



Evaluación de la presencia de una fitasa microbiana (*Peniophora lycii*) en dietas sorgo-soya deficientes en fósforo, para pollos de engorda, sobre la digestibilidad ileal de proteína, aminoácidos y energía metabolizable

Evaluation of the presence of a microbial phytase (*Peniophora lycii*) in sorghum-soybean phosphorus-deficient meal diets, for broilers, on ileal protein, and amino acid digestibility and metabolizable energy

Arturo Cortés Cuevas* Benjamín Fuente Martínez* Sergio Fernández Tinoco**
María del Carmen Mojica Enríquez** Ernesto Ávila González*

Abstract

An experiment was conducted in order to evaluate the addition of phytase (750 units FYT) from *Peniophora lycii* to sorghum-soybean meal diets deficient in inorganic phosphorus (Pi) for starting broilers and its effect on performance, apparent metabolizable energy (AME) and apparent ileal digestibility of protein (PC) and amino acids (AA). One hundred and sixty broilers (80 males and 80 females), mixed Ross breed, from 1 to 19 days old were employed. The experiment had 4 treatments with 4 replicates each. The experimental design was completely randomized with a 2×2 factorial arrangement. One factor was calcium levels (Ca) (two levels) and Pi (normal and deficient) and the other factor the addition or not of phytase. The normal levels of Ca and Pi in the diet were 1.0% and 0.50%, respectively; for the deficient diet they were 0.9% Ca and 0.40% Pi. The addition of phytase in the diet was 0.0 and 750 FYT/kg. The results, on weight gain from 1 to 19 days, were lower ($P < 0.01$) with Pi deficiency and improved with the addition of phytase. A beneficial effect was also found in feed conversion ($P < 0.05$) and AME ($P < 0.051$) with the addition of phytase. The ileal apparent digestibility coefficient of PC, essential and non essential AA, ash content as well as calcium in the tibia, were not different ($P > 0.05$) among factors. Data obtained showed that the addition of 750 FYT/kg of phytase on starting broiler diets allows a reduction of Pi content (0.1%), while improving weight gain, feed conversion and AME.

Key words: PHYTASE, ILEAL APPARENT DIGESTIBILITY, PROTEIN, AMINO ACIDS, ENERGY, BROILERS, PERFORMANCE.

Resumen

El presente trabajo se realizó con el propósito de evaluar la inclusión de fitasa (750 unidades FYT) a partir de *Peniophora lycii* en dietas tipo sorgo-pasta de soya deficientes en fósforo inorgánico (Pi), para pollos de engorda en la etapa de iniciación, sobre los parámetros productivos, energía metabolizable aparente (EMA) y digestibilidad aparente ileal de la proteína (PC) y aminoácidos (AA). En este contexto, se emplearon 160 pollos mixtos de la raza Ross, de uno a 19 días de edad (80 machos y 80 hembras). El experimento consistió en cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 2×2 . Un factor fueron los niveles de calcio (Ca) (dos niveles) y Pi (normal y deficiente) y el otro factor la adición o no de fitasa. El nivel normal de Ca y de Pi fue de 1.0% y 0.50%, respectivamente, y para la dieta deficiente en Ca y Pi, de 0.9% y 0.40%, respectivamente; la adición de fitasa fue de 0.0 y 750 FYT/kg. Los resultados de cero a 19 días para ganancia de peso fueron menores ($P < 0.01$) con la disminución de Pi y se mejoró con la adición de fitasa. También se encontró efecto favorable ($P < 0.05$) en conversión alimentaria y en EMA ($P < 0.051$) con la adición de fitasa. Los coeficientes de digestibilidad aparente ileal de PC, AA esenciales y no esenciales y el contenido de cenizas y calcio en tibias, no indicaron que fueran diferentes ($P > 0.05$) entre ambos factores. De los resultados obtenidos se concluye que la adición de 750 FYT/kg de fitasa en dietas de iniciación para pollos de engorda permite reducir el contenido de Pi (0.1%), además mejora la ganancia de peso, conversión alimentaria y EMA.

Palabras clave: FITASA, DIGESTIBILIDAD APARENTE ILEAL, PROTEÍNA, AMINOÁCIDOS, ENERGÍA, POLLOS DE ENGORDA, PARÁMETROS PRODUCTIVOS.

Recibido el 11 de mayo de 2006 y aceptado el 27 de octubre de 2006.

*Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F.

**DSM Nutricional Products de México, S. A. de C. V., km 22.5, Carretera Guadalajara-El Salto, 45680, El Salto, Jalisco, México.

Introduction

Approximately two thirds of the phosphorous (P) found in cereals and oleaginous seeds can be found as phytic phosphorous which has a low availability for birds. This low availability is due to the fact that birds do not produce phytase enzyme which hydrolyzes phytate and frees inorganic phosphorous (Pi), contributing to an increase in cost of the diet as well as an increase in environmental pollution. Furthermore, it has been reported that phytate can be linked to minerals such as Mg, Ca, Na and K.⁴⁻⁸ It also decreases the activity of pepsin and is capable of joining endogenous proteases such as trypsin and chymotrypsin in the gastrointestinal tract, decreasing the digestibility of protein and amino acids.^{2,3,7,9,10}

Other works have shown that the addition of phytase in feed increases the availability and use of phosphorous in birds. Furthermore, other research has shown that the inclusion of phytase in the diet improves ileal digestibility of nitrogen, amino acids and apparent metabolizable energy.^{1,2,4-7,10} The effect of phytase on the digestibility coefficients can vary as well as depend on some factors such as the variation of ingredients used in the diet and the type and age of birds.^{1,4}

Studies on the beneficial effect of phytase use in terms of weight gain and feed conversion have been, in the great majority, carried out with diets based on corn plus soybean,^{2,4-6,10,11} and some with diets based on wheat plus soybean, deficient in Pi;^{3,7,12} finding there is also a favorable effect on the digestibility of amino acids and metabolizable energy.^{1-3,10} In the poultry industry in Mexico, diets used for finishing broilers are mostly based on sorghum plus soybean, thus research needs to be carried out with this type of diet.

Based on the background mentioned above, we carried out this study in order to evaluate the impact of the addition of phytase obtained from *Peniophora lycii* on the effectiveness, apparent metabolizable energy, as well as apparent ileal digestibility of protein and amino acids, with diets based on sorghum-soybean, deficient in Pi, for broilers from 1 to 19 days of age

Material and methods

We used a total of 160 mixed one-day-old Ross strain chicks that were obtained from a commercial hatchery. The birds were randomly assigned to 16 lots of ten chicks each (80 females and 80 males), and placed in Petersime batteries cage floors with thermostatically controlled temperature. A fully random design that had four treatments with four repetitions each was used. A 2 × 2 factorial arrangement was used in the

Introducción

Aproximadamente dos terceras partes del fósforo (P) encontrado en los granos de cereales y semillas oleaginosas está presente como fósforo fítico y es poco disponible en las aves. La baja disponibilidad se debe a que estas últimas no producen la enzima fitasa que hidroliza el fitato y libera fósforo a nivel intestinal.¹⁻³ Por esta razón, las dietas de las aves son complementadas con fósforo inorgánico (Pi), lo cual incrementa, por un lado, el costo de la dieta y, por otro, contribuye a la contaminación del medio ambiente. Asimismo, se ha informado que el fitato se liga a minerales como Mg, Ca, Na y K.⁴⁻⁸ También disminuye la actividad de la pepsina y es capaz de ligarse a proteasas endógenas, como la tripsina y quimiotripsina en el tracto gastrointestinal, con lo cual se disminuye la digestibilidad de la proteína y los aminoácidos.^{2,3,7,9,10}

En otros trabajos se ha demostrado que la adición de fitasas en los alimentos incrementa la disponibilidad y utilización del fósforo para las aves. Otras investigaciones muestran que la inclusión de fitasa en la dieta mejora la digestibilidad ileal de nitrógeno, aminoácidos y energía metabolizable aparente.^{1,2,4-7,10} El efecto de la fitasa sobre los coeficientes de digestibilidad puede variar y depender de algunos factores; entre ellos la variación de los ingredientes utilizados en la dieta y el tipo y edad de las aves.^{1,4}

Los estudios sobre el efecto benéfico en ganancia de peso y eficiencia alimentaria con el uso de fitasas, en su mayoría se han realizado con dietas del tipo maíz más soya,^{2,4-6,10,11} y en algunos trabajos con el tipo trigo más soya, deficientes en Pi.^{3,7,12} Se ha encontrado, además, un efecto favorable en la digestibilidad de aminoácidos y energía metabolizable.^{1-3,10} En la industria avícola mexicana, las dietas utilizadas para la engorda de pollos son, en gran parte, a base de sorgo más soya, ello implica realizar estudios en este tipo de dietas.

Con base en estos antecedentes, se realizó el presente estudio con el fin de evaluar la adición de fitasas obtenidas a partir de *Peniophora lycii* en dietas del tipo sorgo-soya deficientes en Pi, para pollos de engorda de uno a 19 días de edad, y su impacto en los parámetros productivos, energía metabolizable aparente y digestibilidad aparente ileal de proteína y aminoácidos.

Material y métodos

Se emplearon 160 pollos mixtos de la raza Ross, de un día de edad, que se obtuvieron de una incubadora comercial. Las aves fueron distribuidas en 16 lotes de diez pollos cada uno (80 machos y 80 hembras), y colocadas en pisos de jaulas en baterías Petersime, con

Cuadro 1

COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS BASALES EXPERIMENTALES PARA
POLLOS DE 0 A 19 DÍAS DE EDAD

COMPOSITION OF EXPERIMENTAL BASE DIETS FOR BROILERS OF 0 TO 19 DAYS OF AGE

<i>Ingredient</i>	<i>Diet adequate in Pi</i>	<i>Diet deficient in Pi</i>
Sorghum (9%)	56.68	57.71
Soybean meal (48%)	35.73	35.54
Vegetable oil	2.93	2.60
Calcium phosphate	1.86	1.42
Calcium carbonate	1.44	1.37
Common Salt	0.44	0.44
DL-Methionine 99 %	0.22	0.22
Vitamins*	0.20	0.20
Minerals**	0.10	0.10
Choline chlorine (60%)	0.10	0.10
Sugar	0.05	0.05
L-Lysine HCl	0.02	0.02
Antioxidant	0.02	0.02
Zinc bacitracin	0.01	0.01
Chrome oxide	0.20	0.20
Total	100	100
<i>Nutrient</i>	<i>Calculated analysis</i>	
ME kcal/kg	3000	3000
Crude protein %	22.00	22.00
Total calcium %	1.00	0.90
Inorganic phosphorous %	0.50	0.40
Methionine+cystine %	0.97	0.97
Lysine %	1.20	1.20

*Provides per Kg.: Vitamin A, 3 000 000 IU; Vitamin D₃, 750 000 IU; Vitamin E, 6 000 IU; Vitamin K₃, 1.0 g; Riboflavin, 4 g; B₁₂, 0.1 g; Pyridoxine, 3.0 g; Calcium pantothenate, 13.0 g; Niacin, 25 g; Biotin, 0.063 g; Choline chlorine, 250 g.

** Provides per kg.: Selenium, 0.2 g; Cobalt, 0.1 g; Iodine, 0.3 g; Copper, 10 g; Zinc, 50 g; Iron, 100 g; Manganese, 100 g.

treatments. Ca (two levels) and Pi (normal and deficient) levels were one factor, while the other was the addition or not of phytase. Level 1 of Ca and normal Pi were 1.0% and 0.50%, respectively, and level 2 of Ca and deficient Pi were 0.9% and 0.40%, respectively. The addition of phytase was 0.0 and 750 FYT/kg. The compositions of sorghum-soybean meal diets, with chrome as a marker, are shown in Table 1. The

temperatura controlada por termostato. Se empleó un diseño completamente al azar, que constó de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. En los tratamientos se utilizó un arreglo factorial 2 × 2. Los niveles de Ca (dos niveles) y Pi (normal y deficiente) constituyeron un factor, y el otro, la adición o no de fitasa. El nivel 1 de Ca y el de Pi normal fue de 1.0% y 0.50%, respectivamente, y el nivel 2 de Ca y el de Pi

amino acid content determined for the diets is shown in Table 2. The chicks were provided with water and feed *ad libitum* from zero to 19 days of age.

Microbial phytase that was used was obtained from *Peniophora lycci* that contained 750 units (FYT)/g of active phytase in granules.* One FYT unit is equal to 1 μ mol of orthophosphate freed from 5.1 mmol of sodium phytate in one minute at 37°C at 5.5 pH.1

Weight gain, feed intake and feed conversion were recorded. In order to know the ileal digestibility of raw protein (PC) and amino acids (AA) at 19 days of age, a total of 8 birds per treatment were randomly selected (two per repetition) to obtain four samples of ileal content for each two chicks. The birds were slaughtered by cervical dislocation and immediately after, they were dissected at the ileal region between Meckel's diverticulum and the ileal-cecum junction. Both ends were ligated with cotton thread and later

deficiente, de 0.9% y 0.40%, respectivamente; la adición de fitasa fue de 0.0 y 750 FYT/kg. La composición de las dietas basales sorgo-soya, con el empleo de cromo como marcador se muestran en el Cuadro 1. El contenido de aminoácidos determinado de las dietas aparece en el Cuadro 2. A las aves se les proporcionó agua y alimento *ad libitum* de cero a 19 días de edad.

La fitasa microbiana utilizada fue a partir de *Peniophora lycci*, que contenía 750 unidades (FYT)/g de fitasa activa en presentación granulada.* Una unidad FYT es igual a 1 μ mol de ortofosfato liberado de 5.1 mmol de fitato de sodio en un minuto a 37°C, con pH de 5.5.1

Se registró la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimentaria. Con el propósito de conocer la digestibilidad ileal de la proteína (PC)

*Ronozyne P (CT). DSM Nutritional Products de Mexico S.A. de C.V.

Cuadro 2
ANÁLISIS DE AMINOÁCIDOS DE LAS DIETAS BASALES EXPERIMENTALES
ANALYSIS OF AMINO ACIDS IN THE EXPERIMENTAL BASE DIETS

<i>Amino acid*</i>	<i>Diet adequate in Pi</i>	<i>Diet deficient in Pi</i>
<i>Essential</i>	%	%
Methionine	0.55	0.55
Cystine	0.48	0.48
Met + Cyst	1.03	1.02
Lysine	1.15	1.15
Threonine	0.82	0.82
Arginine	1.35	1.32
Isoleucine	0.93	0.94
Leucine	1.95	1.94
Valine	1.05	1.04
Histidine	0.55	0.55
Phenylalanine	1.13	1.08
<i>Non-essential</i>		
Glycine	0.89	0.89
Serine	1.11	1.11
Proline	1.35	1.36
Alanine	1.20	1.18
Aspartic acid	2.34	2.36
Glutamic acid	4.11	4.11

*Standardized to 90% dry matter.

one end was cut in order to empty the contents into a plastic bag, carefully pressing out all the content from the ileum. The samples were afterwards lyophilized.

Amino acids, except tryptophan, were analyzed from the ileal content samples, as well as from the feed, through ionic interchange chromatography after acid hydrolysis. Sulfured amino acids content was determined by oxidation with performic acid prior to acid hydrolysis. Chrome present in feed and ileal contents was analyzed through atomic absorption spectrometry.¹³ Ash content was also determined in tibias dried at 105°C until a constant weight was reached and then burned at 600°C for eight hours. The calcium concentration in the ashes from the tibias was determined by atomic absorption.

In order to determine apparent metabolizable energy in diets, during the last three days of the experiment,¹⁷⁻¹⁹ samples were taken from feces which were dried in an oven at 65°C for 72 hours. Later, together with samples from the diets, raw energy was determined with Parr's calorimetric pump, and the nitrogen content with the Kjendahl procedure.¹⁴ The procedure described by Leeson and Summers¹⁵ was used to calculate apparent metabolizable energy (EMA) corrected at 0% nitrogen retention.

Coefficients of ileal apparent digestibility for raw protein (PC) and amino acids (AA) were determined using 0.2% chrome oxide (Cr₂O₃) as an indigestible marker. Below we describe the formula used to calculate the digestibility coefficients.¹⁰

$$AD_{AA} = 100 - [100 \times] \frac{(AA)_{\text{content}} \times (Cr)_{\text{dieta}}}{(AA)_{\text{diet}} \times (Cr)_{\text{content}}}$$

where:

AD_{AA} = individual AA apparent digestibility (percentage)

[AA]_{content} = AA concentration in the ileal content

[AA]_{diet} = AA concentration in the diet

[Cr]_{content} = chrome oxide concentration in the ileal content

[Cr]_{diet} = chrome oxide concentration in the diet

The data on production effectiveness, ileal apparent digestibility of PC and essential and non-essential AA, AME, as well as the determination of ashes and calcium in tibias was analyzed in agreement with the design used. The comparison between means among treatments was carried out through Tukey's test.¹⁶

Results

Table 3 shows that in weight gain, the interaction of Pi levels × phytase are significantly different (*P* > 0.05). Normal diet had greater Pi than the deficient diet. Furthermore, the interaction was due to the fact

y aminoácidos (AA) a los 19 días de edad, se seleccionaron aleatoriamente ocho aves por tratamiento (dos por réplica), para obtener cuatro muestras de digesta ileal por cada dos aves. Éstas se sacrificaron por dislocación cervical e inmediatamente después del sacrificio, cada una fue diseccionada en la región del íleon que comprende del divertículo de Meckel a la unión íleo-cecal; ambos extremos se ligaron con cinta de algodón y después se cortó de un extremo para vaciarse en una bolsa de plástico, presionando con cuidado todo el contenido del íleon; posteriormente se liofilizaron las muestras.

Se analizaron los aminoácidos de las muestras ileales de las digestas y de los alimentos, excepto el triptófano, por cromatografía de intercambio iónico, después de una hidrólisis ácida. Para el contenido de aminoácidos azufrados se realizó oxidación con ácido per fórmico antes de la hidrólisis ácida. El cromo en alimento y digestas ileales se analizaron mediante espectrometría de absorción atómica.¹³ También se hizo la determinación del contenido de cenizas en tibias, secadas a 105°C hasta alcanzar un peso constante; posteriormente fueron calcinadas a 600°C durante ocho horas. La concentración de calcio se determinó en las cenizas de las tibias por absorción atómica.

Para la determinación de la energía metabolizable aparente de las dietas, los últimos tres días de experimentación¹⁷⁻¹⁹ se tomaron muestras de excretas que se secaron en una estufa a 65°C por 72 horas; posteriormente, junto con muestras de las dietas, se determinó la energía bruta en una bomba calorimétrica Parr, y el contenido de nitrógeno usando el procedimiento Kjendahl.¹⁴ Para el cálculo de la energía metabolizable aparente (EMA), corregida a 0% de retención de nitrógeno, se empleó el procedimiento descrito por Leeson y Summers.¹⁵

Los coeficientes de digestibilidad aparente ileal de proteína cruda (PC) y aminoácidos (AA) se estimaron usando 0.2% de óxido de cromo (Cr₂O₃) como marcador indigestible. A continuación se muestra la fórmula que se usó para calcular los coeficientes de digestibilidad.¹⁰

$$AD_{AA} = 100 - [100 \times] \frac{(AA)_{\text{digesta}} \times (Cr)_{\text{dieta}}}{(AA)_{\text{dieta}} \times (Cr)_{\text{digesta}}}$$

donde:

AD_{AA} = digestibilidad aparente de AA individual (porcentaje)

[AA]_{digesta} = concentración de AA en la digesta

[AA]_{dieta} = concentración de AA en la dieta

[Cr]_{digesta} = concentración de óxido de cromo en la digesta

[Cr]_{dieta} = concentración de óxido de cromo en la dieta

that the addition of phytase improved the behavior of these variables in the broilers both in normal diets as well as in those deficient in Pi. In terms of feed intake, Pi level and phytase addition had no effect ($P > 0.05$). For feed conversion an effect was only observed with the phytase factor ($P < 0.05$).

Results for AME indicated that phytase increased ($P < 0.051$) the energetic value by 4.8% and 2.7%, respectively, in diets with normal and deficient levels of Pi, when compared to diets that did not have phytase added.

Ash and calcium contents in tibias were similar ($P > 0.05$) between treatments, with no effect being observed by the addition of phytase or Pi decrease in the diet.

Coefficients of ileal apparent digestibility of PC and essential and non-essential AA at 19 days of age can be found in Tables 4 and 5. Similar results can be observed among the factors. Statistical analysis did not show any significant difference ($P > 0.05$) between

Los datos sobre comportamiento productivo, digestibilidad aparente ileal para PC, AA esenciales y no esenciales, EMA y determinación de cenizas y calcio en tibias, se analizaron de acuerdo con el diseño utilizado. La comparación de medias entre tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey.¹⁶

Resultados

En el Cuadro 3 se observa que en la ganancia de peso, la interacción niveles de Pi $\times$ fitasa presentaron diferencia ($P > 0.05$). La dieta normal fue superior en Pi a la dieta deficiente; por otra parte, la interacción se debió a que la adición de fitasa mejoró el comportamiento en los pollos en estas variables, tanto en las dietas normales como en las deficientes en Pi. En el consumo de alimento, ni el factor nivel de Pi ni la adición de fitasa tuvieron efecto alguno ($P > 0.05$). En la conversión alimentaria sólo existió efecto ($P < 0.05$) al factor fitasa.

Cuadro 3

RESULTADOS DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS, ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE Y CONTENIDO DE CENIZAS Y CALCIO EN TIBIAS, OBTENIDOS EN POLLOS DE ENGORDA EN 19 DÍAS DE EXPERIMENTACIÓN

RESULTS FOR EFFECTIVENESS, APPARENT METABOLIZABLE ENERGY AND ASH AND CALCIUM CONTENT IN TIBIAS OBTAINED FROM BROILERS AT 19 DAYS OLD

	<i>Weight gain</i>	<i>Feed intake</i>	<i>Feed conversion</i>	<i>AME</i>	<i>Ash content</i>	<i>Calcium content</i>
<i>Diet</i>	<i>(g)</i>	<i>(g)</i>	<i>(kg/kg)</i>	<i>(Kcal/kg)</i>	<i>(%)</i>	<i>(%)</i>
Control without phytase	530.8 ^b	796.7	1.50 ^b	2976 ^a	48.7	55.3
Control with phytase	571.3 ^c	804.5	1.41 ^c	3058 ^b	49.1	53.8
Deficient in Pi without phytase	503.5 ^a	788.7	1.57 ^a	2946 ^a	49.0	55.2
Deficient in Pi with phytase	522.0 ^b	763.5	1.46 ^b	3090 ^b	49.1	57.4
MSE*	2.41	12.4	0.02	24.92	0.51	0.73
<i>Source of variation</i>	<i>Probability</i>					
Pi level	0.01	0.28	0.20	0.96	0.65	0.25
Addition of phytase	0.01	0.70	0.04	0.05	0.54	0.78
Interaction of Pi with phytase	0.04	0.53	0.86	0.57	0.78	0.24

^{a,b,c} Values with different letter are statistically different.

*MSE: Mean standard error

the levels of phosphorous both by the addition of phytase and the interaction of Pi level and phytase.

Discussion

Results of weight gain and feed conversion in broilers fed with diets low in Pi (0.40%) complemented with phytase were comparable to those of broilers fed with normal levels of Pi (0.50%). These results are similar to those found by some authors in broilers fed with Pi-deficient diets complemented with microbial phytase, which had a similar or better effect than the normal diets.^{2,5,6,10-12,17} The greater weight and better feed conversion observed in the broilers fed with phytase-enriched diets was due to improvement of energy availability by phytase.^{3,10}

Broilers that received diets complemented with phytase had significantly higher values ($P < 0.05$) of apparent metabolizable energy (AME), on average 3.5%, when compared to diets with no phytase added. These results agree with those of other studies where it is reported that phytase increases the release of AME in the diet.^{1,6,7,10} Lan *et al.*⁶ recorded an increase of 4.2% in AME in relation to the control diet, from 3 177 to 3 313 kcal/kg. Furthermore, Silversided *et al.*⁷ found an increase of 3.49% when comparing a control diet with one with added phytase, from 3 150 to 3 260 kcal/kg of AME. This increase in AME is due to hydrolyzation of the phytate union with starch by phytase,

Los resultados para la EMA indicaron que la fitasa incrementó ($P < 0.051$) el valor energético en 4.8% y 2.7%, respectivamente, en las dietas con niveles normales y deficientes en Pi, respecto de las dietas que no se complementaron con fitasa.

El contenido de cenizas y el de calcio en tibias fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos, sin que se observara efecto alguno por la adición de fitasa ni por la disminución de Pi en la dieta.

Los coeficientes de digestibilidad aparente ileal de PC, AA esenciales y no esenciales a los 19 días, se encuentran en los Cuadros 4 y 5. Se observan resultados similares en las variables entre los factores; el análisis estadístico de éstas no indicó diferencia ($P > 0.05$) entre nivel de fósforo, ni por el empleo de fitasa ni por la interacción nivel de Pi $\times$ fitasa.

Discusión

Los resultados en ganancia de peso y conversión alimentaria en pollos alimentados con dietas bajas en Pi (0.40%) complementadas con fitasa, fueron comparables con los de pollos alimentados con niveles normales de Pi (0.50%). Estos resultados son similares a los que algunos investigadores han encontrado en pollos alimentados con dietas deficientes en Pi y complementadas con fitasa microbiana, que tuvieron efecto similar o mejor que las dietas normales.^{2,5,6,10-12,17} El mayor peso y mejor conversión alimentaria observa-

Cuadro 4

COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD ILEAL APARENTE (%) DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES EN POLLOS DE ENGORDA A LOS 19 DÍAS DE EDAD.

COEFFICIENTS OF ILEAL APPARENT DIGESTIBILITY (%) OF ESSENTIAL AMINO ACIDS IN BROILERS AT 19 DAYS OF AGE

Diet	PC	Met	Met + Cyst	Lys	Thre	Arg	Ile	Leu	Val	Hist	Phenyl
Control without phytase	79.8	90.8	82.4	91.8	76.3	89.3	80.2	80.6	76.7	85.7	84.7
Control with phytase	80.5	89.9	80.8	90.7	75.1	89.2	80.5	80.2	76.7	85.7	84.6
Pi deficient without phytase	80.7	88.2	78.2	88.5	74.6	89.2	78.9	79.1	76.9	85.1	85.0
Pi deficient with phytase	80.7	91.5	81.2	91.1	75.3	89.5	81.2	80.7	76.2	85.7	84.7
MSE*	0.24	0.66	0.58	0.66	0.29	0.18	0.85	0.30	0.18	0.30	0.25
Source of variation	Probability										
Pi level	0.65	0.73	0.13	0.28	0.23	0.81	0.86	0.57	0.66	0.60	0.73
Addition of phytase	0.55	0.61	0.56	0.57	0.62	0.74	0.53	0.65	0.63	0.65	0.66
Interaction of Pi $\times$ phytase	0.55	0.13	0.07	0.18	0.12	0.58	0.59	0.13	0.27	0.68	0.78

*MSE: Mean standard error.

Cuadro 5
COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD ILEAL APARENTE (%) DE AMINOÁCIDOS
NO ESENCIALES EN POLLOS DE ENGORDA A LOS 19 DÍAS DE EDAD

COEFFICIENTS OF ILEAL APPARENT DIGESTIBILITY (%) OF NON-ESSENTIAL
AMINO ACIDS IN BROILERS AT 19 DAYS OF AGE

<i>Diet</i>	<i>Gly</i>	<i>Ser</i>	<i>Pro</i>	<i>Ala</i>	<i>Asp</i>	<i>Glu</i>
Control without phytase	68.9	73.2	70.8	68.6	77.7	79.4
Control with phytase	68.4	70.8	70.2	69.0	76.1	79.3
Pi deficient without phytase	68.3	71.2	70.3	68.1	76.1	79.4
Pi deficient with phytase	68.5	71.0	69.8	69.5	76.6	79.8
MSE*	0.42	0.50	0.35	0.39	0.44	0.40
<i>Source of variation</i>	<i>Probability</i>					
Pi level	0.76	0.59	0.52	0.95	0.56	0.79
Addition of phytase	0.86	0.21	0.52	0.24	0.54	0.81
Interaction Pi x phytase	0.72	0.31	0.89	0.57	0.23	0.75

*MSE: Mean standard error

which in turn explains the greater growth and better feed conversion found in broilers fed with phytase.

Apparent ileal digestibility of protein and amino acids in broilers fed with phytase did not improve ($P < 0.05$) with the addition of phytase, and this is in agreement with several other studies.^{18,19} But these results differ from what other authors have recorded, who have obtained a greater digestibility of protein and amino acids when the broilers are fed with phytase. Rutherford *et al.*³ observed a 2.0% average increase ($P < 0.05$) of digestibility of some amino acids in broilers fed with phytase (500 FTU/kg) when compared to those without added phytase, among them methionine (91.6% vs 89.5%), lysine (87.7% vs 84.5%), threonine (78.1% vs 72.9%), arginine (89% vs 87%) and tryptophan (84.4% vs 82.3%). Silversides *et al.*⁷ found a greater digestibility of lysine, leucine, isoleucine, phenylalanine, and glutamic acid in broilers fed with diets low in Pi complemented with 1 000 FTU/kg of phytase. These studies demonstrate that the addition of phytase to the diet, apart from releasing phosphorous, also releases amino acids that are joined to the phytate. Other researchers have recorded results with significant differences only on some amino acids^{1,9,12} and in other studies no effects have been found on digestibility when adding phytase.¹⁰

In some studies, the use of phytase in the diets for broilers improved the availability of Ca and Pi, which in turn increased the amount of ash in tibias.^{2,5,20} Nevertheless, in the present work there was no effect ($P > 0.05$) in tibias in relation to the addition of phytase, possibly due to the fact that the diet was not deficient

dos en los pollos alimentados con dietas enriquecidas con fitasa, se debió a que la fitasa mejora la disponibilidad de la energía.^{3,10}

Los pollos que recibieron dietas complementadas con fitasa tuvieron valores ($P < 0.05$) más altos en energía metabolizable aparente (EMA), en promedio, 3.5%, al ser comparadas con los de las dietas sin fitasa. Estos resultados concuerdan con lo señalado en algunos estudios, donde se informa que la fitasa incrementa la liberación de EMA en la dieta.^{1,6,7,10} Lan *et al.*⁶ registraron incremento de 4.2% en EMA, respecto de la dieta testigo, de 3 177 a 3 313 kcal/kg; asimismo, Silversides *et al.*⁷ encontraron incremento de 3.49% de una dieta testigo, de 3 150 a 3 260 kcal/kg de EMA cuando adicionaron fitasa. Este incremento en EMA se debe a que la fitasa hidroliza la unión del fitato con almidones, lo que explica el mayor crecimiento y mejor conversión alimentaria encontrada en los pollos alimentados con fitasa.

La digestibilidad ileal aparente de la proteína y aminoácidos en pollos alimentados con fitasa no se mejoró ($P < 0.05$) con la adición de fitasa, ello concuerda con varios estudios.^{18,19} Pero estos resultados difieren de lo que otros autores registran, quienes han obtenido mayor digestibilidad de proteína y aminoácidos cuando los pollos son alimentados con fitasa. Rutherford *et al.*³ observaron un incremento promedio de 2.0% ($P < 0.05$) en la digestibilidad de algunos aminoácidos en pollos alimentados con fitasa (500 FTU/kg), respecto de las que no se adicionaron con la enzima, entre ellos, metionina (91.6% vs 89.5%), lisina (87.7% vs 84.5%), treonina (78.1% vs 72.9%),

in Pi according to the requirements determined by the NRC²¹ (0.40% vs 0.45%). These results differ from those obtained by other researches who have found a greater amount of ash in tibias of broilers fed with phytase-enriched diets.^{2,5,11,12,20}

According to the results obtained in the present work, we conclude that the addition of phytase from *Peniophora lycii* at 750 FYT/kg in initiation diets based on sorghum- soybean meal for broilers reduces the content of Pi (0.1%) as well as improves weight gain and feed conversion due to a greater release of AME.

Referencias

1. Ravindran V, Selle PH, Ravindran G, Morel PCH, Kies AK, Bryden WL. Microbial phytase improves performance, apparent metabolizable energy and ileal amino acid digestibility of broilers fed a lysine-deficient diet. *Poult Sci* 2001;80:338-344.
2. Dilger RN, Onyango EM, Sands JS, Adeola O. Evaluation of microbial phytase in broiler diets. *Poult Sci* 2004;83:962-970.
3. Rutherford SM, Cheng TK, Morel PCH, Moughan PJ. Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytate phosphorus, total phosphorus, and amino acids in a low-phosphorus diet for broilers. *Poult Sci* 2004;83:61-68.
4. Viveros A, Brenes A, Arijia I, Centeno C. Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. *Poult Sci* 2002; 81:1172-1183.
5. Shirley RB, Edwards HM. Graded levels of phytase past industry standards improves broiler performance. *Poult Sci* 2003;82:671-680.
6. Lan GQ, Abdulllah N, Jalaludin S, Ho YW. Efficacy of supplementation of a phytase-producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. *Poult Sci* 2002;81:1522-1532.
7. Silversides FG, Scott TA, Bedford MR. The effect of phytase enzyme and level on nutrient extraction by broilers. *Poult Sci* 2004;83:985-989.
8. Tamin NM, Angel R, Christman M. Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. *Poult Sci* 2004;83:1358-1367.
9. Cowieson AJ, Acamovic T, Bedford MR. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. *Br Poult Sci* 2004;45:101-108.
10. Namkung H, Leeson S. Effect of phytase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and ileal digestibility of nitrogen and amino acids in broiler chicks. *Poult Sci* 1999;78:1317-1319.
11. Yan F, Kersey JH, Waldroup PW. Phosphorus requirements of broiler chicks three to six weeks of age as influenced by phytase supplementation. *Poult Sci* 2001;80:455-459.
12. Wu YB, Ravindran V, Hendriks WH. Effects of microbial phytase, produced by solid-state ferment on the performance and nutrient utilization of broilers fed wheat-based diets. *Br Poult Sci* 2003;44:710-718.
13. Williams CH, David DJ, Lisma O. The determination of chromic oxide in feces samples by atomic absorption spectrometry. *J Agric Sci*. 1962;59:381-385.
14. Association of Official Analytic Chemists. *Official Methods of Analysis*. Washington, DC: Association of Official Analytic Chemists; 1990.
15. Leeson S, Summers JD. *Scott's Nutrition of the Chicken*. 4th ed. Guelph, Ontario Canada: University Books, 2001.
16. Gill JL. *Design and analysis of experiments in the animal and medical sciences*. Ames, Iowa: The Iowa State University Press, 1978.
17. Snow JL, Baker DH, Parsons CM. Phytase, citric acid, and 1 α -Hidroxycholecalciferol improve phytate phosphorus utilization in chicks fed a corn-soybean meal diet. *Poult Sci* 2004;83:1187-1192.
18. Onyango EM, Bedford MR, Adeola O. Efficacy of an evolved *Escherichia coli* phytase in diets of broiler chicks. *Poult Sci* 2005;84:248-255.
19. Peter CM, Baker DH. Microbial phytase does not improve protein-amino acid utilization in soybean meal fed to young chickens. *J Nutr* 2001;131:1792-1797.

20. Waldroup PW, Kersey JH, Salch EA, Fritts CA, Yan F, Stilborn HL *et al.* Nonphytate phosphorus requirement and phosphorus excretion broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn with and without microbial phytase. *Poult Sci* 2000;79:1451-1459.
21. National Research Council, Nutrient requirements of poultry, 9th ed. Washington (DC): National Academy Press of Sciences; 1994.