

# Necesidades de treonina en pollos sometidos a dos calendarios de vacunación



René Morales López\*  
Tomás Jínez Méndez\*  
Ernesto Ávila González\*  
Carlos Martínez Amezcuá\*\*

## Abstract

A study was conducted with the goal of searching if threonine requirement is not increased when broilers are subjected to a closed vaccination program which represents stressful handling. Nine hundred and ninety male and female 1 day age Arbor Acres broilers were divided into 6 treatments, with 6 repetitions of 30 chickens each. A completely randomized design with a factorial arrangement  $3 \times 2$  was employed including 3 threonine levels according to NRC (1994) requirements (95%, 100% and 105%), and two vaccination programs: open (two Newcastle disease vaccines) and closed [two Newcastle disease vaccines, Infectious Bursal disease (IBD) vaccine and *E. coli* bacterin]. Diets based on sorghum + soybean meal were used with synthetic L-threonine to achieve the required levels. Results at 42 days for body weight gain, feed conversion, gross mortality and antibody titers in serum by the hemoagglutination inhibition test for Newcastle disease showed no statistical differences ( $P > 0.05$ ) for vaccination calendars nor for threonine levels. Results of this study suggest that threonine requirements at 95% of those recommended by the NRC (1994) are the adequate ones on broiler performance and immunity.

**Key words:** BROILERS, THREONINE, REQUIREMENT, STRESS, IMMUNITY.

## Resumen

El presente estudio tuvo como propósito investigar si la necesidad de treonina en la dieta no se incrementa al someter a pollos de engorda a un calendario cerrado de vacunación, manejo que representa mayor estrés. Se realizó un experimento con 990 pollos de engorda Arbor Acres, mixtos, de 1 a 42 días de edad, utilizando seis tratamientos con cinco repeticiones de 33 pollos cada uno. Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial  $3 \times 2$ ; tres niveles de treonina en función del requerimiento informado por el NRC 1994 (95%, 100% y 105%) y dos programas de vacunación [abierto: Dos vacunas de Newcastle y cerrado; dos vacunas de Newcastle, una de infección de la Bolsa de Fabricio (IBF) y una bacterina de *E. coli*]. Se emplearon dietas en base a sorgo más pasta de soya para iniciación y finalización, con L-treonina para lograr los niveles requeridos. Los resultados en 42 días para ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimentaria, mortalidad general y resultados séricos de los títulos de anticuerpos por la prueba de inhibición de la hemoaglutinación para la enfermedad de Newcastle, no indicaron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos. Los resultados de este estudio sugieren que las necesidades de treonina al 95% de lo que señala el NRC en 1994, son adecuadas para óptimo comportamiento productivo e inmunidad de pollos de engorda.

**Palabras clave:** POLLOS DE ENGORDA, TREONINA, NECESIDADES, ESTRÉS, INMUNIDAD.

---

Recibido el 13 de diciembre de 2000 y aceptado el 7 de mayo de 2001.

\* Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Salvador Díaz Mirón s/n, 13209, México, D.F.

\*\* Fermentaciones Mexicanas, S.A. de C.V. Edificio Torre Diamante, Insurgentes Sur 1 685, piso 14, Col. Guadalupe Inn, 01020, México, D.F.

## Introducción

En México la actividad avícola constituye una rama de suma importancia; la producción de pollo durante los últimos cinco años creció a un ritmo anual de 5.2%, actualmente se producen un millón 800 mil toneladas de pollo, el valor de venta estimado de la producción de carne de pollo es de 25 920 millones de pesos.<sup>1</sup> Los avances tecnológicos en genética, nutrición, manejo y equipo han permitido que esta industria incremente su productividad.

Existe evidencia en la literatura para aves y mamíferos donde se menciona que el sistema inmune es capaz de responder a diferentes factores fisiológicos, dietarios, genéticos, tóxicos y del ambiente. Estudios acerca de los diferentes grupos de nutrientes, carbohidratos, proteína, grasa, minerales y vitaminas, muestran la estrecha relación entre nutrición e inmunidad.<sup>2-5</sup> En el caso de aminoácidos, además de jugar un papel importante en el óptimo comportamiento productivo en las aves, tienen una función primordial en el correcto funcionamiento del sistema inmune.<sup>5</sup> Chávez<sup>6</sup> sugiere que la producción de anticuerpos depende de la disponibilidad de aminoácidos y que puede ser afectada por una ingestión inadecuada de proteínas de la dieta; algunos otros autores apoyan este concepto. Koyanagi *et al.*, citados por Bhargavan *et al.*,<sup>7</sup> estudiaron el efecto del triptofano en la dieta de ratas y su relación con la producción de gammaglobulinas, encontrando que la gammaglobulina fue baja en ratas alimentadas con 0.08% o 0.10% de triptofano, pero incrementaba cuando el nivel de triptofano incrementaba en la dieta. Glick *et al.*<sup>5</sup> encontraron que en dietas deficientes en energía y aminoácidos se afectó la ganancia de peso y la respuesta inmune, incluyendo disminución en la producción de anticuerpos, así también se ha encontrado una disminución de hipersensibilidad retardada.<sup>5,7,8</sup>

Se han desarrollado progresos significativos en el área de producción de vacunas recombinantes y nuevos

adyuvantes, para favorecer mejores programas de prevención de enfermedades; sin embargo, la eficacia de estas vacunas y en la actualidad las condiciones de manejo, nutrición y programas de vacunación en pollos de engorda deben ser encaminados a la prevención de enfermedades con la finalidad de remplazar el uso previo de antibióticos, por lo cual el estudio de los niveles de inclusión de aminoácidos involucrados en la respuesta inmune, como la treonina, adquiere gran importancia para tener un mejor entendimiento de las necesidades de este aminoácido esencial y su relación con la respuesta inmune celular y humorar.<sup>4,9,10</sup> La treonina es el tercer aminoácido limitante en dietas para aves y en ingredientes como sorgo, trigo, cebada, harina de carne, pasta de girasol y soya. Algunos estudios han sugerido que las necesidades de treonina aparentan ser mayores a lo que recomienda el NRC en 1994, cuando los animales son sometidos a condiciones de estrés o por un rápido crecimiento, razón por la cual se realizó el presente estudio.<sup>11-13</sup>

## Material y métodos

El estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, que se encuentra en Zapotitlán, Tláhuac, Distrito Federal, a 2 250 msnm, en el paralelo 19°15' latitud Oeste, con condiciones de clima templado húmedo; enero es el mes más frío y mayo el más caluroso; la precipitación pluvial media es de 747 mm.<sup>14</sup> Se utilizaron 990 pollos de engorda de la estirpe Arbor Acres, de un día de edad, que se distribuyeron en los lotes experimentales conforme a un diseño al azar en un arreglo factorial 2 × 3, siendo un factor dos programas de vacunación (Cuadro 1) y tres niveles de treonina total (95%, 100% y 105% del requerimiento total que señala el NRC)<sup>13</sup> en la dieta de las aves. Cada tratamiento se ofreció con cinco repeticiones de 33 pollos cada una. Previo a la formulación de las dietas experimentales se determinó

Cuadro 1  
CALENDARIOS DE VACUNACIÓN EMPLEADOS EN EL ARREGLO FACTORIAL

Día de aplicación	Calendario abierto			Calendario cerrado		
	Vacuna	Vía	Cepa	Vacuna	Vía	Cepa
9	Enf. de Newcastle	Ocular y subcutánea	La sota	Enf. de Newcastle	Ocular y subcutánea	La sota
14	–	–		IBF	Ocular	Lukert
17	–	–		<i>E. coli</i>	Subcutánea	Bacterina
19	Enf. de Newcastle	Subcutánea	La sota	Enf. de Newcastle	Subcutánea	La sota

en el sorgo y la pasta de soya el nivel de proteína y aminoácidos. Para la determinación de aminoácidos se utilizó, oxidación e hidrólisis ácida de los aminoácidos azufrados e hidrólisis ácida para el resto de los aminoácidos; no se efectuó hidrólisis alcalina para la determinación de triptofano.<sup>15</sup>

En el Cuadro 2 se muestra la composición de las dietas experimentales empleadas durante iniciación de cero a tres semanas y finalización de tres a seis semanas de edad. Se puede observar que fueron con base en sorgo más pasta de soya y que los niveles de treonina se lograron con suplementación del aminoácido sintético.

Se evaluó la ganancia de peso, conversión alimentaria, consumo de alimento y mortalidad general durante los

42 días del experimento. Para la evaluación de la inmunidad humoral se extrajeron muestras de sangre de la vena radial del ala derecha de las aves (seis aves por réplica) al día 42 de edad, las cuales fueron previamente desafiadadas con los calendarios de vacunación correspondientes (Cuadro 1), las muestras de sangre se enviaron al Departamento de Producción Animal: Aves, en la sección de diagnóstico avícola, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, donde se titularon los niveles de anticuerpos para la enfermedad de Newcastle mediante la prueba de inhibición de la hemoaglutinación (HI),<sup>7</sup> cabe mencionar que los valores de las diluciones fueron transformados a valores de Log<sub>2</sub> para lograr su

Cuadro 2  
DIETAS EXPERIMENTALES QUE FUERON UTILIZADAS EN LAS FASES DE INICIACIÓN Y FINALIZACIÓN

Ingredientes	Iniciación			Crecimiento		
	95	Treonina (%)	100	95	Treonina (%)	105
Sorgo	581.15	580.93	579.98	620.38	618.50	618.84
Pasta de soya	317.41	316.97	317.09	288.52	289.76	288.78
Aceite vegetal	55.53	55.74	56.06	49.03	49.38	49.53
Calcio (CaCO <sub>3</sub> )	15.02	15.02	15.02	13.91	13.90	13.90
Ortofosfato	16.10	16.11	16.11	13.67	13.66	13.67
Pigmento	—	—	—	4.00	4.00	4.00
Sal	3.266	3.26	3.26	3.61	3.61	3.10
Premezcla de vitaminas*	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Metionina	2.85	2.86	2.86	1.28	1.27	1.29
Premezcla de minerales*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
L-treonina	0.18	0.60	1.11	—	0.36	0.78
Bacitracina	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Colina 60 (%)	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50
Ac. propiónico	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Coccidiostato	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Antioxidante	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Lisina - HCL	1.75	1.77	1.77	0.21	0.16	0.20
Aportes nutricionales calculados						
E.M	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200
Proteína C.	20.00	20.00	20.00	19.00	19.00	19.00
Calcio	1	1	1	0.90	0.90	0.90
Fósforo disp.	0.45	0.45	0.45	0.40	0.40	0.40
Treonina	0.76	0.80	0.85	0.70	0.74	0.78
Lisina	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00
Metionina	0.59	0.59	0.59	0.42	0.42	0.42
Cystina	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35

\* Proporcionado por tonelada de alimento: vitamina A (12 MUI), vitamina D<sub>3</sub> (2.5 MUPI), vitamina E (15 000 UI), vitamina K (2.0 g), vitamina B<sub>1</sub> (2.25 g), vitamina B<sub>2</sub> (7.5 g), vitamina B<sub>6</sub> (3.5 g), vitamina B<sub>12</sub> (20 mg), Ácido fólico (1.5 g), Biotina (125 mg), Ac. pantoténico (12.5 g), Niacina (45 g), Hierro (50 g), Zinc (50 g), Manganeso (110 g), Cobre (12 g), Yodo (0.30 g), Selenio (200 mg), Cobalto (0.20 g).

**Cuadro 3**

DATOS PROMEDIO DURANTE LA ETAPA DE EINICIACIÓN (1-21 DÍAS DE EXPERIMENTACIÓN) PARA LAS DIFERENTES VARIABLES

<i>Calendario de vacunación</i>	% de treonina			<i>Promedio ± EEM</i>
	95	100	105	
Ganancia de peso (g)				
Cerrado	597.7	598.3	597.8	597.9 ± 7.78
Abierto	577.4	596.7	599.6	591.2 ± 10.01
Promedio ± EEM	587.5 ± 7.84	597.5 ± 6.37	598.7 ± 12.48	
Consumo de alimento (g)				<i>Promedio ± EEM</i>
Cerrado	897.8	918.2	904.2	906.7 ± 12.42
Abierto	874.4	915.6	912.4	900.8 ± 12.60
Promedio ± EEM	886.1 ± 17.02	916.9 ± 6.89	908.3 ± 7.41	
Índice de conversión				<i>Promedio ± EEM</i>
Cerrado	1.50	1.53	1.51	1.51 ± 0.018
Abierto	1.50	1.53	1.49	1.51 ± 0.023
Promedio ± EEM	1.50 ± 0.026	1.53 ± 0.018	1.50 ± 0.017	

**Cuadro 4**

RESULTADOS PARA LA ETAPA DE CRECIMIENTO (22-42 DÍAS DE EXPERIMENTACIÓN) PARA LAS DIFERENTES VARIABLES

<i>Calendario de vacunación</i>	% de treonina			<i>Promedio ± EEM</i>
	95	100	105	
Ganancia de peso (g)				
Cerrado	1 496.0	1 480.6	1 442.2	1 472.9 ± 29.0
Abierto	1 506.6	1 501.6	1 491.8	1 500.0 ± 26.5
Promedio ± EEM	1 501.3 ± 32.09	1 491.1 ± 21.81	1 467.0 ± 29.57	
Consumo de alimento (g)				<i>Promedio ± EEM</i>
Cerrado	2 738.8	2 795.4	2 704.8	2 746.3 ± 52.3
Abierto	2 784.8	2 664.8	2 735.2	2 728.3 ± 39.6
Promedio ± EEM	2 761.8 ± 57.7	2 703.1 ± 45.4	2 720.0 ± 34.7	
Índice de conversión				<i>Promedio ± EEM</i>
Cerrado	1.83	1.88	1.84	1.85 ± 0.058
Abierto	1.85	1.77	1.83	1.81 ± 0.027
Promedio ± EEM	1.84 ± 0.037	1.83 ± 0.025	1.84 ± 0.021	

normalidad previo al análisis estadístico. Los resultados de las variables en estudio se sometieron a análisis de varianza de acuerdo con el modelo empleado.

## Resultados

Los resultados obtenidos de las variables en estudio en iniciación (Cuadro 3) y crecimiento (Cuadro 4) fueron

similares ( $P > 0.05$ ), no encontrando efecto al nivel de treonina o calendario de vacunación. Para el ciclo completo en 42 días de duración del experimento tampoco existieron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos para ganancia de peso, conversión alimentaria, consumo de alimento y mortalidad general entre calendarios de vacunación ni entre niveles de treonina, como tampoco interacción para calendarios y niveles. Se puede

apreciar en el cuadro 5 que los resultados fueron similares entre tratamientos. Los resultados séricos de los títulos de anticuerpos por la prueba de inhibición de la hemoaglutinación para la enfermedad de Newcastle (cuadro 5) fueron similares entre tratamientos ( $P > 0.05$ ), sin que existiera efecto a los diferentes niveles de treonina, calendarios de vacunación, ni se presentara interacción.

## Discusión

Los resultados obtenidos para la etapa de iniciación, crecimiento y para todo el ciclo (42 días), no mostraron diferencias entre las dietas deficientes (95%) y excesivas (105%) a treonina, indicando que un nivel inferior (0.76%) al que marca el NRC (1994)<sup>13</sup> de 0.80% de treonina total para iniciación, fue adecuado para un buen comportamiento productivo de los pollos. Bharagavan *et al.*<sup>7</sup> encontraron que aunque la ganancia de peso se incrementaba con un nivel de 1.02% de treonina total en la dieta, el mejor nivel para un mejor comportamiento productivo era de 0.8%. Por su parte,

Takahashi *et al.*<sup>8</sup> indican que el requerimiento de treonina en pollos de engorda es menor a 0.8% en una dieta que contenía 23% de proteína cruda. Para la etapa de crecimiento, estudios recientes sugieren que el requerimiento de treonina que marca el NRC en 1994<sup>13</sup> puede ser alto.<sup>16-18</sup> Webel *et al.*<sup>19</sup> realizaron experimentos con pollos machos de la estirpe Ross × Hubbard, de tres a seis semanas de edad, y sugieren que un nivel de 0.61% de treonina digestible o equivalente a 0.70% de treonina total es adecuado para un óptimo comportamiento productivo; concluyen que el requerimiento de treonina de la semana tres a la seis debe expresarse como 70% respecto de la lisina, lo cual coincide con el concepto de proteína ideal.<sup>10</sup> Penz *et al.*<sup>20</sup> mencionan que el requerimiento de treonina para crecimiento no debe ser superior a 0.70% de la dieta. Estos resultados coinciden con lo observado en este estudio ya que a un nivel de 0.70% de treonina total para la etapa de crecimiento, no mostró diferencia significativa respecto del nivel que marca el NRC<sup>13</sup> de 0.74%. Sin embargo, Kidd y Kerr<sup>21</sup> estimaron un requerimiento más alto

**Cuadro 5**  
RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE 42 DÍAS DE EXPERIMENTACIÓN PARA LAS DIFERENTES VARIABLES

Calendario de vacunación	% de treonina			Promedio ± EEM
	95	100	105	
Ganancia de peso (g)				
Cerrado	2 093.73	2 078.92	2 040.05	2 070.9 ± 31.74
Abierto	2 104.07	2 098.4	2 091.42	2 097.9 ± 27.07
Promedio ± EEM	2 098.9 ± 34.21	2 088.6 ± 22.87	2 065.7 ± 31.14	
Consumo de alimento (g)				
Cerrado	3 636.7	3 713.6	3 609.1	3 653.1 ± 56.69
Abierto	3 659.2	3 580.4	3 647.6	3 629.1 ± 35.36
Promedio ± EEM	3 647.9 ± 57.07	3 647.0 ± 48.61	3 628.3 ± 32.43	
Índice de conversión				
Cerrado	1.6655	1.7098	1.6744	1.68 ± 0.023
Abierto	1.676	1.6545	1.6654	1.67 ± 0.023
Promedio ± EEM	1.67 ± 0.032	1.68 ± 0.018	1.67 ± 0.018	
Mortalidad general				
Cerrado	13.0	10.0	10.0	11.0 ± 2.56
Abierto	13.0	10.0	10.0	11.0 ± 1.91
Promedio ± EEM	13.0 ± 2.53	10.0 ± 1.77	10.0 ± 2.40	
Títulos de HI para la enfermedad de Newcastle*				
				Promedio ± EEM
Cerrado	65.8	62.7	52.3	61.9 ± 4.08
Abierto	85.0	51.6	86.2	74.2 ± 11.33
Promedio ± EEM	75.4 ± 9.6	57.1 ± 5.55	71.7 ± 16.95	

para un mayor porcentaje de músculo de la pechuga que debería ser 5% más que el que marca el NRC.<sup>13</sup> Kidd y Kerr<sup>21</sup> mencionan que la treonina es uno de los principales componentes de las gammaglobulinas en ave, lo que permite investigar el efecto en la maduración y formación de anticuerpos a diferentes niveles.

Los resultados séricos que se obtuvieron en el presente estudio no coinciden con los obtenidos por Bhargavan *et al.*,<sup>7</sup> quienes evaluaron la producción de anticuerpos en aves de tipo Leghorn con dietas deficientes (0.3%) y excesivas (1.1%) de treonina total, encontrando que un máximo crecimiento fue observado a 0.7% de treonina total, pero niveles más altos del aminoácido eran requeridos para optimizar la producción de anticuerpos. Sin embargo, los resultados de este estudio coinciden con los observados por Takahashi *et al.*,<sup>8</sup> quienes hallaron que la treonina no tiene efecto en la producción de anticuerpos contra glóbulos rojos de borrego o *Brucella abortus* en pollos machos con dietas con niveles de 0.58% a 1.02% de treonina total en la dieta. Kidd *et al.*<sup>10</sup> recientemente encontraron que pollos de engorda machos alimentados con dietas deficientes en treonina no mostraron depresión primaria en la producción de anticuerpos contra glóbulos rojos de borrego. No obstante se ha observado una respuesta cuadrática<sup>9</sup> para la producción de anticuerpos con diferentes niveles de treonina en cerdos machos y hembras en crecimiento, el cual resultó en requerimientos mayores a los observados para un óptimo crecimiento. En ratas los requerimientos de treonina son mayores para una óptima producción de anticuerpos que para un óptimo crecimiento.<sup>7,8</sup>

Los resultados de este trabajo sugieren que las necesidades de treonina que señala el NRC en 1994,<sup>13</sup> para pollos de engorda son 5% menores para la etapa de iniciación (0.76%) y para etapa de crecimiento (0.70%), proporcionando estos niveles un óptimo comportamiento productivo e inmunidad.

## Referencias

- Yáñez CMA. La importancia del sector avícola mexicano y sus perspectivas (Unión Nacional de Avicultores). Rev Tecol Avipec Latinoam 2000;152:20-26.
- Qureshi MA, Hussain I, Heggen CL. Understanding immunology in disease development and control. Poultry Sci 1998;77:1126-1129.
- Klasing CK. Nutritional modulation of resistance to infection disease. Poultry Sci 1998;77:1119-1125.
- Prahraj NK. Nutrition and the immune response in chickens. Indian J Poultry Sci 1996;31:1-5.
- Glick B, Day EJ, Thompson D. Calories-protein deficiencies and the immune response of the chicken I. Humoral immunity. Poultry Sci 1981;60:2494-2500.
- Chávez MJG. Efecto de diferentes niveles de proteína en la dieta en la producción de anticuerpos inhibidores de la hemoaglutinación en pollos de engorda vacunados contra la enfermedad de Newcastle (tesis de licenciatura). México (D.F.) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1974.
- Bhargavan KK, Hanson RP, Sunde ML. Effect of threonine on growth and antibody production in chicks infected with Newcastle disease virus. Poultry Sci 1971;50:710-713.
- Takahashi K, Konashi S, Akiba Y, Hirioguchi M. Effects of dietary threonine level on antibody production. Anim Sci Technol (Jpn) 1994;65:956-960.
- Kidd MT. Recent research on threonine needs of commercial broilers. Biokyowa Technical Review-11. Chesterfield (Mo): Nutri-Quest, Inc., 2000.
- Kidd TM, Kerr BJ, Anthony BN. Dietary interactions between lisine and threonine in broilers. Poultry Sci 1997;76:608-614.
- Cuca GM, Ávila GE, Pró MA. Alimentación de las aves. 8a ed. Chapingo, Edo. de México: Universidad Autónoma de Chapingo, 1996.
- Kidd MT, Kerr BJ. L-threonine for poultry: a review. J Appl Poultry Res 1996;5:358-367.
- National Research Council. Nutrient requirements of poultry. 9<sup>th</sup> ed. Washington (DC): National Academy Press, 1994.
- García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2a ed. México (D.F.): Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 1973.
- Degussa. Nutritional reports and animal nutrition. Teterboro (NJ): Degussa Co., 1986.
- Ishibashi T, Robbins KR. Threonine requirement of the broiler chick as affected by protein level and source. Poultry Sci 1987;66:1531-1534.
- Smith Jr KN, Waldroup P. Investigation of threonine requirements of broiler chicks fed diets based on grain sorghum and soybean meal. Poultry Sci 1988;67:108-112.
- Rangel-Lugo M, Su CL, Austin RE. Threonine requirement and threonine imbalance in broiler chickens. Poultry Sci 1994;73:670-681.
- Webel MD, Fernandez RS, Parsons MC, Baker HD. Digestible threonine requirement of broiler chickens during the period three to six and six to eight weeks posthatching. Poultry Sci 1996;75:1253-1257.
- Penz Jr MA, Colnago LG, Jensen SL. Threonine supplementation of practical diets for 3- to 6-wk-old broilers. J Appl Poultry Res 1997;6:355-361.
- Kidd TM, Kerr JB. Threonine responses in commercial broilers at 30 to 42 days. J Appl Poultry Res 1997;6:362-367.