

Tiempo de calentamiento y digestibilidad verdadera de aminoácidos en harina de carne para gallos Leghorn

S. I. Mora-Cornejo, M. Cuca-García*, A. Pró-Martínez
y J. G. Herrera-Haro

Universidad Autónoma Chapingo y Colegio de Postgraduados, México

Duration of heat treatment and true digestibility of amino acids in meat meal for Leghorn cockerels

ABSTRACT: Knowledge of the true digestibility of amino acids in the ingredients of a poultry ration is important in order to use them properly, especially the proteinic ingredients that have been heated during processing, such as meat meal. Protein solubility is a good indicator of heat damage. To estimate true digestibility, Leghorn White cockerels were fasted for 24 h and then force fed with meat meal autoclaved at 121°C and 1.5 kg/cm² for 0, 15, 30, 45 and 60 minutes. A correction for endogenous amino acids was included. Nitrogen was determined by micro Kjeldahl; protein solubility by the methods of 2% KOH and coomassie blue; amino acids concentrations were also determined by HPLC. Treatments had an effect ($P < 0.05$) on meat meal protein solubility, means being 89% and 84% for the KOH and coomassie blue methods, respectively. However, protein solubility increased until 30 minutes and then decreased according to the KOH method, whereas it increased until 15 minutes ($P < 0.05$) and then remained constant by the coomassie blue method. Autoclaving had an effect on true digestibility of all amino acids, except methionine. There was a high and significant correlation (0.81) between protein solubility by the KOH method and true digestibility of amino acids.

Key words: Amino acids, force feeding, hydrothermal treatment, protein solubility, true digestibility

©2000 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2000. 8(1): 8-12

RESUMEN: El conocimiento de la digestibilidad verdadera de los aminoácidos de los ingredientes de una dieta avícola es importante para usarlos adecuadamente, especialmente los ingredientes proteínicos que han sido calentados durante su elaboración, como la harina de carne. La solubilidad de la proteína es un buen indicador del daño causado por el calor. Para estimar la digestibilidad verdadera de harina de carne se utilizaron gallos adultos Leghorn Blanco no cecotomizados ayunados por 24 horas, a los cuales se les dio alimentación forzada con harina de carne calentada por 0, 15, 30, 45 y 60 minutos en autoclave a temperatura de 121°C y presión de 1.5 kg/cm². La medición incluyó una corrección por aminoácidos endógenos. Se midieron nitrógeno, por micro Kjeldahl; solubilidad de proteína, por KOH a 2% y por azul de coomassie; y los aminoácidos por HPLC. Los tiempos de calentamiento afectaron ($P < 0.05$) la solubilidad de la proteína de la harina de carne estimada por los dos métodos citados, obteniéndose en promedio 89% y 84%, respectivamente; sin embargo, no la afectó de la misma forma, ya que con KOH se detectó un incremento hasta los 30 minutos y luego decreció ($P < 0.05$), en cambio con azul de coomassie la solubilidad de la proteína se incrementó hasta los 15 minutos y luego se mantuvo constante. El calentamiento afectó la digestibilidad verdadera de todos los aminoácidos excepto metionina. Se obtuvo una correlación alta y significativa (0.81) entre la solubilidad de la proteína por KOH y la digestibilidad verdadera de los aminoácidos.

Palabras clave: Alimentación forzada, aminoácidos, calentamiento húmedo, digestibilidad verdadera, solubilidad de proteína

*E-mail: jmcuca@colpos.colpos.mx

Recibido Marzo 28, 1999.

Aceptado Septiembre 15, 1999.

Introducción

La harina de carne se utiliza en la elaboración de alimentos balanceados para aves por poseer un alto contenido de proteína y lisina, además de otros componentes que promueven el crecimiento de los pollos de engorda y la producción y calidad del huevo en gallinas en postura (Kratzer y Davis, 1959; Scott *et al.*, 1969).

La harina de carne es un ingrediente que se somete a calentamiento en su elaboración, lo que puede ocasionar una variación considerable en su valor nutritivo, aunado a la heterogeneidad de la materia prima empleada (Johnston y Coon, 1979). Además, durante esos procesos de elaboración se forman compuestos no disponibles para las aves (Sibbald, 1987), por lo que es necesario determinar la cantidad y calidad de su proteína. Para evaluar la calidad, se han propuesto metodologías rápidas como la solubilidad de la proteína usando KOH (Araba y Dale, 1990), y por medio de colorantes (Fernández *et al.*, 1993); sin embargo, aún se requiere conocer la confiabilidad de este último método para la harina de carne. Además, existen aspectos de ésta que requieren investigarse, como es lo relacionado con la digestibilidad verdadera de los aminoácidos (Lewis and Bayley, 1995).

Por lo anterior, la presente investigación tuvo el propósito de: 1) Comparar los valores de solubilidad de la proteína de la harina de carne sujeta a tratamientos hidrotérmicos, al utilizar el método del KOH respecto al del azul de coomassie; 2) Medir el efecto del tratamiento hidrotérmico en la digestibilidad verdadera de algunos aminoácidos de la harina; y 3) Evaluar la relación entre solubilidad de la proteína y la digestibilidad de los aminoácidos.

Materiales y Métodos

Esta investigación se hizo en las instalaciones de la sede del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Estado de México. Se evaluó una muestra de harina de carne comercial nacional, de las más comunes en el mercado, cuya composición se presenta en el Cuadro 1. La harina de carne se sometió a calentamiento en autoclave, a 121°C y 1.5 kg/cm² durante 0, 15, 30, 45 y 60 minutos.

Evaluación *in vitro*. La solubilidad de la harina de carne sujeta a los cinco lapsos de calor mencionados, se estimó mediante dos métodos: hidróxido de potasio (KOH) a 2%, según Araba y Dale (1990), y azul de coomassie (Fernández *et al.*, 1993). Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 5, cuyos 10 tratamientos resultaron de la combinación de los dos métodos con los cinco tiempos de calentamiento.

Para cada método se calcularon las ecuaciones de regresión entre el tiempo de calentamiento y el valor de la solubilidad; además se calculó el punto de inflexión, o sea, el tiempo de calentamiento al cual la solubilidad de la harina de carne alcanzó su máximo valor. Con los valores de solubilidad se efectuó un análisis de correlación entre ambos métodos.

Cuadro 1. Composición química de la harina de carne (%).

Concepto	Valor
Materia seca	92.00
Proteína (nitrógeno x 6.25)	47.00
Extracto etéreo	12.00
Cenizas	22.10
Aminoácidos ¹	
Arginina	2.70
Glicina	5.45
Isoleucina	0.95
Leucina	2.99
Lisina	2.91
Metionina	0.60
Fenilalanina	1.49
Valina	2.49
Ácido aspártico	2.83
Ácido glutámico	1.66

¹Contenido de Aminoácidos expresado en base seca como porcentaje del ingrediente sin tratamiento.

Evaluación *in vivo*. Se utilizaron 15 gallos adultos Leghorn Blanco intactos con peso promedio de 2142 ± 254 g, de 32 semanas de edad, ayunados por 24 h, a los cuales se les dio alimentación precisa o forzada (Sibbald, 1987). La asignación de tratamientos a las unidades experimentales (gallos) fue aleatoria, con tres repeticiones por tratamiento y las mediciones se hicieron por triplicado.

Transcurridas 48 h de colección luego de la alimentación forzosa se retiraron las charolas con la muestra, se dejaron libres de polvo, plumas, escamas y alimento y se pesaron. Posteriormente se congelaron, liofilizaron y molieron en mortero hasta tener un tamaño de partícula que pasara a través de una criba del Número 60. El nitrógeno se cuantificó de acuerdo con la técnica de micro Kjeldahl; la materia seca mediante AOAC (1984); y para cuantificar aminoácidos se utilizó la técnica de Lindroth y Mopper (1979), en un cromatógrafo HPLC Varian.

Se estimó la digestibilidad verdadera (Sibbald, 1987) de los aminoácidos valina, arginina, lisina, glicina, metionina, isoleucina, leucina, ácido aspártico, fenilalanina y ácido glutámico de harina de carne. También se estudió el cambio en la digestibilidad verdadera de los aludidos aminoácidos al someter la harina de carne a los progresivos tiempos de calentamiento.

Las variables fueron peso del gallo (covariable), y la cantidad de aminoácidos consumidos, excretados y de origen endógeno. Los datos se analizaron de acuerdo con un diseño completamente al azar con covariable. Con el objeto de remover el efecto lineal de la covariable de las medias de tratamiento e incrementar la precisión del análisis de datos, se ajustaron las medias, obteniéndose las de mínimos cuadrados con las cuales se hicieron las comparaciones múltiples.

Para conocer la relación entre la digestibilidad verdadera de los aminoácidos y los tiempos de calentamiento se ajustó un modelo polinomial de segundo orden (Steel y Torrie, 1985), con el cual se calculó el tiempo de calentamiento en el que la digestibilidad verdadera de cada aminoácido fue máxima. El modelo utilizado fue: $Y_i = \mu + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \epsilon_i$; donde Y_i es la digestibilidad verdadera de los aminoácidos, μ , β_1 , β_2 son los parámetros del modelo; X_i es el tiempo de calentamiento (min) en su forma lineal y cuadrática y ϵ_i es el error aleatorio inherente a cada observación. Asimismo, se aplicó un análisis de correlación entre las variables de solubilidad, medida por los métodos de KOH y azul de coomassie, y la digestibilidad verdadera de los aminoácidos de la harina de carne.

Resultados y Discusión

Solubilidad de la proteína. En el Cuadro 2 se observa que en general la solubilidad de la proteína estimada con KOH tuvo un promedio mayor ($P < 0.05$) que la obtenida con azul de coomassie. Al comparar ambos métodos en sus distintos tiempos de calentamiento, la solubilidad es mayor ($P < 0.05$) con el método KOH que con el azul de coomassie, excepto a los 60 minutos donde ya no se detectaron diferencias. La solubilidad de la proteína con el método azul de coomassie mostró diferencias ($P < 0.05$) solamente entre el tratamiento de 0 minutos y el resto, lo que indica que este método no fue lo suficientemente sensible para detectar diferencias como el de KOH.

En esta investigación, la correlación calculada entre ambos métodos fue de 0.18, lo que indica que no hay asociación entre los valores de solubilidad de la proteína obtenidas con el método de KOH y el azul de coomassie. Este resultado no concuerda con el de Fernández y Parsons (1995), quienes encontraron una alta correlación (0.90) entre ambos métodos al incluir pastas de soya y girasol en las dietas. También Martínez *et al.* (1996), con frijol soya integral, encontraron que la solubilidad fue similar en los dos métodos. Los bajos valores de correlación entre los métodos KOH y azul de coomassie que se obtuvieron en el presente estudio respecto a los obtenidos por los autores mencionados, quizás se deba a que en sus investigaciones estudiaron pastas de oleaginosas, y en la presente se estudió harina de carne, que es de origen animal.

Cuando la harina de carne se sometió a calentamiento la solubilidad de la proteína por KOH alcanzó su máximo ($P < 0.05$) a los 30 minutos (Cuadro 2) y luego decreció ($P < 0.05$). Por su parte, Martínez *et al.* (1996) observaron una tendencia cuadrática en la solubilidad de la soya integral, lo cual es similar a los resultados de Araba y Dale (1990) y Fernández *et al.* (1993).

La tendencia de la solubilidad a disminuir con el calentamiento prolongado, en este caso a partir de 30 minutos, tiene relación con la productividad de los pollos. Goh *et al.* (1979) mencionan la importancia de las técnicas desarrolladas con colorantes para determinar la solubilidad de proteí-

Cuadro 2. Solubilidad de la proteína de la harina de carne, determinada con KOH y azul de coomassie y tratada a diferentes tiempos de calentamiento.

Tiempo de calentamiento (min)	Hidróxido de potasio	Azul de coomassie
0	87.63 ^{cd}	80.78 ^g
15	89.87 ^b	84.56 ^f
30	92.02 ^a	84.66 ^f
45	89.00 ^{bc}	85.04 ^{ef}
60	86.51 ^{de}	85.70 ^{ef}
Promedio	89.01 ± 2.01	84.1

^{a, b, c, d, e, f} Medias con distinta letra en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$). La temperatura de calentamiento fue de 121°C y la presión de 1.5 kg/cm² en autoclave.

na, al encontrar una correlación alta ($r = 0.81$) entre la capacidad de la proteína a enlazarse y el contenido de lisina disponible en las harinas vegetales, e indican que los aminoácidos que tienen grupos libres son los que tienen posibilidades de enlazarse con el colorante. En el intestino, al digerirse la proteína, los aminoácidos libres pueden ser absorbidos, no así los que se encuentren enlazados a carbohidratos, de tal forma que si existe menos lisina disponible, la productividad de los pollos disminuye.

Las regresiones para los cambios en la solubilidad de proteína al calentar la harina de carne estimada por cada método fueron: para KOH, $Y = 87.55 + 0.258X - 0.004465X^2$ ($R^2 = 0.80$); y para azul de coomassie, $Y = 81.23 + 0.18X - 0.002X^2$ ($R^2 = 0.81$), donde X = tiempo (min) de calentamiento (0, 15, 30, 45 ó 60) y Y = porcentaje de solubilidad de la proteína. Respecto al tiempo de calentamiento donde ocurrió la mayor solubilidad, se encontró que con el método de KOH el punto máximo estuvo localizado a los 28.89 min, mientras que por el método de azul de coomassie el máximo se encontró a los 45 min.

Digestibilidad verdadera de aminoácidos. Los resultados indicaron diferencias ($P < 0.05$) en la digestibilidad verdadera entre aminoácidos de la harina de carne (Cuadro 3). Al analizar el efecto del tiempo de calentamiento, se observó que, en promedio de los 10 aminoácidos, a los 30 min la digestibilidad verdadera fue mayor ($P < 0.05$) que a los demás tiempos, sin diferencias significativas entre 0 y 60 minutos ni entre 15 y 45 min; sin embargo, estos dos tratamientos tuvieron una mayor digestibilidad ($P < 0.05$) que los dos anteriores.

Al analizar cada aminoácido, se observa (Cuadro 3) que la metionina no mostró cambios en su digestibilidad debido a los tiempos de calentamiento. Carpenter (1973) también observó que la metionina sólo disminuyó su digestibilidad en 0.3 unidades de porcentaje al término del tratamiento. En cambio, los demás aminoácidos mostraron diferencias ($P < 0.05$) por efecto del tiempo de calentamiento. Cabe destacar que la lisina fue uno de los aminoácidos que presentó una respuesta más marcada, ya que su digestibilidad

Cuadro 3. Medias de mínimos cuadrados y desviación estándar de la digestibilidad verdadera de los aminoácidos de la harina de carne sometida a diferentes tiempos de calentamiento.

Aminoácido	Minutos de calentamiento					Promedio
	0	15	30	45	60	
Valina	81.0 ± 1.0 ^b	83.0 ± 2.0 ^{ab}	85.0 ± 1.0 ^a	82.0 ± 1.0 ^a	80.0 ± 0.0 ^b	82.0 ± 2.0 ^p
Arginina	76.6 ± 1.1 ^c	83.0 ± 0.4 ^a	85.3 ± 1.4 ^a	81.8 ± 0.3 ^b	76.8 ± 0.7 ^c	80.7 ± 3.0 ^q
Lisina	76.3 ± 1.0 ^b	78.6 ± 0.6 ^{ab}	81.8 ± 2.1 ^a	78.4 ± 0.6 ^a	76.9 ± 0.6 ^b	78.4 ± 2.2 ^r
Glicina	73.5 ± 0.4 ^c	77.7 ± 0.6 ^{ab}	79.4 ± 0.5 ^a	77.5 ± 0.5 ^{bc}	73.7 ± 0.2 ^c	76.3 ± 2.5 ^s
Metionina	75.6 ± 0.4 ^a	76.0 ± 0.6 ^a	76.7 ± 0.6 ^a	75.7 ± 0.4 ^a	75.8 ± 0.3 ^a	76.0 ± 0.6 ^s
Isoleucina	73.8 ± 0.8 ^c	77.1 ± 0.6 ^{ab}	78.0 ± 0.3 ^a	76.6 ± 0.6 ^{bc}	74.0 ± 0.6 ^c	75.9 ± 1.8 ^s
Leucina	74.5 ± 1.2 ^b	76.1 ± 0.2 ^{ab}	77.1 ± 0.6 ^a	75.0 ± 0.1 ^{ab}	73.7 ± 0.1 ^c	75.3 ± 1.3 ^s
A. aspártico	62.4 ± 2.4 ^c	65.9 ± 3.1 ^{ab}	67.9 ± 1.9 ^a	65.7 ± 2.9 ^{ab}	62.3 ± 0.6 ^c	64.8 ± 0.4 ^t
Fenilalanina	61.8 ± 0.7 ^c	67.0 ± 0.6 ^{ab}	68.7 ± 0.8 ^a	66.5 ± 0.5 ^{ab}	61.7 ± 0.4 ^c	65.1 ± 3.0 ^t
A. glutámico	61.5 ± 0.8 ^c	65.7 ± 0.6 ^{ab}	67.1 ± 1.1 ^a	65.1 ± 0.1 ^{ab}	62.1 ± 0.6 ^c	64.3 ± 2.3 ^t
Promedio	72.4 ± 6.3 ^d	75.8 ± 5.7 ^b	77.7 ± 5.8 ^a	75.1 ± 5.6 ^{bc}	72.0 ± 5.0 ^d	

a, b, c, d, p, q, r, s, t Medias con distinta letra en la misma hilera o en la columna de promedio son diferentes ($P < 0.05$).

se incrementó de 76% cuando no se le aplicó calor, hasta 82% a los 30 min de calentamiento y posteriormente disminuyó. Arginina respondió de forma similar a lisina, lo que quizás se deba a que la lisina tiene un grupo amino libre y la arginina un grupo guanidino que reaccionan con azúcares reductores cuando se le aplica calor (Hodge 1953, Samant *et al.*, 1993).

Al comparar los resultados de este experimento con otros donde se utilizaron ingredientes de origen vegetal, como maíz, pasta de soya y alfalfa, se observa que la digestibilidad de los aminoácidos de los ingredientes vegetales es mayor; por ejemplo, en el caso de maíz y pasta de soya, Likuski y Dorrell (1978) encontraron que ninguno tuvo digestibilidad menor que 96.5%. Estas discrepancias pueden deberse a diferencias entre ingredientes y a que la materia prima con que se elabora la harina de carne es más variable que los ingredientes de origen vegetal mencionados. Parsons (1986) señalan que la calidad de la harina de carne es muy variable debido a sus componentes y procesamiento, entre otros factores.

En general, la digestibilidad de los aminoácidos estudiados presentó variaciones al someter la harina a diferentes tiempos de calentamiento. Martínez *et al.* (1996) coinciden en que la digestibilidad de los aminoácidos es variable cuando se aplica calor a un ingrediente. Una posible explicación es que los azúcares reductores reaccionan con el grupo épsilon amino de la lisina. En condiciones severas, este efecto puede darse no sólo con lisina, sino con otros aminoácidos y glucosa, de tal manera que forman compuestos que no pueden ser aprovechados por el animal como fuente del aminoácido (Carpenter, 1973).

Otra causa de variación en la digestibilidad detectada en esta investigación y la de Parsons (1986) en harina de carne, es que existen diferencias para una misma muestra, entre laboratorios. Por tanto Muztar *et al.* (1980) recomiendan espe-

cificar la técnica, el aparato y en general, las condiciones experimentales empleadas, por lo que, además del ingrediente de que se trate, debe indicarse el procesamiento respectivo.

Los resultados de esta investigación muestran que hubo un cambio cuadrático en la digestibilidad verdadera de los aminoácidos; en promedio, se mejora a los 15 y 30 min de calentamiento y luego decrece a los 45 y 60 min. Las ecuaciones de predicción para calcular el tiempo de calentamiento (min) al que cada aminoácido en la harina de carne alcanza los mayores valores de digestibilidad verdadera arrojaron los resultados: valina (27.12), arginina (29.70), lisina (30.72), glicina (30.06), metionina (29.89), isoleucina (29.86), leucina (26.88), ácido aspártico (31.02), fenilalanina (29.75) y ácido glutámico (30.33). En promedio, a los 29.55 ± 1.40 min de calentamiento se obtuvo la máxima digestibilidad de tales aminoácidos.

Los tres aminoácidos de mayor promedio de la digestibilidad verdadera (Cuadro 3), fueron valina, arginina y lisina (82.0, 80.7 y 78.4%, respectivamente), encontrándose diferencias ($P < 0.05$) entre ellos. Glicina, metionina, isoleucina y leucina presentan una digestibilidad similar e intermedia (75.9%), pero menor que los valores de digestibilidad de los primeros aminoácidos. Parsons (1986) no encontró que los valores de digestibilidad de los aminoácidos en la harina de carne se agruparan como en este estudio, sino que la mayoría oscilaba entre 85 y 90%.

Ácido aspártico, fenilalanina y ácido glutámico tuvieron las menores digestibilidades (64.7% en conjunto), difiriendo en promedio en 18% y 12% con los aminoácidos del primero (80.3%) y del segundo (75.9%) grupo anterior. Carpenter (1973) explica que los aminoácidos dicarboxílicos en presencia o ausencia de azúcares pueden unirse y formar enlaces cruzados y puentes carbonil entre las unidades de

aminoácidos; tal vez por ello la digestibilidad de éstos haya sido menor.

En la muestra de harina de carne analizada, incluso a la misma temperatura de calentamiento, los valores de digestibilidad de cada aminoácido son diferentes. Otros autores también han encontrado diferencias en disponibilidad de los aminoácidos en un mismo ingrediente (Parsons, 1986; Lewis y Bayley, 1995) o en mezclas de ingredientes (Muztar y Slinger, 1980), y mencionan que la absorción de los aminoácidos en el intestino puede depender de la concentración de otro, por lo que se debe procurar un balance adecuado para que existan las cantidades necesarias de cada aminoácido y su utilización sea óptimo.

Parsons (1986) encontró que la digestibilidad verdadera promedio de todos los aminoácidos de la harina de carne fue aproximadamente 10 % mayor que en la presente investigación. Estas diferencias pueden deberse a la variación existente entre diferentes lotes o muestras de un ingrediente y a la variación propia de los análisis en cada laboratorio (Muztar *et al.*, 1980). Lo anterior indica que pueden existir variaciones considerables en los valores de digestibilidad de la harina de carne, por lo que es conveniente evaluar la disponibilidad de sus aminoácidos.

Asociación entre solubilidad y digestibilidad. Al comparar los resultados de solubilidad de proteína por el método de KOH con los resultados de digestibilidad verdadera de los aminoácidos, se observó un comportamiento similar, pero no así para los resultados de solubilidad medida con el método de azul de coomassie. Es evidente que el primer método fue mejor predictor. Entonces, si las condiciones no permiten estimar *in vivo* la digestibilidad de los aminoácidos, se puede evaluar la solubilidad de la proteína por KOH para tener una idea de la calidad. Así, la ecuación de regresión obtenida con los resultados de la determinación de solubilidad estimada con el método de KOH podría explicar el comportamiento en digestibilidad de los aminoácidos estudiados, ya que se correlacionan altamente con la solubilidad ($P < 0.01$): ácido aspártico, 0.79; ácido glutámico, 0.90; glicina, 0.91; arginina, 0.92; metionina, 0.61; valina, 0.82; fenilalanina, 0.91; isoleucina, 0.88; leucina, 0.91; lisina, 0.84.

Martínez *et al.* (1996) estudiaron pastas de soya y frijol soya integral y encontraron una correlación alta (0.81) ($P < 0.01$) entre solubilidad de proteína y digestibilidad verdadera, de: 0.44, 0.61, 0.70, 0.75, 0.78, 0.80, 0.80 y 0.82 para glicina, leucina, isoleucina, arginina, fenilalanina, lisina, treonina y valina, respectivamente.

Conclusiones

El tiempo de calentamiento húmedo (0, 15, 30, 45 y 60 min) afecta la solubilidad de la proteína, estimada por los métodos de hidróxido de potasio y azul de coomassie. El primer método es más preciso que el segundo. En promedio, a los 30 minutos de calentamiento se obtuvo la máxima

digestibilidad de los aminoácidos. Existe variación de la digestibilidad verdadera entre los aminoácidos de la harina de carne. Se relacionan estrechamente la solubilidad de su proteína, estimada con hidróxido de potasio, y la digestibilidad verdadera de cada aminoácido, pero no así la solubilidad estimada por la prueba de azul de coomassie.

Literatura Citada

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Araba, M. and N. M. Dale. 1990. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing of soybean meal. *Poultry Sci.* 69:76.
- Carpenter, K. J. 1973. Damage to lysine in food processing. *Nutr. Abs. Rev.* 43:424.
- Fernández, S. R. y C. M. Parsons. 1995. Evaluación del azul de coomassie. Sobreprocesamiento de pastas de oleaginosas con el colorante. En Memoria 5ª Reunión de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal. México. p. 127-145.
- Fernández, S. R., Y. Zhang, and C. M. Parsons. 1993. Determination of protein solubility in oilseed meals using coomassie blue dye binding. *Poultry Sci.* 72:1925.
- Goh, Y. K., D. R. Clandinin, and A. R. Robblee. 1979. Protein quality evaluation of commercial and laboratory heat-damaged rapeseed meals by the dye-binding technique and by biological assay with chicks. *Can. J. Anim. Sci.* 59:195.
- Hodge, J. E. 1953. Dehydrated foods. Chemistry of browning reactions in model systems. *J. Agr. Food. Chem.* 1:928.
- Johnston, J. and C. N. Coon. 1979. A comparison of six protein quality assays using commercially available protein meals. *Poultry Sci.* 58:919.
- Kratzer, F. H. and P. N. Davis. 1959. The feeding value of meat and bone meal. *Poultry Sci.* 38:1389.
- Lewis, A. J. and H. S. Bayley. 1995. Amino acid bioavailability. In: Bioavailability of Nutrients for Animals; Amino Acids, Minerals and Vitamins. C. B. Ammerman, D. H. Baker, and A. J. Lewis (eds.). Academic Press. San Diego, CA. p. 35-65.
- Likuski, H. J. A. and H. G. Dorrell. 1978. A bioassay for rapid determinations of amino acid availability values. *Poultry Sci.* 57:1658.
- Lindroth, P. and K. Mopper. 1979. High performance liquid chromatographic determination of picomole amounts of amino acids by precolumn fluorescence derivation with o-phthalaldehyde. *Anal. Chem.* 51: 1667.
- Martínez A., C., M. Cuca García, G. D. Mendoza-Martínez y J. G. Herrera-Haro. 1996. Digestibilidad y valor nutritivo de aminoácidos del sorgo y de soya en diversas formas en dietas para pollos de engorda. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 4 (1):7.
- Muztar, A. J., J. Slinger, H. J. Likuski, and H. G. Dorrell. 1980. True amino acid availability values for soybean meal and tower and candle rapessed and rapeseed meals determined laboratories. *Poultry Sci.* 59: 605.
- Muztar, A. J. and J. Slinger. 1980. Bioavailable amino acids in corn and alfalfa as measured by applying the true metabolizable energy assay. *Poultry Sci.* 59: 1873.
- Parsons, C. M. 1986. Determination of digestible and available amino acids in meat meal using conventional and caecotomized cockerels or chick growth assays. *Br. J. Nutr.* 56:227.
- Samant, S. K., R. S. Singhal, P. R. Kulkarni, and D. V. Rege. 1993. Protein-polysaccharide interactions: a new approach in food formulation. *Int. J. Food Sci. Technol.* 28:547.
- Scott, M. L., M. C. Nesheim and R. J. Young. 1969. Nutrition of the Chicken. M. L. Scott and Associates. Ithaca.
- Sibbald, I. R. 1987. Estimation of bioavailable amino acid in feedingstuffs for poultry and pigs. A review with emphasis on balance experiments. *Can. J. Anim. Sci.* 67: 221.
- Steel, R. G. y J. M. Torrie. 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2ª ed. Mc Graw-Hill. México.