1995. An evaluation of various response criteria in assessing biological availability of phosphorus for broilers. Poultry Sci. 74:1820-1830.
9. Roberson, K. D. and Edward, H. M. Jr. 1994. Effect of 1.25-dihydroxy cholecalciferol and phytase on zinc utilization in broiler chicks. Poultry Sci. 73:1312-1326.
10. SAS. 1996. SAS User's Guide: Statistics. Version 6.12 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
11. 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. Poultry Sci. 78:75-79.
12. Van der Klis, J. D., Versteegh, H. A. J., Simons, P. C. M. and Kies, A. K. 1997. The efficacy of phytase in corn-soybean meal based diets for laying hens. Poultry Sci. 76:1535-1542.
13. Waldroup, P. W. 1999. Nutritional approaches to reducing phosphorus excretion by poultry. Poultry Sci. 78:683-691.
14. Yi, X., Kornegay, E. T. and Denbow, D. M. 1996. Effects of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poults fed corn-soybean meal diets. Poultry Sci. 75:979-990.
15. 이선재, 엄재상, 남궁환, 백인기. 1999. 식물성 사료원료내 피틴태 인의 함량과 phytase activity 및 그 특성에 관한 연구. 한국영양사료학회지. 23: 501-506.

(접수일자 : 2001. 10. 29 / 채택일자 : 2002. 1. 31)