

VALOR NUTRITIVO DEL FRIJOL CAUPI CRUDO Y PROCESADO¹

*Marco Tulio Cabezas², Julio García³, Beatriz Murillo²,
Luiz G. Elías² y Ricardo Bressani⁴*

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),
Guatemala, C. A.

RESUMEN

Con el fin de conocer los efectos del procesamiento sobre el valor proteínico y energético del frijol caupí, y de la suplementación con DL-metionina, se realizaron tres experimentos en los que se empleó caupí crudo, cocido en autoclave, y por extrusión. Los dos procesos redujeron el contenido de lisina disponible y almidón, y la cocción eliminó totalmente los

Manuscrito modificado recibido: 3-12-81.

- 1 Esta investigación se llevó a cabo con fondos provenientes de las Subvenciones Nos. PN-740 de la Research Corporation, N. Y., y PN-311 del International Development Research Centre, Ottawa, Canadá.
- 2 Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.
- 3 Estudiante tutorial en la mencionada División.
- 4 Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.

Publicación INCAP E-1065.

inhibidores tripticos del caupí. El almidón dañado aumentó de 0.30/o en el caupí crudo a 22.5 y 30.50/o en el cocido y el texturizado, respectivamente. En el primer experimento se determinó en ratas que el índice de eficiencia proteínica (PER) no fue afectado por el procesamiento del caupí (\bar{x} = 1.17), pero aumentó ($P < 0.01$) por el efecto de la suplementación con DL-metionina (\bar{x} = 2.08). De acuerdo con los resultados del segundo experimento realizado en las mismas ratas en las que se determinó el PER, ni el procesamiento ni la suplementación con DL-metionina modificaron la digestibilidad de la energía de las dietas (\bar{x} = 88.00/o); no obstante, la concentración de energía digerible fue menor ($P < 0.01$) en las dietas suplementadas con DL-metionina (3.58, 3.56, 3.93) que en aquéllas sin suplemento (3.67, 3.93, 3.75). Asimismo, el efecto de la extrusión fue superior ($P < 0.01$) (3.84 Kcal/g) que el producido por la cocción en autoclave (3.75 Kcal/g). Se determinó en pollos de dos a cuatro semanas de edad la energía metabolizable clásica (EM) y la corregida por balance de nitrógeno (EMn), encontrándose tendencias similares para ambas determinaciones tanto en las dietas como en el caupí, que constituyó el 400/o de las mismas. La EM y la EMn del frijol crudo, que fueron de 1.86 y 1.81 Kcal/g, aumentaron ($P < 0.01$) a 3.01 y 2.56, y a 3.16 y 2.76 Kcal/g en el frijol cocido y en el extruido, respectivamente.

INTRODUCCION

El frijol caupí (*Vigna sinensis*) es una leguminosa de grano con alto potencial productivo y nutricional (1), que constituye un alimento humano de importancia en ciertos países de América Latina (2). En América Central, sin embargo, su consumo no forma parte de los hábitos alimenticios de la población (3).

Estudios realizados por Elías, Hernández y Bressani (4) y por Bressani *et al.* (5) indican que el valor proteínico del frijol caupí se mejora mediante el proceso de extrusión. El calentamiento por diferentes métodos ha mejorado el valor nutritivo del caupí en algunos casos (4-6), pero en otros no ha producido efectos positivos (4, 6, 7). Los efectos de diferentes procesos sobre la disponibilidad de la energía en el caupí no han sido investigados.

En consideración a lo expuesto, el presente estudio se llevó a cabo con el objeto de determinar algunos de los cambios químicos que sufre el frijol caupí al ser sometido a los procesos de cocción y extrusión, y los efectos de esos procesos sobre la eficiencia de utilización de la proteína, la energía digerible y la energía metabolizable de esta leguminosa de grano.

MATERIALES Y METODOS

Procesamiento del Frijol Cauquí

Se empleó el frijol caupí de la variedad "black-eye" producido en Guatemala, ya fuese en forma cruda o después de someterse a procesos de cocción o extrusión. Al aplicar el primer proceso, el frijol se lavó y se sometió a remojo durante 18 hr en tres partes de agua por una de frijol; luego fue cocido en autoclave por 20 minutos a 121°C y 15 lb de presión, y finalmente se secó a 60°C en horno de aire forzado. La extrusión se llevó a cabo en un aparato Brady-Crop Cooker, a una temperatura de 310-320°F. Tanto el frijol crudo como el procesado fueron molidos en molino de martillos, y pasados por un tamiz malla No. 60 para las dietas de ratas, y una No. 20 para las dietas utilizadas en los ensayos con pollos.

De cada lote procesado se tomaron muestras de frijol para determinar su composición proximal (8) y su contenido de metionina (9), lisina disponible (10), inhibidores trópticos (11), taninos (12), almidones totales (8) y almidón dañado (13).

ENSAYOS BIOLÓGICOS

Se realizaron dos experimentos. El primero se llevó a cabo para determinar, en ratas raza Wistar, el índice de eficiencia proteínica (PER) y la digestibilidad de la energía (ED) de dietas elaboradas a base de frijol caupí crudo, cocido o texturizado por extrusión con y sin DL-metionina suplementaria a un nivel de 0.3% de la dieta. Estas fueron comparadas con una dieta testigo a base de caseína para un total de siete tratamientos dietéticos. Las dietas fueron formuladas de modo que su contenido de proteína cruda fuera de 10.0%, pero éste varió entre 10.8 y 12.0% al determinar su composición proximal (8). A todas las dietas se les agregó 4% de una mezcla de minerales (14), 1% de aceite de hígado de bacalao, 5% de aceite vegetal, y 5 ml/100 g de una mezcla completa de vitaminas (15); el caupí de las dietas osciló entre 45 y 50%, y el resto se suplió con almidón.

Para determinar el PER (ganancia de peso/proteína ingerida), cada dieta fue suministrada *ad libitum* e individualmente a ocho ratas —4 hembras y 4 machos— de 21 días de edad, durante un período de 28 días. Al concluir este período, el alimento consumido y el total de heces excretado se midieron diariamente durante cuatro

días y se determinó con bomba calorimétrica (8) su contenido de energía gruesa, para calcular el coeficiente de digestibilidad de la energía (energía consumida – energía excretada/energía consumida x 100) y la concentración de ED/kg de materia seca de las dietas.

En el segundo experimento se determinó, en pollos, la energía metabolizable del frijol caupí crudo y procesado, empleando el método descrito por Hill y Anderson (16). Se prepararon tres dietas experimentales en las que el frijol caupí crudo, cocido en autoclave, o extruido, sustituyó el 92.8% de la sacarosa de la dieta en referencia (Tabla 1), constituyendo así el 40% de dichas dietas. Se utilizó como marcador óxido crómico (Cr_2O_3), el cual fue incluido en las dietas al nivel de 0.3%, mezclado con harina de trigo en la proporción de 3 a 7.

TABLA 1

COMPOSICION DE LA DIETA DE REFERENCIA PARA LA DETERMINACION DE LA ENERGIA METABOLIZABLE EN POLLOS

Componentes	kg/100 kg
Sacarosa	43.00
Maíz amarillo molido	13.04
Harina de soya	19.00
Caseína	10.50
Grasa vegetal	2.50
Gelatina	2.50
Harina de pescado	4.00
Carbonato de calcio	1.00
Fosfato dicálcico	2.20
Vitaminas y microelementos*	0.51
Sal yodada	0.50
DL-metionina	0.20
Coccidiostato	0.05
Oxido crómico + harina de trigo (30/70)	1.00
TOTAL	100.00

* Premix 100, Pfizer y Co., Inc.

Cada dieta fue suministrada durante dos semanas a tres grupos de seis pollos machos, raza Vantress, de dos semanas de edad inicial. Estos fueron seleccionados entre 100 pollitos que desde su nacimiento se alimentaron con la dieta de referencia, sin el óxido crómico. Los pollos seleccionados fueron distribuidos en 12 grupos con el mismo peso promedio y con distribución uniforme de pesos, asignándose estos grupos al azar a los cuatro tratamientos. Para ello, se alojaron en pisos de baterías con temperatura regulada a 37°C, recibiendo alimento y agua a libertad. El consumo de alimento se registró diariamente y los pollos se pesaron nuevamente al final del período experimental.

En los últimos cuatro días de este período, la excreta de cada grupo fue recolectada diariamente, almacenándose bajo congelación las muestras no contaminadas con alimento. Al final del período de recolección, la excreta de cada grupo fue descongelada y homogeneizada para tomar una muestra compuesta, la que fue acidificada a pH 5.4 con una solución al 50/o de ácido sulfúrico, secada a 60°C y molida.

En cada muestra de excreta y en muestras de las dietas se determinó su contenido de humedad, nitrógeno y energía gruesa por los métodos de la AOAC (8), así como el de óxido crómico por el método de Czarnocki, Sibbald y Evans (17). La energía metabolizable clásica (EM) y la corregida a equilibrio de nitrógeno (EMn) de las dietas y del frijol caupí, fueron calculadas en la forma descrita por Sibbald y Slinger (18).

Los resultados de los dos ensayos se sometieron a análisis de varianza y ortogonal (19), a fin de comparar los efectos de procesamiento y suplementación con metionina en relación al grupo testigo, en los casos de PER y ED, y de procesamiento en relación con la dieta de referencia, en los casos de EM y EMn.

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición Química del Frijol Caupí Crudo y Procesado

En la Tabla 2 se presentan los resultados de los análisis químicos realizados en el frijol caupí crudo y procesado. Como atestiguan los datos, la composición química proximal del caupí crudo fue similar a la de diferentes variedades del mismo frijol provenientes del área centroamericana (1, 3), y no fue modificada por ninguno de los dos procesos a que se sometió el frijol. La metionina y

TABLA 2

COMPOSICION QUIMICA DEL CAUPI CRUDO Y PROCESADO

Componentes	Frijol caupí		
	Crudo	Cocido en autoclave	Extruido
Humedad, %	8.7	6.6	8.1
Composición de la materia seca			
Proteína cruda, %	21.9	22.0	24.3
Extracto etéreo, %	2.5	2.6	3.0
Fibra cruda, %	2.4	2.8	2.7
Cenizas, %	3.5	3.7	3.8
Extracto libre de nitrógeno, %	69.7	68.9	66.2
Metionina, g/16gN	1.3	1.2	1.1
Lisina disponible, g/16gN	6.3	5.7	5.7
Inhibidores de tripsina, UIT/gN soluble	58.1	0.0	50.0
Taninos, %	0.4	0.4	0.4
Almidón total, %	50.7	44.9	42.1
Almidón dañado, %	0.3	22.5	30.5

la lisina disponible del frijol crudo también se encontraron a niveles similares a los anunciados por Bressani, Elías y Navarrete (20), y Elías, Colindres y Bressani (1). Ambos aminoácidos disminuyeron ligeramente cuando el frijol fue cocido en autoclave o extruido, coincidiendo con los resultados de Elías, Hernández y Bressani (4) en lo que respecta a lisina.

La cocción por autoclave destruyó por completo a los inhibidores de tripsina, mientras que Elías *et al.* (3), y Elías, Hernández y Bressani (4) encontraron trazas de compuestos en el caupí sometido al mismo proceso. La extrusión fue muy poco efectiva sobre los inhibidores de tripsina, ya que los redujo sólo en un 14%; esta reducción es similar a la obtenida por Elías, Hernández y Bressani (4), que fue de un 19%.

Los procesos no afectaron el contenido de taninos, el que se mantuvo a un nivel de 0.4%, que es inferior al del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) de colores negro y rojo, el cual oscila entre 0.73 y 0.99% (21). Fukuda (21) encontró que la cocción en

autoclave disminuía los taninos en un 50% como promedio.

El contenido de almidones totales del caupí crudo fue de 50.7%, cifra que coincide con lo informado por Molina, Argueta y Bressani (22). La cocción por autoclave y la extrusión disminuyeron los almidones totales a 44.9 y 42.1%, respectivamente, efecto que se acompañó de incrementos del porcentaje de almidón dañado, desde 0.3% en el caupí crudo, hasta 22.5% en el cocido en autoclave y 30.5% en el extruido. Los cambios sufridos por los almidones indican que éstos fueron gelatinizados y parcialmente descompuestos en sustancias más simples por acción del calor y la presión a que el caupí se sometió en ambos procesos, lo que ha sido establecido para almidones de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) (23, 24) y de trigo (25). Por otra parte, es un hecho muy conocido que los almidones de diferentes fuentes son gelatinizados y descompuestos al ser expuestos a remojo, cocción y presión (26).

Índice de Eficiencia Proteínica

Los datos sobre aumentos de peso, consumo de alimento y proteína, así como de PER, se exponen en la Tabla 3, en tanto que el análisis estadístico respectivo aparece más adelante (véase Tabla 5).

El PER del caupí crudo no suplementado con metionina fue de 1.17, y está dentro de los límites encontrados por otros autores en sus estudios con variedades de caupí producidas en Centro América (3, 4, 27). La cocción en autoclave y la extrusión no produjeron efectos significativos sobre el consumo de proteína y el PER, y coincidió con los resultados de Elías, Hernández y Bressani (4) en lo que respecta al primero de los procesos mencionados; no así en cuanto al segundo, ya que dichos autores encontraron que el PER aumentó desde 1.21 con caupí crudo a 1.73 con el extruido. Bressani *et al.* (5) también encontraron que el caupí extruido produce un PER de 2.12, valor que fue muy superior a los producidos por caupí cocido por diferentes métodos. Es posible que estas diferencias se deban a distintas condiciones de extrusión aplicadas en ambos estudios, las cuales no se pueden comparar por no haber sido especificadas.

La suplementación con 0.3% DL-metionina indujo incrementos significativos ($P < 0.01$) en el PER del caupí crudo y procesado, siendo mayor el aumento con el caupí cocido en autoclave, el cual alcanzó 103%. El análisis estadístico, sin embargo, mostró la inexistencia de diferencias significativas entre el caupí

TABLA 3

EFFECTO DEL PROCESAMIENTO DEL FRIJOL CAUPI
Y LA SUPLEMENTACION CON DL-METIONINA SOBRE EL INDICE
DE EFICIENCIA PROTEINICA (PER) EN RATAS

Dietas	Peso ganado (g)	Alimento consumido (g)	PER
Control	106.0	387.3	2.54
Caupí crudo	39.4	305.9	1.17
Caupí cocido en autoclave	34.8	275.9	1.07
Caupí extruido	41.4	305.1	1.24
Caupí crudo + DL-metionina	84.0	369.6	2.03
Caupí cocido en autoclave + DL-metionina	107.9	411.3	2.17
Caupí extruido + DL-metionina	92.4	395.3	2.05

crudo y procesado, ambos suplementados, y entre los dos procesos. El consumo de alimento y proteína, las ganancias de peso y el PER alcanzaron promedios de 392 g, 45.4 g, 94.8 g y 2.08, respectivamente, para las tres dietas con caupí suplementadas con DL-metionina. La dieta con caseína, que sirvió de control, produjo un aumento de peso de 106 g con cantidades de alimento y proteína un tanto inferiores, por lo que su PER fue superior ($P < 0.01$) al de las dietas de caupí.

Los efectos positivos de la DL-metionina sobre el valor nutritivo del caupí confirman los resultados de ensayos de crecimiento obtenidos con ratas por Richardson (7), Jaffé (28), Sherwood, Weldon y Peterson (6) y Da Silva (29), y con pollos, por Cabezas *et al.* (27).

Digestibilidad Aparente de la Energía

Los coeficientes de digestibilidad de la energía y la concentración de ED en las dietas empleadas para determinar el PER, se presentan en la Tabla 4. El análisis estadístico (Tabla 5) reveló que la ED de las dietas con caseína fue superior ($P < 0.01$) a todas las dietas que contenían caupí, y que la suplementación con DL-metionina redujo ($P < 0.01$) la ED de las dietas con caupí. Este hallazgo indica que el incremento de PER producido por la adición

TABLA 4

EFFECTO DEL PROCESAMIENTO DEL FRIJOL CAUPI Y LA SUPLEMENTACION CON DL-METIONINA
SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA ENERGIA EN RATAS

Dietas	Alimento ingerido (g/4 días)	Energía gruesa ingerida (Kcal/g/4 días)	Energía gruesa fecal (Kcal/g/4 días)	Energía digerible aparente	
				(%)	(Kcal/g)
Control	68.3	291.67	7.86	97.30	4.16
Caupí crudo	48.5	204.39	26.24	87.16	3.67
Caupí cocido en autoclave	51.1	225.30	24.41	89.16	3.93
Caupí extruido	53.1	224.45	25.41	88.68	3.75
Caupí crudo + DL-metionina	65.4	268.05	33.71	87.42	3.58
Caupí cocido en autoclave + DL-metionina	65.3	269.58	37.11	86.23	3.56
Caupí + DL-metionina	66.5	293.27	31.98	89.09	3.93

TABLA 5

ANALISIS DE VARIANZA Y COMPARACIONES ORTOGONALES DEL INDICE DE EFICIENCIA
PROTEINICA Y DE LA ENERGIA DIGERIBLE APARENTE EN RATAS

Fuentes de variación	Grados de libertad	Indice de eficiencia proteínica		Energía digerible	
		Cuadrado medio	F	Cuadrado medio	F
Tratamientos	5	2.2600	48.30**	0.1902	37.00**
Procesamiento (P)	2	0.0300	< 1.00NS	0.1673	32.60**
Suplementación con DL-metionina (S)	1	10.9300	218.60**	0.0792	15.40**
P x S	2	0.1600	3.10NS	0.2685	52.20**
Comparaciones	5	2.6905	48.48**	0.3655	82.18**
Caseína/caupí	1	4.7634	85.70**	1.2422	279.31**
Caseína/sin suplementación	1	10.4940	188.80**	0.1150	25.85**
Caseína/suplementación	1	0.8140	14.64**	1.3044	293.28**
Suplementación/sin suplementación	1	10.9250	196.55**	0.0792	17.81**
Caupí crudo/caupí procesado	1	0.0080	0.15NS	0.2400	54.54**
Caupí cocido/caupí extruido	1	0.0400	0.68NS	0.0946	21.50**

NS: No significativo.

** Altamente significativo ($P < 0.01$).

de DL-metionina en el primer experimento se debió exclusivamente a un mejoramiento de la calidad de la proteína; sin embargo, la reducción de ED pudo haberse debido al incremento en consumo resultante de una mejor calidad de proteína.

El coeficiente de digestibilidad de la energía fue similar para todas las dietas con caupí, y osciló entre 86.23 y 89.16, valores que coinciden con los obtenidos por Bressani, Elías y Molina (30). No obstante, hubo diferencias estadísticas en la concentración de ED, como resultado del procesamiento del caupí. Al analizar en conjunto las dietas con y sin DL-metionina, el procesamiento del caupí aumentó ($P < 0.01$) el promedio de digestibilidad de 3.63 a 3.79 Kcal/g, en tanto que la ED promedio de las dietas con caupí extruido ($\bar{x} = 3.84$ Kcal/g) fue superior ($P < 0.01$) a la ED promedio de las dietas con caupí cocido en autoclave ($\bar{x} = 3.75$).

Es importante señalar que las dietas empleadas contenían bajos niveles de caupí (45-50%) debido a la limitación impuesta por la determinación del PER en lo que respecta a su contenido de proteína. Es muy posible que las diferencias entre tratamientos hubiesen sido más amplias con dietas que contenían mayores porcentajes de caupí.

Energía Metabolizable

De acuerdo con los datos que se muestran en la Tabla 6, la substitución de la sacarosa de la dieta de referencia por el caupí crudo y procesado aumentó el nitrógeno de 4.8 a un promedio de 6.2% y redujo el contenido de energía gruesa de 5.03 a 4.72 Kcal/g. En la misma Tabla 6 se presenta la EM y la EMn de las dietas y del frijol caupí determinadas en pollos de 2 a 4 semanas de edad. La EM de la dieta de referencia fue de 3.72 Kcal/g, disminuyendo ($P < 0.01$) a 3.01, 3.47 y 3.53 Kcal/g en las dietas que contenían caupí crudo, cocido en autoclave y extruido, respectivamente. La diferencia entre las dietas con el caupí crudo y con los procesados fue significativa ($P < 0.01$), no así la existente entre estos dos últimos. Esta tendencia se mantuvo con la EM del caupí en las tres formas, siendo los valores de 1.86, 3.01 y 3.16 Kcal/g para el crudo, el cocido en autoclave y el extruido, respectivamente.

Como era de esperar, los datos de EMn muestran un descenso en la concentración energética de las dietas y del frijol como resultado de la corrección por nitrógeno retenido, pero la disminución fue mayor en las dietas con caupí debido a su mayor contenido de nitrógeno. Las diferencias estadísticas mantuvieron las mismas

TABLA 6

ENERGIA METABOLIZABLE DE LAS DIETAS Y DEL FRIJOL CAUPI CRUDO Y PROCESADO DETERMINADA EN POLLOS (BASE SECA)

	Dietas			
	Refe- rencia	Caupí		
		Crudo	Cocido	Extruido
Composición de las dietas				
Nitrógeno, %o	4.80	6.30	6.10	6.10
Energía gruesa (EG), Kcal/g	5.03	4.60	4.54	4.72
Energía metabolizable clásica (EM)				
Dietas				
Kcal/g	3.72 ^a	3.01 ^c	3.47 ^b	3.53 ^b
EM/EG, %o	74.00	65.43	76.43	74.79
Caupí, Kcal/g	—	1.86 ^b	3.01 ^a	3.16 ^a
Energía metabolizable corregida				
Dietas				
Kcal/g	3.68 ^a	2.95 ^c	3.25 ^b	3.33 ^b
EMn/EG, %o	73.16	64.13	71.58	70.55
Caupí	—	1.81 ^d	2.56 ^a	2.76 ^a

a, b, c = Las cifras en la misma línea con letras diferentes difieren estadísticamente ($P < 0.01$).

tendencias que se observaron en la EM. El efecto positivo de los dos métodos de procesamiento se observa también en los porcentajes de energía gruesa de las dietas con caupí cocido y extruido que fueron transformados en EM y EMn, ya que éstos fueron iguales a los de la dieta de referencia, lo que no ocurrió con los de la dieta preparada con caupí crudo, que fueron inferiores.

Es posible que los incrementos en EM y EMn producidos por la cocción en autoclave y la extrusión, hayan sido el resultado de los efectos de estos procesos sobre la estructura física y la composición de los almidones presentes en el frijol, detallados en la primera parte de este estudio. Evidencias de un efecto similar de la cocción en autoclave sobre el valor energético del caupí han sido notificadas también por Maust, Scott y Pond (31) y por Oluyemi, Fetuga y Endeley (32), quienes encontraron que este proceso

aumentó la EM desde 2.59 y 3.04 Kcal/g a 3.29 y 3.30 Kcal/g, respectivamente.

La EM del caupí crudo en el presente estudio fue inferior a las anunciadas por Maust, Scott y Pond (31), y Oluyemi, Fetuga y Endeley (32). Ello indica posibles diferencias en estructura y composición entre variedades de caupí y/o diferencias en las condiciones de procesamiento, aspectos que deben ser estudiados en el futuro, en vista de la importancia práctica que tienen los distintos valores de EM encontrados.

SUMMARY

NUTRITIVE VALUE OF RAW AND PROCESSED COWPEA

Three experiments were carried out to determine the effects of autoclave cooking, extrusion and DL-methionine supplementation on the protein and energy value of cowpea. The two processes decreased the available lysine of cowpea from 6.3 to 5.7%. The starch content decreased from 50.7% in raw cowpea to 44.9% and 42.1% in cooked extruded cowpea, respectively. Cooking eliminated the trypsin inhibitor content of cowpea. Damaged starch increased from 0.3% in the raw cowpea, to 22.5% in cooked cowpea and to 30.5% in extruded cowpea. In the first experiment it was determined that the protein efficiency ratio (PER) in rats was not affected by cowpea processing ($\bar{x} = 1.17$) and that DL-methionine supplementation increased ($P < 0.01$) PER to 2.08. In the second experiment, it was established that energy digestibility of the diets used in the first experiment averaged 88.0% with no differences due to processing or supplementation. Digestible energy content (DE) was lower ($P < 0.01$) in diets supplemented with DL-methionine (3.58, 3.56, 3.93) than in those without supplement (3.67, 3.93, 3.75). On the other hand, diets with extruded cowpea produced higher ($P < 0.01$) DE (3.84 kcal/g) than diets with cooked cowpea (3.75 kcal/g). Classical (EM) and nitrogen corrected (EMn) metabolizable energy determined in chicks showed that both were higher ($P < 0.01$) in cooked (3.01; 2.56 kcal/g) and extruded (3.16; 2.76 kcal/g) than in raw cowpeas (1.86; 1.81 kcal/g).

BIBLIOGRAFIA

1. Elías, L. G., R. Colindres & R. Bressani. The nutritive value of eight varieties of cowpea (*Vigna sinensis*). *J. Food Sci.*, **29**: 118-122, 1964.

2. Chávez, N., N. R. Teodosio, A. Gómez de Matos, Jr., C. A. Lima & J. L. de Almeida. The proteins of cowpea (*Vigna sinensis*) in nutrition. **Rev. Brasil Med.**, **9**: 603-607, 1952.
3. Elías, L. G., F. R. Cristales, R. Bressani & H. Miranda. Composición química y valor nutritivo de algunas leguminosas de grano. **Turrialba**, **26**: 375-380, 1976.
4. Elías, L. G., M. Hernández & R. Bressani. The nutritive value of pre-cooked legume flours processed by different methods. **Nutr. Rep. Internat.**, **14**: 385-403, 1976.
5. Bressani, R., L. G. Elías, M. T. Huevo & J. E. Braham. Estudios sobre la producción de harinas precocidas de frijol y caupí, solos y combinados mediante cocción-deshidratación. **Arch. Latinoamer. Nutr.**, **27**: 247-260, 1977.
6. Sherwood, F. W., V. Weldon & W. J. Peterson. Effect of cooking and of methionine supplementation on the growth-promoting property of cowpea (*Vigna sinensis*) protein. **J. Nutrition**, **52**: 199-208, 1954.
7. Richardson, L. R. Southern peas and other legume seeds as a source of protein for the growth of rats. **J. Nutrition**, **36**: 451-462, 1948.
8. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the A.O.A.C.** 12th ed. Washington, D.C., The Association, 1975, 1094 p.
9. Steele, B. F., H. E. Sauberlich, M. S. Reynolds & C. A. Baumann. Media for *Leuconostoc mesenteroides* p-60 and *Leuconostoc citrovorum* 8081. **J. Biol. Chem.**, **177**: 533-544, 1949.
10. Carpenter, K. J. The estimation of the available lysine in animal-protein foods. **Biochem J.**, **77**: 604-610, 1960.
11. Kakade, M. L. & R. J. Evans. Growth inhibition of rats fed raw navy beans (*Phaseolus vulgaris*). **J. Nutrition**, **90**: 191-198, 1966.
12. Schanderl, S. H. Tannins and related phenolics. En: **Methods of Food Analysis**. M.A. Joslyn (Ed.). 2nd. ed. New York, Academic Press, 1970, p. 701-725.
13. Farrand, E. A. Flour properties in relation to the modern bread processes in the United Kingdom, with special reference to alpha-amylase and starch damage. **Cereal Chem.**, **41**: 98-111, 1964.
14. Hegsted, D. M., R. C. Mills, C. A. Elvehjem & B. C. Hart. Choline in the nutrition of chicks. **J. Biol. Chem.**, **138**: 459-466, 1941.
15. Manna, L. & S. M. Hauge. A possible relationship of vitamin B₁₃ to orotic acid. **J. Biol. Chem.**, **202**: 91-96, 1953.
16. Hill, F. W. & D. L. Anderson. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. **J. Nutrition**, **64**: 587-603, 1978.
17. Czarnocki, J., I. R. Sibbald & E. V. Evans. The determination of

- chromic oxide in samples of feed and excreta by acid digestion and spectrophotometry. **Can. J. Animal Sci.**, **41**: 167-179, 1961.
18. Sibbald, I. R. & S. J. Slinger. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. **Poultry Sci.**, **42**: 313-325, 1963.
 19. Snedecor, G. W. & W. G. Cochran. **Métodos Estadísticos**. (Traducido de la 5a. ed. en inglés por J. A. Reinos Fuller). México, D.F., Compañía Editorial Continental, S.A., 1971, p. 280-308.
 20. Bressani, R., L. G. Elías & D. Navarrete. Nutritive value of Central American beans. IV. The essential amino acid content of samples of black beans, red beans, rice beans, and cowpeas of Guatemala. **J. Food Sci.**, **26**: 525-528, 1961.
 21. Fukuda Suzuki, G. M. **Significado de algunos Indicadores Químicos y Biológicos en la Evaluación del Frijol (*Phaseolus spp.*)**. Tesis (*Magister Scientifical*). Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP. Guatemala, 1978, 71 p.
 22. Molina, M. R., C. E. Argueta & R. Bressani. Protein-starch extraction and nutritive value of the black-eyed pea (*Vigna sinensis*) and its protein concentrates. **J. Food Sci.**, **41**: 928-932, 1976.
 23. Linares Barrón, S. & C. Mendoza de Bosque. **Estándares Nutricionales y Tecnológicos de 20 Variedades de *Phaseolus vulgaris***. Tesis (*Magister Scientifical*). Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP. Guatemala, 1979, p. 46-47.
 24. Lai, C. C. & E. Varriano-Marston. Studies on the characteristics of black bean starch. **J. Food Sci.**, **44**: 528-530, 544, 1979.
 25. Chiang, B. Y. & J. A. Johnson. Gelatinization of starch in extruded products. **Cereal Chem.**, **54**: 436-443, 1977.
 26. French, D. Chemical and physical properties of starch. **J. Animal Sci.**, **37**: 1048-1061, 1973.
 27. Cabezas, M.T., B. Cuevas, B. Murillo, L.G. Elías & R. Bressani. Evaluación nutricional de la sustitución de la harina de soya y sorgo por harina de frijol caupí crudo (*Vigna sinensis*). **Arch. Latinoamer. Nutr.**, **32**: 579-588, 1982.
 28. Jaffé, W. G. Limiting essential amino acids of some legume seeds. **Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.**, **71**: 398-399, 1949.
 29. Da Silva, Jorge João. **El Uso del Frijol Caupí (*Vigna Sinensis*) y Harina de Yuca como Fuente Proteico-Energética en la Alimentación Humana y Animal**. Tesis (*Magister Scientifical*). Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San

- Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia/ INCAP. Guatemala, 1976, 30 p.
30. Bressani, R., L. G. Elías & M. R. Molina. Estudios sobre la digestibilidad de la proteína de varias especies de leguminosas. **Arch. Latinoamer. Nutr.**, **27**: 215-231, 1977.
 31. Maust, L. E., M. L. Scott & W. G. Pond. The metabolizable energy of rice bran, cassava flour, and blackeye cowpeas for growing chickens. **Poultry Sci.**, **51**: 1397-1401, 1972.
 32. Oluyemi, J. A., B. L. Fetuga & H. N. L. Endeley. The metabolizable energy value of some feed ingredients for young chicks. **Poultry Sci.**, **55**: 611-618, 1976.