

BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN AVES DE DISTINTAS EDADES

Ph.D. Sergio R. Fernández*. 2007. Roche Vitamins Inc.

*Gerente Técnico DSM México.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Producción avícola](#)

INTRODUCCIÓN

El concepto de biodisponibilidad muchas veces es utilizado como sinónimo de digestibilidad. Sin embargo, digestibilidad corresponde a la porción de los nutrientes que son absorbidos en el tracto gastrointestinal, mientras que, biodisponibilidad se refiere a la fracción de los nutrientes absorbidos que son utilizados en el metabolismo para mantenimiento y producción (Batterham, 1992).

Debido a la particular anatomía de los tractos digestivo y urinario de las aves, no es posible realizar exclusivamente estudios de digestibilidad de nutrientes, a menos de que se utilicen aves quirúrgicamente alteradas ó se les sacrifique para obtener el contenido ileal.

La explicación anterior ayuda a comprender porqué desde los principios de la determinación de energía en aves siempre se habló de energía metabolizable (EM), diferente a lo que ocurrió en otras áreas de la nutrición animal, en donde los primeros datos de la energía de los alimentos se expresaron en base digestible.

Los métodos in vivo para medir la biodisponibilidad, básicamente se agrupan en; pruebas de balance consumo: excreción y pruebas de crecimiento (Parsons, 1991). Con respecto a las aves, la metodología más común para analizar la biodisponibilidad de los nutrientes, ha sido la alimentación forzada de gallos adultos (Sibbald, 1986) cecotomizados (Parsons, 1985). Las ventajas de esta prueba comparada contra los estudios de crecimiento son; rapidez, exactitud en la medición del consumo y que en un mismo experimento se puede determinar la biodisponibilidad de varios nutrientes como; los aminoácidos, la materia seca, minerales, energía, etc. Sin embargo, los críticos a esta metodología mencionan que los valores de biodisponibilidad de nutrientes obtenidos en gallos adultos sobrestiman la biodisponibilidad real de los nutrientes en el pollo de engorda, debido a el diferente estado de madurez del tracto digestivo. Otra crítica consiste en que los datos de biodisponibilidad en los gallos se obtienen en cada ingrediente por separado, mientras que, los pollos reciben una mezcla de ingredientes, lo que ocasiona distintos balances de aminoácidos y/o interacciones entre los diferentes ingredientes en la dieta, lo cual produciría valores de biodisponibilidad diferentes a los obtenidos con los gallos. También, se señala que debido a que los gallos reciben solo una porción de alimento en el transcurso de 72 horas, estos se encuentran en un estado fisiológico completamente distinto a el de los pollos bajo régimen de alimentación a libertad.

Otra fuente de duda con respecto a la validez de los estudios de biodisponibilidad de nutrientes usando el método de los gallos, surgió por el hecho de que, se ha demostrado en cerdos que los coeficientes de digestibilidad de algunos aminoácidos, por ejemplo metionina, treonina y lisina en harina de pasta de semilla de algodón y en algunos otros ingredientes sobrecalentados, definitivamente sobrestimaron la cantidad de los aminoácidos usados para la síntesis de proteína y crecimiento (Batterham et al., 1990a, b; Batterham, 1992; van Barneveld et al., 1994a,b).

Con respecto a las pruebas de crecimiento, estas se mencionan como la metodología por excelencia para medir la biodisponibilidad de nutrientes, ya que para obtener una respuesta en la ganancia de peso, es necesario que los componentes de la dieta sean digeridos, absorbidos y utilizados para las funciones de mantenimiento, crecimiento y/o producción.

Las principales desventajas de esta metodología son que solo se puede medir la biodisponibilidad de un nutriente a la vez, aunado a esto, se requiere el uso de dietas complejas, ya que deben ser diseñadas de tal manera que solo sea limitante para el crecimiento el nutriente a ser estudiado. Finalmente, comparando contra las pruebas de biodisponibilidad en gallos, cada ensayo toma casi tres veces más tiempo para llevarse a cabo, esto sin tomar en cuenta el tiempo invertido en mezclar las dietas.

De la información anterior surgen las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Son los valores de EM y aminoácidos biodisponibles obtenidos en gallos adultos representativos de la biodisponibilidad de estos nutrientes en el pollo de engorda? y
- 2.- ¿Son los valores de aminoácidos biodisponibles obtenidos en gallos adultos un buen indicador de la cantidad de estos nutrientes biodisponible para crecimiento y síntesis de proteína en pollo en crecimiento?

1.- ¿SON LOS VALORES DE EM Y AMINOÁCIDOS BIODISPONIBLES OBTENIDOS EN GALLOS ADULTOS REPRESENTATIVOS DE LA BIODISPONIBILIDAD DE ESTOS NUTRIENTES EN EL POLLO DE ENGORDA?

Para responder a esta pregunta, se escogió un trabajo diseñado para evaluar una fuente proteica de baja calidad como es la harinolina, ya que precisamente estudiando este ingrediente el grupo de Batterham (1990a, 1990b) encontró que la digestibilidad ileal de los aminoácidos, sobrestimó la biodisponibilidad de estos nutrientes para crecimiento en cerdos. Formulando dietas para pollos de 1 a 3 semanas de edad, Fernández et al., (1994) demostraron que, la inclusión de harinolina como fuente proteica en substitución de la pasta de soya, disminuyó la ganancia de peso en un 40% y la eficiencia alimenticia en un 35% (Cuadro 1), esto a pesar de que las dietas fueron formuladas isoenergéticas y a tener la misma concentración de aminoácidos totales.

Cuadro 1. Efecto de la inclusión de la pasta de algodón a expensas de la pasta de soya sobre el crecimiento de pollo de engorda de 1 a 3 semanas de edad¹ (Adap. de Fernández et al, 1994).

	Tratamientos ²		EEM	Disminución en el comportamiento productivo ⁵
	Maíz: pasta de soya ³	Maíz: pasta de algodón ⁴		
Ganancia de peso, g / pollo	161	106	3	40
Ganancia: consumo, g / kg	724	525	7	35
1.- En ambos casos el efecto de dieta fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$). 2.- Dietas formuladas isoenergéticas y con la misma concentración de aminoácidos totales. 3.- Dieta con 40% de pasta de soya. 4.- Dieta con 42% de pasta de algodón. 5.- Respuesta a las dietas con pasta de algodón como % de la respuesta a las dietas con pasta de soya.				

Una vez demostrada experimentalmente la baja calidad de la proteína de la pasta de algodón, el siguiente paso (Fernández et al., 1995) consistió en obtener los valores de energía metabolizable verdadera corregida a retención cero de nitrógeno (EMVn), utilizando la técnica de la alimentación forzada en gallos adultos desarrollada por Sibbald (1976). Para obtener los coeficientes de biodisponibilidad de los aminoácidos se utilizó la misma técnica, excepto que los gallos utilizados estaban cecotomizados (Parsons, 1985).

Después se procedió a formular una dieta control a base de maíz:pasta de soya, la cual estaba diseñada para obtener un crecimiento óptimo en pollos de 8 a 22 días de edad. A partir de esta dieta, se formularon ocho dietas más, en dos series de cuatro niveles de inclusión de pasta de algodón (5 a 20%) a expensas de la pasta de soya. Las primeras cuatro dietas se diseñaron para tener la misma cantidad de aminoácidos totales que la dieta control. Las otras cuatro dietas se formularon para obtener la misma cantidad de aminoácidos digestibles de la dieta control (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición de las dietas maíz:pasta de soya y con 15 y 20% de inclusión de pasta de algodón formuladas con base en aminoácidos totales y con base en aminoácidos digestibles (Adap. de Fernández et al. 1995)

Ingredientes	Concentración de la pasta de algodón				
	AA Totales			AA Digestibles	
	0%	15%	20%	15%	20%
	(%)				
Pasta de algodón	-----	15.00	20.00	15.00	20.00
Maíz	52.938	46.64	44.418	45.698	43.203
Pasta de soya	34.960	24.24	20.69	24.41	20.91
Aceite de maíz	7.02	9.14	9.89	9.45	10.28
Fosfato dicálcico	1.69	1.61	1.58	1.61	1.59
Carbonato de calcio	1.54	1.47	1.49	1.47	1.48
L-lisina HCl	-----	0.038	0.050	0.134	0.179
DI-Metionina	0.277	0.245	0.234	0.285	0.288
L-Treonina	0.007	0.032	0.041	0.073	0.094
L-Isoleucina	-----	0.015	0.031	0.076	0.101
L-Valina	-----	-----	-----	0.023	0.031
L-Fenilalanina	-----	-----	-----	0.044	0.059
L-Histidina	-----	-----	-----	0.029	0.038
L-Leucina	-----	-----	-----	0.128	0.171
Análisis:					
Prot. cruda	20.7	20.7	20.7	21.1	21.2
EMVn, kcal/kg	3200	3200	3200	3200	3200
Calcio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
P. disponible	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
lisina Tot.	1.10	1.10	1.10	1.18	1.21
lisina Dig.	1.02	0.98	0.924	1.02	1.02
AA azufrados Tot.	0.90	0.90	0.90	0.90	0.92
AA azufrados Dig.	0.80	0.79	0.78	0.80	0.80
Treonina Tot.	0.80	0.80	0.80	0.848	0.86
Treonina Dig.	0.70	0.66	.648	0.70	0.70
Valina Tot.	0.92	0.94	0.95	0.97	0.988
Valina Dig.	0.84	0.81	0.80	0.84	0.84
Isoleucina Tot.	0.83	0.80	0.80	0.86	0.87
Isoleucina Dig.	0.76	0.70	.69	0.76	0.76
Leucina Tot.	1.73	1.65	1.62	1.78	1.80
Leucina Dig.	1.55	1.44	1.39	1.55	1.55
Histidina Tot.	0.50	0.53	0.54	0.56	0.58
Histidina Dig.	0.46	0.44	0.43	0.46	0.46
Fen + Tyr Tot.	1.55	1.58	1.58	1.63	1.65
Fen + Tyr Dig.	1.42	1.40	1.39	1.45	1.46
Arginina Tot.	1.31	1.58	1.67	1.58	1.67
Arginina Dig.	1.20	1.39	1.45	1.39	1.45
La composición de las premezclas de vitaminas y minerales se encuentra en la misma referencia					

En esta ocasión, los pollos alimentados a partir de las dietas formuladas con base en aminoácidos totales crecieron al mismo ritmo que los pollos de la dieta control, hasta un nivel de inclusión de pasta de algodón de 15%, sin embargo, cuando esta pasta de oleaginosa se incluyó a 20% de la dieta, los animales mostraron una menor ganancia de peso y eficiencia alimenticia (Cuadro 3). No obstante, los pollos que recibieron las dietas formuladas con base en aminoácidos digestibles, mostraron un comportamiento igual al de la dieta control, aun a el nivel de 20% de inclusión de pasta de algodón (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de niveles crecientes de pasta de semilla de algodón en la dieta y criterio de formulación en el crecimiento del pollo de engorda (Adap. de Fernández et al, 1995).

Inclusión de pasta de algodón (%)	Criterio de formulación	Ganancia de peso (g/pollo)	Consumo de alimento (g/pollo)	Ganancia: consumo (g/kg)
0	271 ^a	413	656 ^a	
5	AA totales	270 ^a	411	657 ^a
10	AA totales	271 ^a	404	670 ^a
15	AA totales	267 ^a	413	648 ^a
20	AA totales	252 ^b	410	615 ^b
5	AA digestibles	270 ^a	408	663 ^a
10	AA digestibles	275 ^a	416	660 ^a
15	AA digestibles	275 ^a	415	648 ^a
20	AA digestibles	272 ^a	415	655 ^a
	EEM	4.5	5.5	7.7
a - b Números con diferente literal por columna son distintos (P < 0.05).				

Con el fin de verificar la posibilidad de incrementar la concentración de pasta de algodón al formular con base en aminoácidos digestibles, se diseñaron otros dos experimentos, con inclusiones de 30 y 40% de la pasta de oleaginosas a expensas de la pasta de soya, inclusive en el tercer experimento, se fortificó la dieta con 40% de pasta de algodón con cantidades extra de aminoácidos digestibles (de 10 a 15% más que la concentración de la dieta control) a partir de aminoácidos cristalinos (Fernández et al., 1995). Los resultados se pueden observar en el cuadro 4.

Cuadro 4. Efecto de niveles crecientes de pasta de semilla de algodón sobre el crecimiento del pollo de engorda^{1,2} (Adap. de Fernández et al, 1995).

Tratamiento	Ganancia de peso (g/pollo)	Consumo de alimento (g/pollo)	Ganancia: consumo (g/kg)
Maíz:pasta de soya	238 ^a	343 ^a	693 ^a
20% de pasta de algodón	233 ^a	339 ^{ab}	687 ^a
30% de pasta de algodón	212 ^b	318 ^{bc}	666 ^b
40% de pasta de algodón	202 ^b	311 ^c	648 ^b
EEM	6.3	8.1	5.9
^{a-b} Números con diferente literal por columna son distintos (P < 0.05).			
¹ Las cuatro dietas se formularon a tener las mismas concentraciones de aminoácidos digestibles y EMVn.			

Paralelamente a las pruebas de crecimiento ya descritas (de los 8 a los 22 días de edad), se procedió a coleccionar excreta de los pollos a partir del día 7 hasta el día 10 experimentales, de los tratamientos con 0, 10, 20, 30, y 40% de inclusión de pasta de semilla de algodón. Al mismo tiempo se coleccionó excreta de pollos alimentados con una dieta libre de nitrógeno para corregir por excreción endógena los coeficientes de digestibilidad de los aminoácidos. Una vez obtenidas las muestras se procedió a analizar el contenido energético y la concentración de los aminoácidos, con el fin de determinar la energía metabolizable aparente corregida a retención cero de nitrógeno (EMAn) y los coeficientes de biodisponibilidad de los aminoácidos, directamente en las dietas experimentales. Los resultados se pueden observar en los cuadros 6 y 7. La de EMAn de la dieta obtenida en pollos de alrededor de 21 días de edad, coincidió casi al 100% con la EMVn de las raciones, formuladas a partir del análisis de cada uno de los ingredientes por separado.

También en el caso de los valores de aminoácidos biodisponibles, los números obtenidos en los pollos coincidieron también casi al 100% con los números de biodisponibilidad a que fueron formuladas las dietas experimentales, a partir del análisis de los ingredientes por separado en los gallos adultos cecectomizados.

Con base en la información discutida se puede concluir que bajo las condiciones experimentales prevalentes en el mencionado estudio (Fernández et al., 1995), los valores de EMAn y biodisponibilidad de los aminoácidos y obtenidos en gallos adultos son completamente comparables a los valores de estos nutrientes obtenidos en el pollo de engorda de 21 días de edad.

Cuadro 6. Comparación de los datos de EMAn de las raciones obtenidos directamente en pollos comparados contra los valores de EMVn a que fueron formuladas las dietas experimentales¹.

Tratamientos	EMA _n		
	Experimento ²	Experimento ³	EMV _n
	kcal/kg ¹		
Maíz: pasta de soya	3267	3204	3200
10% de pasta de algodón	3229		3200
20% de pasta de algodón	3161	3227	3200
30% de pasta de algodón		3200	3200
40% de pasta de algodón		3223	3200
EEM	47	18	

¹ Energías expresadas a 88% de materia seca.
² Efecto de tratamiento no fue significativo (P > 0.05).
³ Adaptado de Fernández et al. (1995).

Cuadro 7. Comparación de los coeficientes de digestibilidad verdadera de los aminoácidos obtenidos en pollos contra los valores obtenidos de gallos adultos cecectomizados, determinados en dietas con diferentes concentraciones de pasta de algodón.¹

	Digestibilidades en pollo					Digestibilidades en gallo				
	0%	20%	30%	40%	EEM	0%	20%	30%	40%	
Pasta de algodón										
Aminoácido										
Acido aspártico	93	85	82	80	1.4	91	86	84	81	
Treonina	88	80	79	78	0.9	87	82	79	77	
Serina	91	84	81	80	1.0	89	85	83	81	
Acido glutámico	94	90	89	88	0.4	94	91	90	89	
Prolina	92	85	81	79	0.8	92	88	86	84	
Alanina	90	81	79	77	0.9	92	86	83	80	
Cisteína	93	87	85	84	0.8	87	85	85	84	
Valina	89	79	77	79	1.5	92	85	82	80	
Metionina	95	88	87	85	0.5	95	91	89	87	
Isoleucina	92	84	83	81	0.6	91	87	85	84	
Leucina	93	86	82	80	0.6	89	85	83	80	
Tirosina	94	88	84	84	1.4	88	85	84	83	
Fenilalanina	92	86	84	83	0.7	94	90	88	87	
Histidina	88	81	79	78	0.7	92	78	72	66	
Lisina	93	83	79	76	0.6	93	85	81	78	
Arginina	95	90	88	88	0.5	92	87	85	84	
Promedio	92	85	82	81		91	89	84	82	

¹ Los coeficientes de digestibilidad en pollo se determinaron alimentando las dietas terminadas a 4 repeticiones de 5 aves cada una. Los coeficientes de digestibilidad de las dietas en gallo se calcularon a partir de los datos de digestibilidad determinada en el maíz, y las pastas de soya y algodón por separado.
² Adaptado de Fernández et al. (1995)

2. ¿SON LOS VALORES DE AMINOÁCIDOS BIODISPONIBLES OBTENIDOS EN GALLOS ADULTOS UN BUEN INDICADOR DE LA CANTIDAD DE ESTOS NUTRIENTES BIODISPONIBLE PARA CRECIMIENTO Y SÍNTESIS DE PROTEÍNA?

Como se mencionó líneas arriba, es un hecho que en cerdos los coeficientes de digestibilidad de algunos aminoácidos, por ejemplo metionina, treonina y lisina en harina de pasta de semilla de algodón y en algunos otros ingredientes sobrecalentados, sobrestiman la cantidad de aminoácidos usados para síntesis de proteína y crecimiento (Batterham et al., 1990a,b; Batterham, 1992; van Barneveld et al., 1994a, b). Sin embargo, en el caso de los aminoácidos ramificados, valina, leucina e isoleucina los valores de digestibilidad reflejaron al 100% la biodisponibilidad de estos compuestos para la síntesis de proteína y crecimiento en cerdos (Batterham, 1992).

En el caso de las aves, aunque se ha demostrado que la formulación basada en los coeficientes de biodisponibilidad de los aminoácidos es más eficiente que la formulación basada en las concentraciones totales de aminoácidos (Fernández et al., 1995), no fue posible mantener la ganancia de peso cuando la pasta de algodón se

incluyó al 30 y 40% de la dieta. Por lo tanto, para investigar esta situación, en otro estudio, se comparó la biodisponibilidad de la lisina en las pastas de algodón y de soya obtenidas en gallos adultos cecotomizados contra la biodisponibilidad de estos aminoácidos determinada por el método de comparación de pendientes en pollos en crecimiento (Finney, 1978).

Con tal finalidad, se diseñó una ración basal purificada (Fernández y Parsons, 1996a), la cual contenía todos los nutrientes necesarios en las concentraciones adecuadas para obtener un máximo crecimiento. La mencionada dieta se hizo deficiente solamente en lisina, para a continuación ser suplementada con concentraciones crecientes del aminoácido limitante en forma cristalina y de esta manera obtener una respuesta lineal de crecimiento ante cada nivel de adición del aminoácido. Al mismo tiempo se fueron adicionando niveles crecientes de las pastas de soya o algodón por separado, como la única fuente de lisina digestible. Para verificar el efecto del balance de los aminoácidos en las pastas de las oleaginosas analizadas, se diseñaron mezclas de aminoácidos cristalinos simulando el balance de los aminoácidos biodisponibles de las mencionadas pastas y se agregaron también a la dieta basal como fuente de lisina. En el cuadro 8, pueden observarse los diferentes tratamientos y un resumen de los resultados obtenidos. Después por medio del método de comparación de pendientes (Finney, 1978) se obtuvo la biodisponibilidad de la lisina (Cuadro 9).

Cuadro 8. Resumen de las respuestas de crecimiento de pollos alimentados con diferentes fuentes de lisina digestible (Adap. de Fernández y Parsons, 1996a)

Tratamiento	lisina Dig. adicional (%)	Ganancia de peso (g)	Nitrógeno retenido	lisina retenida (mg)
1. Basal (B) ¹	0.0	69	1.63	605
2. B + 0.156% L-Lys HCl	0.125	126	2.75	981
3. B + 0.312% L-Lys HCl	0.250	187	4.02	1,595
4. B + 6.5% pasta de algodón	0.065	93	2.10	729
5. B + 13.0% pasta de algodón	0.131	114	2.51	922
6. B + 19.5% pasta de algodón	0.196	140	3.18	1,214
7. B + 3.0% pasta de soya	0.080	100	2.35	790
8. B + 6.0% pasta de soya	0.159	139	3.13	1,082
9. B + 9.0% pasta de soya	0.239	181	4.11	1,488
10. B + 9.9% de la mezcla de AA simulando la pasta de algodón	0.100	102	2.27	854
11. B + 19.8% de la mezcla de AA simulando la pasta de algodón	0.200	120	2.72	1,029
12. B + 3.8% de la mezcla de AA simulando la pasta de soya	0.100	103	2.29	794
13. B + 7.6% de la mezcla de AA simulando la pasta de soya	0.200	145	3.27	1,182
EEM		4.4	0.12	40

¹ La dieta basal contiene 0.4% de lisina digestible

Cuadro 9. Biodisponibilidad de la lisina para crecimiento y la retención de nitrógeno y lisina en diferentes fuentes del aminoácido (Adap. de Fernández y Parsons, 1996a).

Variable de respuesta	Fuente de lisina				
	L-lisina HCl	Pasta de algodón	Pasta de soya	Pasta de algodón	Mezclas de AA simulando Pasta de soya
	(%)				
Ganancia de peso	100	89*	103	72*	91
Nitrógeno retenido	100	96	113*	78*	98
Lisina retenida	100	95	99	82*	87

*Números por renglón con asterisco son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) de 100%.

Como se esperaba, la biodisponibilidad de la lisina en la pasta de soya para todos los parámetros analizados no fue diferente ($P > 0.05$) de 100%. En el caso de la pasta de algodón, la biodisponibilidad de la lisina para crecimiento fue solo 89%, estadísticamente inferior a 100% ($P < 0.05$). Sin embargo, en el caso de las retenciones

de nitrógeno y lisina, la biodisponibilidad de la lisina contenida en la pasta de algodón, no fue diferente ($P > 0.05$) de 100%, y más importante, cuando se midió la biodisponibilidad de la lisina cristalina (L-lisina HCl), a partir de la mezcla de aminoácidos cristalinos simulando el perfil de aminoácidos de la pasta de algodón, esta fue inferior al 100% ($P < 0.05$). Aquí es importante resaltar que el balance de los aminoácidos en la proteína de la pasta de algodón, tuvo un efecto mayor en la biodisponibilidad de la lisina que la presencia de los factores detrimentales gopipol y el alto contenido de fibra. La relación arginina:lisina digeribles en la pasta de algodón fue de 3.61:1 comparada contra una relación de 1:1 en la pasta de soya (Fernández y Parsons, 1996a).

De lo anterior se concluyó que los valores de biodisponibilidad de lisina en las pastas de algodón y de soya no fueron diferentes al obtenerse en gallos cecectomizados o en pollos en crecimiento, fue de 100% , mientras que como ya se menciona en cerdos, la lisina ileodigestible fue solo un 46% biodisponible para cerdos en crecimiento (Batterham 1992). Para tratar de explicar el porque de los diferentes resultados en cerdos y aves, se hace necesario revisar someramente el efecto del sobreprocesamiento en la fracción proteica de los ingredientes.

La aplicación de calentamiento moderado es necesario para mejorar la calidad nutricional de las pastas de semillas oleaginosas, ya que esta práctica destruye o inactiva varias enzimas tóxicas así como algunos factores inhibidores del crecimiento (Fernández, 1995). Sin embargo, el exceso en el calentamiento empobrece la calidad nutritiva de la proteína (Liener, 1994). Un efecto notorio del daño a la proteína es la disminución en la digestibilidad de los aminoácidos (Parsons et al., 1992; Anderson-Hafermann et al., 1993; Zhang y Parsons, 1994).

Cuando la proteína es sobrecalentada, los aminoácidos que la conforman pueden sufrir diferentes tipos de cambios químicos como; reacciones entre estos compuestos y azúcares reductores dando lugar a las reacciones de Maillard (Mauron, 1981), o interacciones entre los mismos aminoácidos, uniéndose entre si con enlaces diferentes a la unión peptídica, conocidos como uniones isopeptídicas (Hurrell et al., 1976), por ejemplo entre el grupo amino de la lisina y los grupos amida de la asparagina y glutamina, dando como resultado una reducción en la digestión de la proteína, ya que se evita la penetración enzimática in vivo (Varnish y Carpenter, 1975; Hurrell et al., 1976).

Un ejemplo muy bien documentado acerca de las degradaciones químicas de los aminoácidos provocadas por el calor excesivo, lo constituyen las reacciones de Maillard (Mauron, 1981). Dependiendo de la magnitud del daño térmico ocasionado a la proteína, este tipo de interacciones se han dividido en 3; 1. reacciones tempranas, 2. reacciones avanzadas y 3. reacciones finales.

Las reacciones tempranas, conocidas también como compuestos fructosil-aminoácidos ó amadori, poseen ciertas características muy importantes. No son digeridas por las enzimas digestivas del animal, pero cuando se realiza la hidrólisis ácida (primer paso en la metodología de análisis de los aminoácidos), se degradan y los aminoácidos quedan libres de nuevo. Los compuestos amadori se absorben por difusión pasiva en el tracto digestivo, pero no pueden ser utilizados por el animal, sino que son excretados en la orina intactos.

Otra pieza de información importante de tomar es que en los estudios de digestibilidad en cerdos se colectan las heces exclusivamente, mientras que en el caso de las aves, como se comento en un principio, debido a sus características anatómicas, se colectan juntas las heces y orina.

Poniendo juntos estos datos, se puede inferir lo siguiente, si la fuente de proteína ha sido sobrecalentada, es muy probable la formación de compuestos amadori, los cuales hacen el aminoácido completamente indisponible para el animal, sin embargo, al realizar el análisis de los aminoácidos del ingrediente, los compuestos amadori se recuperan como aminoácidos utilizables. Por otro lado, como estos compuestos son absorbidos por difusión pasiva, al medir los aminoácidos presentes en las heces y obtener los coeficientes de digestibilidad, los complejos amadori se registran como aminoácidos normales que fueron absorbidos, obteniendo números que sobrestiman la biodisponibilidad de los aminoácidos, como ocurre en el caso de los cerdos.

En las aves, los compuestos amadori son absorbidos por difusión pasiva en el tracto gastrointestinal, pero son recuperados en la orina, por lo tanto, al hacer el análisis de los aminoácidos estos compuestos son recuperados como aminoácidos normales tanto en el alimento como en las excretas. Entonces, al hacer el balance de lo consumido menos lo excretado para obtener los coeficientes de digestibilidad, se obtienen datos que no sobrestiman la biodisponibilidad de los aminoácidos.

Finalmente como respuesta a la segunda pregunta; ¿Son los valores de aminoácidos biodisponibles obtenidos en gallos adultos un buen indicador de la cantidad de estos nutrientes biodisponible para crecimiento y síntesis de proteína? Bajo las condiciones experimentales de los trabajos analizados, los valores de biodisponibilidad de la lisina en las pastas de soya y algodón obtenidos en gallos adultos representaron al 100% la biodisponibilidad de este aminoácido para el pollo de engorda de 21 días de edad.

AVES DE 1 A 21 DÍAS DE EDAD

Una tercera pregunta surge a partir de la información presentada: ¿Son los valores de EM y aminoácidos biodisponibles obtenidos en gallos adultos representativos de la biodisponibilidad de estos nutrientes en el pollo de engorda de menos de 21 días de edad?

Para contestar esta pregunta, se escogió el trabajo de Batal y Parsons (2002). Estos, investigadores alimentaron pollos de 0 a 21 días de edad con una dieta maíz-pasta de soya diseñada para cubrir al 100% las necesidades nutricionales de las aves (NRC, 1994).

Se colectaron excretas en 4 diferentes periodos de 24 horas cada uno, los días 2, 4, 7, 14, y 21. Las aves tuvieron acceso a libertad al agua y alimento. La excretas y el alimento se muestrearon para analizar; energía bruta, proteína cruda, almidón, grasa, aminoácidos y ceniza insoluble en ácido como marcador para evaluar la utilización de los nutrientes. A partir de estos datos se calculo la EMAn, así como la utilización de la grasa, almidón y la biodisponibilidad de los aminoácidos.

Como puede observarse en el cuadro 10, la utilización de los nutrientes de la dieta fue incrementando entre los días 2 a 14, encontrando una meseta en los valores de biodisponibilidad de los nutrientes, en las mediciones de los días 14 y 21.

Cuadro 10. Efecto de la edad en los valores de EMAn y biodisponibilidad de nutrientes en aves alimentadas con una dieta maíz-pasta de soya (Adap. de Batal y Parsons, 2002).

Nutriente	Días de edad					EEM
	2	4	7	14	21	
EMAn	2,970 ^d	3,085 ^c	3,185 ^b	3,429 ^a	3,426 ^a	26.0
Grasa	61 ^b	58 ^b	59 ^b	74 ^a	73 ^a	1.3
Almidón	93 ^c	93 ^c	97 ^b	99 ^a	99 ^a	0.4
Lisina	78 ^d	81 ^c	85 ^b	89 ^a	89 ^a	0.7
Metionina	80 ^c	82 ^c	87 ^b	92 ^a	92 ^a	0.9
Cistina	62 ^c	58 ^c	70 ^b	78 ^a	81 ^a	1.4
Treonina	69 ^c	70 ^c	76 ^b	88 ^a	85 ^a	0.9
Arginina	88 ^c	89 ^c	92 ^b	94 ^a	94 ^a	0.6
Números con diferente literal son estadísticamente distintos (P<0.05)						

Tradicionalmente se pensaba que las aves de menos de 14 días de edad mostraban una utilización menor solamente de la fracción grasa del alimento. Sin embargo, en el trabajo de Batal y Parsons (2002) claramente se observa un aumento en la capacidad de utilización de todos los nutrientes analizados en este trabajo. Los autores sugieren como una explicación a este fenómeno, a una menor actividad enzimática en el tracto gastroentérico del pollo joven. Conforme el pollo madura, alrededor de los 14 días de edad, aparentemente su capacidad digestiva alcanza un nivel comparable con el de aves de más edad.

En conclusión, los datos de biodisponibilidad de nutrientes obtenidos en aves adultas son 100% utilizables en la formulación de dietas para aves de 15 días de edad en adelante. Con respecto a las aves menores de 15 días de edad se recomienda el uso de datos obtenidos en aves de la misma edad, debido a que en esta etapa la diferencia en el desarrollo de la capacidad enzimática del tracto gastroentérico es un factor muy importante a tomar en cuenta para obtener una adecuada respuesta productiva en el pollo de engorda.

LITERATURA CITADA

- Anderson-Hafermann, J.C., Y. Zhang, y C.M. Parsons, 1993. Effect of overprocessing on the nutritional quality of canola meal. *Poultry sci.* 72:326-333.
- Baker, D.H., 1997. Ideal amino acid profiles for swine and poultry and their application in feed formulation. *Biokyowa Technical Review No. 9*, pp 1-24.
- Baker, D.H., K.R. Robbins, and J.S. Buck, 1979. Modification of the level of histidine and sodium bicarbonate in the Illinois crystalline amino acid diet. *Poultry Sci.* 58:749-750.
- Baker, H.D., y Y. Han, 1994. Ideal amino acid profile for broiler chicks during the first three weeks posthatching. *Poultry Sci.* 73:1441-1447.
- Batal, A.B., y C.M. Parsons, 2002. Effects of age on nutrient digestibility in chicks fed different diets. *Poultry Sci.* 81:400-407.
- Batterham, E.S., L.M. Andersen, D.R. Baigent, S.A. Beech, y R. Elliot, 1990a. Utilization of ileal digestible amino acids by pigs: lysine. *Br. J. Nutr.* 64:679-690.
- Batterham, E.S., L.M. Andersen, D.R. Baigent, R.E. Darnell, y M.R. Taverner, 1990b. A comparison of the availability and ileal digestibility of lysine in cottonseed and soya-bean meals for grower/finisher pigs. *Br. J. Nutr.* 64:663-667.
- Batterham, E.S., 1992. Availability and utilization of amino acids for growing pigs. *Nutr. Res. Rev.* 5:1-18.

- Fernández, S.R., 1995. Effect of heat damage and assay methodology on digestibility and bioavailability of amino acids in cottonseed and soybean meals. Tesis de Doctorado. University of Illinois at Urbana-Champaign, USA.
- Fernández, S.R., Y. Zhang, y C.M. Parsons, 1993. Determination of protein solubility in oilseed meals using Coomassie Blue dye binding. *Poultry Sci.* 72:1925-1930.
- Fernández, S.R., Y. Zhang, y C.M. Parsons, 1994. Effect of overheating on the nutritional quality of cottonseed meal. *Poultry Sci.* 73:1563-1571.
- Fernández, S.R., S. Aoyagi, Y. Han, C.M. Parsons, y D.H. Baker, 1994. Limiting order of amino acids in corn and soybean meal for growth of the chick. *Poultry Sci.* 73:1887-1896.
- Fernández, S.R., Y. Zhang, y C.M. Parsons, 1995. Dietary formulation with cottonseed meal on a total amino acid versus a digestible amino acid basis. *Poultry Sci.* 74:1168-1179.
- Fernández, S.R., y C.M. Parsons, 1996a. Bioavailability of the digestible lysine and valine in cottonseed and soybean meals for chicks. *Poultry Sci.* 75:216-223.
- Fernández, S.R., y C.M. Parsons, 1996b. Bioavailability of the digestible lysine in heat-damaged soybean meal for chick growth. *Poultry Sci.* 75:224-231.
- Finney, D.J., 1978. Statistical method in biological assay. 3rd ed. High Wycombe, Bucks; Charles Griffin & Co. Ltd. England.
- Ford, J.E., 1962. A microbiological method for assessing the nutritional value of proteins 2. the measurement of "available" methionine, leucine, isoleucine, arginine, histidine, tryptophan, and valine. *Br. J. Nutr.* 16:409-425.
- Hurrell, R.F., y K.J. Carpenter, 1975. The use of three dye-binding procedures for the assesment of heat damage to food proteins. *Br. J. Nutr.* 33:101-115.
- Hurrell, R.F., K.J. Carpenter, W.J. Sinclair, M.S. Otterburn, y R.S. Asquith, 1976. Mechanisms of heat damage in proteins 7. The significance of lysine-containing isopeptides and of lanthionine in heated proteins. *Br. J. Nutr.* 35:383-395.
- Jais, C., F.X. Roth, y M. Kirchgnessner. 1995. The determination of the optimum ratio between the essential amino acids in aying hen diets. *Arch. Geflugelk.* 59:292-302.
- Johns, D.C., y A.C. James, 1987. Comparison of true digestibility of amino acids of meat and bone meals using the cockerel precision-feeding technique with lysine availability determined by the FNDB chemical method and by chick growth assay. *New Zealand J. Agric. Res.* 30:297-300.
- Kratzer, F. H., S. Bersch, and P. Vohra, 1990. Evaluation of heat-damage to protein by coomassie blue g dye- binding. *J. Food Sci.* 55:805-807.
- Leeson, S, y J.D. Summers, 1997. Commercial poultry production. 2nd Edición. University Books. Pp 114.
- Liener, I.E., 1994. Implications of antinutritional components in soybean foods. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 34:31-67.
- Mauron, J., 1981. The maillard reaction in food; a critical review from the nutritional standpoint. *Prog. Food Nutr. Sci.* 5:5-35.
- Mitchell, H.H., 1964. Comparative nutrition of man and domestic animals. Academic Press, New York, NY.
- National Research Council, 1994. Nutrient requeriments of poultry. 9th Rev. Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Parsons, C.M., 1985. Influence of caeectomy on digestibility of amino acids by roosters fed distillers' dried grains with solubles. *J. Agric. Sci. Camb.* 104:469-472.
- Parsons, C.M., 1991. Amino acids digestibilities for poultry: feedstuff evaluation and requeriments. Biokyowa Technical Review-1 Nutri-Quest, Inc. Chesterfield, MO.
- Parsons, C.M., K. Hashimoto, K.J. Wedekend, Y. Han, y D.H. Baker, 1992. Effect of overprocessing on availability of amino acids and energy in soybean meal. *Poultry Sci.* 71:133-140.
- Pedersen, B., y O.B. Eggum, 1983. Prediction of protein digestibility by an in vitro enzymatic pH-stat procedure. *Z. Tierphysiol., Tierarnährg. u. Futtermittelkde.* 49:265-277.
- Sibbald, I.R., 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedstuffs. *Poultry Sci.* 55:303-308.
- Sibbald, I.R., 1986. The T.M.E. system of feed evaluation: methodology, feed composition data and bibliography. Technical Bulletin 1986-4E. Agriculture Canada, Ottawa, ON, Canada.
- Van Barneveld, R. J., E.S. Batterham, y B.W. Norton, 1994a. The effect of heat on amino acids for growing pigs 1. A comparison of ileal and faecal digestibilities of amino acids in raw and heat-treated field peas (*Pisum sativum* cultivar Dundale). *Br. J. Nutr.* 72:221-241.
- Van Barneveld, R. J., E.S. Batterham, y B.W. Norton, 1994b. The effect of heat on amino acids for growing pigs 3. The availability of lysine from heat-treated field peas (*Pisum sativum* cultivar Dundale). *Br. J. Nutr.* 72:257-275.
- Varnish, S.A., y K.J. Carpenter, 1975. Mechanisms of heat damage in proteins 5. The nutritional values of heat-damaged and propionylated proteins as sources of lysine, methionine and tryptophan. *Br. J. Nutr.* 34:325-337.
- Zhang, Y, y C.M. Parsons, 1994. Effects of overprocessing on the nutritional quality of sunflower meal. *Poultry Sci.* 73:436-442.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos sinceramente la desinteresada colaboración de los autores y la gentil disposición de la Asociación Mexicana de Nutrición Animal (AMENA) y del Colegio Latinoamericano de Nutrición Animal (CLANA). Gracias a todos ellos, Engormix.com acerca el resultado de años de investigación internacional al servicio del productor animal.

Volver a: [Producción avícola](#)