

Digestibilidad Aparente de una Harina Proveniente de Hojas de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Andrés Giraldo¹, Reinaldo J. Velasco*² y Héctor S. Villada²

(1) Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca, CIAYUCA, Km 17 vía Cali – Palmira, Valle del Cauca-Colombia

(2) Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agroindustria, Calle 5 No. 4-70, Popayán, Cauca-Colombia (e-mail: rvelasco@unicauca.edu.co)

* autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

Resumen

Se estudió y evaluó la digestibilidad aparente de la proteína, materia seca y energía de la harina de hojas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), para consumo humano obtenida de la variedad MCol 1505 de tres meses de edad. Una dieta control (caseína 12 %) y dietas con sustitución de harina de hoja de yuca en 10 % y 20 % fueron suministradas a ratas de Wistar durante un periodo de 15 días con siete días de acostumbramiento y ocho días de recolección de muestras. Se encontró que el uso de harina de hoja de yuca para alimentación es recomendable en niveles de inclusión máximo del 10 % y que la puntuación de aminoácidos corregida por digestibilidad proteínica es 0.43 para metionina.

Palabras clave: hojas de yuca, digestibilidad, proteína, consumo humano, dietas

Apparent Digestibility of Flour Made from Cassava Leaves (*Manihot esculenta* Crantz)

Abstract

The apparent digestibility of protein, dry matter and energy of cassava leaves flour (*Manihot esculenta* Crantz), for human consumption obtained from MCol 1505 variety of three months of age, were studied and evaluated. A control diet (casein 12 %) and diets with substitution of cassava leaves flour 10 % and 20 % were given to Wistar rats during a period of 15 days with seven days to get accustomed to the diet and eight days for gathering the samples. It was found that the use of cassava leaves flour for human consumption is advisable in maximum inclusion levels of 10 % and protein digestibility corrected amino acid score is 0.43 for methionine.

Key words: cassava leaves, digestibility, protein, human consumption, diets

INTRODUCCIÓN

Es posible obtener de la yuca más de 6 toneladas por hectárea al año de proteína bruta, cuando se siguen prácticas agronómicas apropiadas destinadas a cosechar el follaje (FAO, 2005). Las hojas de yuca pueden pasar de ser un residuo de cosecha a ser una materia prima en la elaboración de raciones alimenticias, pues poseen un contenido de proteína 22,7 %, cenizas 10,9 %, grasa 6,8 %, fibra 11 % tomados con una humedad base de 7,80 % (Buitrago et al., 2001).

Aunque la desventaja de las hojas de yuca es su contenido de ácido cianhídrico (HCN), las altas temperaturas y el deshidratado rápido son excelentes para disminuir la concentración de HCN tanto para la raíz como para el follaje (Quiñones et al., 2007). El ácido cianhídrico se produce por la reacción de los glucósidos cianogénicos linamarina y lotaustralina con la enzima linamarasa; el contacto de la enzima ocurre cuando los tejidos de la planta sufren daños mecánicos por trituración o por destrucción de la estructura celular (Giraldo et al., 2005).

Las hojas de yuca son caducas, es decir, se avejentan, mueren y se desprenden de la planta a medida que esta se desarrolla. Durante los primeros tres meses del cultivo, la formación de hojas tiene prioridad sobre la formación de las raíces; después la planta disminuye la formación de hojas, pero almacena almidón en las raíces, lo cual genera una disminución de nutrientes en las hojas (Ceballos y Ospina, 2002).

El uso del follaje de la yuca se ha documentado ampliamente en el secado de las hojas y el uso de la harina en dietas de cerdos y aves (Trompiz et al., 2007). Tal forma de uso del follaje, responde más bien a los intereses de los fabricantes de alimentos balanceados que a los productores de yuca, o a las necesidades de suplemento proteico de los productores pecuarios (Ceballos y Ospina, 2002).

Para una adecuada formulación del componente proteico (aminoácidos) en dietas destinadas a animales monogástricos y a seres humanos, es necesario conocer la calidad nutricional de las fuentes de proteína. Con este propósito, es necesario estimar la disponibilidad de los aminoácidos de dichas fuentes de proteína y valorar su digestibilidad (Hodgkinson, 2006).

La disponibilidad es una propiedad inherente a una materia prima alimenticia y está relacionada con la constitución física y química del alimento, la concentración de los nutrientes y los factores limitantes o antinutricionales que marginan la disponibilidad de estos nutrientes. La disponibilidad para aminoácidos de la proteína de las materias primas se define como la proporción del contenido en la dieta que es digerido, absorbido como tal en el intestino delgado, y por último utilizado para la síntesis de proteína (Blas, 2002).

La determinación de la digestibilidad de los nutrientes es el primer paso en la evaluación del potencial de un ingrediente para su uso en una dieta alimenticia (Allan et al., 2000). La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino (Manríquez, 1994)

La digestibilidad de una proteína medida a través de la diferencia entre el nitrógeno ingerido y el excretado por una rata Wistar es solamente aparente pues, el contenido intestinal está compuesto por una mezcla de proteínas alimenticias y endógenas provenientes de secreciones digestivas o de células epiteliales decamadas. La distinción entre las dos fuentes de proteínas permite estimar la digestibilidad real de las proteínas alimenticias (Leterme, 2001).

Siendo la hoja de yuca un producto de fácil consecución en las regiones productoras de este tubérculo, donde la mayoría de la población es de escasos recursos económicos para acceder a otras fuentes de proteínas, es importante conocer la disponibilidad de la proteína en ellas y la absorción de las mismas por el organismo humano. La proteína es el mayor componente estructural de todas las células en el cuerpo, la cantidad recomendada tanto para hombres como para mujeres es de 0.80g de proteína de buena calidad por Kg. de peso corporal (Buitrago et al., 2001).

La digestibilidad es uno de los condicionantes del índice de calidad de una proteína y se define como la fracción de nitrógeno ingerido con el alimento que es absorbida en el tracto gastrointestinal. Esta se expresa en porcentaje:

$$D = (N \text{ absorbido} / N \text{ ingerido}) * 100 \% \quad (1)$$

La digestibilidad ideal es 100 %. Las proteínas de origen animal poseen una buena digestibilidad, lo que implica una buena absorción, mientras que las de origen vegetal, la suelen tener generalmente inferior (Gómez, 2000).

La puntuación de una proteína refleja su contenido en aminoácidos (AA) en comparación con la proteína ideal. Sin embargo, cuando se necesita conocer la utilización de los AA en el organismo es necesario realizar la corrección del valor del puntaje según la digestibilidad proteica (PDCAAS) (Suárez et al., 2006).

Debido a que tal información no se encuentra disponible para la proteína de la harina de hojas de yuca (HHY), el presente trabajo tuvo como objetivo estudiar la digestibilidad aparente de la proteína de la harina de hojas de yuca y calcular en la misma el valor del PDCAAS.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de digestibilidad se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

La materia prima utilizada para el desarrollo de los ensayos se obtuvo a partir de los cultivares de CLAYUCA (Consortio Latinoamericano y del Caribe) ubicados en los lotes del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), donde también se realizó el proceso de obtención de la harina de hojas de yuca (Giraldo et al. 2005).

En este estudio se utilizó una variedad de yuca de alto rendimiento, la MCOL 1505. El follaje se cortó a 40 cm del suelo a los 3-4 meses de edad de plantada la yuca, se picó en trozos pequeños a mano o en una picadora de follaje fija. Para que las hojas presenten buenas características se debe hacer la cosecha entre 2-4 meses y mantener el cultivo durante 1-2 años, ya que en estas condiciones es más fácil obtener productos a partir del forraje de alta calidad y máximo rendimiento (Buitrago et al., 2001).

Diseño experimental

Para la prueba de digestibilidad se utilizó un modelo de parcelas divididas con variables repetidas, se conformaron tres bloques compuestos por tres ratas cada uno, a los cuales les fue asignada una dieta de manera aleatoria. Dado que se tomaron mediciones de las variables repetidas en el tiempo, el modelo de análisis es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + T_j + (\beta T)_{ij} + d_k + (Td)_{jk} + e_{ijk} \quad (2)$$

En donde:

Y_{ijk} : Medición de la variable de respuesta tomada en el bloque i , tratamiento j y día k

β_i : Efecto del bloque i

T_j : Efecto del tratamiento j

$(\beta T)_{ij}$: Efecto de interacción entre el bloque i y el tratamiento j

d_k : Efecto del día k

e_{ijk} : Error experimental, cuya distribución es normal con promedio cero y varianza s^2 .

El análisis estadístico se realizó mediante la utilización del paquete estadístico SPSS versión 9.0 y se realizó un análisis de varianza con prueba de Duncan.

Digestibilidad en ratas

Se elaboraron tres dietas: una dieta control sólo con caseína (como fuente proteica), una dieta con inclusión de 10 % de harina de hojas de yuca (HHY) y otra dieta con inclusión de 20 % de harina de hojas de yuca (HHY). En ambas dietas se utilizó la variedad MCOL 1505 de tres meses de edad. A las tres dietas de los tratamientos se les determinó el contenido de materia seca (MS) a 105 °C durante 24 horas, igualmente se les determinó proteína cruda, fibra detergente neutra (FDN) y Energía Bruta como se observa en la Tabla 1. Los datos que aparecen en la tabla corresponden a las cantidades en % para obtener la formulación de la dieta

La digestibilidad aparente de la harina de hojas de yuca se determinó en ratas raza wistar que se distribuyeron en jaulas metabólicas, equipos que tienen la particularidad de brindar libertad de movimiento al animal; el piso es una malla de metal a través de la cual pasan las heces y la orina, y las heces son recolectadas en un dispositivo que se encuentra debajo de la jaula. El comedero se encuentra ubicado y construido de tal manera que no se desperdicie alimento, al igual que el agua.

Para la realización de las pruebas se utilizó un período experimental de 15 días, con 7 días de acostumbramiento a las dietas y 8 días de toma de muestras. El período de acostumbramiento se realizó para que los animales limpiaran su tracto digestivo y se acostumbraran a la dieta; en estos días el animal recibió el alimento pero no se tuvo en cuenta pesos de sobrantes ni tampoco las excretas. A partir del octavo día se empezaron a tomar las excretas de cada rata.

Las heces fueron liofilizadas, luego se llevaron a la estufa a una temperatura de 60 °C para terminar el secado y posteriormente se molieron para los diferentes análisis. La proteína cruda fue medida por Kjeldahl (N x 6.25), la cantidad de energía presente en las heces se realizó con la ayuda de una bomba calorimétrica. La digestibilidad se calculó restándole a lo ingerido lo excretado, dividiéndolo por lo ingerido y multiplicando por 100. En la Tabla 2 se muestra la composición química de los tratamientos evaluados, en porcentaje y la energía bruta, en kcal / kg de materia seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se observa que para la materia seca, para el nitrógeno (proteína) y para la energía, la inclusión de harina de hojas de yuca disminuye la digestibilidad aparente, siendo menor a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de harina de hojas de yuca en la dieta, presentando diferencias significativas de acuerdo al tratamiento suministrado.

Tabla 1: Composición de las dietas.

Materia prima	Control (%)	Dieta 10 % inclusión	Dieta 20 % inclusión
Caseína	10,80	9,72 %	8,64 %
Aceite	6,00	5,40 %	4,80 %
Carbohidratos	10,00	9,00 %	8,00 %
Fibra (cascarilla de arroz)	8,00	7,20 %	6,40 %
Vitaminas y minerales	6,00	5,40 %	4,80 %
Almidón	59,20	53,28 %	47,36 %
Harina de hojas de yuca	0,00	10,0 %	20,00 %

Tabla 2: Composición química de los tratamientos evaluados.

Composición química dieta (%)	Control (%)	Control + 10 % HHY	Control + 20 % HHY
Materia Seca (MS)	90.25	90.60%	90.54%
Proteína Cruda	11	12%	14%
FDN	7	8%	14%
Energía Bruta (kcal / kg MS)	3600	3850	3774

La digestibilidad, cuando los niveles de inclusión son del 10 %, conserva en los tres casos valores intermedios que permiten pensar que este nivel de inclusión es adecuado para su incorporación en la elaboración de un producto alimenticio. De aquí que niveles menores de inclusión en las dietas pueden ofrecer mejores resultados, ya que la digestibilidad será mayor.

Para calcular con el dato de la digestibilidad el puntaje químico corregido por digestibilidad (PDCAAS, según sus siglas en inglés) de la proteína contenida en la HHY, se partió del patrón de aminoácidos para niños mayores a un año y adultos, propuesto por Food and Nutrition Board (2005) y el perfil de aminoácidos aportados por la HHY tomado de Balagopalan et al. (1988). Se observa que el aminoácido limitante es la metionina, que es un aminoácido muy importante en niños en crecimiento.

El cálculo sería el siguiente:

Digestibilidad de proteína de harina de hojas de yuca = 76.79 % (Tabla 3).

Puntuación de aminoácidos no corregida (metionina, Tabla 4) es: $14 / 25 = 0.56$.

Puntuación de aminoácidos de la proteína corregida según su digestibilidad (PDCAAS).
 $= 0,7679 \times 0.56 = 0.430$.

El modelo de estudio del PDCAAS hace una calificación de 0 a 1 y para la HHY la puntuación dio 0.43 lo cual hace pensar que los aminoácidos de las hojas de yuca están pero no en las proporciones correctas.

Tabla 3: Digestibilidad aparente de las dietas y análisis estadísticos.

Dietas	Digestibilidad aparente (%)		
	Materia seca	Nitrógeno	Energía
Control	87.96a	86.49a	90.63a
Control+ 10 % harinas de hojas de yuca	84.14b	76.79b	85.38b
Control+ 20 % harinas de hojas de yuca	76.46c	66.61c	76.83c
Efecto de la dieta			
Control	a	a	a
10 %	b	b	b
20 %	c	c	c
P	0.0001	0.0001	0.0001

Tabla 4: Patrones de aminoácidos esenciales.

	Patrón de aminoácidos para niños > a 1 año y adultos	Patrón de aminoácidos aportados por harina de hojas de yuca
	mg / g proteína	mg / g proteína
Histidina	18	25
Isoleucina	25	41
Leucina	55	100
Lisina	51	71
Metionina+Cisterna	25	14
Fenilalanina+Tirosina	47	38
Treonina	27	47
Triptófano	7	11
Valina	32	62

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista nutricional, el uso de harina de hoja de yuca para consumo humano es recomendable en niveles de inclusión máximo del 10 %, ya que presenta digestibilidad mayor que la inclusión del 20 %. La puntuación de aminoácidos corregida según su digestibilidad es 0.43 y por tanto este alimento debe ser mezclado con otras materias primas para reforzar los aminoácidos que se encuentran en deficiencia y de esta forma la proteína sería aprovechada por los consumidores de mejor forma.

AGRADECIMIENTOS

Al CIAT y a CLAYUCA por apoyar incondicionalmente el desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

- Allan G.L. y otros seis autores; *Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients*, *Aquaculture*: 186(3-4), 293-310 (2000).
- Balagopalan, G., S.K. Padmaja y S.N Moorthy; *Nutritive value of cassava*. Cap. 3, pp 13., Crc. Press., Inc. Boca Ratón, Florida, USA (1988).
- Blas, C.; *Necesidades de treonina en animales* (2002), <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/00CAP1.pdf>. Acceso: 31 Julio (2007).
- Buitrago, J.A., J.L. Gil y B. Ospina; *La yuca en la alimentación avícola* (2001), http://www.clayuca.org/PDF/alimentacion_avicola.pdf. Acceso: 31 Julio (2007).
- Ceballos, H. y B. Ospina; *La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (2002), <http://www.clayuca.org/contenido.htm>. Acceso: 31 Julio (2007).
- Food and Nutrition Board; *Dietary reference in takes for energy, carbohydrate, fiber, fact, fatty acid, cholesterol, protein, and amino acid. (macronutrientes)* (2005). <http://www.nap.edu/openbook.php?recordid=10490&chapselect=yo&page=589>. Acceso: 20 de Agosto (2007).
- FAO; *Manihot esculenta* Crantz (2005), <http://www.fao.org/aq/AGA/AGAP/FRG/afris/es/data/535.htm>. Acceso: 26 Septiembre (2006).
- Giraldo, A., R. Velasco y J. Aristizabal; *Obtención de harina a partir de hojas de yuca (Manihot esculenta Crantz) para consumo humano*. *Biotechnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, ISSN-1692-3541 (en línea), 4(1), 33-42 (2005), <http://www.unicauca.edu.co/biotechnologia/ediciones/vol4/4.pdf>. Acceso: Julio 16 (2006).
- Gómez, J.; *Unidad dietética y nutrición clínica, hospital universitario La Paz* (2000), <http://www.na-com.es/saludalia/websaludalia/vivirsano/doc/nutrición/doc/proteínas2.htm>. Acceso: 7 Junio de (2006).
- Hodgkinson, S.M.; *Evaluation of the quality of protein sources for inclusion in diets for monogastric animals*. *Rev. Latinoamericana en Ciencias de la Agricultura y Ambientales*, ISSN 0718-1620 (en línea), 33(2), 65-72 (2006), <http://www.rcia.puc.cl/English/pdf/332/1-Evaluation.pdf>. Acceso: 10 Julio (2006).
- Leterme, P.; *Las pérdidas endógenas hasta el ileon del cerdo: origen-factores de variación y métodos de determinación* (2001), <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/rev91/91leterme.htm>. Acceso: 29 Julio (2007).
- Manríquez, J.A.; *La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos* (1994), <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB482S/AB482S08.htm>. Acceso: 4 Agosto (2007).

Quiñones, R. y otros cuatro autores; *Evaluación de diferentes tipos de deshidratación de raíz y follaje de yuca amarga (Manihot esculenta) sobre su composición química* (2007), <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/ZootecniaTropical/zt2501/pdf/quinonez%20.pdf>. Acceso: 4 Agosto (2007).

Suárez M.M., A. Kizlansky. y L.B. López; *Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad*, *Nutrición hospitalaria*, ISSN: 0212-1611 (en línea), 21(1), 47-51 (2006), <http://www.dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2249602>. Acceso: 17 Agosto (2007).

Trompiz, J. y otros cinco autores; *Efecto de raciones con harina de follaje de yuca sobre el comportamiento productivo en pollos de engorde*, *RC*, ISSN 0798-2259 (en línea), 17(2), 143-149 (2007), http://www.serbi.luz.edu.ve/scielo.php?script=sciarttext&pid=S079822592007004000007&lng=es&nr_m=iso. Acceso: 17 Agosto (2007).

