

Valor nutritivo de la levadura de cervecería (*Saccharomyces cerevisiae*) y de sus derivados, extracto y pared celular, en la alimentación aviar*

M. C. Perdomo** R. E. Vargas²J. Campos G³.

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Departamento de Producción Animal,
Cabudare Estado Lara, Venezuela

Nutritional value of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and its derived products, extract and cell wall, in poultry feeding.

ABSTRACT. To assess the nutritional value for poultry of brewer's yeast (Y) (*Saccharomyces cerevisiae*), and that of its derived products: extract (E) and cell wall (CW), after being submitted to a process of autolysis, a balance trial was conducted with 48 adult, cecotomized roosters of the Gold Line strain. True digestibility of dry matter (DMTD), of nitrogen corrected for uric acid (NuTD), and of amino acids (AATD); and true metabolizable energy corrected to zero nitrogen balance (TMEn) were determined. Total nitrogen content in Y, E and CW analyzed 8.4, 11.3, and 3.5 %, respectively. Balance trial results showed highly significant differences among the three feedstuffs evaluated, in favor of E, in almost all the criteria of evaluation. Mean values of Y, E, and CW for DMTD (%) were 45.7 ± 0.8 , 59.7 ± 0.8 , and 25.0 ± 1.1 , respectively; those of Y and E were, for AATD (%), 75.4 and 91.6; and for methionine digestibility (%), 86.2 and 98.9; but for cysteine digestibility (%), 67.3 and 63.2. Autolysis of the yeast increased the concentration of nutrients, in the extract and favored digestibilities of dry matter; total nitrogen; and aminoacids, except cysteine; it also increased the metabolizable energy value.

Key words: Yeast, Autolysis, Extract, Yeast Cell Wall, Digestibility, Metabolize Energy, Poultry.

© 2004 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2004. 12(3): 89-95

RESUMEN. Para estudiar el valor nutricional para las aves de la levadura (L) de cervecería (*Saccharomyces cerevisiae*) y de sus fracciones derivados: extracto (E) y pared celular (PC), luego de ser sometida a un proceso de autólisis, se condujo una prueba de balance con 48 gallos adultos, cecotomizados de la raza Gold Line. Se estimó la digestibilidad verdadera de la materia seca (DVMS), del nitrógeno corregido por ácido úrico (DVNu) y de los aminoácidos (DVAA); y el contenido de energía metabolizable verdadera corregida a balance de nitrógeno cero (EMVn). Los contenidos de nitrógeno total en L, E y PC fueron 8.4, 11.3 y 3.5%, respectivamente. Los resultados de la prueba de balance evidenciaron diferencias altamente significativas entre las materias primas evaluadas, a favor de E, en casi todos los criterios de evaluación. Los valores medios de L, E y PC para DVMS (%) fueron de 45.7 ± 0.8 , 59.7 ± 0.8 y 25.0 ± 1.1 , respectivamente; los de L y E fueron para DVAA (%), 75.4 y 91.6 y para digestibilidad de metionina, 86.2 y 98.9%; pero para digestibilidad de cisteína, 67.3 y 63.2%. El proceso de autólisis de la levadura logró concentrar los nutrientes en el extracto e incrementar la digestibilidad de la materia seca; del nitrógeno total; y de los aminoácidos, exceptuando cisteína; así como también la energía metabolizable.

Palabras clave: Levadura, Autólisis, Extracto, Pared Celular, Digestibilidad, Energía Metabolizable, Aves.

Recibido Octubre 16, 2003. Aceptado Octubre 01, 2004

* Investigación financiada por la Empresa Procria del Grupo Polar y el Centro de Bioquímica Nutricional, Universidad Central de Venezuela. Agradecimiento a la Compañía Degussa, por la cuantificación de aminoácidos.

** E mail: Milerkip@ucla.edu.ve

² Centro de Bioquímica Nutricional. Universidad Central de Venezuela, Maracay Estado Aragua, Venezuela

³ Empresa Delcampo, C.A. Barquisimeto, Estado Lara

Introducción

En Venezuela, se genera 7.000 T/año de *Saccharomyces cerevisiae* (SC), empleadas principalmente en la alimentación de rumiantes. En un intento por mejorar su utilización, se ha empleado la autólisis para lograr, por acción de las enzimas endógenas, la ruptura de la pared celular y la liberación del protoplasma, obteniéndose: extracto (E) y pared celular (PC).

El valor nutritivo de la levadura (L) varía dependiendo del sustrato utilizado para su crecimiento y, también del proceso industrial al cual es sometida (Alvarez y Valdivie, 1980). Es escasa la información sobre la composición química de la L recuperada de la industria venezolana y de sus derivados. Estos no han sido evaluados como posibles ingredientes en la formulación de raciones para aves. En la bibliografía consultada no se encontraron reportes sobre la digestibilidad de SC, *sin embargo* existe información que indican que cantidades del 10 al 15 % de SC, como sustituto parcial de la harina de soya en raciones de pollos de engorde, no afecta el comportamiento productivo de las aves (Murakami *et al.*, 1993; Ergül, 1994; Grangeiro *et al.*, 2001). Además se señala que su utilización como probiótico, reduce algunos enteropatógenos, produce cambios favorables en la mucosa intestinal y mejora el comportamiento productivo con raciones bajas en proteína, sugiriendo así la posibilidad de reducir la contaminación ambiental, (Kumprechtová *et al.*, 2000; Spring *et al.*, 2000; Santin *et al.*, 2001).

Con el fin de evaluar estos subproductos como posibles fuentes proteicas, se plantearon los siguientes objetivos: 1. conocer la composición química de la L y de sus derivados: E y PC y, estimar la digestibilidad verdadera del nitrógeno corregido para ácido úrico, de los aminoácidos y la energía metabolizable verdadera para balance de nitrógeno cero. 2. Evaluar como influye el proceso de autólisis, al cual es sometida la levadura, sobre la composición química, digestibilidad y energía metabolizable de sus derivados.

Materiales y Métodos

El subproducto Levadura, fue obtenido en la Planta Centro, del Grupo Polar, y parte de éste fue procesado por autólisis para obtener extracto y la pared celular, en la empresa Productos y Saborizantes Naturales, (PROSANA), ambas ubicadas en San Joaquín, Estado Carabobo, Venezuela.

Las condiciones de autólisis empleadas en PROSANA, consistieron en colocar la levadura en agua durante 28 horas, 8 horas se sometió a 28 °C y

las 20 horas restantes a 45 °C. Luego, la suspensión fue centrifugada a flujo continuo para separar el extracto de la pared celular, y posteriormente, ambos componentes, fueron secados por aspersión (C. Melito, comunicación personal).

La digestibilidad verdadera del N corregido para ácido úrico (DVNu), de los aminoácidos (con excepción del triptófano) y la energía metabolizable corregida para balance de nitrógeno cero, se evaluaron mediante un ensayo de balance de acuerdo a la metodología propuesta por Sibbald (1986), empleando gallos cecotomizados de la raza Gold Line con un peso promedio por ave de 2.7 ± 0.5 kg y de 40 semanas de edad.

Las aves fueron alojadas aleatoriamente en jaulas metabólicas individuales dotadas de una bandeja de recolección de heces y bebederos de canal. Durante el periodo previo al inicio del ensayo, el agua y el alimento de mantenimiento (16 % PC y 2800 kcal/kg) fueron suministrados a voluntad.

La cecotomía se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por Green *et al.* (1987) y modificada por Pizzani (1999). Para ello a las aves se les suministró vitamina K en el agua de bebida en dosis de 0.5 g/100 ml y 12 horas antes de la cirugía, fueron sometidos a ayuno. Al momento de la cirugía cada ave fue tranquilizada con una inyección intramuscular de Ketamina HCL 0.2 ml/kg, anestesiándose 10 minutos después con Xilacina vía intramuscular a razón de 0.2 ml/kg (Muir, 1995). Una vez finalizada la cirugía, y durante los dos días siguientes a la intervención se les suministró, vía intramuscular, Gentamicina a dosis de 0.05 ml/kg (Muir, 1995).

Una vez transcurrido los dos meses de recuperación, se realizó la prueba de balance empleando un diseño completamente al azar constituido por cinco tratamientos: Levadura-maíz, extracto-maíz, pared celular, maíz y excreción endógena. Debido a las características físicas de la L y del E, fue necesario mezclar estas materias primas con maíz molido en proporción 1:1, por lo cual se incluyó el maíz molido como un tratamiento adicional, a fin de realizar posteriormente, los cálculos matemáticos correspondientes (Sibbald y Slinger, 1962) y así conocer la digestibilidad de los nutrientes.

Se empleó un total de 48 gallos, utilizando un ave como unidad experimental, se asignaron diez gallos por cada materia prima evaluada (levadura-maíz, extracto-maíz, pared celular y maíz) y los ocho gallos restantes, para la estimación de las pérdidas endógenas.

Antes de iniciar el estudio de balance las aves fueron ayunadas durante 24 horas, para garantizar el vaciado del tracto digestivo. Seguidamente a cada uno de los gallos se les suministró, directamente en

el buche, 40 g del ingrediente a evaluar mediante el uso de un embudo de acero inoxidable, a excepción de la PC, debido a que su baja densidad no permitió la intubación de más de 30 g. Los ocho gallos, que se utilizaron para conocer las pérdidas endógenas de energía y de N, se sometieron a un ayuno total durante 72 horas de periodo experimental.

Diariamente y por dos días consecutivos, las heces fueron removidas y luego pesadas, congeladas, liofilizadas, molidas finamente y conservadas hasta su uso.

Las muestras de L, E, PC, maíz, L-maíz, E-maíz y excretas obtenidas, fueron analizadas por duplicado para materia seca, nitrógeno total (Kjeldahl), extracto etéreo, fibra cruda y cenizas, según la AOAC (1984).

La concentración de cada aminoácido presente en las materias primas y excretas, se determinó por cromatografía de intercambio iónico (Spakman *et al.*, 1958). Los aminoácidos azufrados, metionina y cisterna, fueron convertidos previamente a sulfona metionina y ácido cisteico, respectivamente, por oxidación con ácido per fórmico (Moore, 1963). La determinación de ácido úrico en las excretas se realizó de acuerdo a Marquardt (1983).

La digestibilidad verdadera del nitrógeno corregida para ácido úrico (DVNu), se estimó de acuerdo a Picard *et al.* (1984). La digestibilidad verdadera de aminoácidos (DVAA) se calculó a través de la fórmula propuesta por Likuski y Dorrell (1978) y la energía metabolizable verdadera para balance de nitrógeno cero (EMVn), se calculó de acuerdo a Sibbald (1986).

Con los datos obtenidos para las variables estudiadas (DVMS, DVNu, DVAA, EMVn) y utilizando el paquete estadístico STATISTIX (1985), se obtuvieron las medias de tratamientos y se estimaron los errores estándar de dichas medias (Steel y Torrie, 1995).

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 muestra la composición química de la L, del E y de la fracción de la PC, evaluadas. El contenido de proteína cruda de 52.3 % en la L, fue 19% superior al promedio de los valores reportados

por Matos *et al.* (1987) y la NRC (1994), y cercano al valor encontrado por Sadagopan y Johri (1986). Por otra parte, el proceso de autólisis al cual fue sometida la L aumentó la concentración de proteína y cenizas en 35.4 y 62.9 %, respectivamente, en el E sobre la L. Incrementos similares en el nivel proteico también han sido obtenidos por Sommer (1996). Como era de esperarse, el contenido de proteína cruda de la fracción concentrada de PC, el otro derivado del proceso de autólisis, fue solo de 21.8 %; es decir, 58.3 % menos que en la L.

El valor de fibra cruda de la L (1.44%) también fue cercano al valor reportado por Matos *et al.* (1987). Incluso el nivel presente en el producto derivado PC (1.52) también se presenta bajo, sin embargo, por la metodología empleada estos valores no proporcionan información sobre el contenido de polisacáridos no amiláceos presentes en la pared celular.

Los resultados de los perfiles de aminoácidos de la L y el E se muestran en el Cuadro 2. Se observa que los aminoácidos esenciales presentes en la L representaron 26.5% de la materia seca y fueron superiores en un 26 % a los valores reportados por Sarwar *et al.* (1985) y NRC (1994), lo que guarda relación con el mayor contenido de proteína cruda encontrado en la presente investigación. Sin embargo, se muestran niveles bajos de aminoácidos azufrados, en concordancia con Sarwar *et al.* (1985) y NRC (1994). Por su parte, el E exhibió contenidos de aminoácidos relativamente similares a los señalados por Sommer (1996), y superiores a los encontrados por Sarwar *et al.* (1985). El proceso de autólisis también permitió concentrar el contenido de aminoácidos esenciales (18.7%) y no esenciales (22.9%) en el E relativo a la L, siendo la lisina el que presentó el mayor incremento (23 %), mientras que la metionina se concentró en un 17 %.

La incapacidad del ave en utilizar el NNP en el anabolismo proteico hace necesario la utilización de nitrógeno proteico al formular raciones para aves. El nitrógeno total sobreestima el valor proteico aprovechable de la ración y posiblemente conlleva a un desbalance cuando se emplean más del 20 % de L o de E en la ración del pollo de engorde, ya que estas materias primas presentaron valores de NNP de 1 y 1.9 %, respectivamente. Estos niveles corresponden con los reportados por Sarwar *et al.* (1985).

Cuadro 1. Análisis proximal porcentual de la levadura, del extracto y de la pared celular de la levadura^{1/}

Producto	Humedad	N x 6,25	Grasa cruda	Fibra cruda	Cenizas totales
Levadura	5.3	52.3	.06	1.44	7.41
Extracto de levadura	5.5	70.8	.17	.67	12.07
Pared celular de levadura	10.7	21.8	.93	1.52	1.43

^{1/} Valores presentados en base seca.

Cuadro 2. Perfil de aminoácidos (AA) de la levadura y del extracto de la levadura^{1/}

	AA esenciales (%)										AA no esenciales (%)								
	Met	Cis	Lis	Tre	Arg	Iso	Leu	Val	His	Fen	AAET ^{2/}	Gli	Ser	Ala	Asp	Glu	Prol	AANET ^{3/}	AAAT ^{4/}
Levadura	1.0	.6	4.3	3.1	2.8	2.8	4.3	3.5	1.4	2.6	26.5	2.8	3.2	4.3	6.1	7.9	2.6	26.9	53.4
Extracto	1.2	.7	5.6	3.4	3.7	3.6	5.0	4.4	1.8	3.2	32.6	3.9	3.4	5.7	7.4	10.9	3.6	34.9	67.5

^{1/} Valores expresados en base seca.

^{2/} AAET: Aminoácidos esenciales totales (excluye triptófano)

^{3/} AANET: Aminoácidos no esenciales totales.

^{4/} AAAT: Aminoácidos totales.

En general, la composición química de las materias primas evaluadas guarda correspondencia con los resultados obtenidos en el ensayo de balance con los gallos (Cuadro 3). Las digestibilidades de la materia seca, nitrógeno, y energía del E fueron significativamente ($P < 0,01$) superiores a los de la L y la PC. En particular, la digestibilidad del nitrógeno y el valor de EMVn fueron incrementados en 42.9 y 21.3%, respectivamente, en relación con la L. La fracción de PC, por el contrario, mostró una digestibilidad de nutrientes muy baja.

El valor de digestibilidad verdadera de la materia seca de L, fue inferior al valor de digestibilidad ileal de la misma (54%) para cerdos de 40 kg, reportado por Carrillo y Bocourt (1971), lo cual podría explicarse debido a la menor velocidad de tránsito de la digesta que ocurre en los cerdos relativo a las aves. Aun cuando estas especies animales no son comparables, los valores de materia seca digerible alcanzados con los productos derivados evaluados podrían reafirmar lo expresado por aquellos autores, que los mananos y glucanos, componentes de la PC, mantienen su integridad por ausencia de ciertas enzimas en el tracto gastrointestinal del animal no rumiante.

El valor de EMVNn de la L aquí determinado, es algo inferior al reportado (2630 Kcal/Kg) por la NRC (1994) para levadura de cerveza seca (*S. cerevisiae*). Estas discrepancias pueden deberse a las diferencias entre la composición química inicial de las levaduras, al procesamiento industrial al cual fueron sometidas y al proceso de secado para la obtención del subproducto.

Los valores promedio de DVAA obtenidos para la L (Cuadro 4), son inferiores a los reportados por Boushy y Roodbeen (1980) para la levadura Lavera, la cual se obtiene con la utilización de gasoil como sustrato. La DVAA esenciales aportados por el E fue 18.4 % superior a la de la L. Al relacionar los porcen-

Cuadro 3. Digestibilidad verdadera de la materia seca (DVMS), del nitrógeno (DVNu) y la energía metabolizable verdadera corregida para balance de nitrógeno cero (EMVn) de la levadura, del extracto y de la pared celular de la levadura^{1/}

Producto	DVMS (%)	DVNu (%)	EMVn (kcal/kg)
Levadura	45.7 ± 0.8 b	44.8 ± 1.4b	2425 ± 43b
Extracto	59.7 ± 0.8 a	64.0 ± 1.0a	2942 ± 39a
Pared celular	25.0 ± 1.1c	33.3 ± 1.6c	1244 ± 2c

^{1/} Valores expresados en base seca como media ± error estándar, n = 8.

^{a-c} Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.01$) entre las materias primas.

Cuadro 4. Digestibilidad verdadera de los aminoácidos (AA) de la levadura y del extracto^{1/}

	AA esenciales (%)										AA no esenciales (%)					
	Met	Cis	Lis	Treo	Iso	Leu	Val	His	Fen	AAET ^{2/}	Ser	Ala	Asp	Glu	AANET ^{3/}	AAT ^{4/}
Levadura	86.2 ^b	67.3	92.8	59.4 ^b	77.7 ^b	80.1 ^b	74.4 ^b	83.6	73.9 ^b	77.3	57.4 ^b	73.2 ^b	76.1 ^b	78.1 ^b	71.2	75.4
Extracto	98.9 ^a	63.2	100.0	90.2 ^a	99.2 ^a	96.0 ^a	94.0 ^a	89.4	92.8 ^a	91.5	87.3 ^a	94.0 ^a	96.8 ^a	89.6 ^a	91.9	91.6

^{1/} Valores expresados en base seca como media, n: 5.

^{2/} AAET: Aminoácidos esenciales totales (excluye triptófano)

^{3/} AANET: Aminoácidos no esenciales totales.

^{4/} AAT: Aminoácidos totales (excluye triptófano).

^{a-b} Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (P < 0.01) entre las materias prima

tajes de aminoácidos digestibles de la L y del E, con los requerimientos de los mismos para pollos, se evidencia que, a excepción de la cisteína los aminoácidos digestibles en ambos materias primas son capaces de satisfacer los requerimientos del ave. La cisteína, además de presentar las menores concentraciones, constituyó el aminoácidos de menor digestibilidad tanto en la L como en el E. Esto indica que los aminoácidos azufrados y en particular la cisteína, constituirían los aminoácidos limitantes cuando la L o el E sean empleados en la formulación de raciones para aves.

La L evaluada contiene 94.7 y 52.3 % de materia seca y proteína, respectivamente y 45.7 % de digestibilidad de la materia seca en aves. Sin embargo el valor obtenido en la digestibilidad promedio de los aminoácidos (75.4 %) permite afirmar que la porción digestible está representada principalmente por los aminoácidos contenidos.

Varios autores han afirmado que los valores de digestibilidad del nitrógeno corregidos de acuerdo con la cantidad de ácido úrico excretado, son equivalentes al promedio de las digestibilidades de los aminoácidos (Green *et al.*, 1987; Rotter *et al.*, 1989; Albino *et al.*, 1992). En el presente trabajo, esto no ocurrió cuando se evaluaron las muestras de excretas provenientes de los tratamientos con L o E.

Aun cuando no es posible explicar con precisión el origen de esta discrepancia, es posible que la presencia de un alto contenido de NNP en los productos de levadura hayan modificado, a su vez, la concentración de los compuestos nitrogenados en la orina (Krogdahl y Dalsgared, 1981). Los productos finales del catabolismo de los nucleótidos que contienen pirimidinas son: CO₂, NH₃, beta-alanina y beta-aminoisobutirato; y para los que contienen purinas, es el ácido úrico (Murray *et al.*, 1998). Por lo tanto, al no ser excretados los metabolitos de pirimidina en forma de ácido úrico, se subestimó la pérdida de compuestos nitrogenados no aminoacídicos que sí aparecen reflejados en la determinación de nitrógeno x 6.25. En todo caso, la determinación de los aminoácidos digestibles constituye una estimación más adecuada del nitrógeno disponible para fines anabólicos por las aves y, en consecuencia es de mayor utilidad en la formulación de las dietas.

La digestibilidad de nitrógeno de la levadura determinada en ratas por Sarwar *et al.* (1986) permite pensar que la facilidad de colectar orina y heces por separados en estos animales, resultó en la no sobreestimación de las pérdidas nitrogenadas fecales, con lo cual, ambas digestibilidades (la del nitrógeno total corregida y la de los aminoácidos) fueron similares.

En este sentido, Krogdahl y Dalsgared, (1981), sugieren que al determinar la digestibilidad de la

proteína en materias primas que contienen cantidades considerables de NNP, se cuantifiquen todas las pérdidas de nitrógeno urinario. Esto no se realizó en la presente investigación y por lo tanto, resulta más confiable y útil la utilización de los valores de digestibilidad de los aminoácidos obtenidos.

Finalmente, los resultados presentes en términos de composición química y digestibilidad, permiten inferir que se obtendrían mejores índices productivos con el uso de E que con L, en raciones para aves. Sin embargo la utilización del extracto en lugar de levadura completa, pudiera desaprovechar beneficios relacionados con la pared celular, a la que se le atribuye funciones como la reducción de la colonización de algunas enterobacterias y el favorecer cambios morfológicos en la mucosa intestinal de los pollos de engorde (Line *et al.*, 1998; Spring *et al.*, 2000; Santin *et al.*, 2001), aun cuando dicha pared no presente valor nutricional para esta especie animal. Es por ello la importancia de continuar el estudio de estos subproductos nacionales, evaluando aspectos nutricionales y sanitarios.

Conclusión

En L, E y PC el contenido de proteína cruda (N x 6.25) fue de 52.3, 70.8 y 21.8, respectivamente. En la L y E se observaron contenidos de: NNP, 1.0 y 1.9%; metionina, 1.0 y 1.2%; cisteína, 0.6 y 0.7%; lisina, 4.3 y 5.6%, respectivamente.

Existieron diferencias altamente significativas entre las tres materias primas a favor de E en los criterios in vivo determinados, siendo las medias de L, E y PC; DVMS (%), 45.7, 59.7 y 25.0; DVNu (%), 44.8, 64.0 y 33.3; EMVn (kcal/kg), 2 425, 2 942, y 1 244, respectivamente. Las medias de L y E fueron DVAA (%), 75.4 y 91.6; digestibilidad (%) de metionina, 86.2 y 98.9 y de cisteína, 67.3 y 63.2, respectivamente.

Los resultados de la investigación indican que el proceso de autólisis al cual se sometió la levadura permitió concentrar los nutrientes en el extracto e incrementó la digestibilidad de la materia seca, del nitrógeno total y de los aminoácidos, así como también la energía metabolizable.

Literatura citada

Albino, L. F., H. S. Rostagno, R. Sant'anna, y J. B. Fonseca. 1992. Determinação dos valores de aminoácidos metabolizáveis e proteína digestível de alimentos para aves. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 21(6):1059-1068.

Alvarez, R. J. y M. Valdivie. 1980. Energía metabolizable y retención de nitrógeno en dietas con levadura torula para pollos de engorde. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 14:55.

AOAC, 1984. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist. (13Ed.) Washington, DC. USA.

Boushy, A. R. and A. E. Roodbeen. 1980. Amino acid availability in Lavera yeast compared with soybean and herring meal. *Poult. Sci.* 59:115-118.

Carrillo, O. y R. Bocourt. 1971. Influencia de la pared celular sobre la digestibilidad de la levadura del pan. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 5:341.

Ergül, M. 1994. Replacement of soybean by brewers' and molasses yeast in broiler diets in sunflower oil meal with and without fish meal. *Landbauforschung Volkenrode* 44(3):267-273. Turkey. In: *Poultry Abstracts*. 1995. Vol 21. N. 4.

Grangeiro, M. G., M. Freire, E. Rodríguez, G. Barreto, y F. Militão. 2001. Inclusão da levadura de cana-de-açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) en dietas para frangos de corte. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 30(3):766-773.

Green, S., S. Bertrand, M. Duron, and R. Maillard. 1987. Digestibilities of amino acids in maize, wheat and barley meals, determined with intact and caecectomised cockerels. *Br. Poult. Sci.* 28:631-641.

Krogdahl, A. and B. Dalsgard. 1981. Estimation of nitrogen digestibility in poultry: content and distribution of major urinary nitrogen compounds in excreta. *Poult. Sci.* 60:2480-2485.

Kumprechtová, D., P. Zobac, and I. Kumprecht. 2000. The effect of *Saccharomyces cerevisiae* Sc47 on chicken broiler performance and nitrogen output. *Czech J. Anim. Sci.*, 45: 169-177

Likuski, H. J. A. and H. G. Dorrell. 1978. A bioassay for rapid determinations of amino acid availability values. *Poult. Sci.* 57:1658-1660.

Line, J.E., J.S. Baile, N. Cox, N. Stern and T. Tompkins. 1998. Effect of yeast-supplemented feed on *Salmonella* and *Campylobacter* populations in broilers. *Poult. Sci.* 77:410-415

Matos, W., R. D' Arce, y P. Machado. 1987. El uso de la levadura de fermentación alcohólica en la alimentación de rumiantes. Uso alternativo de la caña de azúcar como energía y alimento. Colección Gepiaceca. Serie diversificación, GEPLACEA-PNUD. Ciudad México, 113-123p.

Marquardt, R.R. 1983. A simple spectrophotometric method for the direct determination of uric acid in avian excreta. *Poult. Sci.* 62:2106-2108.

Moore, S. 1963. On determination of cystine as cysteic acid. *J. Biol. Chem.* 238 (1):235-237.

Muir, W.W. 1995. *Handbook of Veterinary Anesthesia*. Mosby-year book, Inc. 2da Edition. Missouri, USA. 128-130 p.

Murakami, A., V. M. Barbosa, J. Ariki, O.M. Junqueira, y S. Kronka. 1993. Levedura de vinhaca (*Sacharomyces cerevisiae*) como fonte proteica na alimentação de frangos de corte. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 22(5):876-883.

Murray, R., D. Granner, P. Mayes y V. Rodwell. 1998. Carbohidratos de importancia fisiológica y metabolismo de nucleótidos de purina y pirimidina. *Bioquímica de Harper*. Editorial El Manual Moderno, S.A. D.F, México, 165-176 y 431-447 p.

N.R.C. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. National Academy Press. Ninth Revised Edition Washington D.C. USA.

Picard M., D. Bourdon, y J. Le Dividich. 1984. Method of estimating digestibility and metabolism of crop residues and agroindustrial by products in monogastric species in developing countries. Guidelines for research on the better utilization of crop residues and agroindustrial byproducts in animal feeding in developing countries. *Proceeding of FAO/Expert Consultation*. 134-153 p

Pizzani, P.G. 1999. Determinación de la energía metabolizable verdadera y de la digestibilidad de los aminoácidos de harinas (cruda o tostada) de granos de *Canavalia ensiformis*, en gallos adultos cecotomizados. Tesis Magíster Scientiarum. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 72p.

- Rotter, B. A., A. A. Frohlich, R. G. Rotter and R.R. Marquardt. 1989. Research note: Estimation of apparent protein digestibility using uric acid corrected nitrogen values in poultry excreta. *Poult. Sci.* 68:327-328.
- Sandagopan, V. R. and T. S. Johri. 1986. Inactive dried yeast as protein. *Indian J. Anim. Sci.* 56(9):985-988.
- Santin, E., A. Maiorka, and M. Macari. 2001. Performance and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diets containing *Saccharomyces cerevisiae* cell wall. *J. Appl. Poult. Res.* 10:236-244.
- Sarwar, G., B. G. Shah, R. Mongeau, and K. Hoppner. 1985. Nucleic acid, fiber and nutrient composition of inactive dried food yeast products. *J. Food Sci.* 50: 353-357.
- Sarwar, G., R.W. Peace and G. Botting. 1986. Protein quality of food yeasts and metabolism of their purines by rats. *Nutrition Reports International.* 34(5):709-720.
- Sibbald, I. R. and S.J. Slinger, 1962. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feed. 10. A study of the effect of level of dietary inclusion on the metabolizable energy of several high protein feedingstuffs. *Poult. Sci.*, 41:1282-1289
- Sibbald, I. R. 1986. The T.M.E. system of feed evaluation: methodology feed composition data bibliography. Research Branch Contribution 86 4E, Animal Research Center Agriculture. Canadá. 114p
- Sommer R., 1996. Yeast extract. In: 9th International Symposium on Yeast. Sydney.
- Spackman, D.H., W.H. Stein and S. Moore. 1958. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Anal Chem.* 30:1190-1206.
- Spring, P., C. Wenk, K.A. Dawson and K.E. Newman. 2000. The effects of dietary mannanoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of salmonella-challenged broiler chicks. *Poult. Sci.* 79:205-211.
- STATISTIX. 1985. An interactive statistics program for microcomputers. Version 1.1. copyright © 1985, 1986, NH. Analytical software. IBM version
- Steel, R. y J. Torrie. 1995. Bioestadística. Principios y Procedimientos. Segunda Edición. McGraw-Hill, México. 622p.