

# Biodisponibilidad de lisina para el pollo en crecimiento de cuatro harinas de subproductos avícolas

## Lysine bioavailability in broiler starting diets containing poultry by-product meals

Arturo Cortes Cuevas<sup>a</sup>, Carlos Martínez Amezcuab, Ernesto Avila González<sup>a</sup>

### RESUMEN

Para conocer la biodisponibilidad de lisina para el pollo de cuatro lotes de harinas de subproductos avícolas (HSA) mexicanas, se realizaron dos experimentos. En el Exp 1, se emplearon 168 pollitos de 1 a 21 días de edad y en el Exp 2, 210 pollitos de 7 a 21 días; en ambos experimentos las aves se distribuyeron completamente al azar en siete tratamientos con tres repeticiones cada uno. Los tratamientos fueron: 1) dieta basal sorgo-soya-ajonjolí (deficiente en lisina), 2) dieta basal + 0.05% de L-lisina, 3) dieta basal+0.10% de L-lisina, 4) dieta basal+0.05% de lisina a partir de HSA A o B, 5) dieta basal+0.10% de lisina a partir de HSA A o B, 6) dieta basal+0.05% de lisina a partir de HSA C o D y 7) dieta basal+0.10% de lisina a partir de HSA C o D. Los resultados del crecimiento se explicaron por la ecuación de regresión lineal múltiple de:  $Y=265.074+0.04288X_1+0.0417X_2+0.04085X_3$ ; en donde  $X_1$  fue L-lisina,  $X_2$  la HSA A y  $X_3$  la HSA C (Exp 1) y del Exp 2 por  $Y=129.131+0.06764X_1+0.06437X_2+0.06614X_3$ ; en donde  $X_1$  fue L-lisina,  $X_2$  la HSA B y  $X_3$  la HSA D. Al comparar las pendientes de las HSA, con la de L-lisina considerada como 100 %, se obtuvieron biodisponibilidades de la HSA A de 97.2 %, C de 95.2 %, B de 95.2 % y D de 97.8 %. En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que la calidad proteica de los cuatro lotes de harinas evaluadas, resultaron similares y de buena calidad.

**PALABRAS CLAVE:** Harinas, Subproductos avícolas, Pollo, Biodisponibilidad lisina, Parámetros productivos.

### ABSTRACT

Poultry by-product meals (PBM) are potential protein and lysine sources in broiler chicken starting diets. Using two experiments, lysine bioavailability was evaluated in four samples of PBM (A, B, C, and D) from a major poultry producer in Mexico. In Exp 1, 168 Ross strain broilers (1 to 21 d of age) were used and in Exp 2, 210 Ross strain broilers were used (7 to 21 d of age). In both experiments, chicks were distributed randomly in seven treatments with three replicates each. Treatments were 1) sorghum-soybean meal-sesame meal basal diet (lysine deficient); 2) basal diet + 0.05% L-lysine; 3) basal diet + 0.10% L-lysine; 4) basal diet + 0.05% lysine from PBM A or B; 5) basal diet + 0.10% lysine from PBM A or B; 6) basal diet + 0.05% lysine from PBM C or D; and 7) basal diet + 0.10% lysine from PBM C or D. Exp 1 growth results were explained with the multiple linear regression equation:  $Y = 265,074 + 0.04288 X_1 + 0.0417 X_2 + 0.04085 X_3$ , where  $X_1$  was L-lysine,  $X_2$  was PBM A and  $X_3$  was PBM C. Exp 2 growth results were explained by the equation:  $Y = 129,131 + 0.06764X_1 + 0.06437 X_2 + 0.06614 X_3$ , where  $X_1$  was L-lysine,  $X_2$  was PBM B and  $X_3$  was PBM D. Comparison of the PBM slopes with the L-lysine slope (i.e. 100 % bioavailability) showed them all to have >90 % lysine bioavailability: PBM A= 97.2, PBM B=95.2, PBM C= 95.2, and PBM D= 97.8 %.

**KEY WORDS:** Poultry by-products, Broilers, Bioavailability, Lysine, Growth performance.

### INTRODUCCION

La tecnología en el sacrificio de las aves, ha hecho posible producir gran variedad de subproductos

### INTRODUCTION

Advances in poultry processing technology, particularly the separation line, have made it possible

Recibido el 22 de enero de 2010. Aceptado el 31 de enero de 2011.

<sup>a</sup> Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Plan de Ayala 43, Col. La Conchita, 13360, Deleg. Tláhuac, DF. Tel: 58450029 - Fax: 58 45 15 30. cuevasarturo03@yahoo.com. Correspondencia al primer autor.

<sup>b</sup> Ajinomoto Biotatina Industria & Comercio Ltda., México.

tales como la harina de subproductos avícolas (HSA), harina de pluma y harina de sangre mediante una línea de separación durante su procesamiento<sup>(1)</sup>. El valor nutritivo de las HSA, fue establecido a inicios de los años 50s por medio de un equipo de procesamiento a alta presión empleando canales sin plumas, cabezas, vísceras y patas; las cuales son procesadas por un método de secado convencional<sup>(2)</sup>. Actualmente la composición de las HSA está compuesta por patas, cabezas y vísceras, sin la inclusión de pluma y bajas en cantidades de cenizas. Las HSA para ser consideradas de buena calidad, deberán contener de 58 a 63 % de proteína cruda, 12 a 20 % de extracto etéreo y de 18 a 20 % de cenizas. Algunos autores mencionan, que las HSA contienen de 2,775 a 3,555 kcal/kg de energía metabolizable (EM) cuando fueron determinadas en el laboratorio<sup>(3)</sup>.

La calidad de la proteína es comparable a las harinas de carne, y son fuente de proteína para la elaboración de alimentos balanceados para animales. El uso de estas harinas representa una alternativa para reducir los costos de los alimentos balanceados. Su empleo permite ahorrar espacio en la fórmula, al requerirse una menor cantidad de fósforo, calcio, pasta de soya y grasa<sup>(4,5)</sup>. Además, aportan una alta concentración de otros aminoácidos esenciales, entre ellos lisina<sup>(6)</sup> y un perfil de nutrientes similar al de la harina de pescado con alta disponibilidad<sup>(7,8)</sup>, lo que hace atractivo su empleo en alimentos<sup>(9,10)</sup>.

Para medir la biodisponibilidad de un aminoácido, se emplean pruebas de crecimiento y la técnica de la pendiente. Un solo aminoácido sintético se suplementa a varios niveles a una dieta basal deficiente en ese aminoácido, que sirve como curva estándar. El ingrediente a probar, se adiciona en uno o más niveles a la dieta basal como fuente del aminoácido a probar y el crecimiento de los pollitos que recibe del ingrediente a probar, se compara con el obtenido de los pollitos alimentados con el aminoácido cristalino<sup>(11)</sup>.

La composición y calidad de las HSA ha variado a causa de los cambios en la industria avícola, ya que en los rastros se eviscera y se eliminan las patas, cabezas, cuellos e incluso la piel, todo ello por el tipo de comercialización de la canal y el creciente mercado de diferentes piezas de la canal<sup>(9)</sup>.

to produce a wide variety of by-products such as poultry by-product meal (PBM), feather meal and blood meal<sup>(1)</sup>. In the 1950s, the nutritional value of PBM was first determined using high pressure processing equipment and a conventional drying method to process carcasses without feathers, heads, organs and feet<sup>(2)</sup>. Currently, PBM consists of feet, heads and organs without feathers and at low ash contents. To be considered high quality, PBM must contain from 58 to 63 % crude protein, 12 to 20 % ether extract and 18 to 20 % ash. Some estimates place its metabolizable energy (ME) content at 2,775 to 3,555 kcal/kg under laboratory conditions<sup>(3)</sup>.

Protein quality in PBM is comparable to meat meals, making it a viable protein source in balanced diets for animals. Their use can also reduce balanced feed cost, and lower feed formula volume since less phosphorous, calcium, soybean meal and fats are needed<sup>(4,5)</sup>. They have high concentrations of essential amino acids such as lysine<sup>(6)</sup>, and their nutrient profile is similar to high availability fish meal<sup>(7,8)</sup>, yet another desirable trait for use in animal feeds<sup>(9,10)</sup>.

Amino acid bioavailability is measured by growth trials and the slope technique. A single synthetic amino acid is supplemented in an amino acid-deficient basal diet, which functions as a standard curve. The tested ingredient is then added as an amino acid source at one or more levels to the basal diet, and growth in experimental animals (e.g. chicks) receiving the ingredient is compared to growth in those fed diets containing the crystalline amino acid<sup>(11)</sup>.

Poultry by-products meal composition and quality has varied over time due to changes in the poultry industry. Processing plants remove organs, and the feet, head, neck and even the skin in response to market demand for different body parts and the way carcasses are marketed<sup>(9)</sup>. Variation in PBM has decreased thanks to mechanization and fine-tuning of processing methods, allowing its greater use in balanced feeds<sup>(3,4)</sup>. The present study objective was to evaluate lysine bioavailability in four PBM lots produced in Mexico in broiler diets, and compare it to a feed grade L-lysine standard.

También, la variación en la calidad de las HSA, se ha reducido gracias a la tecnificación y perfeccionamiento en los procesos de elaboración, por lo que su uso en alimentos balanceados se ha incrementado<sup>(3,4)</sup>. Con estos antecedentes, se planteó el presente estudio con la finalidad de evaluar la biodisponibilidad de lisina de cuatro lotes de harinas de subproductos avícolas producidas en México, en dietas para pollos de engorda en crecimiento empleando como estándar a la L-lisina grado alimenticio.

**MATERIALES Y METODOS**

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, el cual se localiza en la delegación Tláhuac, DF a una altura de 2,250 msnm.

Se llevaron a cabo dos experimentos; en el Exp 1 se utilizaron 168 pollos de 1 a 21 días de edad de la estirpe Ross y en el Exp 2 se emplearon 210 pollos de 7 a 21 días de edad de la misma estirpe. En el Exp 1, las aves se distribuyeron en 21 lotes de ocho pollos cada uno y en el 2, en 21 lotes de 10 pollos cada uno. Se utilizaron jaulas en batería eléctricas marca Petersime con temperatura controlada por termostato, las cuales se ubican dentro de una caseta con ventilación natural. El agua y el alimento se les ofreció a libre consumo.

En ambos experimentos, los pollos se distribuyeron al azar en siete tratamientos cada uno con tres repeticiones como a continuación se describe:

- 1) dieta basal (deficiente en lisina); 2) dieta basal + 0.05% de L-lisina; 3) dieta basal + 0.10% de L-lisina; 4) dieta basal + 0.05% de lisina a partir de HSA A o B; 5) dieta basal + 0.10% de lisina a partir de HSA de A o B; 6) dieta basal+0.05% de lisina a partir de HSA de C o D; 7) dieta basal+0.10% de lisina a partir de HSA de C o D.

Las dietas basales experimentales consistieron en la suplementación de L-lisina (HCL) o harinas de subproductos avícolas producidas (A, B, C y D) de cuatro lotes, cada uno de diferente planta procesadora

**MATERIALS AND METHODS**

The study was done at the Center for Teaching, Research and Extension in Poultry Production (Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión

Cuadro 1. Composición de la dieta basal (deficiente en lisina) para pollos en crecimiento

Table 1. Composition of the lysine-deficient basal diet for growth in broilers

Ingredients	kg/t
Sorghum	458.555
Soybean meal	92.982
Sesame meal	331.434
Vegetable oil	48.803
Orthophosphate	18.626
Calcium carbonate	11.259
Salt	4.114
Choline chloride 60%	1.000
Vitamins*	1.000
Minerals**	0.500
DL-methionine	0.288
L-Threonine	0.560
Sugar***	30.480
Bacitracin	0.288
Antioxidant	0.100
Total	1000.000
Nutrient analysis:	
Metabolizable energy, kcal/kg	3000.000
Crude protein, %	22.000
Methionine, %	0.479
Meth+Cyst, %	0.900
Lysine, %	0.700
Calcium, %	1.000
Available phosphorus, %	0.500
Sodium, %	0.180

\*Per kg: Vit. A, 3 000 000 UI; Vit. D<sub>3</sub>, 750 000 UI; Vit. E, 6 000 UI; Vit. K<sub>3</sub>, 1.0 g; Riboflavin, 4 g; B<sub>12</sub>, 0.060 g; Pyridoxine, 3.0 g; Calcium pantothenate, 13.0 g; Niacin, 25 g; Biotin, 0.063 g; Choline chloride, 250 g.

\*\* 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; vehicle sufficient for 1000 g.

\*\*\* Replaced by L-lysine HCL (78.8%) for T1 (0.0 %), T2 (0.063%) and T3 (0.126%). In Exp 1, replaced by PBM A and C for T4 (1.131%), T5 (2.262%), T6 (1.524%) and T7 (3.048%). In Exp 2, replaced by PBM B and D for T4 (1.305%), T5 (2.610%), T6 (1.362%) and T7 (2.74%).

del principal productor de pollo en México, como fuente de lisina a una dieta basal sorgo + pasta de soya + pasta de ajonjolí solamente deficiente en lisina, la cual cumple ampliamente con los requerimientos establecidos por el NRC 1994<sup>(12)</sup> para el pollo en crecimiento. El alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso durante la experimentación. En el Cuadro 1, se muestra la composición de la dieta basal, solamente limitante en lisina; a partir del azúcar (ingrediente inerte) de la dieta basal, se hicieron las suplementaciones de L-lisina y de las harinas de subproductos avícolas estudiadas también como fuente de lisina.

Previo a la formulación de la dieta basal, se realizaron análisis de proteína y aminoácidos de los ingredientes<sup>(13)</sup>. Los análisis de las harinas de subproductos avícolas aparecen en el Cuadro 2. El contenido de lisina de estas HSA, se empleó para el cálculo de la cantidad a utilizar de estas harinas, para cubrir el porcentaje de lisina evaluado.

Cuadro 2. Aporte de proteína y aminoácidos esenciales de las cuatro harinas (%)

Table 2. Protein and essential amino acid contribution of the four poultry by-product meals (%)

Nutrient	A	C	B	D
Calcium	3.51	3.64	3.55	3.60
Phosphorous	1.73	1.85	1.75	1.80
Crude protein	67.12	63.05	65.89	64.79
Lysine	4.42	3.28	3.83	3.67
Threonine	2.61	1.98	2.38	2.42
Methionine	1.37	1.01	1.24	1.18
Cystein	0.59	0.52	0.50	0.66
Methionine+cystine	1.95	1.53	1.75	1.84
Alanine	4.69	3.64	4.52	4.14
Arginine	4.53	3.66	4.37	4.07
Aspartic acid	5.66	4.30	5.15	4.93
Glutamic acid	9.12	6.78	8.27	7.48
Glycine	6.81	6.22	7.36	5.97
Histidine	1.48	1.02	1.17	1.21
Isoleucine	2.59	1.85	2.28	2.29
Leucine	4.86	3.57	4.36	4.35
Phenylalanine	2.52	1.93	2.32	2.34
Tyrosine	2.01	1.58	1.90	1.93

en Producción Avícola - CEIEPAv) of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechny of the National Autonomous University of Mexico (Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM), located in Tlahuac Delegation, Mexico City, Mexico, at 2,250 m asl.

Two experiments were done. Exp 1 used 168 Ross strain broiler chicks and lasted for 21 d (1 to 21 d of age). Exp 2 employed 210 chicks of the same strain and lasted 15 d (7 to 21 d of age). In Exp 1, the birds were distributed in 21 lots of eight each, and Exp 2, they were in 21 lots of 10 birds each. The animals were housed in electric cage banks (Petersime) with thermometer-controlled temperature, and located in a barn with natural ventilation. Feed and water were offered *ad libitum*.

Experimental diets were formulated using a lysine-deficient basal diet (sorghum + soybean meal + sesame meal) which met NRC (1994) requirements for growing broilers. This was supplemented with L-lysine or one of four PBM lots, each from a different processing plant of the largest chicken producer in Mexico. Using the lysine-deficient basal diet composition (Table 1) and lysine content of the four studied PBM (A, B, C or D) (Table 2), calculations were made to cover the analyzed lysine percentage by supplementation with L-lysine or one of the PBM, in replacement of sugar (inert ingredient) in the basal diet. In both experiments, the birds were distributed randomly into seven treatments with three replicates each: 1) basal diet (lysine-deficient); 2) basal diet + 0.05% L-lysine; 3) basal diet + 0.10% L-lysine; 4) basal diet + 0.05% lysine from PBM A or B; 5) basal diet + 0.10% lysine from PBM A or B; 6) basal diet + 0.05% lysine from PBM C or D; and 7) basal diet + 0.10% lysine from PBM C or D.

Weight gain, feed intake and feed conversion data were recorded. At the end of the study period, they were analyzed with an analysis of variance for completely random designs, using the SPSS statistical package<sup>(14)</sup>. Weight gain and lysine intake were analyzed with a multiple linear regression by a lysine intake (mg/chicken) regression for the synthetic lysine or the PBM. Lysine bioavailability was estimated by comparing the multiple linear

Cuadro 3. Datos promedio en pollos de engorda de 1 a 21 días de edad alimentados con diferentes niveles de lisina sintética y lisina a partir de harinas de subproductos avícolas (Exp 1)

Table 3. Average growth performance results for broilers (1 to 21 d of age) fed diets supplemented with synthetic lysine or different levels of poultry by-product meal (PBM) as a lysine source (Exp 1)

Treatment	Final weight (g)	Weight gain (g)	Lysine intake mg/chicken	Feed efficiency
1. Basal diet (BD)	658±12.1	618±12.0	8033±76.7	0.67±0.013
2. BD + 0.05% L-lysine	669±12.6	629±12.5	8651±227.8	0.68±0.014
3. BD + 0.10% L-lysine	716±13.6	676±13.5	9383±295.2	0.69±0.014
4. BD + 0.05% PBM A	677±12.8	637±12.7	9071±432.4	0.65±0.013
5. BD + 0.10% PBM A	704±13.3	664±13.2	9438±247.0	0.68±0.014
6. BD + 0.05% PBM C	653±12.3	613±12.2	8470±227.0	0.66±0.013
7. BD + 0.10% PBM C	673±12.7	633±12.6	9088±28.0	0.67±0.013

Weight gain multiple linear regression (Y:g) for supplementation with synthetic lysine ( $X_1 = T1, T2, T3$ ) or PBM A and C ( $X_2 = T1, T4, T5, X_3 = T1, T6, T7$ ):

$$Y = 265.074 \pm 29.6 + 0.04288 \pm 0.0031X_1 + 0.0417 \pm 0.0031X_2 + 0.04085 \pm 0.0031X_3$$

Se llevaron registros de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Los datos de las variables obtenidas al final de cada estudio fueron inicialmente analizados empleando el procedimiento de análisis de varianza para diseños completamente al azar utilizando el paquete estadístico de SPSS<sup>(14)</sup>. Además los datos de ganancia de peso y consumo de lisina se analizaron por regresión lineal múltiple mediante regresión del consumo de lisina (mg/pollo) a partir de lisina sintética o de las HSA. La biodisponibilidad de lisina fue estimada por la metodología de comparación de pendientes con regresión lineal múltiple<sup>(15)</sup>, utilizando los datos de ganancia de peso de los pollitos (Y=variable dependiente),  $\beta_0$  como la ordenada de origen con el consumo de lisina sintética ( $\beta_1X_1 =$  curva estándar) y la comparación con los del consumo de lisina (variable independiente) de las harinas de subproductos avícolas de A y C ( $\beta_2X_2 + \beta_3X_3$ ) respectivamente en el Exp 1 y B y D ( $\beta_X2 + \beta_3X_3$ ) respectivamente en el Exp 2.

## RESULTADOS

Los resultados del Exp 1, en pollos de 1 a 21 días de edad mostraron, que el peso final, la ganancia de peso y eficiencia alimenticia mejoraron ( $P < 0.05$ ) con la suplementación de lisina sintética y con las

regression slopes<sup>(15)</sup>, using weight gain (Y= dependent variable);  $\beta_0$ = as the source ordinate with synthetic lysine intake ( $\beta_1X_1 =$  standard curve); and comparison to lysine intake (independent variable) for the A and C PBM ( $\beta_2X_2 + \beta_3X_3$ ) in Exp 1, and the B and D ( $\beta_X2 + \beta_3X_3$ ) in Exp 2.

## RESULTS

In Exp 1, final weight, weight gain and feed efficiency improved ( $P < 0.05$ ) with addition of synthetic lysine and PBM as a lysine source (Table 3). Weight gain in relation to synthetic lysine and PBM intake was explained by the equation:

$$Y = 265.074 \pm 29.6 + 0.04288 \pm 0.0031X_1 + 0.0417 \pm 0.0031X_2 + 0.04085 \pm 0.0031X_3$$

where  $X_1$  is L-lysine supplementation (T1, T2 and T3);  $X_2$  is PBM A (T1, T4 and T5); and  $X_3$  is PBM C (T1, T6 and T7). Comparison of the PBM A and C growth slopes with the L-lysine slope (100 %) showed PBM A to have 97.2 % bioavailability and PBM C to have one of 95.2 % (Figure 1).

In Exp 2, final weight, weight gain and feed efficiency improved ( $P < 0.05$ ) with addition of synthetic lysine and PBM B and D (Table 5). Weight gain in relation

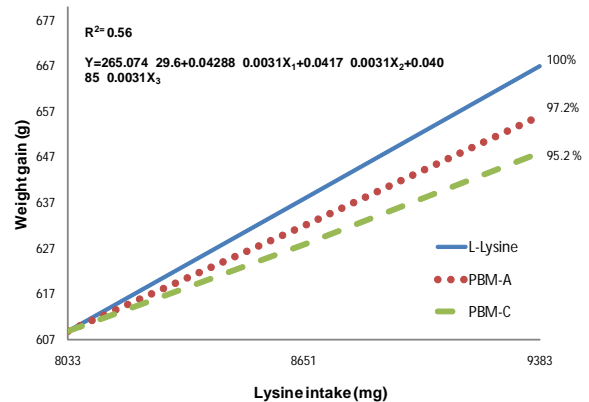
HSA como fuente de lisina de manera equivalente como se muestra en el Cuadro 3. La ganancia de peso en relación al consumo de lisina sintética suplementada y consumo de lisina con las harinas de subproductos avícolas se explicó por medio de la ecuación:  $Y = 265.074 \pm 29.6 + 0.04288 \pm 0.0031X_1 + 0.0417 \pm 0.0031X_2 + 0.04085 \pm 0.0031X_3$ ; en donde  $X_1$  correspondió a la suplementación de L-lisina (T1, T2 y T3),  $X_2$  a la HSA A (T1, T4 y T5) y  $X_3$  a la HSA C (T1, T6 y T7). Al comparar las pendientes del crecimiento de la HSA A y la HSA C con la de la L-lisina considerada como 100 %, se obtuvieron biodisponibilidades de la lisina de la HSA A de 97.2 y 95.2 % para la HSA C, como aparece en la Figura 1.

Los resultados obtenidos de 7 a 21 días de edad de los pollos en el Exp 2, aparecen en el Cuadro 5. Se puede apreciar nuevamente que el peso final, la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia mejoraron ( $P < 0.05$ ) con la suplementación de lisina sintética y con las HSA (B y D) como fuente de lisina de manera equivalente. La ganancia de peso en relación al consumo de lisina sintética suplementada y consumo de lisina con las harinas de subproductos avícolas se explicó por medio de la ecuación:  $Y = 129.131 \pm 15.4 + 0.06764 \pm 0.004X_1 + 0.06437 \pm 0.004X_2 + 0.06614 \pm 0.004X_3$ .

to synthetic lysine and PBM intake was explained by the equation:  $Y = 129.131 \pm 15.4 + 0.06764 \pm 0.004X_1 + 0.06437 \pm 0.004X_2 + 0.06614 \pm 0.004X_3$ , where  $X_1$  is L-lysine supplementation (T1, T2 and T3);  $X_2$  is PBM B (T1, T4 and T5); and  $X_3$  is PBM D (T1, T6 and T7). Comparison of the PBM B and D growth slopes with the L-lysine slope (100 %) showed PBM B to have 95.2 % bioavailability and PBM D to have one of 97.8 % (Figure 2).

Figura 1. Porcentaje de biodisponibilidad de lisina de las harinas A y C respecto a la L-lisina

Figure 1. Lysine bioavailability (%) of meals A and C versus that of L-lysine HCL



Cuadro 4. Resultados promedio en pollos de engorda de 7 a 21 días de edad alimentados con diferentes niveles de lisina sintética y lisina a partir de harinas de subproductos avícolas (Exp 2)

Table 4. Average growth performance results for broilers (7 to 21 d of age) fed diets supplemented with synthetic lysine or different levels of poultry by-product meals as a lysine source (Exp 2)

Treatment	Final weight (g)	Weight gain (g)	Lysine intake mg/chicken	Feed efficiency
1. Basal diet (BD)	526±10.3	366±7.3	3612±59.5	0.71±0.014
2. BD + 0.05% L-lysine	574±11.2	414±8.2	4217±90.1	0.74±0.015
3. BD + 0.10% L-lysine	629±12.3	469±9.3	4946±78.3	0.76±0.015
4. BD + 0.05% PBM B	577±11.3	417±8.3	4310±978.9	0.72±0.014
5. BD + 0.10% PBM B	583±11.4	423±8.4	4771±37.0	0.71±0.014
6. BD + 0.05% PBM D	553±10.8	393±7.8	3927±89.9	0.75±0.015
7. BD + 0.10% PBM D	593±11.6	433±8.6	4627±87.9	0.75±0.015

Weight gain multiple linear regression (Y:g) for supplementation with synthetic lysine ( $X_1 = T1, T2, T3$ ) or PBM B and D ( $X_2 = T1, T4, T5, X_3 = T1, T6, T7$ ):

$$Y = 129.131 \pm 15.4 + 0.06764 \pm 0.004X_1 + 0.06437 \pm 0.004X_2 + 0.06614 \pm 0.004X_3$$

$0.06614 \pm 0.004X_3$ ; en donde  $X_1$  correspondió a la suplementación de L-lisina (T1, T2 y T3),  $X_2$  a la HSA B (T1, T4 y T5) y  $X_3$  a la HSA D (T1, T6 y T7). Al comparar las pendientes del crecimiento de la HSA B y la HSA D con la de la L-lisina considerada como 100 %, se obtuvieron biodisponibilidades de la lisina de la HSA B de 95.2 y 97.8 % para la HSA D, como aparece en la Figura 2.

**DISCUSSION**

El contenido promedio de proteína (65.2 %) y lisina (3.80 %) de las cuatro HSA evaluadas es similar a lo informado por la literatura(12,16). La información biológica obtenida en el presente estudio indica, que tuvieron una buena calidad de la proteína al ser evaluada la biodisponibilidad de lisina, cuyos porcentajes de las HSA A y C, y los de las B y D estuvieron por arriba del 90 % (97.2, 95.2, 95.2 y 97.8 % respectivamente). Sin embargo, en un estudio realizado por Cramer *et al*(1), encontraron una biodisponibilidad de dicho aminoácido de entre 70 y 99 %; este efecto se correlacionó con el contenido de cenizas, muy probablemente indicativo de diferencias en los controles de procesos y materias primas utilizadas, lo cual afectó la biodisponibilidad de lisina. Estos autores encontraron que las HSA bajas en cenizas (11.1 %) tuvieron una menor biodisponibilidad de este aminoácido respecto a las HSA con cantidad regular en cenizas (12.5 %). Las harinas evaluadas en esta investigación tuvieron 12.1 % de cenizas y buena calidad de la proteína, ya que se obtuvieron biodisponibilidades de lisina por arriba del 90 % como las obtenidas por dichos autores cuando emplearon HSA con cantidad regular en cenizas, información que requiere uniformidad y calidad en la producción de las mismas.

Por otro lado, los resultados obtenidos en ambos experimentos para ganancia de peso y consumo de lisina, mostraron que al incrementar el consumo de este aminoácido, se mejoró la ganancia de peso; estos resultados concuerdan con lo encontrado por algunos investigadores, quienes al incrementar la adición de lisina en dietas deficientes, se incrementó la ganancia de peso, debido a que la lisina es un

**DISCUSSION**

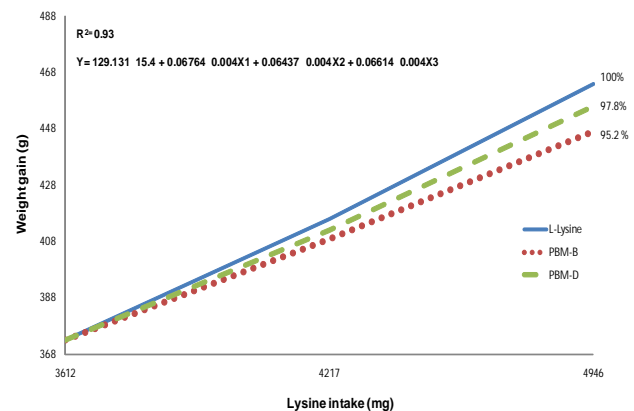
Average protein and lysine content in the four tested PBM was similar to reported levels(12,16). Lysine bioavailability values greater than 90 % in all cases (A= 97.2; B= 95.2; C= 95.2; D= 97.8 %) showed the PBM to have good protein quality. These are higher than reported for a low-ash (11.1 %) PBM (70 %) but slightly lower than for a normal-ash (12.5 %) PBM (99 %)(1). In this study, lysine bioavailability was correlated to ash content, which in turn was probably affected by the process controls and raw materials used. In the present study, PBM ash content was 12.1 % and protein quality was good, which probably explains the > 90 % lysine bioavailabilities observed here. This coincides with the 99 % value reported for the normal-ash (12.5 %) PBM(1), and highlights the need for standardization and quality in PBM production.

Weight gain and lysine intake results in both experiments indicated that lysine intake improved weight gain. This coincides with previous studies in which addition of lysine to deficient diets increased weight gain since this amino acid is essential to growth in poultry and other animals(17-19).

Vast quantities of PBM are produced by the poultry industry in Mexico, highlighting the pressing need

Figura 2. Porcentaje de biodisponibilidad de lisina de las harinas B y D respecto a la L-lisina

Figure 2. Lysine bioavailability (%) of PBM B and D versus that of L-Lysine HCL



aminoácido esencial para el crecimiento de las aves y otros animales<sup>(17-19)</sup>.

La importancia de utilizar la HSA en dietas para animales es considerable, debido al volumen que se produce en la industria avícola mexicana, su industrialización reduce los desperdicios de materia orgánica, y a su vez permite el aprovechamiento de un ingrediente de alta calidad nutritiva para alimentos balanceados de animales.

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

En base a los resultados obtenidos con pollos en crecimiento, se puede concluir que la biodisponibilidad de la lisina de los cuatro lotes de HSA evaluadas fue buena. En general estas muestras de harinas de subproductos avícolas valoradas en pollos en crecimiento, resultaron ser una buena fuente de proteína y aminoácidos para la formulación de alimentos balanceados para animales.

## LITERATURA CITADA

1. Cramer KR, Greenwood MW, Moritz JS, Beyer RS, Parsons CM. Protein quality of various raw and rendered by-products meals commonly incorporated into companion animal diets. *J Anim Sci* 2007;85:3285-3293.
2. Murray SM, Patil AR, Fahey GC, Merchen NR, Hughes DM. Raw and rendered animal by products as ingredients in dog diets. *J Anim Sci* 1997;75:2497-2505.
3. Dozier WA, Dale NM. Metabolizable energy of feed-grade and pet food-grade poultry by-product meals. *Appl Poul Res* 2005;14:349-351.
4. Zumbado AM. Uso de subproductos de origen animal en alimentos para aves: La experiencia de Costa Rica. Latin American Rendered Product Nutrition Conference. Cancun, Qro. 2000:13-15.
5. Denton JH, Coon CN, Pettigrew JE, Parsons CM. Historical and scientific perspectives of same species feeding of animal by-products. *J Appl Poul Res* 2005;14:352-361.
6. Pontes PM, Castello LJA. Alimentación de las aves. 1ra ed. Barcelona, España: Real Escuela de Avicultura; 1995.
7. Cortes CA, Martínez AC, Ávila GE Biodisponibilidad de lisina en dos pastas de soya con diferente actividad ureásica en pollos de 1 a 21 días de edad [resumen]. Convención Nacional ANECA. Acapulco, Gro. 2007:48.
8. Cramer KR. The effect of increasing retort retention time on the bioavailability of amino acids in a canine diet using the broiler chick as a model [tesis maestría]. Manhattan, NY: Kansas State University; 2000.
9. Senkoylu N, Samli HE, Akyurek H, Agha A, Tasar S. Performance and egg characteristics of laying hens feed diets incorporated with poultry by-product and feather meals. *Appl Poul Res* 2005;14:542-547.
10. Boling SD, Firman JD. Rendered by-products as soybean meal replacement in turkey rations. *Appl Poul Res* 1997;6:210-215.
11. Parsons MC. Methods for determining amino acid bioavailability in poultry with emphasis on the ileal amino acid digestibility technique. Dept Animal Sci, Univ Illinois. Primer seminario de actualización en el uso de aminoácidos cristalinos. Querétaro, Qro. 2007:1-12.
12. NRC, National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. 9<sup>th</sup> ed. Washington, DC, USA: National Academy Press; 1994.
13. Degussa. Nutritional reports and animal nutrition. Teterboro NJ, USA: Degussa Co; 1986.
14. SPSS Inc. SPSS for Windows (computer program) versión 8.0.0 spssinc 1989-1997.
15. Martínez AC, Parsons CM, Noll SL. Content and relative bioavailability of phosphorus in distillers dried grains with soluble in chicks. *Poul Sci* 2004;83:971-976.
16. National Renderers Association. Harina de carne y hueso y harina de subproductos avícolas en iniciadores de cerdos. *Nutriciero* 2007;4(22):62-65.
17. Si J, Fritts CA, Burnham DJ, Waldroup PW. Relationship of dietary lysine level to the concentration of all essential amino acids in broiler diets. *Poul Sci* 2001;80:1472-1479.
18. Sklan D, Plavnik I. Interactions between dietary crude protein and essential amino acids intake on performance in broilers. *Br Poul Sci* 2002;43:442-449.
19. Izquierdo OA, Parsons CM, Baker DH. Bioavailability of lysine in L-lysine-HCL. *J Anim Sci* 1988;66:2590-2597.

## CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

The growth performance results reported here indicate lysine bioavailability in the four studied PBM lots was good. For growing broilers, these PBM are a good protein and lysine source for use in formulating balanced animal feeds.

*End of english version*