

Elaboración de una harina integral de yuca (*N. esculenta Crantz*) para alimentación de pollitos de engorde. I. Caracterización químico-nutricional de hojas, raíces y harina integral de yuca

Julio Ballinas Díaz¹, Carlos Cruz Mondragón², Rutilo Castellanos Molina³ y Alfredo Larios Saldaña²

Dpto. de Biotecnología y Bioingeniería, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

RESUMEN. Las raíces de yuca son usadas frecuentemente como una fuente de energía en raciones para animales. Las hojas debido a su alto contenido de fibra no son usadas en alimentos para animales no obstante que ellas tienen un buen contenido de proteína y un nivel balanceado de aminoácidos esenciales. El objetivo de esta investigación fue producir una harina integral de yuca (HIY) con bajo contenido de fibra para usarse en alimentación de pollitos. Hojas y raíces por separado, fueron deshidratadas a 60 °C por 20 h, molidas en molino de martillos y cernidas en un tamiz de malla 60. Por este procedimiento fueron obtenidas una harina de raíz (HTY) y una harina de hojas (HHY). El contenido de fibra en HHY fue reducido 25.8% y el contenido de proteína fue incrementado 8.2%. La HIY fue elaborada con 61.2% de HRY y 38.8% de HHY, teniendo un contenido de proteína, y fibra de 9.15%, y 9.73%, respectivamente. La Energía Metabolizable Verdadera (EMV) de HIY fue 2,454 kcal/kg con una biodigestibilidad promedio de los aminoácidos de 68.8%. Palabras clave: Harina integral, yuca, pollitos, fibra.

SUMMARY. Production of cassava whole meal (*N. esculenta Crantz*) to elaborate a feed growing chicks. I. Chemical and nutritive characterization of leaves, roots and cassava whole meal. Cassava roots are frequently used as a energy source in feeds. The leaves due to their high fiber content, are not used in animal feeds despite they have a good content of protein and a balanced level of essential amino acids. The purpose of this research was to produce a cassava whole meal (CWF) with low content of fiber for using in chick feed. Leaves and roots of cassava by separated, were dried at 60 °C for 20 h, ground in a hammermill and passed through a 60 mesh sieve. By this procedure a root flour (CRF) and a leaves flour were obtained (CLF). The fiber content in CLF was reduced 25.8% and the protein content was increased 8.2%. The CWF was made with 61.2% of CRF and 38.8% of CLF, having a protein and fiber content of 9.15% and 9.73%, respectively. The True Metabolizable Energy of CWF was 2,454 kcal/kg with an average true bioavailability of aminoacids of 68.8%.

Key words: Whole meal, cassava, chicks, fiber.

INTRODUCCION

La producción comercial de animales domésticos tiene como objetivo principal la conversión de ingredientes alimenticios de bajo costo a alimento para consumo humano. Por tanto, se deben buscar ingredientes abundantes y baratos que puedan sustituir a los ingredientes tradicionales (maíz, sorgo, harina de soya) en la alimentación de las aves. La planta de yuca es uno de los ingredientes potenciales que podrían sustituir total o parcialmente los granos en la alimentación de aves. Los inconvenientes tanto de las raíces como de las hojas de yuca, en la alimentación de las aves, se debe básicamente

a que las primeras, aunque muy ricas en carbohidratos, son muy pobres en cantidad y calidad de proteína (1), no así las hojas que tienen altos valores de proteína (2) con buen perfil de aminoácidos (3), pero con cantidades relativamente importantes de taninos unidos a proteínas (4) y altos valores de fibra (1,3), lo cual limita su utilización en la alimentación de animales monogástricos (5,6). Los cianuros se considera que tienen un efecto poco importante en el crecimiento de las aves ya que el contenido de éstos se reduce por el calor aplicado en la deshidratación (7,8) hasta niveles no tóxicos (9), considerando un tiempo de exposición relativamente corto.

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue elaborar y caracterizar química y nutricionalmente una harina integral de yuca con niveles bajos de fibra.

MATERIALES Y METODOS

Evaluación analítica de la yuca: Hojas y raíces de yuca fueron primero analizados para Materia Seca (MS), Nitrógeno

1. Estudiante de Doctorado del Departamento
2. Profesores Auxiliares del Departamento
3. Profesor Titular del Departamento

Total (NT), Cenizas, Grasa (EE), Humedad, Cianuro y Digestibilidad in vitro por los métodos descritos por la Association of Official Analytical Chemists (10). La Fibra Detergente Neutra (FDN) se determinó por el método de Van Soest and Wine (11) y la Fibra Cruda (FC) por el método de Van de Kamer and Van Ginkel (12).

Reducción del contenido de fibra en hojas: Hojas frescas libres de pedúnculo fueron deshidratadas en horno de convección a 60 °C durante 20 h. Subsecuentemente las hojas secas fueron molidas en un molino de martillos con malla de 2 mm de diámetro. Entonces, 100 g de hojas pulverizadas se pasaron a través de una serie de siete tamices con número de malla de 30, 50, 60, 80, 100, 120 y 200. Las fracciones retenidas en cada tamiz fueron analizadas para Fibra (FDN), Proteína Cruda (N x 6.25), EE y Cenizas.

Elaboración de harina de hojas: La harina de hojas (HHY) rica en proteínas y baja en fibra se elaboró combinando todas las fracciones que pasaron el tamiz con malla 60.

Elaboración de harina de raíces: Raíces frescas previamente rebanadas fueron deshidratadas en un horno de convección a 60 ° durante 20 h. Las rebanadas secas fueron molidas en un molino de martillos con malla de 2 mm de diámetro. Luego, las raíces pulverizadas se pasaron a través de un tamiz con malla 60. Las partículas que pasaron la malla 60 constituyeron una harina baja en proteínas y ricas en carbohidratos (harina de raíz de yuca, HRY).

Elaboración de harina integral de yuca: La Harina Integral (HIY) se elaboró combinando 61.2% de HRY con 38.8% de HHY, de tal manera que su contenido de proteína cruda fuese similar al de sorgo.

Análisis de aminoácidos: El análisis cuantitativo de aminoácidos fue realizado por cromatografía de intercambio iónico (13) en un Autoanalizador Beckman 118 CL, posterior a la hidrólisis con HCl 6N a 110 °C durante 24 h en tubos sellados. Triptófano, metionina y cisteína no fueron cuantificados.

Determinación de Energía Metabolizable y Biodigestibilidad de Aminoácidos: La Energía Metabolizable Verdadera (EMV) se determinó siguiendo el procedimiento de Sibbald (14,15) con variaciones mínimas (raza y edad de animales). Diez gallos blancos Leghorn convencionales de 40 semanas de edad, se mantuvieron en jaulas individuales con sobre pisos de alambre en un recinto ambientalmente regulado y provistos con 16 h de luz diariamente. Agua y alimento fueron proporcionados para consumo ad libitum antes de iniciar el experimento. Seguido de un período de 30 h de privación de alimento, a cinco gallos se les proporcionó 30 g de HIY vía intubación al buche. Cinco aves adicionales fueron privadas de alimento a través del período experimental para medir la energía endógena excretada. La excreta fresca recolectada en charolas de plástico después de 30 h, fue deshidratada a 60 °C en un horno con flujo de aire caliente, pesadas y molidas a un tamaño de partícula de malla 60. Las muestras de HIY y excretas fueron analizadas para

nitrógeno Kjeldahl, y la Energía Bruta fue obtenida usando una bomba calorimétrica adiabática de oxígeno.

La biodigestibilidad de los aminoácidos se calculó con las ecuaciones propuestas por Likuski et al (16) considerando las concentraciones de aminoácidos en HIY y en excretas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis proximal, contenido de cianuros y aminoácidos en hojas y raíces de yuca: Como etapa preliminar se describe la composición química proximal, el contenido de cianuros y la composición de aminoácidos, de raíces y hojas de yuca. En raíces (Tabla 1) los carbohidratos solubles (ELN) representan el 86%, lo cual ubica a esta planta como una fuente de energía principalmente, según datos publicados anteriormente (17,18). Collins y Temalilwa (19) reportan valores muy bajos de proteína en raíces, lo cual coincide con el dato de 11% encontrado en el presente trabajo. En hojas, los valores de proteína y fibra son relativamente altos respecto a los mismos datos en las raíces, lo cual ha sido señalado por otros investigadores (20, 21). El valor de fibra cruda para los propósitos de esta investigación es de suma importancia ya que la HIY será destinada a la alimentación de aves, en las cuales se recomienda un máximo de 4% de fibra (5). Los datos encontrados de 7.25% en raíces, y de 20.72% en hojas está dentro del rango publicado (20,21). De la Tabla 2 se puede estimar el contenido de aminoácidos esenciales de la proteína de raíz, hallando valores muy similares a los reportados por Ravindran et al (3), quienes además establecen que la proteína de la raíz de yuca, es de baja calidad respecto a los aminoácidos esenciales, cuando se comparan con proteínas de cereales o de origen animal. La proteína foliar (Tabla 2) sin embargo es considerada de alto valor nutricional con metionina como único aminoácido limitante (3). El contenido de cianuro en la yuca varía ampliamente dependiendo de factores tales como variedad, edad, fertilización, clima, parte de la planta, etc. (9). Los valores encontrados experimentalmente indican que la variedad botánica estudiada (Tabla 3) es una variedad «amarga» con valores entre 170 ppm (raíz) y 473 ppm (hojas) en estado fresco. Toxicológicamente, la yuca se considera potencialmente nociva tanto para animales como para el hombre cuando la concentración de cianuro en el material es superior a 50 ppm (9). En este trabajo la deshidratación a 60 °C de hojas y raíces redujo la concentración de cianuro a 10 ppm en hojas y a 5 ppm en raíces (Tabla 3). Al respecto, Gómez et al (7) hallaron que el secado de la yuca, independientemente de la variedad, reduce importantemente el contenido de cianuro en más de 80%, con lo cual demuestran que la deshidratación de este material sirve como un proceso de desotoxicación tanto del cianuro libre como del cianuro en forma de glucósido. En este caso la reducción del contenido de cianuro en ambas partes de la planta fue de 97%, de lo cual se deduce que la yuca deshidratada de esta forma es prácticamente inocua.

TABLA 1
Composición de yuca deshidratada

Análisis	Raíz	Hoja
	g/100 g	
Proteína cruda (6.25 x N)	1.04	20.21
Extracto etéreo	2.85	7.77
Fibra cruda ^a	7.25	20.72
FND ^b	9.95	41.97
Cenizas	2.85	7.25
ELN ^c	86.01	44.05

a Determinada como celulosa (12)

b Fibra neutro detergente

c Extracto libre de nitrógeno

TABLA 2

Composición y biodigestibilidad de aminoácidos de HHY, HIY y excretas de gallos

Aminoácido	HHY	HIY	Excreta		CD	
			SHIY	CHIY	A	V
			g/100 g			
Histidina	0.65	0.27	0.30	0.39	27.64	44.41
Treonina	1.14	0.43	0.71	0.63	26.60	51.52
Tirosina	0.88	0.39	0.42	0.50	35.79	52.04
Serina	1.21	0.50	0.79	0.69	30.85	54.71
Prolina	1.18	0.44	0.68	0.57	35.13	58.45
Glicina	1.30	0.52	0.85	0.63	39.32	63.99
Arginina	1.23	0.58	0.53	0.47	59.41	73.21
Lisina	1.29	0.61	0.68	0.52	57.32	74.14
Valina	1.39	0.50	0.60	0.41	58.93	77.05
Alanina	1.38	0.55	0.70	0.44	59.93	79.14
Ac. aspártico	2.35	0.95	1.25	0.73	61.51	81.37
Leucina	2.09	0.86	1.14	0.50	70.88	90.89
Isoleucina	1.08	0.37	0.54	0.21	71.58	93.60
Ac. glutámico	3.05	1.19	1.97	1.40		
Fenilalanina	1.41	0.51	0.59	0.14		

HHY: Harina de hojas de yuca, HIY: Harina integral de yuca, SHIY: Excreta de gallos privados de HIY, CHIY: Excreta de gallos alimentados con HIY, CD: Coeficiente de digestibilidad, A: Aparente, V: Verdadera

Reducción del contenido de fibra: El objetivo del presente trabajo fue producir una HIY con un nivel reducido de fibra para usarla en la alimentación de pollos de engorde, por tanto en esta sección experimental se trabajó con hojas de yuca, cuya principal limitación en monogástricos es su alto contenido de fibra (20.72% FC ó 41.97% FDN) en comparación con la raíz (7.25% FC ó 9.95% FDN) o los cereales (5,6). El material foliar contiene en el citoplasma de sus células las sustancias solubles, incluidas diversos tipos de proteínas (22,23). Para extraer éstas es necesario romper y eliminar la pared celular.

TABLA 3
Contenido de cianuro en yuca

Condiciones de las muestras	a	b	c
	ppm		
Raíz fresca con piel	170	73	-
Raíz fresca sin piel	87	53	-
Raíz seca con piel ^d	5	-	-
Hojas frescas	473	245	127
Hojas secas ^d	10	-	-

a 40 h después de la cosecha,

b 1 mes en congelación,

c 2 meses en congelación,

d Deshidratadas a 60 °C (material usado en este experimento).

La Tabla 4 muestra el análisis de PC, FND, EE y Cenizas de fracciones de harina de hojas de yuca. Los datos de esta tabla muestran que la concentración de proteína aumentó en promedio 8.18% y la concentración de FND disminuyó en promedio 25.83%. El análisis de los datos de EE y cenizas de las fracciones retenidas en cada uno de los tamices probados, muestra que la concentración de EE aumenta y la concentración de cenizas disminuye conforme el tamaño de partícula se reduce. Los incrementos relativamente bajos de proteína y EE, así como las disminuciones ligeramente grandes de fibra y cenizas se pueden explicar en dos formas: primero, que la ruptura celular no es completa o el molino produce material fibroso cuyo tamaño de partícula es muy pequeño por lo cual se combina fácilmente con material citoplásmico de dimensiones semejantes, lo cual dificulta la separación. Por otro lado, si las partículas son de tamaño realmente diferente, las más pequeñas (supuestamente material citoplásmico) se adhieren a las partículas de mayor tamaño (segmentos de pared celular), complicando su separación. Esta suposición se refuerza por el hecho de que la concentración del material grasoso (EE) aumenta inversamente proporcional al tamaño de partícula, y los minerales (cenizas) lo hacen en proporción directa. En relación a la determinación de fibra cabe enfatizar las conclusiones de Ehale (24), quien señala que, entre más pequeño es el tamaño de partícula, mayor es la subestimación de la concentración de fibra, ya que la porosidad del filtro influye considerablemente en su cuantificación. Por tanto, en este trabajo, la reducción del contenido de fibra podría estar sobreestimado.

La Tabla 5 proporciona la composición proximal de los tres productos de yuca (HHY, HRY y HIY) y el sorgo. Este último se incluyó en esta tabla con la finalidad de establecer los puntos de similitud y las diferencias entre la HIY y el sorgo la única similitud es respecto al contenido de proteína, puesto que el contenido de proteína del grano fue la base de cálculo para obtener la HIY como una mezcla de HHY y HRY. Respecto al sorgo, el contenido de fibra de la HIY fue superior

en 2.9 (fibra cruda) y en 1.5 (FDN) veces. Por tanto, la inclusión de HIY en dietas para aves se estima que sea en niveles bajos. El contenido de extracto etéreo de la HIY es 1.4 veces mayor que el sorgo; sin embargo, la composición química de ambos extractos es diferente. En el sorgo son básicamente triglicéridos y en la HIY pigmentos (25), que potencialmente podrían favorecer la pigmentación de la piel en pollitos en crecimiento. La relación del contenido de cenizas HIY/sorgo es ligeramente superior a 2.0. Este dato es interesante en el sentido de que la HIY podría ser una fuente importante de minerales, los cuales son fundamentales para el crecimiento de las aves. Por otro lado, el contenido de carbohidratos solubles (ELN) de la HIY es 12% menor que el sorgo, lo cual equivale a un menor valor de EM.

TABLA 4

Composición química de fracciones de harina de hojas de yuca retenidas en una serie de tamices

Número de malla	Proteína cruda	Extracto etéreo	FND	Cenizas
	g/100 g			
HHYC ^a	20.20	—	42.0	—
30	20.20	—	41.8	7.8
50	20.35	7.9	36.75	6.8
60	20.55	8.2	34.80	6.3
80	22.15	8.5	33.75	5.9
100	22.70	11.40	32.75	5.7
120	23.30	11.60	32.60	5.5
200	24.80	11.70	32.15	5.5
FR60 ^b	20.4	7.8	36.2 ^d	6.6
FNR60 ^c	22.0	9.8	31.2 ^e	5.6

a Harina de hojas de yuca completa,

b Suma de fracciones retenidos en tamiz de malla 60,

c Suma de fracciones no retenidas en tamiz de malla 60.

d 16.7% de fibra cruda,

e 15.8% de fibra cruda. FND: fibra neutra detergente.

Incremento de proteína= $(22.0 - 20.2) \times 100/22.0 = 8.18\%$

Reducción de fibra= $(42.0 - 31.15) \times 100/42.0 = 25.83\%$

Energía metabolizable y biodigestibilidad de aminoácidos: Los cálculos de EMV para la HIY (61.2% de HRY + 38.8% de HHY) rindieron un valor experimental promedio de 2.454 kcal/kg, y una digestibilidad in vitro, respecto a caseína de 83.5%. El valor de EMV para la HIY es razonable si se considera que para la HRY se reportan datos de 2,960 a 2,980 kcal/kg (5). Usando un valor medio de 2,970 kcal/kg para HRY, la HHY produciría teóricamente 1,640 kcal/kg de EMV, valor ligeramente inferior al de la harina de alfalfa (1,650 kcal/kg), según Avila (5). Es importante enfatizar que la HHY y la HRY incluidas en la formulación de la HIY tienen características físicas particulares ya que no se usaron

en su forma integral, sino como una fracción cernida en tamiz de malla 60. La biodigestibilidad in vitro de la HIY proporciona información relativa a la susceptibilidad al rompimiento enzimático de las proteínas de la yuca, que en este caso es sólo 16.5% menor a la caseína. Sin embargo, la biodigestibilidad promedio de los aminoácidos de la HIY fue 68.8% (Tabla 2), valor algo inferior a la digestibilidad in vitro, situación que se esperaba a causa de las condiciones disímiles en que se llevaron a cabo ambos experimentos.

TABLA 5

Composición proximal de productos de yuca y sorgo

Ingrediente	Proteína	Extracto	Fibra	FDN ¹	Cenizas	ELN ²
	Nx6.25	etéreo	cruda	g/100g		
HHY ³	21.10	9.90	15.90	31.20	5.70	47.40
HRY ⁴	0.91	3.16	5.64	9.58	1.82	88.47
HIY ⁵	9.15	6.16	9.73	18.67	3.54	71.42
Sorgo	9.56	4.45	3.32	12.53	1.65	81.02

1. Fibra detergente neutra;
2. Extracto libre de nitrógeno,
3. Harina de hoja de yuca que pasa malla 60;
4. Harina de raíz de yuca que pasa malla 60,
5. Harina integral de yuca

REFERENCIAS

1. Grace MR. Elaboración de la yuca. Colección FAO: Producción y protección vegetal. Roma, Italia, 1977.
2. Rogers DJ. Cassava leaf protein. *Economic Botany* 1959; 13:264-267.
3. Ravindran V, Kornegay ET & Cherry JA. Feeding values of cassava tubers and leaf meals. *Nutr. Reports Intern.* 1983;28:189-195.
4. Reed JD, McDowell RE, Van Soest PJ & Horvath PJ. Condensed tannins: a factor limiting the use of cassava forage. *J Sci Food Agric* 1982;33:213-220.
5. Avila GE. Alimentación de las aves. México, D.F., Ed. Universidad Nacional Autónoma de México, 1990.
6. NRC. National Research Council. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th Rev. Washington, DC. Ed. National Academy Press, 1994.
7. Gómez G, Valdivieso M, De la Cuesta D & Salcedo T. Effect of variety and age on the cyanide content of whole-root cassava chips and its reduction by sun-drying. *Animal Feed Sci Technol* 1984;11:57-65.
8. Gómez G & Valdivieso M. Cassava foliage: chemical composition, cyanide content and effect of drying on cyanide elimination. *J Sci Food Agric* 1985;36:433-441.
9. Delange F y Ahluwalia R. Toxicidad de la yuca y tiroides. Canadá. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Seminario de Ottawa 1982.
10. Association of Official Analytic Chemists. *Official Methods of*

- Analysis of The AOAC. 14th ed. Washington, DC. The Association, 1984.
11. Van Soest PJ & Wine RH. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV Determination of plant cell-wall constituents. *J Assoc Off Chem* 1967;50:50-55.
 12. Van de Kamer JH & Van Ginkel L. Rapid determination of crude fiber in cereals. *Cereal Chem* 1952;46:825-829.
 13. Spackman DH, Stein WH & Moore S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Anal Chem* 1958;30:1190-1206.
 14. Sibbald IR. A bioassay for true metabolizable energy in feedstuffs. *Poultry Sci* 1976;55:303-308.
 15. Sibbald IR. The effect of the duration of the excreta collection period on the true metabolizable energy values in feedstuffs with slow rates of passage. *Poultry Sci* 1979;58:896-899.
 16. Likuski HJ & Dorrell HG. A bioassay for rapid determination of amino acid availability values. *Poultry Sci* 1978; 57:1658-1660.
 17. Lancaster PA, Ingram M, Lym MY & Coursey DG. Traditional cassava-based foods: survey of processing techniques. *Economic Botany* 1982;36:12-45.
 18. Muindi PJ & Hanssen JF. Nutritive value of cassava root meal enriched by *Trichoderma Harzianum* for chickens. *J Sci Food Agric* 1981;32:647-654.
 19. Collins JL & Temalilwa CR. Cassava (*Nanipotesculenta Crantz*) flour fortification with soy flour. *J Food Sci* 1981;46:1025-1028.
 20. Okezie BO & Kosikowski FV. Cassava as a food. *CRC-Crit Rev Food Sci Nutr* 1981;17:259-274.
 21. Stevenson MH. The nutritional value of cassava root meal in laying hen diets. *J Sci Food Agric* 1984;35:36-40.
 22. Pirie NW. Leaf protein: its agronomy, preparation, quality and use. U.K., Blackwell Scientific Publications, Handbook N° 20, 1971.
 23. Pirie NW. Leaf proteins a food source. *Experientia* 1982;38:28-31.
 24. Ehale FR. Influence of particle size on determination of fibrous feed components. *J Dairy Sci* 1984;67:1482-1499.
 25. Nesheim MC, Austin RE & Card LE. Poultry production. Philadelphia, USA. 12th Ed., Lea & Febiger, 1979.

Recibido: 19-04-1996

Aceptado: 19-09-1997