

Efecto de la cocción y de la suplementación con aminoácidos sobre el valor nutritivo de la proteína del gandul (*Cajanus indicus*)¹

J. EDGAR BRAHAM², ROLANDO MADDALENO VELA³
RICARDO BRESSANI⁴ Y ROBERTO JARQUÍN⁵
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),
Guatemala, C. A.

Aun cuando el área centroamericana tiene una reserva vegetal inexplorada en lo que respecta a plantas oleaginosas, leguminosas y otras que podrían llegar a formar parte de la alimentación habitual, tanto humana como animal, son pocas las investigaciones que se han llevado a cabo para determinar el valor nutricional del acervo vegetal de la región. Quedan así sin utilizarse muchas plantas, semillas y raíces que, una vez conocida su composición química y su valor nutricional, podrían muy bien complementar dietas humanas deficientes o raciones inadecuadas para la crianza de animales.

Estas consideraciones revisten mayor importancia si se analizan en relación con el crecimiento de la población mundial en los últimos años y con la disponibilidad de alimentos,

1. Esta investigación se llevó a cabo con asistencia financiera de la Fundación W. K. Kellogg.
 2. Jefe Asistente de la División de Química Agrícola y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro-América y Panamá.
 3. Parte de los datos de que aquí se da cuenta corresponden al trabajo de tesis presentado por el señor Rolando Maddaleno Vela, previo a obtener el título de Perito Agrónomo de la Escuela Nacional de Agricultura de Guatemala. El señor Maddaleno llevó a cabo los trabajos correspondientes en los laboratorios del INCAP, por cuenta propia.
 4. Jefe de la División de Química Agrícola y de Alimentos del INCAP.
 5. Miembro de la División de Química Agrícola y de Alimentos del INCAP.
- Publicación INCAP E-347.

sobre todo en aquellas zonas donde los productos alimenticios, tanto de origen animal como vegetal, son de por sí insuficientes para satisfacer las necesidades de sus pobladores. La razón principal de esta escasez de alimentos en los países técnicamente subdesarrollados, como los centroamericanos, es en particular la ausencia de prácticas agrícolas adecuadas que no sólo redundan en una producción agronómica insuficiente, sino también, debido a la falta de estudios de investigación sobre forrajes y concentrados proteicos, en una producción animal inadecuada.

Se sabe que las plantas leguminosas tienen un alto contenido de proteína de calidad relativamente buena (1, 2) y no obstante que algunas de estas semillas contienen ciertos productos tóxicos (3-5), éstos pueden destruirse fácilmente mediante un procedimiento de cocción (6-8).

El trabajo que aquí se detalla se llevó a cabo con el propósito de determinar el contenido de aminoácidos y el valor nutritivo de la proteína del gandul (*Cajanus indicus* o *Cajanus cajan*), planta leguminosa que crece en abundancia en el área centroamericana.

MATERIALES Y METODOS

La semilla que se utilizó para estos estudios fue cosechada en la finca experimental de que el Instituto de Nutrición de Centro-América y Panamá (INCAP) dispone en el altiplano de Guatemala y la cual está situada a una altura de 5.151 pies sobre el nivel del mar. El análisis químico proximal del grano se llevó a cabo por los métodos de la AOAC (9). Los aminoácidos esenciales fueron determinados por los métodos microbiológicos descritos por Wooley y Sebrell (10) y por Horn y colaboradores (11).

Para los estudios de cocción se utilizaron muestras de 5 libras cada una, las cuales se lavaron cuidadosamente, eliminando toda la impureza. Se agregó suficiente agua y luego las muestras se sometieron al autoclave a 121°C y a 16 libras de presión, por períodos que variaron de 10 a 60 minutos. Las diferentes muestras así tratadas se secaron en un horno de aire caliente cuya temperatura no excedió de 80°C, y el material seco fue molido y almacenado en un cuarto refrigerado a 4°C.

Tanto las diferentes muestras, como el material que no fue tratado con calor, fueron incorporadas en las raciones destinadas a estudios biológicos a manera de suplir 10% de proteína. Para este propósito se usaron ratas Wistar de 21 días de edad, de la colonia animal del INCAP, y todos los experimentos tuvieron una duración de 4 semanas. En los estudios sobre efecto de cocción se usaron 8 animales por grupo, 4 hembras y 4 machos; todos los grupos restantes estuvieron formados por 6 animales, 3 hembras y 3 machos. El alimento y el agua fueron administrados *ad libitum* y las ratas se alojaron en jaulas individuales de alambre con pisos levantados y de tela metálica. Los animales bajo experimento fueron pesados cada semana y se determinó también semanalmente el consumo de alimento. Este mismo diseño se siguió en los experimentos conducentes a la suplementación de la proteína del gandul con diferentes aminoácidos, según se detalla en la siguiente sección.

La dieta basal, expresada en gramos por 100 gramos, consistió de gandul crudo o cocido, 53; sales Hegsted (12), 4; aceite de algodón, 5; aceite de hígado de bacalao, 1; almidón de maíz, 37, y una solución de vitaminas (13), 5 ml. Los niveles de aminoácidos utilizados en los estudios de suplementación se detallan en los cuadros respectivos.

RESULTADOS

En el Cuadro N° 1 se da a conocer la composición química proximal del gandul, expresada en gramos por ciento, así como la composición de aminoácidos esenciales de dicha leguminosa, en contraste con la de la Proteína de Referencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (14). Según revela el examen de estos datos, el gandul contiene cantidades de proteína semejantes a las que se encuentran en otras leguminosas (2, 8). El contenido de aminoácidos, expresado en mg./g. de nitrógeno, comparado favorablemente con el del Patrón de Referencia de la FAO, salvo en lo concerniente a los aminoácidos azufrados y triptófano.

Los resultados obtenidos en el primer experimento, en el que se estudió el efecto del tiempo de cocción sobre la proteína del gandul figuran en el Cuadro N° 2. Como puede verse,

la cocción mejoró significativamente ($P < 0.01$) el aumento de peso de los animales, observándose la mayor eficiencia proteica a los 20 minutos de cocción. La prolongación de este proceso por un lapso mayor dio por resultado valores inferiores para esta variable, de donde se deduce que 20 minutos de cocción, a presión, son, al parecer, suficientes para destruir los principios tóxicos que el material crudo pudiera contener o bien mejoran la digestibilidad del producto. Sin embargo, el crecimiento de los animales que consumieron gandul no es comparable al de los animales que recibieron la dieta de caseína suplementada con metionina, siendo el primero muy inferior al segundo; ya que estos resultados sugieren cierta deficiencia en el contenido de aminoácidos de esta leguminosa, en los tres experimentos siguientes se acordó investigar el efecto de la suplementación del gandul con los aminoácidos lisina, metionina, triptófano y treonina, por sí solos o en diferentes combinaciones.

En el Cuadro N° 3 se detallan los resultados correspondientes al Experimento N° 2, así como las suplementaciones usadas. Como los datos indican, la adición de metionina a tres niveles distintos, el agregado de lisina y la incorporación de combinaciones de lisina y metionina no produjeron ningún efecto significativo sobre el crecimiento de los animales. En cambio, la adición de triptófano junto con la de los aminoácidos mencionados se tradujo en un aumento estadísticamente significativo ($P < 0.01$), tanto en crecimiento como en el índice de eficiencia proteica de los animales. El agregado superimpuesto de treonina dio por resultado un crecimiento ligeramente superior. Aun cuando esta diferencia no es significativa, vale la pena señalar que se han observado ya resultados similares en otras especies de leguminosas (7).

Los hallazgos del Experimento N° 3, en el que se usaron únicamente los aminoácidos triptófano, metionina y treonina, se presentan en el Cuadro N° 4. En este caso la adición de sólo triptófano o de triptófano y treonina no produjo ningún efecto significativo sobre el peso de los animales. En contraste, el agregado de los tres aminoácidos, esto es, triptófano, metionina y treonina, resultó en un aumento significativo ($P < 0.01$) del peso de los animales comparable al que se obtuvo con la dieta de caseína suplementada con metionina.

En el último experimento, el N° 4, se obtuvieron los resultados expuestos en el Cuadro N° 5. Aquí las dietas se suplementaron con metionina a tres niveles distintos, con triptófano a un solo nivel, y con una combinación de los dos aminoácidos. Un grupo adicional de ratas recibió los dos aminoácidos con el agregado de treonina. Los resultados de nuevo señalaron que si bien es cierto que ni el triptófano ni la metionina usados individualmente producen ningún efecto sobre el crecimiento o sobre las otras variables estudiadas, la adición simultánea de estos aminoácidos sí produce un alza estadísticamente significativa ($P < 0.01$), tanto en el peso de los animales como en cuanto a la eficiencia proteica. El agregado de treonina no tuvo mayor efecto sobre las variables determinadas en esta investigación.

DISCUSION

Como ya se mencionara, muchas leguminosas, incluso la soya, contienen ciertos principios tóxicos cuyo efecto se manifiesta en ciertas funciones metabólicas específicas del organismo animal (15). La mayoría de estos compuestos los destruye el tratamiento con calor húmedo por períodos cortos (7). En el presente caso, los hallazgos revelan que aparentemente el gandul puede contener compuestos de esta naturaleza que afectan adversamente el organismo, a juzgar por la detención en el crecimiento de los animales alimentados con el producto en forma cruda. La cocción a 121°C y a 16 libras de presión durante 20 minutos parece destruir estos principios sin menoscabo del valor nutritivo de la proteína. Este tiempo de cocción no resultó, al parecer, en la destrucción parcial de la lisina, uno de los aminoácidos más susceptibles al calor, a juzgar por la falta de efecto sobre el crecimiento de los animales alimentados con raciones preparadas a base de gandul cocido suplementadas con este aminoácido. Los resultados de estudios similares en frijol (*Phaseolus vulgaris*), llevados a cabo por Bressani y Elías (7), revelan que la fracción épsilon-amino de la lisina disminuye conforme aumenta el tiempo de cocción en el autoclave.

En lo referente a los demás aminoácidos esenciales, el gandul presenta ciertas diferencias de interés en contraste con otras leguminosas ya estudiadas (16). El contenido de metio-

nina es superior a la cantidad que de estos dos aminoácidos se encuentre en otras leguminosas, mientras que el contenido del triptófano es significativamente menor en el gandul. Estas diferencias son de interés al analizar los resultados obtenidos en los ensayos de suplementación con aminoácidos. En general, la metionina es el aminoácido limitante que ocupa el primer lugar en las semillas leguminosas, mientras que el triptófano es el tercero en orden de deficiencia.

Los estudios de suplementación aquí descritos muestran, sin embargo, que en el gandul la metionina y el triptófano son limitantes al mismo grado, ya que el agregado individual de cualquiera de ellos no produjo ningún efecto sobre el crecimiento de los animales. En cambio, la suplementación simultánea de estos dos aminoácidos produjo un crecimiento comparable al obtenido con caseína adicionada de metionina, lo que sugiere que la proteína del gandul, una vez suplementada con los aminoácidos necesarios, es de valor nutricional similar al de la caseína. La secuencia de aminoácidos limitantes corrobora los resultados de Jaffé (16). El efecto de la adición de treonina a las dietas que contenían los dos aminoácidos limitantes produjo, en primer término, un aumento carente de significado en el peso de los animales, por lo que no puede concluirse que éste sea el segundo aminoácido limitante en dicha leguminosa. El ligero aumento que se observó en el curso de este estudio, así como en investigaciones de otras leguminosas a las que se les ha adicionado treonina (7), sugiere que la disponibilidad o absorción de este aminoácido es más lenta que la de los otros. Delhumeau y otros (17) encontraron en sus estudios de absorción de aminoácidos *in vitro* que la treonina se absorbe a un ritmo más lento que algunos de los otros aminoácidos.

RESUMEN

Se describen los estudios llevados a cabo con el fin de determinar el análisis proximal y contenido de aminoácidos esenciales del gandul (*Cajanus indicus*), encontrándose que, en contraste con la Proteína de Referencia de la FAO, la proteína de esta leguminosa muestra deficiencias en cuanto a su contenido de aminoácidos sulfurados y triptófano.

Entre los diversos períodos de cocción a 121°C y a 16 libras de presión estudiados, el de veinte minutos fue el que produjo la mejor respuesta en ratas albinas. Los estudios de suplementación con aminoácidos revelaron que el triptófano y la metionina son deficientes al mismo grado en la proteína del gandul. La adición de estos aminoácidos a un nivel de 0.1% de triptófano y 0.3% de metionina produjo tasas de crecimiento que comparan favorablemente con las que se obtienen al utilizar una dieta a base de caseína.

SUMMARY

The chemical composition and essential amino acid content of the gandul seed (*Cajanus indicus*) were studied. The protein content was similar to that found in other leguminous seeds. The essential amino acid composition, as compared to the FAO Protein Reference pattern, showed deficiencies both in tryptophan and in sulfur-containing amino acids.

The gandul seed was autoclaved at 121°C and 16 pounds for several periods of time. Twenty minutes proved to be the most appropriate, as judged by animal growth, protein efficiency, and feed conversion values. Supplementation of those amino acids found deficient revealed that when a 20-minute autoclaved meal was used at a 10% protein level in the ration, both methionine and tryptophan were equally deficient. Supplementation with 0.1% tryptophan and 0.3% methionine overcame this deficiency and the growth obtained compared favorably with that obtained when the rats were fed a casein diet.

CUADRO N° 1

COMPOSICION QUIMICA Y DE AMINOACIDOS DE LA HARINA DEL GRANO DEL GANDUL

Componente	g./100 g.
Humedad	13.10
Extracto etéreo	1.50
Fibra cruda	7.60
Nitrógeno	3.028
Proteína (N × 6.25)	18.92
Cenizas	3.33

AMINOACIDO	g./100 g.	Proteína de Referencia de la FAO	Gandul
		mg./g. N	
Lisina	1.625	270	546
Triptófano	0.080	90	26
Metionina	0.338	144	111
Cistina	0.114	—	—
Isoleucina	1.178	270	389
Leucina	1.640	306	542
Treonina	0.670	180	221
Tirosina	0.378	180	125
Valina	0.853	270	282
Histidina	0.995	—	—
Fenilalanina	0.780	180	258

CUADRO Nº 2

EFFECTO DEL TIEMPO DE COCCION SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL DE LA HARINA DEL GRANO DEL GANDUL

Tiempo de cocción min.	Aumento de peso g.	D. E.	Indice de utilización proteica*	D. E.	Consumo de alimento g.	D. E.
0	11	9	0.46	0.16	267	51
10	41	19	1.37	0.36	270	59
20	40	8	1.52	0.12	242	44
30	44	13	1.39	0.22	284	59
40	35	12	1.34	0.43	243	33
60	38	15	0.94	0.40	272	49
Dieta a base de caseína	121	14	2.80	0.24	372	24

D. E. = desviación estándar

* Gramos de aumento de peso / gramos de proteína consumida.

CUADRO N° 3

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON DIFERENTES AMINOACIDOS SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL DE LA PROTEINA DEL GRANO DEL GANDUL

L-lisina %	DL-metionina %	DL-triptófano %	DL-treonina %	Aumento de peso g.	D. E.	Indice de utilización proteica *	D. E.	Consumo de alimento g.	D. E.
—	—	—	—	39	7	1.51	0.14	241	29
0.2	—	—	—	53	15	1.82	0.26	220	53
0.4	—	—	—	31	9	1.49	0.30	192	22
0.2	0.2	—	—	34	13	1.43	0.29	220	52
0.4	0.3	—	—	34	13	1.48	0.35	212	26
0.2	0.3	0.1	—	140	31	2.83	0.44	453	27
0.2	0.3	0.1	0.3	158	26	2.89	0.36	506	26
—	0.1	—	—	30	12	1.28	0.32	212	42
—	0.2	—	—	40	14	1.46	0.40	233	41
—	0.3	—	—	35	10	1.51	0.35	213	28

* Véase nota al pie del Cuadro N° 2.

CUADRO Nº 4

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON DIFERENTES AMINOACIDOS SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL DE LA PROTEINA DEL GRANO DEL GANDUL

DL-triptó- fano %	DL-treo- nina %	DL-metio- nina %	Aumento de peso g.	D. E.	Indice de utilización proteica *	D. E.	Consumo de alimento g.	D. E.
—	—	—	40	10	1.40	0.26	248	26
0.1	—	—	49	12	1.54	0.28	305	41
0.1	0.3	—	37	13	1.28	0.35	260	30
0.1	0.3	0.2	128	15	2.76	0.49	422	56
Dieta a base de caseína	—	0.3	153	25	3.27	0.37	400	32

* Véase nota al pie del Cuadro Nº 2.

CUADRO N° 5

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON DIFERENTES AMINOACIDOS SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL DE LA PROTEINA DEL GRANO DEL GANDUL

DL-metionina %	DL-triptófano %	DL-treonina %	Aumento de peso g.	D. E.	Indice de utilización proteica *	D. E.	Consumo de alimento g.	D. E.
—	—	—	48	13	1.82	0.14	262	58
0.1	—	—	35	10	1.52	0.31	212	48
0.2	—	—	45	8	1.76	0.14	240	24
0.3	—	—	30	8	1.32	0.25	209	29
—	0.1	—	58	14	1.81	0.20	301	73
0.2	0.1	—	118	5	2.65	0.16	416	29
0.2	0.1	0.3	122	16	2.68	0.11	425	61

* Véase nota al pie del Cuadro N° 2.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Baptist, N. G.—Essential amino acids of some common tropical legumes and cereals. *Brit. J. Nutrition* 8: 218, 1954.
- (2) Jelliffe, D. B.; Arroyave, G.; Aguirre, F.; Aguirre, A., y Scrimshaw, N. S.—La composición de aminoácidos de ciertos cereales y leguminosas de los trópicos. *Bol. Ofic. Sanit. Panamer. (Supl. N° 3)*, p. 197, 1959.
- (3) Chitre, R. G., y Vallury, S. M.—Studies on the protein value of cereals and pulses. — I. Effect of feeding on growth, blood haemoglobin and plasma protein in young rats. *Indian J. Med. Res.* 44: 555, 1956.
- (4) Jaffé, W. G.; Planchart, A.; Páez Pumar, J. I.; Torrealba, R., y Franceschi D., N.—Nuevos estudios sobre un factor tóxico de las caraotas crudas (*Phaseolus vulgaris*). *Archivos Venezolanos de Nutrición* 6: 195, 1955.
- (5) Elías, L. G.; Colindres, R., y Bressani, R.—The nutritive value of eight varieties of cowpea (*Vigna sinensis*). *J. Food Sci.* 29: 118, 1964.
- (6) Hirwe, R., y Magar, N. G.—Effect of autoclaving on the nutritive value of pulses. *Indian J. Med. Res.* 41: 191, 1953.
- (7) Bressani, R.; Elías, L. G., y Valiente, A. T.—Effect of cooking and of amino acid supplementation on the nutritive value of black beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Brit. J. Nutrition* 17: 69, 1963.
- (8) Bressani, R.; Marcucci, E.; Robles, C. E., and Scrimshaw, N. S.—Nutritive value of Central American beans. — I. Variation in the nitrogen, tryptophane and niacin content of ten Guatemalan black beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) and the retention of the niacin after cooking. *Food Res.* 19: 263, 1954.
- (9) Association of Official Agricultural Chemists.—Official methods of analysis of the A.O.A.C., 9th ed. Washington, D. C., 1960.
- (10) Wooley, J. G., y Sebrell, W. H.—Two microbiological methods for the determination of l(-)-tryptophane in proteins and other complex substances. *J. Biol. Chem.* 157: 141, 1945.
- (11) Horn, M. J.; Jones, D. B., y Blum, A. E.—Microbiological determination of methionine in proteins and foods. *J. Biol. Chem.* 166: 321, 1946.
- (12) Hegsted, D. M.; Mills, R. C.; Elvehjem, C. A., y Hart, E. B.—Choline in the nutrition of chicks. *J. Biol. Chem.* 138: 459, 1941.
- (13) Manna, L., y Hauge, S. M.—A possible relationship of vitamin B₁₂ to orotic acid. *J. Biol. Chem.* 202: 91, 1953.

- (14) Food and Agriculture Organization of the United Nations.—Protein requirements. Report of the FAO Committee. Rome, Italy, 24-31 October, 1955. FAO Nutritional Studies No. 16, 1957.
- (15) Rigas, D. A.; Osgood, E. E., y Duerst, M.—Purification and properties of the phyto-hemagglutinin of *Phaseolus vulgaris*. *J. Biol. Chem.* 212: 607, 1955.
- (16) Jaffé, W. G.—Limiting essential amino acids of some legume seeds. *Proc. Soc. Exper. Med. Biol.* 71: 398, 1949.
- (17) Delhumeau, G.; Vélez Pratt, G., y Gitler, C.—The absorption of amino acid mixtures from the small intestine of the rat. — I. Equimolar mixtures and those simulating egg albumin, casein and zein. *J. Nutrition* 77: 52, 1962.