

Efecto de un complejo enzimático en dietas sorgo+soya sobre la digestibilidad ileal de aminoácidos, energía metabolizable y productividad en pollos

Effect of supplementing a enzyme mixture in sorghum+soybean meal diets on apparent ileal amino acid and protein digestibility, metabolizable energy, and productivity in broilers

Alma Delia Méndez Domínguez^a, Arturo Cortés Cuevas^a, Benjamín Fuente Martínez^c,
Carlos López Coello^b, Ernesto Avila González^a

RESUMEN

Se realizaron dos experimentos, para evaluar enzimas (pectinasas, beta glucanasas y hemicelulasas) en dietas para pollos, sobre la digestibilidad ileal de proteína, aminoácidos esenciales (AA), EM y comportamiento productivo. En el Exp 1, se utilizaron 240 pollitos Ross 308 de 1 a 21 días en cuatro tratamientos: 1) Dieta testigo (sorgo+soya); 2) Dieta testigo+enzimas; 3) Dieta con menor contenido de nutrientes (7 % de PC, AA y EM) y 4) Como tratamiento 3+ enzimas. En el Exp 2, se utilizaron los mismos tratamientos del Experimento 1 en dietas en iniciación y finalización. Se emplearon 480 pollos Ross 308 de 1 a 49 días. En ambos experimentos, se utilizó arreglo factorial 2x2. Un factor fueron las dietas testigo sin y con reducción de nutrientes y otro factor con y sin la adición de enzimas. En el Exp 1, la ganancia de peso se afectó ($P<0.05$) con dietas reducidas en nutrientes. Las enzimas, mejoraron el crecimiento en ambas dietas. La digestibilidad ileal de AA con enzimas mejoró (3 %) en las dietas ($P<0.05$). La EM de la dieta reducida en nutrientes incrementó 6.5% ($P<0.05$) con las enzimas. En el Exp 2, los resultados para ganancia de peso fueron con interacción dietas x enzimas ($P<0.05$), con un menor crecimiento las dietas bajas en nutrientes y con ganancia de peso similar al de la dieta testigo, con la dieta reducida en nutrientes con enzimas. Los resultados indican que la inclusión del complejo enzimático, mejora el valor nutritivo de dietas sorgo+soya para pollos, por incremento en la digestibilidad de AA y EM.

PALABRAS CLAVE: Pollos de engorda, Pasta de soya, Glucanasas, Pectinasas, Hemicelulasas, Digestibilidad ileal, Aminoácidos, Energía metabolizable, Crecimiento.

ABSTRACT

The effect of addition of a commercial enzyme mixture (pectinases, β -glucanases and hemicellulases) to sorghum+soybean meal diets on apparent ileal amino acid and protein digestibility, metabolizable energy and productive performance in broiler was evaluated with two experiments. Both experiments included four treatments: 1. Control, sorghum+soybean meal diet; 2. Control diet + enzymes; 3. Low-nutrient sorghum+soybean meal diet (7 % reduction in crude protein (CP), amino acids (AA) and metabolizable energy (ME)); and 4. Low-nutrient diet + enzymes. A completely randomized design with a 2 x 2 factorial arrangement was used in both experiments; one factor was diets (control and low-nutrient) and the other factor was addition or not of enzymes. Exp 1 included 240 Ross 308 broiler chicks in a trial from 1 to 21 d of age, and Exp 2 included 280 Ross 308 chicks in a trial from 1 to 49 d of age. At 21 d in Exp 1, weight gain was lower ($P<0.05$) in the low-nutrient diets but improved with addition of enzymes. Ileal amino acid digestibility and ME was best (3.0 % and 6.5 % respectively) in the low-nutrient diet with enzymes. At 49 d in Exp 2, weight gain was lower ($P<0.05$) in the low-nutrient diets but improved with addition of enzymes. Addition of the enzyme mixture improved the nutritional value of sorghum-soybean meal diets for broilers by increasing amino acid digestibility and metabolizable energy. This confirms the possibility of using enzymes to produce lower-cost feeds with adequate nutritional content and growth performance comparable to conventional feeds.

KEY WORDS: Broiler chickens, Soybean meal, Pectinases, α -glucanases, Hemicellulases, Ileal digestibility, Amino acids, Metabolizable energy, Performance.

Recibido el 6 de febrero de 2008. Aceptado para su publicación el 30 de julio de 2008.

^a Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F. cuevasarturo03@yahoo.com. Correspondencia al segundo autor.

^b Departamento de Producción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

^c Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma Metropolitana.

INTRODUCCIÓN

La adición de enzimas exógenas en dietas para aves se está convirtiendo en una práctica común, como complemento a las que produce su tracto gastrointestinal. Su utilización, incrementa la eficiencia en la utilización de los nutrimentos, debido a que mejoran la digestibilidad de la dieta por hidrólisis de polisacáridos no almidones; en general las propiedades antinutricionales de los polisacáridos no almidones (PNA), es que afectan la digestibilidad del almidón, proteína y la fracción lipídica de los granos y semillas oleaginosas⁽¹⁾.

Algunos estudios han demostrado que enzimas xilanasas rompen la pared celular de los granos formados por PNA, integrados por moléculas complejas que actúan como una barrera física en el tracto intestinal, lo que dificulta la acción de las enzimas endógenas⁽²⁾; lugar donde se encapsulan azúcares y aminoácidos que pueden aportar si se libera una cantidad extra de energía metabolizable y aminoácidos^(2,3).

La gran mayoría de los estudios realizados con la adición de enzimas betaglucanasas y xilanasas, han sido en dietas a base de centeno y cebada, con efectos benéficos en el comportamiento productivo y digestibilidad de aminoácidos⁽⁴⁾; otros estudios han encontrado un mejor comportamiento productivo con la adición de enzimas en dietas con triticale y trigo^(5,6). Cortes *et al*⁽⁷⁾, emplearon arabino-xilanasas en dietas convencionales maíz+soya y sorgo+soya estándar y dietas reducidas en proteína y EM para pollos de engorda, y observaron una mejora en la ganancia de peso y conversión alimenticia.

La pasta de soya, es el principal ingrediente proteico de origen vegetal utilizado en la formulación de raciones; alrededor del 25 % de la materia seca de esta pasta es fibra, compuesta por PNA; los cuales consisten en 50 a 55 % de pectina, aproximadamente 25 % de celulosa y alrededor de un 8 % de beta-glucanos. En estudios realizados, no se ha encontrado efecto a ganancia de peso y conversión al incluir beta-glucanasas en dietas maíz+soya, pero los datos indicaron aumento en

INTRODUCTION

Addition of exogenous enzymes in poultry diets as a complement to those produced in the gastrointestinal tract is becoming common practice. Use of enzymes increases nutrient utilization efficiency because it improves diet digestibility by hydrolysis of non-starch polysaccharides (NSP), which generally have antinutritional properties that affect starch, protein and lipid digestibility in grains and oil seeds⁽¹⁾. Xylanase enzymes have been reported to break the cell wall of the granules formed by NSP⁽²⁾. These granules make it more difficult for endogenous enzymes to act since they are complex molecules that act as a physical barrier in the intestine, encapsulating sugars and amino acids that, if released, could contribute extra metabolizable energy (ME) and amino acids^(2,3).

Most studies done on addition of beta-glucanase and xylanase enzymes have utilized diets based on rye and barley, with beneficial effects in productive performance and amino acid digestibility⁽⁴⁾. Studies using triticale and wheat have also produced positive results in productive performance with addition of enzymes in diets^(5,6). Cortes *et al*⁽⁷⁾, reported improved weight gain and feed conversion when adding arabine-xylanases to conventional corn+soya, standard sorghum+soya and low-protein, low-ME diets for broilers.

Soybean meal is the main vegetal protein source used in formulating feeds. Approximately 25 % of the dry matter in soybean meal is fiber consisting of NSP, and this fraction includes 50-55 % pectin, approximately 25 % cellulose and about 8 % beta-glucanes. No effect on weight gain or feed conversion has been reported with inclusion of beta-glucanases in corn+soya diets, although increases have been observed in amino acid (except lysine) digestibility and ME⁽⁸⁾. The vast majority of research on ileal amino acid and protein digestibility, ME, and productive performance with inclusion of commercial exogenous enzyme mixes have been done with corn+soya diets. In contrast, most poultry diets in Mexico are formulated using sorghum as the main energy source. The present study objective was to evaluate if addition of a

la digestibilidad de aminoácidos, excepto lisina e incremento en la energía metabolizable⁽⁸⁾. La gran mayoría de los estudios respecto a la digestibilidad ileal de aminoácidos, proteína, energía metabolizable y comportamiento productivo con la inclusión de mezclas comerciales de enzimas exógenas, se han realizado en dietas maíz+soya. De aquí el interés de este estudio, de investigar con la inclusión de este tipo de enzimas en dietas sorgo+soya; ya que gran parte de la elaboración de dietas para aves en México, se utiliza al sorgo como fuente principal de energía⁽⁹⁾.

Con estos antecedentes se planteó el presente estudio para evaluar si pollos alimentados con dietas a base de sorgo+pasta de soya adicionadas con un complejo enzimático comercial a base de pectinasas, beta-glucanasas y hemicelulasas, mejoran el valor nutritivo de la dieta y el comportamiento productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAV) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, localizado en la delegación Tláhuac, D.F. a 2,250 msnm.

Se realizaron dos experimentos con el fin de evaluar un complejo enzimático comercial (pectinasas 5000 PSV/g, β -glucanasas 50FBG/g y hemicelulasas ND) como aditivo en dietas sorgo+soya para pollos de engorda, sobre la digestibilidad ileal de la proteína (PC), aminoácidos (AA), energía metabolizable (EM) y el comportamiento productivo.

Los Experimentos 1 y 2 tuvieron cuatro tratamientos: 1) Dieta testigo (sorgo+soya); 2) Como 1 + enzimas; 3) Dieta con menor contenido de PC, AA y EM en un 7 %; 4) Como 3 + enzimas.

Experimento 1

Se utilizaron 240 pollitos mixtos de de 1 a 21 días de edad de la estirpe Ross 308. Cada tratamiento contó con cinco repeticiones de 12 pollos cada una y colocadas en pisos de jaulas en baterías Petersime, con temperatura controlada por termostato. Se

commercial enzyme complex based on pectinases, beta-glucanasas and hemicellulasas to sorghum-soybean meal diets improves diet nutritional value and broiler productive performance.

MATERIALS AND METHODS

The experiments were done at the Center for Poultry Production Teaching, Research and Extension (Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola - CEIEPAV), Faculty of Veterinary Medicine and Zootechny, Universidad Autónoma de México, Delegación Tláhuac, México City, México, located at 2,250 m asl.

To evaluate the effect of a commercial enzyme complex (5000 PSV/g pectinases; 50 FBG/g β -glucanasas; and ND hemicellulasas) as additive in sorghum+soybean meal diets for broilers, two experiments were done to determine ileal digestibility of crude protein (CP) and amino acids (AA), ME and productive performance. Each experiment involved four treatments: 1) Control diet (sorghum-soya); 2) Sorghum-soya diet + enzyme complex; 3) Low-nutrient diet (7 % less CP, AA and ME); and 4) Low-nutrient diet + enzyme complex.

Experiment 1

The experiment covered from 1 to 21 days of age and included a total of 240 Ross 308 line broilers housed in Petersime row cages under thermostat-controlled temperature. Each of the four treatments had five replicates with 12 animals each. Experimental design was random using a 2 x 2 factorial arrangement with one factor being the diets (control and low-nutrient) and the other the addition or not of enzymes. Enzyme dose was 1 g/kg soybean meal (Ronozyme VP, CT, DSM Nutritional Products de México, SA de CV).

Starting diet composition was sorghum+soya based with chrome oxide included as a marker (Table 1). Animals were given water and feed *ad libitum* throughout the experiment, and data were collected on weight gain, feed intake and feed conversion. At 19 d, 8 birds per treatment (2 per replicate) were randomly selected to obtain four samples of

utilizó un diseño al azar, con arreglo factorial 2 x 2; un factor fueron las dietas (testigo y baja en nutrientes) y el otro factor, la adición o no de enzimas. La dosis de enzimas fue de un gramo/kilogramo de pasta de soya (Ronozyme VP (CT). DSM Nutricional Products de México SA de CV).

La composición de las dietas experimentales de iniciación fueron a base de sorgo+soya, con el empleo de óxido de cromo como marcador (Cuadro 1). Las aves recibieron agua y alimento *ad libitum* durante todo el estudio. Se llevaron registros de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Para conocer la digestibilidad ileal de la proteína (PC) 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. Las aves 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.

Los aminoácidos de las muestras ileales de las digestas y de los alimentos fueron analizados excepto triptofano por cromatografía de intercambio iónico, después de una hidrólisis ácida. Para el contenido de aminoácidos azufrados se realizó una oxidación con ácido per fórmico antes de la hidrólisis ácida. El cromo en alimento y digestas ileales se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica⁽¹⁰⁾.

Para la determinación de la energía metabolizable aparente de las dietas, los últimos tres días de experimentación (17, 18 y 19), se tomaron muestras de excretas, las cuales se secaron en una estufa a 65 °C por 72 h; 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⁽¹¹⁾. Para el cálculo de la energía metabolizable aparente (EMA), corregida a cero por ciento de retención de nitrógeno, se empleó el procedimiento descrito por Leeson y Summers⁽¹²⁾.

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales en la etapa de iniciación (1 a 21 días de edad) para pollos de engorda (kg)

Table 1. Composition of experimental starting (1 to 21 days) diets for broiler chickens (kg)

Ingredients	Control	Low-nutrient (7 % CP, AA & ME)
Sorghum (9.0 % CP)	571.38	616.64
Soybean meal (47.59 % CP)	354.08	322.85
Vegetable oil	29.43	14.79
Calcium phosphate	18.60	18.69
Calcium carbonate	15.39	15.46
Salt	4.40	4.40
DL-methionine	2.40	2.35
Vitamins* and minerals**	2.50	2.50
L-lysine HCL	0.17	0.37
Choline chloride 60%	1.00	1.00
Cocciostat	0.50	0.50
Bacitracine BMD	0.30	0.30
Antioxidant	0.15	0.15
Total	1000.0	1000.0
Calculated analysis (%)		
Protein	22.00	20.90
ME, kcal/kg	3000	2790
Total calcium	1.00	1.00
Available phosphorous	0.50	0.50
Lysine	1.20	1.12
Threonine	0.87	0.81
Meth + cyst	0.93	0.86

*Each kilogram provides: 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, 0.060 g; Pyridoxine, 3.0 g; Calcium pantothenate, 13.0 g; Niacin, 25 g; Biotin, 0.063 g; Choline chloride, 250 g.

** Each kilogram provides: Selenium, 0.2 g; Cobalt, 0.1 g; Iodine, 0.3 g; Copper, 10 g; Zinc, 50 g; Iron, 100 g; Manganese, 100 g; vehicle sufficient for, 1000 g.

0.02% Cr₂O₃ was added to the diets as a marker.

ileal digesta from every two birds to determine ileal digestibility of crude protein (CP) and amino acids (AA). The birds were killed by cervical dislocation and immediately dissected in the ileum region, between the Meckel's diverticulum and the ileocecal joint. Both extremes were tied off with cotton tape and a then a cut made at one end to empty the ileum contents into a plastic bag, carefully applying pressure to ensure that all contents were

Los coeficientes de digestibilidad aparente ileal de proteína cruda (PC) y aminoácidos (AA) se estimaron usando 0.2 % de óxido de cromo (Cr_2O_3), como un marcador indigestible. A continuación se muestra la fórmula que se usó para calcular los coeficientes de digestibilidad⁽¹³⁾:

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

Donde: AD_{AA} = digestibilidad aparente de AA individual (porcentaje); $[AA]_{\text{digesta}}$ = concentración de AA en la digesta; $[AA]_{\text{dieta}}$ = concentración de AA en la dieta; $[Cr]_{\text{digesta}}$ = concentración de óxido de cromo en la digesta; $[Cr]_{\text{dieta}}$ = concentración de óxido de cromo en la dieta.

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 hizo mediante la prueba de Tukey⁽¹⁴⁾.

Experimento 2

Se emplearon 480 pollos de 1 a 49 días de edad de la estirpe Ross 308. Los pollos se alojaron en una caseta de ambiente natural con corrales con piso de cemento y cama de paja de trigo. Cada tratamiento contó con cinco repeticiones de 24 pollos cada una. Se utilizó un diseño al azar, con arreglo factorial 2 x 2; un factor fueron las dietas (testigo y baja en nutrientes) y el otro factor, la adición o no de enzimas, las cuales se dosificaron a razón de un gramo/kilogramo de pasta de soya.

La composición de las dietas experimentales fueron a base de sorgo+soya, en dos etapas de alimentación (Cuadro 1) iniciación de 1 a 21 días de edad sin marcador y finalización de 22 a 49 días de edad como se muestra en el Cuadro 2. A Las aves se les proporcionó agua y alimento *ad libitum* durante todo el experimento. Se llevaron registros de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. A los datos obtenidos se les hizo un análisis de varianza (ANOVA) conforme

removed. Ileum contents samples were lyophilized after collection.

Amino acid contents (except tryptophan) in the feed and ileal digesta samples were analyzed by ionic exchange chromatography after acid hydrolysis. For sulphur amino acids determination, samples were oxidized with performic acid before hydrolysis. Chrome content in the feed and ileal digesta samples was analyzed with atomic absorption spectrophotometry⁽¹⁰⁾.

Apparent metabolizable energy (AME) in the diets was determined during the final three days of the experiment (d 17, 18 and 19). Feces samples were taken and dried in a stove at 65 °C for 72 h. Gross energy of the feces samples and diet samples was analyzed using a Parr electromagnetic pump, and nitrogen content determined following the Kjeldahl procedure⁽¹¹⁾. The procedure described by Leeson and Summers⁽¹²⁾ was used to calculate AME, corrected to 0 percent nitrogen retention.

Apparent ileal digestibility coefficients for CP and AA were estimated using 0.2 % chrome oxide (Cr_2O_3) as an indigestible marker, and were calculated using the formula⁽¹³⁾:

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

Where: AD_{AA} = individual apparent AA digestibility (percentage); $[AA]_{\text{digesta}}$ = digesta AA concentration; $[AA]_{\text{diet}}$ = diet AA concentration; $[Cr]_{\text{digesta}}$ = digesta Cr_2O_3 concentration; $[Cr]_{\text{diet}}$ = diet Cr_2O_3 concentration.

Analysis of productive performance; apparent ileal digestibility for CP, essential and non-essential AA; AME; and tibia ash and calcium data were done following the experimental design. Treatment means were compared with a Tukey test⁽¹⁴⁾.

Experiment 2

The experiment covered from 1 to 49 d of age and included a total of 480 Ross 308 line broilers in cement floor sheds with wheat straw bedding and

al diseño experimental empleado. La comparación de medias entre tratamientos se hizo mediante la prueba de Tukey⁽¹⁴⁾.

RESULTADOS

En el Exp 1, los resultados de los efectos mayores del arreglo factorial para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia a los 21 días

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales para la etapa de finalización (22 a 49 días de edad) para pollos de engorda (kg)

Table 2. Composition of experimental finishing (22 to 49 days) diets for broiler chickens (kg)

Ingredients	Control	Low-nutrient (7 % CP, AA & ME)
Sorghum (9.0 % CP)	609.60	649.10
Soybean meal (47.59 % CP)	304.70	277.78
Vegetable oil	40.00	27.31
Calcium phosphate	16.45	16.53
Calcium carbonate	13.97	14.03
Salt	3.89	3.90
DL-methionine	1.82	1.77
Vitamins* and minerals**	2.50	2.50
L-lysine HCL	0.80	0.80
Choline chloride 60%	0.50	0.50
Coccidiostat	0.30	0.30
Bacitracine BMD	0.15	0.15
Yellow coloring	5.33	5.33
Total	1000.00	1000.0
Nutrient	Calculated analysis (%)	
Protein	20.00	19.06
ME (kcal/kg)	3100	2883
Total calcium	0.90	0.90
Available phosphorous	0.45	0.45
Lysine	1.05	0.97
Threonine	0.79	0.73
Meth + cyst	0.82	0.76

*Each kilogram provides: 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, 0.060 g; Pyridoxine, 3.0 g; Calcium pantothenate, 13.0 g; Niacin, 25 g; Biotin, 0.063 g; Choline chloride, 250 g.

** Each kilogram provides: Selenium, 0.2 g; Cobalt, 0.1 g; Iodine, 0.3 g; Copper, 10 g; Zinc, 50 g; Iron, 100 g; Manganese, 100 g; vehicle sufficient for, 1000 g.

0.02% Cr₂O₃ was added to the diets as a marker.

an open-air environment. Each of the four treatments consisted of five replicates with 24 birds each. Experimental design was random with a 2 x 2 factorial arrangement: one factor was diets (control and low-nutrient); and the other factor addition or no of enzymes (1 g/kg soybean meal).

Diet composition was sorghum+soya based and formulated as starting, for 1 to 21 days without a marker (Table 1), and finishing, for 22 to 49 d (Table 2). Birds were given water and feed *ad libitum* during the experiment, and data collected on weight gain, feed intake and feed conversion. Data were subjected to an analysis of variance (ANOVA) according to the experimental design, and the means between treatments compared with a Tukey test⁽¹⁴⁾.

RESULTS

In Exp 1, weight gain was significantly ($P < 0.05$) affected by diet, with higher growth in the control treatment, and by the enzymes, with comparatively higher weight gain in the treatments with enzymes (Table 3). No difference was observed between treatments in terms of feed intake, although feed conversion was significantly ($P < 0.05$) lower in the low-nutrient diets, with no effect from the enzymes.

Protein digestibility was not significantly ($P > 0.05$) affected by diet or enzymes (Table 4). In contrast, ME was significantly ($P < 0.05$) affected by diet, with lower values in the low-nutrient diets, but ME values increased most ($P < 0.05$) in the low-nutrient diet with enzymes (approx. 6.5 %). An interaction effect was observed between diet x enzymes (3023, 3077, 2848 and 3034 kcal de EM/kg).

Of the essential amino acids, only methionine was significantly ($P < 0.05$) effected by the diet factor, whereas the enzymes factor significantly ($P < 0.05$) increased (approx. 3 %) the digestibility of methionine, methionine+cystein, threonine, leucine, valine, phenylalanine and isoleucine (Table 5).

In Exp 2, weight gain was lower ($P < 0.05$) in the low-nutrient treatment (6.97 %) than in the control

Cuadro 3. Resultados promedio obtenidos en 21 días de experimentación en pollos de engorda alimentados con y sin enzimas (Exp 1)

Table 3. Average weight gain, feed intake and feed conversion results using normal and low-nutrient diets with and without added enzymes in a 21-day trial with broilers (Exp 1)

	Weight gain (g)	Feed intake (g)	Feed conversion
Diet:			
Normal	530 ^b	824 ^a	1.56 ^b
Low-nutrient	480 ^a	800 ^a	1.67 ^a
Enzymes:			
Without	489 ^a	806 ^a	1.65 ^a
With	520 ^b	819 ^a	1.58 ^a
Factor:	Source of variation		
Diet	0.0032	0.6700	0.0061
Enzymes	0.0300	0.1326	0.0597
Diets x enzymes	0.6696	0.9619	0.7823

^{a,b} Values in the same column with different letters are different ($P < 0.05$).

de edad se pueden apreciar en el Cuadro 3. Los resultados para ganancia de peso indicaron que existió efecto ($P < 0.05$) al factor dieta, notándose un mayor crecimiento en los pollos que recibieron las dietas testigo, y también se puede apreciar que hubo efecto ($P < 0.05$) al factor enzimas, con mayor ganancia de peso en las aves que consumieron dietas con enzimas. Para consumo de alimento, no se encontró diferencia significativa entre factores, sin embargo, se presentó una peor conversión alimenticia ($P < 0.05$) en las aves que recibieron las dietas reducidas en nutrientes (7 % de PC, AA EM), sin existir efecto al factor enzimas.

Los resultados de la digestibilidad de la proteína y EM se pueden observar en el Cuadro 4. Se puede ver como en el porcentaje de digestibilidad de proteína no existió efecto ($P > 0.05$) al factor dieta, ni al factor enzimas. Los valores de EM de las dietas mostraron diferencia ($P < 0.05$) al factor dieta, con valores más bajos en las dietas bajas en nutrientes; existió efecto de interacción (3023, 3077, 2848 y 3034 kcal de EM/kg) para dieta x enzimas; el incremento en los valores de EM fue mayor

Cuadro 4. Resultados de porcentaje de digestibilidad de la proteína y energía metabolizable en pollos de engorda alimentados con y sin enzimas (Exp 1)

Table 4. Protein digestibility (%) and metabolizable energy (ME) results using normal and low-nutrient diets with and without added enzymes in a 21-d trial with broilers (Exp 1)

	Protein (%)	ME (kcal/kg)
Diet:		
Normal	79 ^a	3050 ^a
Low-nutrient	80 ^a	2940 ^b
Enzymes:		
Without	78 ^a	2935 ^a
With	81 ^a	3055 ^b
Factor	Source of variation	
Diet	0.592	0.001
Enzymes	0.090	0.001
Diets x enzymes	0.304	0.006

^{a,b} Values in the same column with different letters are different ($P < 0.05$).

(Table 6). There was a significant ($P < 0.05$) protein x enzymes interaction, with greater weight gain (3030, 3050, 2704 and 2951 g) in birds fed the low-nutrient diet containing enzymes. Feed intake exhibited no interaction ($P < 0.05$) with the lower intake in treatments 2 and 3. Feed conversion improved ($P < 0.05$) in treatments with high nutrient content, although addition of enzymes had no effect.

DISCUSSION

The enzyme-supplemented diets in Exp 1 improved the productive parameters of broilers at 21 d of age. This increase in weight gain and feed conversion was due to these diets' higher nutritional content. These results partially corroborate previous reports of increased ME (63 kcal/kg) with addition of xylanases, alpha-amylases and beta-glucanases in corn+soya diets⁽⁸⁾. With enzyme supplement, protein digestibility increased 3 %, but without significant differences, probably due to the small number of replicates used here. Enzyme supplementation also aided essential amino acid

Cuadro 5. Porcentajes de digestibilidad ileal de aminoácidos en pollos de engorda a los 21 días de edad (Exp 1)

Table 5. Ileal amino acid digestibility (%) using normal and low-nutrient diets with and without added enzymes in a 21-day trial with broilers (Exp 1)

	Amino acids							
	METH	LYS	METH+CYST	THRE	LEU	VAL	PHEN	ISO
Diet:								
Normal	83 ^b	88 ^a	77 ^a	67 ^a	77 ^a	71 ^a	68 ^a	70 ^a
Low-nutrient	86 ^a	88 ^a	79 ^a	66 ^a	78 ^a	70 ^a	68 ^a	70 ^a
Enzymes:								
Without	83 ^a	87 ^a	76 ^a	64 ^a	75 ^a	69 ^a	66 ^a	69 ^a
With	86 ^b	89 ^a	79 ^b	67 ^b	79 ^b	71 ^b	70 ^b	71 ^a
Factor:	Source of variation							
Diet	0.008	0.788	0.100	0.229	0.396	0.754	0.599	0.830
Enzymes	0.003	0.123	0.013	0.025	0.007	0.033	0.008	0.051
Diets x enzymes	0.461	0.034	0.008	0.001	0.041	0.002	0.055	0.016

a,b Values in the same column with different letters are different ($P < 0.05$).

($P < 0.05$) en la dieta con reducción en nutrientes que fue adicionada con enzimas (6.5 % aproximadamente).

En el Cuadro 5, se pueden observar los datos de los efectos mayores del arreglo factorial y el análisis estadístico de la digestibilidad ileal de aminoácidos esenciales (metionina, lisina, metionina+cistina, treonina, leucina, valina, fenilalanina e isoleucina). Los resultados indicaron que sólo en el caso de metionina hubo efecto ($P < 0.05$) al factor dieta. Para el factor enzimas, se encontró diferencia ($P < 0.05$) en los aminoácidos metionina, metionina+cistina, treonina, leucina, valina, fenilalanina e isoleucina con mayor digestibilidad (3 % aproximadamente) en las dietas que contenían enzimas.

En el Exp 2, los resultados de los efectos mayores del arreglo factorial en 49 días de edad para ganancia de peso consumo de alimento y conversión alimenticia se muestran en el Cuadro 6. Hubo una menor ganancia de peso (6.97 %), en los pollos que recibieron las dietas bajas en nutrientes (7 % de PC, AA y EM) respecto a las aves que recibieron las dietas testigo ($P < 0.05$). Por otro lado existió interacción proteína x enzimas ($P < 0.05$), con una mayor ganancia de peso (3030, 3050, 2704 y 2951 g) en las aves que consumieron la dieta baja

digestibilidad. The exceptions were lysine and isoleucine, which, for the former, coincides with reports of no effect on lysine digestibility with enzyme supplementation⁽⁸⁾.

Addition of xylanases, beta-glucanases and pectinases to corn-soya-canola paste and corn-soya-flax seed diets has been reported to improve feed conversion, NSP digestibility and AME in broilers^(15,16). Different mechanisms have been proposed to explain the effects of enzyme addition to diets. Since the mere presence of NSP in the cell walls restricts endogenous enzyme access to the nutrients in the endosperm, the most accepted mechanism is a reduction in jejunal digesta viscosity⁽¹⁷⁾. This is based on the fact that the presence of NSP in the intestinal lumen limits endogenous digestive enzyme action, and addition of a mixture of beta-glucanase, pectinases and hemicellulase fractions would break cell walls, provide for greater degradation of starches and proteins and thus increase ME and amino acid digestibility⁽¹⁸⁾.

The weight gain and feed conversion parameters evaluated in Exp 2 were negatively affected in the low-nutrient diets, which agrees with previous reports^(7,19). Addition of enzymes improved weight gain and feed conversion in both experiments which

en nutrientes tratada con enzimas. Para consumo de alimento no existió interacción ($P > 0.05$) con menor consumo (5801, 5569, 5563 y 5755 g) en los tratamientos 2 y 3. Finalmente se notó una mejoría significativa ($P < 0.05$) en la conversión alimenticia cuando los pollos fueron alimentados con las dietas altas en nutrientes; sin embargo, no hubo efecto a la adición de enzimas.

DISCUSIÓN

En el Exp 1, las dietas suplementadas con enzimas mejoraron los parámetros productivos en los pollos a los 21 días de edad. Este incremento en la ganancia de peso y conversión alimenticia, se debió al mejor valor nutritivo de las dietas. Esto corrobora en parte a lo encontrado por otros investigadores, quienes han adicionado xilanasas, alfa amilasas y beta-glucanasas en dietas maíz-soya y observaron un aumento en la EM (63 kcal/kg)⁽⁸⁾. En el caso de la digestibilidad de la proteína de la dieta, numéricamente hubo un incremento de 3 % al adicionar enzimas, pero probablemente debido al reducido número de réplicas utilizadas en el análisis, no se detectaron diferencias significativas. Se tuvo efecto benéfico a la adición de enzimas, para los aminoácidos esenciales excepto lisina e isoleucina. En un estudio publicado, no encontraron efecto en la digestibilidad de lisina con adición de enzimas⁽⁸⁾.

Otros estudios, indican que la adición de xilanasas, betaglucanasas y pectinasas en dietas maíz-soya-pasta de canola y maíz-soya-semilla de linaza para pollos en crecimiento mejoraron la conversión alimenticia, la digestibilidad de polisacáridos no almidones y la energía metabolizable aparente^(15,16).

Diferentes mecanismos, han sido propuestos para explicar los efectos observados con la adición de enzimas en las dietas; la simple presencia de PNA en las paredes celulares restringe el acceso de las enzimas endógenas a los nutrientes que se encuentran en el endospermo. El mecanismo más aceptado es la reducción de la viscosidad de la digesta yeyunal⁽¹⁷⁾, esto puede ser explicado ya que la presencia de PNA en el lumen intestinal limita la acción de las enzimas digestivas endógenas, por lo que al incluir en la dieta una mezcla de

Cuadro 6. Resultados de parámetros productivos en 49 días de experimentación en pollos de engorda alimentados con y sin enzimas (Exp 2)

Table 6. Average weight gain, feed intake and feed conversion results using normal and low-nutrient diets with and without added enzymes in a 49-day trial with broilers (Exp 2)

	Weight gain (g)	Feed intake (g)	Feed conversion
Diet:			
Normal	3040 ^a	5685 ^a	1.887 ^b
Low-nutrient	2828 ^b	5659 ^a	1.990 ^a
Enzymes:			
Without	2867 ^a	5682 ^a	1.962 ^a
With	3000 ^b	5662 ^a	1.914 ^a
Factor: Source of variation			
Diet	0.000	0.765	0.012
Enzymes	0.009	0.819	0.210
Diets x enzymes	0.021	0.026	0.823

^{a,b} Values in the same column with different letters are different ($P < 0.05$).

may be explained by the positive effect of enzymes on the intestinal lumen viscosity produced by NSP. This viscosity reduces amino acid and energy digestibility, and can thus lower weight gain and feed conversion in broilers⁽²⁰⁾. Glucanase supplementation of corn-soy based diets has been reported to increase ME⁽²¹⁾, although in a study of broilers from 1-14 d of age the inclusion of glucanases and xylanases in corn-soya-sunflower diets had no positive effect on lysine digestibility⁽²²⁾.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

The present results highlight that addition of an enzyme supplement can improve feed quality and can lower the maximum limits indicated for certain feed raw materials by reducing the antinutritional properties of NSP's in these inputs. They also support the claim that addition of enzymes can aid in production of more nutritional feeds at a lower cost and with comparable animal yield⁽²³⁾, since growth performance remained satisfactory in the low-nutrient treatment with enzymes. Inclusion of the enzymatic complex containing beta-glucanases,

enzimas beta-glucanasas, pectinasas y fracciones de hemicelulasas, rompen las paredes celulares, y con esto se degradan en mayor los almidones y proteínas lo que incrementa la digestibilidad de EM y aminoácidos⁽¹⁸⁾.

En el Exp 2, los parámetros evaluados ganancia de peso y conversión alimenticia fueron afectados en las aves que consumieron dietas bajas en nutrientes, efecto que ha sido encontrado por otros autores^(7,19). La suplementación del complejo enzimático mejoró la ganancia de peso y conversión de las aves alimentadas con las dietas sorgo-soya en ambos experimentos. Este efecto es explicado por algunos autores, quienes indican que la viscosidad en el lumen intestinal producida por los PNA, disminuyen la digestibilidad de aminoácidos y la energía, razón por la cual obtuvieron una menor ganancia de peso y conversión alimenticia en los pollos⁽²⁰⁾. Otros estudios indican que la adición de glucanasas en dietas a base de maíz-soya incrementan la EM⁽²¹⁾. Sin embargo, otra investigación reporta que la inclusión de glucanasas y xilanasas en dietas maíz-soya-girasol para pollos de 1 a 14 días de edad no tuvieron efecto benéfico en la digestibilidad de lisina⁽²²⁾.

La información de este estudio indica que en la práctica, se puede mejorar la calidad del alimento con la adición del complejo enzimático. Además, se pueden suprimir los límites máximos fijados para la utilización de ciertas materias primas en el alimento, ya que las enzimas permiten reducir las propiedades antinutricionales de los PNA contenidos en dichos ingredientes. La inclusión de enzimas permite conseguir alimentos más nutritivos con menor costo y obtener resultados igualmente positivos en el rendimiento de los animales⁽²³⁾ como se observó en ambos experimentos, al reducir los nutrientes de las dietas.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

De los resultados obtenidos, se puede inferir que la inclusión del complejo enzimático a base de beta-glucanasas, pectinasas y hemicelulasas disminuye los efectos antinutritivos de los polisacáridos no almidones contenidos en la pasta

pectinases and hemicellulases decreased the antinutritional effects of the non-starch polysaccharides in the soybean meal. It is therefore a viable option for improving the nutritional value of sorghum+soya diets for broilers by increasing amino acid and energy digestibility.

End of english version

de soya. Por lo que es una alternativa para mejorar el valor nutritivo de dietas sorgo+soya para pollos de engorda, mediante un incremento en la digestibilidad de aminoácidos y energía.

LITERATURA CITADA

1. Choct M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. *World's Poult Sci J* 2006;62:1-12.
2. Bedford MR, Patridge GG. Enzymes in farm animal nutrition. 1st ed., New York, USA: Cabi Publish; 2001.
3. Bedford RM. Exogenous enzymes in monogastric-nutrition their current value and future benefits. *Anim Feed Sci Technol* 2000;86:1-13.
4. Danicke SSO, Jeroch H. Effects of supplementation of xylanase or α -glucanase containing enzyme preparation to either rye or barley based diets on performance and nutrient digestibility. *Archiv Fur Geflugelkunde* 1999;63:252-259.
5. Petterson D, Aman P. Effects of enzyme supplementation of diets based on wheat, rye or triticale on their productive value for broiler chickens. *Anim Feed Sci Technol* 1988;20:313-324.
6. Petterson D, Aman P. Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. *British J Nut* 1989;62:139-149.
7. Cortes CA, Aguila SR, Avila GE. La utilización de enzimas como aditivos en dietas para pollos de engorda. *Vet Mex* 2002;33:1-9.
8. Rutherford SM, Chung TK, Moughan PJ. The effect of a commercial enzyme preparation on apparent metabolizable energy, the true ileal amino acid digestibility, and endogenous ileal lysine losses in broiler chickens. *Poult Sci* 2007;86:665-672.
9. Cuca GM, Avila GE, Pro MA. Alimentación de la aves. 4ta ed. Montecillos, Estado de México: Universidad Autonoma Chapingo; 1996.
10. 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.
11. Association of Official Analytic Chemists. Official Methods of Analysis. Washintong DC: Association of Official Analytic Chemists; 1990.
12. Leeson S, Summers JD. Scott's Nutrition of the chicken. 4th ed. Guelph, Ontario Canada: University Books; 2001.

EFEECTO DE UN COMPLEJO ENZIMÁTICO COMERCIAL EN POLLOS DE ENGORDA

13. 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.
14. Gill JL. Design and analysis of experiments in the animal and medical sciences. Ames, Iowa: The Iowa State University Press; 1978.
15. Meng X, Slominsky BA, Campbell LD, Guenter W, Jones O. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full-fat oilseeds Part I: canola seed. *Poult Sci* 2006;85:1025-1030.
16. Slominsky BA, Meng X, Campbell LD, Guenter W, Jones O. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full-fat oilseeds Part I: Flaxseed. *Poult Sci* 2006;85:1031-1037.
17. Choct M. The effect of different xylanases on carbohydrate digestion and viscosity along the intestinal tract in broilers. *Aust Poult Sci Symp* 1998;10:111-115.
18. Bedford RM. Exogenous enzymes in monogastric nutrition their current value and future benefits. *Anim Feed Sci Technol* 2000;86:1-13.
19. Bedford RM, Morgan AJ. The use of enzymes in poultry diets. *Wild Poult Sci J* 1996;52:61-68.
20. Kocher A, Choct M, Porter MD, Bro J. The effects of enzyme addition to broiler diets containing high concentrations of canola or sunflower meal. *Poult Sci* 2000;79:1767-1774.
21. Leslie MA, Moran Jr. ET, Bedford MR. The effect of phytase and glucanase on the ileal digestible energy of corn and soybean meal fed to broilers. *Poult Sci* 2007;86:2350-2357.
22. Mushtaq T, Sarwar M, Ahmad G, Nisa MU, Jamil A. The influence of exogenous multienzyme preparation and graded levels of digestible lysine in sunflower meal based diets on the performance of young broiler chicks two weeks posthatching. *Poult Sci* 2006;85:2180-2185.
23. Pack M, Bedford MR. Best-cost approach optimizes enzyme addition. *Feed Technol* 1998;2:29-31.

