

LOS TANINOS EN LA ALIMENTACIÓN DE LAS AVES COMERCIALES

Carlos López Coello

Departamento de Producción Animal: Aves, FMVZ, UNAM, México 04510, DF – coelloca@servidor.unam.mx

RESUMEN

Este artículo de revisión aborda la importancia de los ácidos fenólicos, flavonoides, taninos y sus compuestos derivados en la nutrición y alimentación de las aves. Los sorgos café presentan altos tenores de taninos, lo cual les proporciona como ventajas la resistencia a pájaros y a algunas plagas, sin embargo, reducen el valor nutricional del grano para las aves. Las informaciones sobre el contenido de estos compuestos es aún incierta, principalmente en la literatura, donde los sorgos café tienen sólo estimaciones sobre su contenido de taninos. Estos compuestos afectan también la ganancia de peso y la conversión de alimentos. En el aspecto nutricional, los taninos reducen la disponibilidad de metionina,

necesitando de la suplementación de este aminoácido, mientras para las proteínas los valores de digestibilidad varían de 45.5 a 66.7% en comparación con 89.9% de los sorgos bajos en taninos. Por otro lado, la presencia de taninos combinada con micotoxinas pueden determinar reducciones significativas del comportamiento de las aves. Se sugiere, por tanto, como forma de disminuir los efectos perjudiciales de estos compuestos en raciones formuladas con sorgo café, la suplementación de metionina, no obstante, la utilización de niveles suplementarios de vitaminas y el uso de calentamiento en horno microondas, no mostró resultados positivos.

PALABRAS CLAVE: Sorgo, taninos, aves, comportamiento, nutrición.

SUMMARY

THE TANNINS IN THE COMERCIAL POULTRY FEEDING

This review article discusses the effects of phenolic acids, flavonoids, tannins and derivatives in poultry feeding and nutrition. The high tannin sorghum is advantageous for grain producers because of its resistance to birds' attacks and insects, as compared to low tannin cultivar, but the nutritional value is reduced. The information about the amount of these compounds is really uncertain in scientific literature, and the high tannin sorghum has only estimated values for its tannin percentage. It's clear that tannins affect weight gain and feed efficiency. The tannin can affect

methionine availability, and this can be corrected with amino acid supplementation. As far as protein is concerned the digestibility rates vary from 45.5 to 66.7%, and 89.9% for low tannin sorghum. The suggestion to reduce the deleterious effects of these compounds in rations formulated with high tannin sorghum includes the methionine supplementation, despite of the fact that vitamin supplementation and microwave oven treatment haven't produced positive effects yet.

KEY WORDS: Sorghum, tannins, poultry, performance, nutrition

SORGO

El sorgo (*Sorghum bicolor*) representa la tercera cosecha de cereales en los Estados Uni-

dos y la quinta en el mercado mundial (arroz, trigo, maíz, cebada y sorgo), utilizándose principalmente para consumo animal (en las aves aporta la mayor cantidad de Energía Metabolizable), aunque

en los países africanos, la India y China se llega a incluir en la dieta de los humanos.

Las variedades de sorgo con un alto contenido en taninos (sorgo café), tienen algunas ventajas agronómicas (resistentes a pájaros y plagas), pero su valor nutritivo es menor que el de los sorgos bajos en taninos (sorgos amarillos), siendo difícil poderlos distinguir visualmente. Los Estados Unidos exportan muy poca cantidad de sorgo café, en cambio en países como Argentina, África del Sur y Tailandia, se tiene la producción de sorgo café en mayor proporción.

TANINOS Y FENOLES DEL SORGO

Todos los sorgos contienen fenoles que pueden afectar el color, apariencia y calidad nutritiva del grano. Los componentes de los fenoles se dividen en tres grupos: ácidos fenólicos, flavónicos y taninos.

ÁCIDOS FENÓLICOS

Los ácidos fenólicos son derivados del ácido cinámico o benzoico y se encuentran en todos los sorgos, muchos de ellos tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de microorganismos y pueden proporcionar a los granos resistencia al moho antes y después de la maduración. Los ácidos fenólicos, aparentemente, no tienen un efecto adverso en la calidad nutritiva del grano de sorgo, pero pueden generar una coloración indeseable al grano bajo ciertas condiciones de procesamiento, como ocurre en los procesos de alcalinización que se utilizan en la elaboración de las tortillas. En los cereales, los ácidos fenólicos son ácidos libres, ésteres solubles e insolubles y están concentrados en las capas exteriores de la semilla (pericarpio, testa y aleurona). En el endospermo los fenoles están estrechamente ligados. Los ésteres de ácido fenólico, parecen estar ligados a las células de la pared del grano. La principal unión de ácido fenólico del sorgo es el ácido ferúlico (ácido 3-metoxi-4-hidroxicinámico) el cual se piensa está asociado con las células de las paredes. A pesar de que existe gran diversidad entre los sorgos, en su contenido de ácidos fenólicos libres, las uniones

de los ácidos fenólicos son esencialmente las mismas.

FLAVONOIDES

Son el grupo más grande de fenoles en las plantas, la mayoría de los sorgos contienen sustancias flavónicas. Los principales grupos flavonoides son: flavonones, flavones y flavanes. El que está presente en mayor cantidad en el sorgo es el flavanes como es el caso de las antocianidinas que se encuentran principalmente en forma ionizada. El ión flavillium es el responsable de la intensa pigmentación roja de las antocianidinas en el medio ácido.

TANINOS

Los taninos pertenecen a un grupo de componentes fenólicos que se encuentran en varias plantas (árboles de roble, frutas y pastos), y originalmente se utilizaron en el curtido de las pieles (en inglés tanning) tienen un peso molecular de 500 a 3,000 daltons. Existen 2 clases de taninos: hidrolizable y condensado; los taninos hidrolizables (como el ácido tánico), se descomponen en azúcares y en ácido féolico cuando son tratados con ácido, álcali o enzimas hidrolíticas (tannasa).

Solamente los sorgos cafés resistentes a los pájaros tienen cantidades altas de taninos condensados, que son polímeros resultantes de las unidades de flavan-3-ol. Estos polímeros son conocidos como proantocianidina, porque las antocianidinas son liberadas cuando los polímeros (taninos) son tratados con ácidos minerales. Los taninos son los componentes fenólicos más abundantes extraíbles de la semilla de los sorgos cafés (resistentes a los pájaros). La presencia de taninos protege a la planta de predadores como pájaros, así como la infección de hongos y a la germinación de la semilla recosechada (Cuca et al. 1996).

Durante el proceso de maduración, los sorgos cafés se hacen astringentes, proporcionando un grado de resistencia o tolerancia a los pájaros y al moho. Este efecto astringente es causado por la unión y la

precipitación de las proteínas por los taninos condensados. Por lo tanto, los pájaros prefieren una comida que es más agradable al paladar.

Las ventajas agronómicas del sorgo café están acompañadas de factores antinutricionales, ya que los taninos al unirse a las proteínas, las precipitan reduciendo el valor nutritivo del grano, es importante tener en cuenta que existe suficiente cantidad de taninos en el sorgo café para precipitar más proteína de la que contiene el mismo grano.

La formación y la estabilidad del complejo taninos-proteínas se debe principalmente a las uniones de hidrógeno y a las interacciones hidrofóbicas. Los taninos se adhieren con mayor fuerza a las proteínas más importantes y a las proteínas con alto contenido de prolina (Butler, 1982). Conforme aumenta la concentración de taninos en el sorgo, el contenido de EM disminuye de 3,200 hasta 2,834, y el aprovechamiento de los aminoácidos se reduce de 94 a 60% (Nelson et al., 1975, Douglas et al., 1988), los taninos tienen una alta afinidad para unirse a las proteínas, con las que interactúan por uniones de hidrógeno, asociación hidrofóbica o por enlaces covalentes (Mitaru et al., 1984); por esta razón las variedades de sorgo café tienen una eficiencia nutritiva entre el 10 al 30% en comparación al amarillo. El grado de afectación estará influenciado por la especie animal y programa de alimentación entre otras variantes. Los taninos afectan la digestibilidad de las proteínas y disminuyen la actividad de las enzimas digestivas, por ello la retención de nitrógeno y digestibilidad de aminoácidos esenciales (Nelson et al., 1975), además se sospecha que los taninos forman complejos con otros compuestos como los polisacáridos, aminoácidos, ácidos grasos y ácidos nucleicos (Gualteri y Rapaccini, 1990). La presencia de niveles altos de taninos en la dieta pueden promover afecciones en el sistema locomotor, ya que posiblemente funcionan como quelatantes de minerales en el tracto digestivo o incluso directamente en la matriz ósea (Armstrong et al., 1973; Elkin et al., 1978b).

La cantidad de taninos puede disminuir, comprobándose mediante análisis, pero las

respuestas obtenidas mediante pruebas *in vivo* no siempre demuestran que los efectos antinutricionales hayan sido completamente eliminados, a pesar de que el nivel de taninos haya sido reducido. Esto se debe a que los taninos se adhieren a las proteínas del grano durante el proceso, lo que ocasiona la insolubilidad de los mismos, por lo que no pueden extraerse, y por lo tanto medirse; por ello los procesos de detoxificación necesitan acompañarse de pruebas biológicas, para poder evaluar el valor nutritivo del grano con alto contenido de taninos. Aún cuando los procesos de detoxificación (formaldehidos, amoníaco, álcalis o combinaciones) tienen éxito (Butler, 1982; Hulse, 1980; Mitaru et al., 1983), al añadir los costos de este proceso, se encarece el grano.

La estructura de los sorgos varía dependiendo del contenido de taninos. El sorgo con alto contenido de taninos siempre tiene una testa gruesa, pigmentada localizada debajo del pericarpio, esta testa es morada o café rojiza, y varía de espesor, pudiendo detectarse fácilmente al raspar la superficie de la semilla con una navaja.

Durante el desarrollo de la semilla, la testa se forma desde el tegumento interior, el cual en un principio contiene un pigmento (supuestamente los taninos). Las células remanentes del tegumento interior, se encuentran algunas veces en sorgos que no tienen testas pigmentadas. A este tejido se le llama testa despigmentada porque no contiene pigmentos ni taninos (Earp y Rooney, 1982). Todas las semillas de sorgo con testa pigmentada se clasifican como sorgo café según los reglamentos del USDA.

El sorgo café puede distinguirse de los otros sorgos, por medio de la prueba de decoloración con cloro, que es relativamente sencilla y consiste en la utilización de una muestra del grano (15 g), a la que se le adiciona 15 g de hidróxido de potasio y 70 ml de NaOCl al 5% en un matraz "Erlenmeyer", que se calienta en "baño María" durante 10 minutos agitando ocasionalmente, posteriormente se enjuagan completamente y son secados por absorción. Esta prueba es el mejor método disponible para determinar el porcentaje de semillas cafés en una muestra de sorgo (Weak et al., 1972).

Las semillas con testa pigmentada se vuelven negras, y aquellas sin testa pigmentada conservan un color claro. Los sorgos sin testas pigmentadas no contienen taninos condensados y tienen un valor nutritivo aceptable, son erróneamente llamados sorgos con bajo contenido de taninos. En realidad estos sorgos no contienen ningún tanino. Los valores de bajo contenido de taninos se obtienen cuando los fenoles sin tanino reaccionan con la vainillina.

La pigmentación del pericarpio y la testa del sorgo se deben a los componentes fenólicos. Se supone que el color y los fenoles del sorgo son controlados por la combinación de los genes R, Y, I, *B1*, *B2* y S (Rooney y Miller, 1982).

El gen Y se considera como el gen básico debido a la síntesis del esqueleto flavonoide de los ácidos fenólicos. Los genes R e Y determinan el color del pericarpio, ya sea blanco, amarillo limón o rojo, de tal manera que:

- El pericarpio es blanco cuando el gen Y aparece en homocigosis recesiva (*rryy* o *R-yy*).
- El pericarpio es amarillo limón cuando el gen Y es dominante y R es homocigoto recesivo (*rr-Y*).
- El pericarpio es rojo cuando ambos genes R e Y son dominantes (*R-Y-*).

La presencia de una testa pigmentada se controla por medio de los genes complementarios *B1* y *B2*. Para que exista color en la testa ambos genes deben ser dominantes (*B1 B2*); si un par o ambos son homocigóticos recesivos (*b1 b1 B2-*, *B1- b2b2* o *b1b1 b2b2*) la testa estará despigmentada. Los genes dominantes *B1* y *B2* controlan la polimerización de flavanes (antocianidinas) de los polímeros flavan-3-ol (taninos). Si hay testa, el color del pericarpio es café cuando esta presente un gen S.

La intensidad del color café del pericarpio depende del color genético del pericarpio (blanco, amarillo limón o rojo). El gen que se manifiesta, controla la presencia de pigmentos y de los posibles taninos en el pericarpio. Cuando S es dominante, más fenoles y taninos se presentan en el pericarpio y en las capas de la testa. El Sorgo

amarillo por lo tanto puede contener en el pericarpio colores rojo, amarillo, blanco, rosa y otras variaciones, pero el color del pericarpio no afecta el valor nutritivo. El sorgo café puede parecer blanco o rojo, pero es relativamente fácil detectarlo por la testa pigmentada. Esto ha conducido a la clasificación de los sorgos cafés dentro del tipo II, para aquellos con una testa pigmentada por el gen manifestado (*B1-B2-S*).

Los sorgos del tipo III tienen la mayor resistencia a los pájaros y el más alto contenido de taninos, algunos científicos han sugerido que el tipo II de los sorgos cafés contienen taninos durante la maduración (lo cual ocasiona resistencia a los pájaros) y que los taninos desaparecen después de la madurez y no afectan adversamente el valor nutritivo. A pesar de que estos conceptos son interesantes, no están generalmente aceptados.

Las normas del Servicio Federal de Inspección, para el sorgo, especifican sorgos amarillos, blancos, cafés y clases mezcladas; casi todos los sorgos en el mercado de Estados Unidos son amarillos, los cuales pueden consistir de sorgo con algún color en el pericarpio siempre y cuando no contenga más del 10% de semillas con testa pigmentada (las clases mezcladas de sorgo pueden contener más del 10% y menos del 90% de sorgo café).

Los taninos (proantocianidinas) también se miden por su habilidad para precipitar las proteínas o para inhibir las enzimas. Estos tipos de ensayos, están más relacionados con el valor nutritivo del grano. Ninguno de los métodos analíticos dan medidas precisas de la cantidad real de taninos condensados en el sorgo. Los estándares comúnmente usados, no proporcionan el mismo aspecto de absorción como lo hacen los taninos puros de sorgo. En el mercado de los sorgos, el método más práctico es el de usar la prueba de decoloración para determinar si hay sorgos cafés, entonces el método de vainillina-CHI puede usarse para determinar los niveles relativos de taninos contenidos en las muestras (Earp et al., 1981).

La información sobre el contenido de taninos es confusa, porque todos los sorgos tienen ácidos fenólicos, flavonoides y sus ésteres, algunos de los cuales pueden causar una respuesta positi-

va en los análisis de taninos. No hay valores absolutos en la literatura, por lo que deben usarse solamente como estimaciones relativas para comparar los niveles de taninos entre las variedades de sorgos cafés.

Las semillas de sorgo sin una testa pigmentada no tienen taninos condensados, pero los valores para los equivalentes de las catequinas se reportan en la literatura. Estos valores son originados por componentes flavonoides sin taninos que reaccionan con la vainillina, bajo condiciones ácidas. La mayor parte de esta absorción puede quitarse usando blancos apropiados durante los análisis.

CONTENIDO NUTRICIONAL DEL SORGO Y MAÍZ

Una alternativa para la sustitución del maíz en dietas de pollos de engorda lo representa el sorgo. Este grano tiene una mayor resistencia a la sequía que el maíz, pero presenta una mayor variación en su contenido nutricional como es el caso de la proteína, existiendo rangos de 5.44 a 12.9%, debido a factores como es la hibridación de la semilla, y condiciones de siembra (fertilización y humedad de la tierra).

El sorgo contiene una mayor proporción de proteínas que el maíz, pero el perfil de aminoácidos esenciales es menor, al igual que la concentración de energía que es 5% inferior (NRC, 1994). Al igual que la mayoría de los granos, el sorgo tiene

como aminoácidos limitantes a la lisina, metionina y treonina.

Ante la creciente inquietud de eficientar la productividad mediante la formulación a base de aminoácidos digestibles, se ha generado información con respecto a los valores establecidos para numerosos ingredientes, a continuación se presentan los contenidos de proteína y aminoácidos totales y digestibles en el sorgo y maíz determinados por Mariscal et al., (19??) en México (Cuadro 1).

EFFECTO DE LOS TANINOS SOBRE LOS AMINOÁCIDOS LIMITANTES

Estudios realizados por Armstrong et al. (1973) y por Featherston y Rogler (1975) demostraron que la suplementación de metionina en dietas con base de sorgo-pasta de soya compensó la baja de peso ocasionada por los niveles altos de taninos presente en el sorgo, debido a que la metionina es el primer aminoácido limitante. Armstrong (1973) indicó que los niveles de taninos, aparentemente no influyen sobre la disponibilidad de la lisina cuando es el aminoácido limitante en dietas elaboradas con sorgo-pasta de girasol. Lo que podría sugerir que los taninos interfieren específicamente en la utilización de la metionina, o que las funciones de detoxificación de la metionina hacia los taninos, no se llevan a cabo por la lisina.

CUADRO 1. Contenido de proteína y aminoácidos totales y digestibles para pollos.

Nutriente	Maiz			Sorgo		
	Total	Factor	Digest.	Total	Factor	Digest.
Proteína Cruda	8.54	0.90	7.72	9.11	0.78	7.10
Arginina	0.39	0.97	0.38	0.31	0.78	0.24
Cistina	0.20	0.85	0.17	0.17	0.75	0.13
Lisina	0.25	0.89	0.24	0.19	0.79	0.15
Metionina	0.18	0.95	0.17	0.15	0.79	0.12
Treonina	0.31	0.90	0.28	0.25	0.74	0.18
Triptofano	0.07	0.91	0.06	0.09	0.70	0.06

Los sorgos altos en tanino afectan negativamente cuando la metionina es el aminoácido limitante, pero no cuando es la lisina, situación difícil de explicar, ya que estudios realizados por Rostagno indican que los sorgos altos en tanino provocan, en general, una menor disponibilidad de los aminoácidos. Por ello, Elkin et al. (1978) realizaron un estudio sobre el efecto de variedades de sorgos altos y bajos en taninos y la suplementación de aminoácidos en dietas donde el primer aminoácido limitante era la metionina o la lisina (Cuadros 2 y 3).

Cuando se utilizaron dietas con sorgos altos en taninos y la metionina era el primer

aminoácido limitante, el peso corporal disminuyó con respecto a los valores obtenidos con el sorgo bajo en taninos, y se obtuvo una respuesta positiva al suplementar la dieta con metionina. En cambio, cuando la lisina fue el primer aminoácido limitante, no se determinaron efectos negativos sobre la ganancia de peso atribuibles al contenido alto de taninos en comparación con los sorgos bajos en taninos, aunque si al adicionar los aminoácidos limitantes, en las dietas con un bajo contenido de taninos (Cuadros 2 y 3).

CUADRO 2. Efecto de la suplementación de metionina y lisina en dietas sorgo-soya-girasol (lisina como primera limitante) sobre el crecimiento y eficiencia alimenticia.

Ingrediente	DIETAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Sorgo RS-610 (10-02)	60.80	60.80	60.80	60.80	-	-	-	-
Sorgo BR-64 (9.21)	-	-	-	-	66.15	66.15	66.15	66.15
P. Soya (49.74)	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5
P. Girasol (44.86)	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
Vit+ Min.	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
Aceite soya	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
DL metionina	-	0.15	-	0.15	-	0.15	-	0.15
Lisina HCL	-	-	0.3125	0.3125	-	-	0.3125	0.3125
Cerelosa	6.3	6.15	5.99	5.84	0.95	0.80	0.64	0.49
Exp. 1 (18 días)	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso	213.7g	221.1g	325.9e	366.3d	249.8fg	277.8f	315.0e	
Conversión	1.78d	1.74d	1.57e	1.43f	1.83d	1.80d	1.80d	1.63e
Exp. 2 (21 días)	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso	309.6f	310.9f	413.6e	478.1d	311.8f	340.5f	331.9f	404.8e
Conversión	1.81de	1.80de	1.60fg	1.54g	1.94d	1.94d	1.97d	1.71cf

CUADRO 3. Efecto de la suplementación de metionina en dietas sorgo-soya (metionina como primera limitante) sobre el crecimiento y eficiencia alimenticia.

Ingrediente	DIETAS			
	9	10	11	12
Sorgo RS-610 (10.02)	60.80	60.80	-	-
Sorgo BR-64 (9.21)	-	-	66.15	66.15
P.Soya (49.74)	24.07	24.07	24.07	24.07
Vit.+ Min.	4.9	4.9	4.9	4.9
Á. aceite soya	3.0	3.0	3.0	3.0
D.L. metionina	-	0.15-	0.15	
Cereales	7.23	7.08	1.88	1.73
EXP 1 (18 días)	9	10	11	12
Peso	383.0d	417.9d	313.9e	396.5d
Conversión	1.72ef	1.63f	2.04d	1.80e

Elkin et al. (1978)

Aparentemente los taninos altos preferentemente influyen sobre la utilización de la metionina a tal grado, que tanto la metionina como la lisina son limitantes en dietas de sorgo alto en taninos-pasta de soya- pasta de girasol.

La adición de metionina a niveles superiores al requerimiento contrarresta el efecto adverso de los taninos (por ser el primer aminoácido limitante es el más afectado). Al utilizar sorgos altos en taninos se recomienda formular en base a aminoácidos digestibles.

La digestibilidad, retención de N, y la utilización de la materia seca, fueron significati-

vamente menores cuando se utilizaron sorgos altos en taninos en la dieta (Cuadro 4).

La suplementación de metionina no provocó una respuesta en las dietas donde se utilizó el sorgo bajo en taninos, en cambio con la inclusión de sorgo alto en taninos, al ser suplementados, ocurrió un aumento significativo en la retención de nitrógeno y en la utilización de la materia seca, sin notarse cambios aparentes en la digestibilidad del nitrógeno (Cuadro 5).

CUADRO 4. Porcentaje de dosis recuperadas en las excretas de pollos alimentados con sorgo y suplementados oralmente con metionina marcada ($^{14}\text{CH}_3\text{O}^{14}\text{C}-3$).

T	Descripción	% de la dosis recuperada en excretas	Excreta total (g) colectada durante el período 24 hrs	% dosis (g) excreta
1	RS- $^{14}\text{CH}_3$	11.93 e	8.28 e	1.44
2	BR- $^{14}\text{CH}_3$	17.98 d	11.95 d	1.50
3	RS- $^{14}\text{C}-3$	4.72 g	8.45 e	0.56
4	BR- $^{14}\text{C}-3$	7.03 f	11.76 d	0,60

Elkin et al. (1978)

CUADRO 5. Consumo de alimento, excreta total, retención de N, utilización de materia seca y digestibilidad de N en pollos alimentados con dietas a base de sorgo alto y bajo en taninos con y sin suplementación de metionina.

	Bajo Tanino	Bajo Tanino + Metionina	Alto Tanino	Alto Tanino + Metionina
Consumo (g)	43.9 G	47.9 G	33.0 H	62.7 F
Excreta total (g)	9.9 H	10.9 Gh	12.2 G	21.0 F
Retención de N (%)	56.9 F	55.5 F	41.3 H	49.7 G
Utilización de MS (%)	77.5 F	77.4 F	63.0 H	66.5 G
Digestibilidad de N (%)	91.3 F	93.3 F	66.4 G	66.9 G

Elkin et al. (1978)

EFECTO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA COSECHA SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DEL SORGO

Las condiciones ambientales desfavorables durante la época de cosecha pueden promover la presencia de hongos y daño al grano, que repercute en una pobre producción agrícola, menor peso/bushel y contenido nutricional del grano. La baja en la calidad del grano afectado por condiciones ambientales puede ser por el menor valor nutricional asociado con el daño del grano, o por la presencia de hongos y micotoxinas.

El sorgo se clasifica de acuerdo a diferentes criterios como son su calidad nutricional, el contenido de humedad, porcentaje de granos dañados o quebrados, cantidad de taninos y por la presencia de micotoxinas. Sunde et al. (1976) demostraron que un menor peso/bushel del maíz, reduce la ganancia de peso. Leeson y Summers (1976) encontraron que el maíz bajo peso contenía aproximadamente 3% menos EM que el maíz bueno. Leeson et al. (1977) indicaron una disminución de 12 kcal/g de EM en maíz inmaduro por cada 1% de aumento en el contenido de humedad. El efecto adverso de las micotoxinas está ampliamente documentado. Harms y Goff (1957) demostraron que al utilizar maíz con 30% de grano quebrado no se promovió un efecto detrimental en el peso o la conversión alimenticia.

Rowland et al. (1978) llevaron a cabo tres experimentos para determinar el valor nutricional del sorgo afectado por condiciones climáticas. En el primero (Cuadro 6) se utilizó la variedad Pioneer 8303b con un peso de 42 lb/bushel y severamente contaminado con hongos, y otra variedad no identificada que se obtuvo del elevador con un peso de 53 libras/bushel (grado 4) también con la presencia de hongos. Las dos fuentes de sorgo estaban severamente afectadas por las condiciones climáticas tenían un color negro debido a los hongos y de 10 a 20% de grano quebrado, el análisis de aflatoxinas fue menor a 20 ppb, teniendo como testigo un sorgo que cumplía las normas de calidad de sorgo amarillo grado 2. Los sorgos se evaluaron en dietas conteniendo sorgo dañado en diversos grados y un tratamiento testigo; el grano afectado se proporcionó a pollos de engorda en concentraciones de 0, 10, 25, 50 y 100%; en gallinas se utilizó el sorgo en proporciones de 33, 67 y 100%.

No existieron diferencias significativas ($P > 0.05$) en peso o conversión alimenticia a los 21 días de edad entre los tratamientos utilizados en pollos de engorda (Cuadro 7).

En gallinas, el porcentaje de producción, la calidad de la albúmina, el grosor del cascarón y el porcentaje de mortalidad no mostraron diferencias significativas cuando se les proporcionó el sorgo dañado en concentraciones de 33, 67 y 100%, lo que concuerda con Sanfor y Deyoe (1974) (Cuadro 8).

CUADRO 6. Análisis proximal de los sorgos evaluados.

	Sorgo N. 2	Pionner 830 B	Elevador
Humedad	12.51	12.36	12.41
Proteína cruda	9.51	9.11	9.42
Extracto etereo	2.61	1.93	2.37
Fibra cruda	2.04	2.38	2.68
Cenizas	1.48	1.39	1.37
Energía bruta kcal/g	3.98	3,89	3.91

Rowland et al. (1978)

1 - Se identificaron *Fusarium oxysporum*, *Fusarium monoliforme*, *Fusarium graminearum*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus candidus*, *Alternaria species*, *Curvalia species*, *Periconia species*, *Cephalosporium species*, *Cladosporium species*, *Penicillium species* y *Macrophomina species*. Aflatoxina sí estuvo presente fue en menos de 20 ppm.

CUADRO 7. Peso y conversión en pollos de 21 días de edad.

	Experimento 1		Experimento 2
	Peso	Conversión	Peso
Sorgo testigo	539	1.43	325
10% Sorgo afectado	545	1.41	315
25% Sorgo afectado	540	1.38	317
50% Sorgo afectado	525	1.40	321
100 % Sorgo afectado	521	1.44	314

Rowland et al. (1978)

CUADRO 8. Resultados obtenidos en gallinas de postura (28 días).

Dieta	Producción (%)	Peso-huevo (%)	Altura Albúmina	Cascarón N (%)	Mortalidad (%)	kg Alimento / Docena Huevo
Testigo	75.47	59.37	5.66	9.7	3	1.92
33% Sorgo	82.10	59.83	6.21	9.8	5	1.90
66% Sorgo	76.12	59.58	5.98	10.3	3	1.89
100% Sorgo	76.84	58.85	5.83	9.9	2	1.91

Rowland et al. (1978)

EFFECTO DE LA CONTAMINACIÓN CON HONGOS SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL DEL SORGO Y MAÍZ

Las dietas elaboradas con granos almacenados bajo condiciones de alta humedad y temperatura que promueven el desarrollo de hongos, pueden afectar adversamente el estado de salud y la productividad de las aves como son la obtención de menor peso corporal y un incremento en la conversión alimenticia. Esta respuesta puede atribuirse a la presencia de micotoxinas o bien a una disminución en el contenido nutricional del grano afectado. La participación de las micotoxinas ha sido ampliamente estudiada, pero el posible efecto sobre el contenido nutricional no siempre ha recibido la misma atención, habiéndose demostrado por Richardson et al. que con la suplementación de lisina, se podía contrarrestar la reducción en el crecimiento producido por pasta de soya contaminada con hongos. Fritz et al. (1973) encontraron que ante la presencia de *Fusarium moniliforme* se podía presentar una deficiencia de tiamina. Christensen y Kaufman (1965) publicaron que los hongos son capaces de producir lipasas que desdoblan los aceites de los cereales en ácidos grasos libres, los mismos que son utilizados por los hongos como fuente de energía.

Bartov et al. (1982) realizaron un experimento para evaluar el efecto del desarrollo de hongos en granos de maíz y sorgo con respecto a

su contenido de lípidos y su valor nutricional en dietas de pollos de engorda.

Al grano entero o molido con un contenido original de humedad de 12.1 a 13.0% se le aumentó el porcentaje de humedad (15.0%) y se almacenó entre 63 a 96 días antes de incorporarse a la dieta de los pollos. El aumentar la humedad y almacenar los granos provocó el desarrollo de hongos, principalmente *Penicillium* y *Aspergillus* spp, no detectando aflatoxina B 1, ocratoxina A, patulina, esterigmatocistina o zeralenona. El almacenamiento del grano entero o molido, así como el incremento en la humedad en el grano entero, no ocasionaron diferencias en el contenido de lípidos, EM o en los parámetros productivos de los pollos (Cuadro 9), pero el incremento de la humedad en los cereales molidos afectó adversamente el contenido de lípidos (Cuadro 10), no así la relación de ácidos grasos, vitamina E, carotenoides, xantofilas o porcentaje de proteína.

Las dietas donde se incluyeron los granos molidos con hongos tuvieron significativamente ($P < 0.05$) un menor contenido de EM y disminuyeron la productividad de las aves; con la suplementación de aceite de soya en esas dietas, se compensó parcial o totalmente ese efecto detrimental, por lo que los autores concluyeron que los hongos (sin la presencia de micotoxinas) participan como un importante factor al reducir el contenido energético de la dieta.

CUADRO 9. Efecto del almacenamiento de grano bajo diferentes condiciones sobre el valor nutritivo de las dietas y el comportamiento productivo de pollos de 28 días de edad.

Tratamiento	Peso	Conversión	Retención de Proteína (G/Ave/3días)	EM Corregida N (Kcal/Kg)
E Maíz entero	766a	1.78h	27.2a	2862
X Maíz entero húmedo	750ab	1.83ab	29.2a	2850
P. Maíz molido	764ab	1.78h	28.5a	2872
1 Maíz molido húmedo	730h	1.88a	28.1a	2810
E Sorgo entero	779a	1.77e	30.6h	2785
X Sorgo entero húmedo	709h	1.88h	32.0a	2728
P. Sorgo molido	779a	1.77e	32.1a	2726
2 Sorgo molido húmedo	664c	2.01a	29.4e	2574

CUADRO 10. Efecto de las condiciones de almacenamiento del grano sobre su contenido de grasa y la concentración de grasa en la dieta donde se incorpora.

Tratamiento	Condiciones de almacenamiento de granos		Grasa en dietas (%)			
	Humedad	Duración	Grasa*	Inicial	Final	
Exp. 1	Maíz entero	13.0	96	3.9	3.5	3.6
	Maíz entero húmedo	15.1		3.9	3.8	3.6
	Maíz molido	13.0		3.8	3.7	3.6
	Maíz molido húmedo	15.1		2.4	2.9	2.7
Exp. 2	Sorgo entero	12.1	63	2.7	3.2	3.0
	Sorgo entero húmedo	15.0		2.4	2.9	2.2
	Sorgo molido	12.1		2.5	3.1	3.0
	Sorgo molido húmedo	15.0	1.3	2.3	1.6	
Exp. 3	Maíz entero	12.7	63	3.4	3.7	3.4
	Maíz entero húmedo	15.0		1.5	2.4	1.9
	Maíz molido	15.0		1.5	3.5	2.8
	Maíz molido húmedo	15.0		1.5	5.6	4.6

*Al final del almacenamiento %

**25 días de haberse preparado las dietas

Bartov (1982).

AMINOÁCIDOS Y PROTEÍNA DIGESTIBLE DEL SORGO CON DIFERENTE CONTENIDO DE TANINOS

Barnabas et al. (1985) determinaron la digestibilidad de la proteína y aminoácidos en dos variedades de sorgo altos en taninos y en una baja en taninos en el ileum de pollos; los sorgos altos en taninos, presentaron porcentajes de digestibilidad de la proteína entre 45.5 y 66.7 %, en el sorgo bajo en taninos fue de 89.9%. Los valores de digestibilidad de aminoácidos en los sorgos altos en taninos estuvieron entre 43.1 a 73.7% y en el bajo fue de 84.8 a 93.0% (Cuadro 11).

CORRECCIÓN DEL EFECTO ADVERSO DE LOS TANINOS SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN POLLOS DE ENGORDA

Debido a los efectos antinutricionales que tienen algunas variedades de sorgo, autores como

Ward han realizado estudios dirigidos a la detoxificación, ya que mencionan que los fenoles absorbidos pueden ser detoxificados mediante la conjugación del grupo hidróxilo o sulfato de los aminoácidos sulfurados como es el caso de la metionina, otra alternativa para corregir los efectos adversos que provocan los taninos es el de adicionar metionina extra a la dieta.

Cortés y Ávila (1997) realizaron estudios en pollos de engorda alimentados con dietas prácticas a base de sorgo-soya evaluando tres tratamientos (sorgo bajo en taninos, sorgo alto en taninos y sorgo alto en taninos con la suplementación de DL-metionina) hasta los 49 días de edad. Encontrando diferencias significativas ($P < 0.10$) para la ganancia de peso, siendo menor en las aves alimentadas con dietas altas en taninos sin la suplementación extra de metionina. El consumo de alimento y la conversión alimenticia, fueron mayores para las dietas altas en taninos ($P < 0.05$). Los resultados de este trabajo mostraron el efecto negativo de los taninos sobre el consu-

mo de alimento y conversión alimenticia. La conversión alimenticia mejora con la adición extra de DL-metionina en la dieta al contar con una

cantidad igual de aminoácidos azufrados digestibles a los de las dietas con sorgo bajo en taninos (Cuadro 12).

CUADRO 11. Contenido total (%) y digestibilidad verdadera (%) de la proteína cruda y aminoácidos en la parte distal del ileum en pollos de engorda.

Variedad Sorgo	Total			Digestibles		
	P570	Ar3003 X Tx430	Amarillo N. 2	P570	Ar3003 X Tx430	Amarillo N. 2
Contenido Taninos	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo
Taninos	2.83	1.91	0.08	2.83	1.91	0.08
Proteína cruda	8.80	8.76	9.13	45.5	66.7	89.9
Ácido aspártico	5.66	5.59	6.50	47.9	70.3	92.7
Treonina	2.63	2.60	2.82	43.1	62.2	89.3
Serina	3.42	3.35	3.81	49.0	65.7	91.8
Ácido glutámico	17.20	15.16	18.02	56.9	67.6	92.7
Pitolina	6.78	6.06	6.79	53.1	60.6	88.9
Glicina	2.46	2.59	2.56	48.6	64.9	89.0
Alanina	7.55	6.70	7.70	57.7	69.6	93.0
Valina	4.00	3.69	4.04	51.7	65.7	91.3
Isoleucina	3.18	1	2.86	3.09	51.9	67.1
Leucina	11.26	9.95	11.36	55.7	68.2	92.9
Tirosina	3.47	3.12	3.31	44.9	62.2	88.4
Fenilalanina	4.18	3.60	4.02	51.1	65.5	91.3
Histidina	1.76	1.77	1.74	50.3	57.9	84.8
Lisina	1.53	1.68	1.83	49.3	73.7	91.7
Arginina	2.97	3.05	3.11	53.0	69.5	91.8

Adaptado de Banabas et al. (1985)

CUADRO 12. Comportamiento productivo en pollos de engorda alimentados con dietas altas y bajas en taninos.

Tratamiento	Peso	Consumo	Conversión
Bajo taninos	2597 a	4930 e	1.90 e
Alto taninos	2488 h	5032 d	2.02 d
Alto taninos + Met	2627 a	5014 e	1.90 e

a,b) P<0.10

b,c) P<0.05

Cortés y Ávila (1997)

EFECTO DE DIFERENTES PROCESOS PARA DETOXIFICAR LOS TANINOS EN EL SORGO SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE POLLOS DE ENGORDA

Diversos procesamientos han sido utilizados para disminuir los efectos tóxicos de los taninos como son la adición de aminoácidos ricos en grupos metilos que solventan en parte la reducción del crecimiento en pollos de engorda, o el uso de micronizados que provoca la gelatinización de los gránulos de almidón y los hace más susceptibles a la acción enzimática.

Para conocer la respuesta del procesamiento del sorgo sobre los efectos de los taninos en dos variedades de sorgo, se realizó un experimento utilizando dietas isocalóricas e isoproteicas. Los 8 tratamientos evaluados fueron: T1 sorgo alto

en taninos (SAT) sin procesamiento, T2 SAT suplementado con metionina, T3 SAT molido, T4 SAT micronizado, T5 sorgo bajo en taninos (SBT) sin procesamiento, T6 SBT con suplementación de metionina, T7 SBT molido T8 SBT micronizado.

A los T2 y T6 se les adicionó 20% de metionina extra de las necesidades nutricionales. En los tratamientos T3 y T7 se utilizaron granos que fueron almacenados por 40 días antes de incluirlo en las dietas. Los T4 y T8 se procesaron en un horno de microondas de uso doméstico.

Los efectos depresivos de los niveles altos en taninos, no se observaron en este estudio (Cuadro 13), debido posiblemente a que la gelatinización de los gránulos de almidón redujo la testa y promovió una mejor distribución de la proteína en el endospermo.

CUADRO 13. Efecto del procesamiento de sorgo sobre los parámetros productivos en pollos de engorda de 21 días de edad.

Parámetro	Tipo de procesamiento			
	Testigo	Con Metionina	Molido	Micronizado
Consumo	983.20	990.19	947.35	984.49
Peso	675.45	663.42	657.97	678.34
Conversión	1.46	1.51	1.45	1.46

Moreno et al. (1995)

EFECTO DE LA PRESENCIA DE MICOTOXINAS Y TANINOS

Ha sido demostrado el efecto detrimental de los taninos, así como de las aflotoxinas, sobre la ganancia de peso en los pollos (Chang y Fuller, 1964; Armstrong et al., 1974; Smith y Hamilton, 1970). La combinación de estos tóxicos, puede provocar un daño mayor que cuando se presentan en forma independiente, para conocer esa respuesta Dale et al. (1980) realizaron dos experimentos utilizando diferentes concentraciones de taninos y aflatoxinas en dietas para pollos de engorda (Cuadro 14).

La combinación de aflatoxinas y taninos promovieron una depresión en la ganancia de peso, la estrecha relación entre el valor predicho y el de-

terminado en la ganancia de peso y en la conversión alimenticia, indica un efecto aditivo de toxicidad. El resultado de la acción de ambos tóxicos, es que aumenta el requerimiento de proteína de los pollos (Rostagno et al., 1973; Smith et al., 1971).

Tamir y Alumor (1970) demostraron la formación de complejos insolubles tanino-proteína en el tracto intestinal; mientras que Osborne et al. (1976) observaron una disminución en los niveles de lipasa pancreática, amilasa y tripsina en aves que consumieron aflatoxinas, por lo que el efecto obtenido en la baja ganancia de peso, puede atribuirse a la limitación en la digestión de la proteína y metionina, por ello se debe tener en cuenta el posible efecto de las micotoxinas cuando se utilicen sorgos con alto contenido de taninos.

CUADRO 14. Respuesta en pollos de engorda alimentados con dietas conteniendo diferentes concentraciones de taninos y aflatoxinas.

Experimento 1 (28 días)				Experimento 2 (10-31 días)			
Peso corporal (g)				Peso corporal (g)			
Ácido tánico (%)				Ácido tánico (%)**			
AFLAT	0	0.5	1.0	AFLAT	0	0.96	1.92
0	769a	710h	678c	0	430a	427ab	392he
2.5	677e	628d (618)*	587e (586)	0.5	412h	424ab (409)*	366c (374)
				2.5	309d	294de(306)	283de (271)
				5.0	260efg	230g (257)	238fg (222)
Conversión Alimenticia				Conversión Alimenticia			
0	1.61a	1.76he	1.77he	0	1.49ede	1.60ef	1,79g
2.5	1.71h	1.82cd (1.86)	1.88d(1.87)	0.5	1.39bc	1.56 de (1.50)	174fg(1.69)
				2.5	1.43cde	1.52cde (1.54)	1.77fg (1.73)
				5.0	1.12a	1.17ab (1.23)	1.63efg(1.42)

Dale et al. (1980)

* Valor predicio, asumiendo un efecto aditivo de toxicidad.

** Sorgo variedad BR-64 conteniendo 2.91 % de taninos y proporcionado a 0, 33 y 66% en la dieta.

ASOCIACIÓN DE AFECCIONES AL SISTEMA LOCOMOTOR POR LOS TANINOS

Estudios realizados por Armstrong et al. (1973,1974) demostraron que al suplementar con metionina dietas elaboradas a base de sorgo con alto porcentaje de taninos conteniendo niveles subóptimos de proteína, se corregía la disminución en la ganancia de peso corporal, pero se observaba una mayor incidencia de trastornos locomotores, ese efecto no se presentaba al adicionar metionina en las raciones formuladas con sorgos bajos en

taninos, por lo que Elkin et al. (1978a) realizaron una serie de experimentos para determinar la etiología de esas anomalías detectadas al incluir sorgos con una alto contenido de taninos. Al utilizar los sorgos con mayor porcentaje de taninos se deprimió el crecimiento y aumentó la conversión alimenticia, lo cual fue corregido al adicionar metionina (Cuadros 15 y 16). La suplementación de vitaminas y minerales no corrigió los trastornos locomotores, y la mineralización del tejido óseo aparentemente no se vio influenciada por la cantidad de taninos; se sospechó de una posible alteración en la matriz ósea (Cuadro 17).

CUADRO 15. Efecto de la suplementación de metionina en dietas sorgo- soya y sorgo-aminoácidos sobre el comportamiento productivo y anomalías locomotoras en pollos de engorda.

	Dietas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Sorgo RS-610 (10.3)	73.81	73.81	-	-	73.81	73.81	-	-
Sorgo BR-64 (10.41)	-	-	73.03	73.03	-	-	73.03	73.03
P. Soya (48.97)	17.14	17.14	17.14	17.14	-	-	-	-
Aminoácidos	-	-	-	-	8.66	8.66	8.66	8.66
Aceite soya	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Vit. + Min.	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
DL metionina	-	0.15	-	0.15	-	0.15	-	0.15
Cerelosa	-	0.93	0.78	8.63	8.48	9.41	99.26	
Peso	234.6g	261.2g	160.9h	290.7f	247.0g	234.0g	139.5h	139.3b
Conversión	1.89i	2.01hi	2.66f	2.12h	1.85i	1.86i	2.67f	2.47g
P. locomotores	9.7	.0	6.5	12.9	6.5	3.1	45.2	33.3

Elkin et al. (1978)

CUADRO 16. Efecto de la suplementación de vitaminas y minerales en dietas sorgo-aminoácidos sobre la productividad y problemas locomotores en pollos.

	Dietas			
	1	2	3	4
Sorgo RS-610 (10.3)	73.81	73.81	-	-
Sorgo BR-54 (10.41)	-	-	73.03	73.03
Aminoácidos	8.73	8.73	8.73	8.73
Aceitesoya	4.0	4.0	4.0	4.0
Vit. + Min.	4.9	4.9	4.9	4.9
Extra Vitam y min	-	3.0	-	3.0
Cerelosa	8.56	5.56	9.34	6.34
Peso	242.8i	290.2h	142.6k	189.4i
Conversión	1.81i	1.79i	2.57h	2.44h
Prob. locomotores	.0	.0	67.9	48.3

Elkin et al. (1978)

CUADRO 17. Cenizas en femur de pollos alimentados con dietas sorgo- aminoácidos y sorgo-soya-girasol.

Dieta	Condición del hueso	Cenizas en hueso (%)
Experimento 2		
1 Bajotaninos	-	45.69a
2 Altotaninos	-	44.49a
Experimento 3		
1 Bajotaninos	Normal	45.26ab
1 Bajotaninos	Afectado	44.62h
2 Alatotáninos	Normal	47.45a
2 Altotaninos	Afectado	45.35h

Elkin et al. (1978)

El precio del maíz a futuro indica una reducción para el segundo semestre de 1997, para repuntar en el primer semestre de 1998 (Cuadros 18 y 19).

CUADRO 18. Precio del maíz (\$/bu) al 5 de febrero de 1997.

Atlanta	Buffalo	Chicago	Fort Worth	Kansas city (bu)	Los Angeles (cwt)	Memphis	Minneapolis	San Francisco (cwt)
3.48**	2.97	2.72	3.22	2.68	6.27	2.86	2.53	6.27

Feedstuffs, Febrero 10, 1997

CUADRO 19. Precio a futuro del maíz (Chicago Board of Trade \$/bushel).

	Cierre			Estación	
	6 Febrero	5 Febrero	30 Enero	Alta	Baja
Marzo 1997	2.68	2.72	2.73	3.94	2.56
Mayo	2.68	2.71	2.71	3.94	2.58
Julio	2.67	2.70	2.70	3.93	2.59
Septiembre	2.63	2.66	2.64	3.35	2.55
Diciembre	2.66	2.67	2.65	3.10	2.49
Marzo 1998	2.71	2.73	2.70	3.05	2.61
Julio	2.78	2.80	2.77	3.15	2.69
Diciembre	2.60	2.62	2.59	2.93	2.54

Feedstuffs, Febrero 10, 1997

LITERATURA CITADA

- ARMSTRONG, W. D., FEATHERSTON W. R. AND ROGLER I. C. Effects of bird resistant sorghum grain and various commercial tannins on chick performance. *Poultry Sci.*, v. 53, p. 2137-2142, 1974.
- ARMSTRONG, W. D., FEATHERSTON, W. R., ROGLER, J. C. Influence of metionine and other dietary additions on the performance of chicks fed bird resistant sorghum grain diets. *Poultry Sci.*, v. 52, p.1592-1599, 1973.
- ARMSTRONG, W. D. *Nutritive evaluation of bird resistant and non-resistant sorghum grain in chicks*. Thesis, Purdue University, West Lafayette, IN, 1973.
- BARNABAS, N. M., REICHERT, D. R., BLAIR, R. Protein and aminoacid digestibilities for chickens of reconstituted and boiled sorghum grains varying in tannin contents. *Poultry Sci.*, v. 64, p. 101-113, 1985.
- BARTOV, I. The nutritional value of moldy grains for broiler chicks. *Poultry Sci.*, v. 61, p. 2247-2254, 1982.
- BUTLER, L. G. Polyphenols and their effect on sorghum quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SORGHUM GRAIN QUALITY. *Proceedings...* Paitancheru, A. P. India, p. 294, 1982.
- CORTÉS, C.A., AVILA, G.E. Comportamiento productivo in pollos de engorda alimentados con dietas altas y bajas en taninos. In: JORNADA MÉDICO AVÍCOLA, 6. *Memórias...* FNW4 UNAM, México, p. 45-47, 1997.
- CUCA, G. A., AVILA, G. E., PRO, M. A. *Alimentación de las aves*. México: Universidad Autónoma & de Chapingo, 1996, p. 154.
- CHANG, S. I., FULLER, H. L. Effect of tannin content of grain sorghums on their feeding value for growing chicks. *Poultry Sci.*, v. 43, p. 30-36, 1964.
- CHRISTENSEN, C. M., KAUFMAN, H. H. Deterioration of store grains by fungi. *Ann. Rev. Phytopathol.*, v. 3, p. 69-84, 1965.
- DALE N, M., WYATT, R. D., FULLER, E. L. Additive toxicity of aflatoxin and dietary tannins in broiler chicks. *Poultry Sci.*, v. 59, p. 2417-2420, 1980.
- DOUGLAS, J. H., SUILLIVAN, T. W., BOND, P. L., RYDELL, J. A. Use of animal fat to correct the lower ME and nutritional value for high tannine sorghum. *Poultry Sci.*, v. 67, n. 1, p. 80, 1988.
- EARP, C. F., ROONEY, L. W. Scanning electron microscopy of the pericarp and test of several sorghum varieties. *Food Microstructure*, v. 1, p. 25, 1982.
- EARP, C. F., AKINGBALA, J. O., RING, S. H., ROONEY, L. W. Evaluation of several methods to determine tannins in sorghums with varying kernel characteristics. *Cereal Chem.*, v. 58, n. 3, p.234, 1981.
- ELKIN, R. G., FEATHERSTON, W. R., ROGLER, J. C. Investigations of leg abnormalities in chicks consuming high tannin sorghum grain diets *Poultry Sci.*, p. 757-762, 1978a.
- ELKIN, R. G., ROGILR, J. C., FEATHERSTON, W. R. Influence of sorghum grain tannins on metionine utilization in chicks *Poultry Sci.*, p. 704-710, 1978b.
- FEATHERSTON, W. R., SCHOLZ, R. W. Changes in liver xanthine dehydrogenase and uric acid excretion in chicks during adaptation to a high protein diet. *J. Nutr.*, v. 95, p. 393-398, 1975.
- GUALTERI, M., RAPACEINI, S. Sorghum grain on poultry feeding. *World Poultry Science Journal*, v. 46, p. 246, 1990.
- FRITZ, J. C., MISLIVEC, P. B., PLA, G.W., HARRISON, B.N., WEEKS, C.E., DANTZMAN, J.G. Toxicogenecity of moldy feed for young chicks. *Poultry Sci.*, v. 52, p. 1523-1530, 1973.
- HARMS, R. H., GOFF, O. E. The feeding -value of different grades of yellow corn for broilers. Univ. of Tennessee. *Agr. Exp. Sta. Bull.*, v. 269, p. 1-19, 1957.
- HULSE, J. E. *Polyphenols in cereals and legumes* Ottawa, Canada, Ed. International Development Research Center, 1980.

- LEESON, S., SUMMERS, J. D. Effect of adverse growing conditions on corn maturity and feeding value for poultry. *Poultry Sci.*, v. 55, p. 588-593, 1976.
- LEESON, S., SUMMERS, J. D., DAYNARD, T. B. The effect of kernel maturity at harvest as measured by moisture content, on the metabolizable energy value of corn. *Poultry Sci.*, v. 56, p. 154-156, 1977.
- MARISCAL, G., AVILA, E., TEJADA, I., CUARON, J., VÁSQUEZ, C. *Contenido & proteína y aminoácidos totales y digestibles para pollos*. México: PAIPEME, IWAP.
- MITARU, B. N., REICHERT, R. D., BLAIR, R. Improvement of the nutritive value for high-tannin sorghums for broiler chickens by high moisture storage (reconstitution). *Poultry Sci.*, v. 62, p. 265, 1983.
- MITARU, B.N., REICHERT, R. D., BLAIR, R. The binding of dietary protein by sorghum tannins in the digestive tract of pigs. *Journal of Animal Nutrition*, p. 114, 1984.
- MORENO, P. D., MAIER, C. J., BRUM, P. Efeitos de processamentos sobre o grão de sorgo com diferentes teores de tanino para frangos de corte. In: SEMANA AVÍCOLA, 95. *Memórias...*, Brasil, 1995. p. 15-16.
- NELSON, T. S., STEPHENSON, E. L., BURGOS, A., FLOYD, J., YORK, I.O. Effect of tannin content and dry matter digestion on energy utilization and average amino acid availability of hybrid sorghum grain. *Poultry Sci.*, v. 54, p. 1620-1623, 1975.
- NRC. *Nutrient requirements of poultry*. 9 ed. Washington, D. C.: National Academy Press.
- OSBORNE, D. J., HUFF, W. E., HAMILTON, P. B. Comparative effects of aflatoxin, ochratoxin and T-2 toxin on digestion in broiler chickens. *Poultry Sci.*, v. 55, p. 2075, 1976.
- RICHARDSON, L. R., WILKES, S., GODWIN, J., PIERCEK, R. Effect of moldy diet and moldy soybean on the growth of chicks and poults *J. Nutr.*, v. 78, p. 301-306, 1962.
- ROONEY, L.W., MILLER, F. R. Variations in the structure and kernel characteristics of sorghum. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SORGHUM GRAIN QUALITY. *Proceedings...* Patanchem, India, p. 143, 1982.
- ROSTAGNO, H. S., FEATHERSTON, W. R., ROGLER, J. C. Studies on the nutritional value of sorghum grains with varying tannin contents for chicks. *Poultry Sci.*, v. 52, p. 765-772, 1973.
- ROSTAGNO, H. S., ROGLER, J. C., FEATHERSTON, W. R. Studies on the nutritional value of sorghum grains with varying tannin contents for chicks. II Amino acid digestibility studies. *Poultry Sci.*, v. 52, p. 772-778, 1973.
- ROWLAND, L. O., PLYER, J. E., BRADLEY, J. W. The feeding value of weather-damaged grain sorghum for poultry. *Poultry Sci.*, v. 57, p. 180-185, 1978.
- SANFORD, P. E., DEYOE, C. E. Performance of laying hens fed new crop-field sprouted and old crop nonsprouted sorghum grain. *Poultry Sci.*, v. 53, 1975.
- SMITH J. W., HAMILTON, P. B. Aflatoxicosis in the broiler chicken. *Poultry Sci.*, v. 49, p. 207-215, 1970.
- SMITH J. W., HILL, C. H., HAMILTON, P. B. The effect of dietary modifications on aflatoxicosis in the broiler chicken. *Poultry Sci.*, v. 50, p. 768-774, 1971.
- SUNDE, M., MOHAMMAD, L., DIN, G., HOLM, P. Feeding value of low bushel weight corn and propionic acid treated com for broiler chicks. *Feedstuffs*, v. 48, n. 15, p. 18-20, 1976.
- TAMIR M., ALUMOT, E. Carob tannins growth, depression and levels of insoluble nitrogen in the digestive tract of rats *J. Nutr.*, v. 100, p. 573-580, 1970.
- TANINOS y Fenoles del Sorgo (1.^a parte). *Boletín Informativo USFGC*, jul. 1996.
- TANINOS y Fenoles del Sorgo (2.^a parte). *Boletín Informativo USFGC*, ago. 1996.
- WARD, N. E. Utilización de la metionina para reducir los efectos de la aflatoxina y los taninos en dietas para aves. In: SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE DEGUSSA. *Proceedings...*, Atlanta, Georgia, USA, 1987.
- WEAK, E. D., MILER, G. D., FARRELL, E. P. Rapid determination of germ damage in cereal grains. *Cereal Chem.*, v. 49, p. 653, 1972.