

VALOR NUTRITIVO DE LOS FRIJOLES CENTROAMERICANOS

I. VARIACIÓN EN EL CONTENIDO DE NITRÓGENO, TRIPTOFANO Y NIACINA EN DIEZ VARIEDADES DE FRIJOL NEGRO (*PHASEOLUS VULGARIS*, L.) CULTIVADAS EN GUATEMALA Y SU RETENCIÓN DE LA NIACINA DESPUÉS DEL COCIMIENTO^{1, 2}

RICARDO BRESSANI, ELENA MARCUCCI, CARLOS ENRIQUE ROBLES

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)

y NEVIN S. SCRIMSHAW

Sección de Nutrición, Oficina Sanitaria Panamericana e INCAP, Guatemala, Centro América

Los frijoles ocupan el segundo lugar entre los alimentos más comunes de las zonas rurales de la América Central. A pesar de la predominancia del maíz (*Zea mays*) en la dieta de los habitantes, las encuestas clínicas realizadas en esta región no revelan una incidencia significativa de pelagra y se consideró que un estudio del contenido de niacina de los frijoles ayudaría a explicar esta observación. Puesto que el triptofano puede convertirse en niacina en el organismo (5, 11) y la deficiencia de niacina en la dieta puede corregirse aumentando la ingestión de triptofano (26), se determinó también el contenido de triptofano de los frijoles.

Se incluyeron determinaciones de nitrógeno no sólo como medio de ayuda en la interpretación de los valores de triptofano, sino también por la importancia de los frijoles como fuente de proteínas. Jones y colaboradores (15), al estudiar los frijoles

consumidos por los Mayas, indicaron que la proteína de los frijoles tiende a complementar la del maíz, debido a su proporción relativamente alta de lisina, triptofano, histidina y cistina comparada con las cantidades que se encuentran en el maíz.

Si se tiene en cuenta su gran importancia en muchas zonas del mundo, resulta sorprendente que los estudios sobre el valor nutritivo de las variedades de *Phaseolus vulgaris*, sean tan escasos. Complican el problema la enorme variedad dentro de la especie y el que no se haya establecido un criterio taxonómico satisfactorio para la clasificación de las variedades. Se han dado varios porcentajes para el contenido de nitrógeno de los frijoles de esta especie cultivados en la América Latina: 3,18 % Cravioto y col. (México) (4); 3,94 % Munsell y col. (América Central) (17-22); 4,00 % Jaffé (Venezuela) (13). Se ha informado que el contenido medio de niacina es de 1,78 mg por 100 g según Cravioto y colaboradores (4); 2,10 mg por 100 g según Jaffé y colaboradores (14), y 2,70 mg por 100 g según Asenjo (Puerto Rico) (2). Los informes relativos a la composición de aminoácidos son aún más limitados en la zona. Jaffé (13) indicó que en 3 *Phaseolus vulgaris* y en otras 10 leguminosas el aminoácido esencial que limita el crecimiento de las ratas jóvenes es la metionina. La digestibilidad de los frijoles negros es más baja que la de otras leguminosas estudiadas.

En uno de los pocos estudios sobre la influencia de las diferencias del medio am-

¹ Publicado originalmente en *Food Research*, 19:263-268, 1954, bajo el título "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." No. INCAP I-15.

² Parte de estos datos fueron incluidos por Elena Marcucci en una tesis titulada "Efecto del Cocimiento sobre la Niacina en Frijoles Negros (*Phaseolus vulgaris*, L.)" presentada a la Escuela de Farmacia de la Universidad de San Carlos, Guatemala. Las selecciones de frijol fueron facilitadas por el Dr. Irving E. Melhus, Director del Iowa State College, Tropical Research Center, Antigua, Guatemala. Publicación Científica INCAP E-73.

biente en el valor nutritivo de los frijoles, Gough y Lantz (8) informaron que tanto el medio ambiente como los factores de variedad tienen influencia muy marcada en cuanto al contenido de niacina, riboflavina y tiamina de los frijoles. Puesto que el consumo de *Phaseolus vulgaris* varía de 30 a 120 g diarios por adulto en las zonas rurales de la América Central (12), toda variación notable en cuanto a calidad o cantidad de sus proteínas o actividad de su niacina, debería tener importancia práctica en la evaluación de los problemas nutricionales y potencialidades de la zona.

MATERIALES Y METODOS

En diferentes regiones de Guatemala se obtuvieron diez muestras de frijoles negros (*Phaseolus vulgaris*, L.) de la cosecha de julio de 1950 las que fueron analizadas para la determinación de nitrógeno, triptofano y niacina, en septiembre de 1951. Estas muestras son representativas de las variedades consideradas excelentes para consumo humano por su tamaño, dureza, epispermo negro brillante y buena calidad de conservación. Las muestras crudas se molieron aproximadamente a un grueso de 20 mallas.

Se determinó la humedad por el método estandard AOAC (3). El nitrógeno se determinó por el procedimiento Kjeldahl, según lo describen Hamilton y Simpson (10). La niacina se midió microbiológicamente (24). El triptofano se estimó por el método microbiológico de Wooley y Sebrell (29), con la modificación de que antes de la hidrólisis enzimática el material se sometió al autoclave a presión de 15 lbs con 75 ml de agua durante 30 minutos. Los medios de cultivo se prepararon siguiendo el sistema de Greene y Black (9). Se empleó el *Lactobacillus arabinosus* 17-5 (No. 8014, American Type Culture Collection, Georgetown University Medical School, Washington) para el ensayo de niacina y triptofano.

Las muestras cocidas se prepararon colocando 100 g de los frijoles crudos, enteros, en un recipiente de vidrio Pyrex de 800 ml con 500 ml de agua. Las unidades eléctricas de

calfacción cubiertas con tela de alambre y asbesto, dieron una ebullición uniforme a los 96° C, punto de ebullición del agua a la altitud de la ciudad de Guatemala. Se agregó agua para reemplazar la que se perdía por evaporación, agitando los frijoles ocasionalmente para evitar que se quemaran. Se encontró que en tales condiciones un período de aproximadamente 3 horas y 45 minutos era suficiente para su cocción. Al final de este período los frijoles estaban listos para comer, aunque el grado de cocción se varió ligeramente según las muestras, de acuerdo con la suavidad del grano. Las muestras se enfriaron y colocaron en un Waring Blendor con el agua en que habían sido cocidas y se homogeneizaron.

El análisis de variación y la determinación de los coeficientes de correlación (r) se efectuaron en la forma descrita por Snedecor (27).

RESULTADOS

Las muestras variaron entre sí de 5,1 a 11,1 % en contenido de humedad al ser recibidas, con un promedio de 8,0. Los contenidos de nitrógeno, niacina y triptofano, calculados sobre la base de 10 % de humedad se presentan en el Cuadro No. 1. La variación en nitrógeno, de 2,92 a 3,64 % representa una fluctuación en el contenido de proteínas de 18,3 a 22,8 g de proteína si se emplea el factor de conversión (6,25) recomendado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (16), y la FAO (6). El promedio de 3,25 % de nitrógeno equivale aproximadamente a 20,3 % de proteína. Al hacer el análisis de variación, las diferencias en contenido de nitrógeno entre las variedades probaron ser muy significativas.

El contenido de triptofano varió de 0,13 a 0,19 % con un valor promedio de 0,17 %, pero no mostró correlación ($r = -0,081$, g de 1 8) con la variación en contenido de nitrógeno. La variación del triptofano entre las variedades no fué significativa.

El contenido de niacina varió de 2,14 a 2,53 mg por 100 g con un promedio de 2,42 mg por 100 g. Esta variación no guardó

correlación con el contenido de nitrógeno ($r = 0,092$, g de l 8). Las diferencias de niacina entre variedades son estadísticamente significativas al nivel del 5% ($F = 3,24$, g de l 9, 10). La tendencia de las cantidades de triptofano y niacina a estar correlacionadas positivamente aunque sugestiva, no probó ser estadísticamente significativa ($r = 0,588$, g de l 8), posiblemente porque sólo se estudió un grupo pequeño y relativamente homogéneo de variedades.

En el Cuadro No. 2 se indica el efecto de la cocción en el contenido de niacina de las diez variedades. El porcentaje promedio de retención fué de 88,5 con una variación de 84,2 a 95,1 según la variedad. El contenido promedio de humedad de 76,3% después de la cocción debería servir de guía a los cálculos dietéticos con relación a los frijoles negros cocinados localmente. En las muestras cocinadas ocurrió una pérdida significativa de niacina ($F = 11,59$, g de l 2). La diferencia en el contenido de niacina entre las diversas variedades después de cocidas, probó ser aún más significativa que en las muestras crudas.

Si se acepta que 75 g representan una cantidad usual de frijoles consumidos diariamente por los adultos en la América Central, siete de las selecciones (Cuadro No. 1), proporcionan algo más del 50% de los requerimientos mínimos diarios de 0,25 g de triptofano, recomendados por Rose (25). El valor promedio fué de 50% con una variación de 40 a 56%. Sobre la base de la ración diaria de 15 mg de niacina recomendada por el Consejo Nacional de Investigaciones (U. S.) (National Research Council) (23), las variedades estudiadas proporcionan, después de cocidas, de 9 a 12% de esta cantidad, con un promedio de 11% (Cuadro No. 2).

DISCUSION

Aun cuando las variedades de *Phaseolus vulgaris* estudiadas eran todas de color negro brillante y procedentes de una zona geográfica limitada, la variación en contenido de nitrógeno fué considerable. Cabe esperar una variación aún mayor en contenido de nitró-

CUADRO No. 1.—Contenido de nitrógeno, triptofano y niacina de diez muestras de frijoles negros crudos.

Selección	Calculado sobre la base del 10% de humedad*				
	Nitrógeno %	Triptofano		% del requerimiento de triptofano en 75 g**	Niacina mg/100 g
		%	mg/g N		
1A	2,92	0,18	61,6	56	2,53
2A	3,64	0,16	44,0	48	2,38
3A	3,37	0,17	50,4	52	2,50
4A	3,25	0,19	58,5	56	2,39
5A	3,18	0,17	53,5	52	2,52
6A	3,51	0,17	48,4	52	2,48
7A	3,43	0,17	49,6	52	2,47
8A	3,06	0,17	55,6	52	2,38
9A	3,02	0,14	46,4	44	2,14
10A	3,14	0,13	41,4	40	2,38

* Las cifras son el promedio de dos determinaciones.

** Se tomó un valor de 0,25 como el requerimiento humano de triptofano para el mantenimiento del adulto (25).

CUADRO No. 2.—Contenido y porcentaje de retención de niacina en diez muestras de frijoles negros cocidos.

Selección	Humedad %*	mg/100 g (10% de humedad)	Retención %	% de recomendación después de la cocción, en 75 g de muestra cruda**
1A	73,1	2,13	84,2	11
2A	72,5	2,06	86,4	10
3A	76,2	2,11	84,5	11
4A	77,6	2,23	93,3	11
5A	79,9	2,37	94,1	12
6A	77,5	2,17	87,6	11
7A	76,4	2,08	84,3	10
8A	76,4	2,27	95,1	11
9A	74,9	1,84	85,8	9
10A	77,6	2,14	89,9	11

* Promedio de dos determinaciones.

** El Consejo Nacional de Investigaciones (U. S.) (23) recomienda una cantidad diaria de 15 mg de niacina.

geno al examinar una variedad de formas y colores de diversos países.

La complementación que pudiera ocurrir entre el maíz y los frijoles es de importancia práctica. Las encuestas nutricionales demuestran que el maíz es el constituyente

más importante de las dietas rurales en la América Central, siguiéndole en importancia los frijoles. Las cantidades aproximadas consumidas diariamente por los adultos en muchas comunidades indígenas de Guatemala, son 500 g de maíz y 75 g de frijoles (12). Aguirre y colaboradores (1) en un estudio sobre el valor nutritivo de las diferentes clases de maíz de la América Central han demostrado que esta cantidad de maíz proporciona un promedio de 0,23 g de triptofano y 8,8 mg de niacina. Estudios realizados recientemente (12) indican una pérdida de niacina de aproximadamente 30 % durante el proceso de preparación de las tortillas de maíz amarillo. La ingestión diaria de frijoles cocidos proporciona un promedio de 0,13 g de triptofano y 1,6 mg de niacina.

Sumando las cifras de triptofano y niacina contenidas en el maíz y en los frijoles y aplicando la corrección para las tortillas, las dietas contendrán un promedio de 0,36 g de triptofano y 7,8 mg de niacina. Goldsmith y colaboradores (7) en sus estudios sobre los requerimientos de niacina en el hombre, con dietas cuyo contenido de triptofano se conoce, sugirieron que con una dieta de maíz que suministra unos 0,19 g de triptofano, el requerimiento mínimo de niacina en el hombre es de 7 mg diarios aproximadamente. Por lo tanto, la combinación de maíz y frijoles provee a algunos adultos en Guatemala un 44 % más de triptofano del requerimiento mínimo sugerido por Rose (25) y 11 % más de niacina de lo que indicarían los resultados de Goldsmith como cantidad necesaria para prevenir los signos clínicos de deficiencia de niacina. Estas cifras pueden ayudar a explicar la ausencia de pelagra entre las gentes que consumen grandes cantidades de maíz en la América Central.

La pérdida de niacina en el proceso de cocción empleado es estadísticamente significativa pero no de gran importancia práctica, puesto que la pérdida máxima es inferior del 16 %. La variación en la retención entre las diversas variedades es de gran interés puesto que demuestra que otros factores, aparte del contenido original de niacina de los frijoles,

pueden influir en cuanto a su valor nutritivo en las dietas humanas. Estos factores pueden incluir dureza del epispermo, tamaño del grano, formación de complejos de niacina con carbohidratos y otros elementos semejantes. No se encontró relación aparente entre el porcentaje de retención y la apariencia general del grano. Las variaciones en el tamaño de los cotiledones en proporción con otras estructuras puede ser un factor que justifique las diferencias en contenido de niacina entre las variedades, en vista de que Terroine y Desveaux-Chabrol (28) han demostrado que el 96 % de la niacina está contenida en los cotiledones.

RESUMEN

Se analizaron diez variedades de frijoles (*Phaseolus vulgaris*) para determinar su contenido de nitrógeno, triptofano y niacina. Se recogieron los granos en varias localidades de Guatemala, los cuales representaban el tipo negro duro brillante, apreciado para consumo humano. El contenido de nitrógeno dió un promedio de 3,25 y varió de 2,92 a 3,64 %. Las diferencias entre las variedades fueron altamente significativas. El contenido de triptofano dió un promedio de 0,17 y varió de 0,13 a 0,19 %, pero las diferencias entre las variedades carecieron de significación estadística. El promedio de niacina fué de 2,42 mg por 100 g y varió de 2,14 a 2,53 mg por 100 g, con diferencias significativas entre las variedades. Todos los valores se ajustan a un grado de humedad de 10 %. Aun cuando la niacina y el triptofano mostraron tendencia a la correlación positiva ($r = 0,588$, g de 1 8) no se encontró relación estadísticamente significativa entre el contenido de ninguno de los nutrientes medidos.

Se considera que el maíz (*Zea mays*) más los frijoles consumidos por muchas familias indígenas de Guatemala, proporcionan hasta 0,36 g de triptofano y casi 8 mg de niacina por persona, por día, lo que puede contribuir a explicar la ausencia de pelagra en la América Central aun cuando la población consume grandes cantidades de maíz.

Después de 3 horas y 45 minutos de ebulli-

ción a 96° C, la retención de niacina dió un promedio de 88,5%. La variación en contenido de niacina entre las diversas variedades aumentó de manera considerable después de la cocción, lo que indica que algunas variedades eran más resistentes a la pérdida de niacina que otras.

REFERENCIAS

- (1) Aguirre, F.; Bressani, R. y Scrimshaw, N. S.: The Nutritive value of Central American corns. III. Tryptophane, niacin, thiamine and riboflavin content of twenty-three varieties in Guatemala. *Food Research*, 18:273, 1953.
- (2) Asenjo, C. F.: Niacin content of tropical foods *Food Research*, 15:465, 1950.
- (3) Association of Official Agricultural Chemists: Official methods of analysis. 7a. ed., Association of Official Agricultural Chemists, Washington, D. C., 1950.
- (4) Cravioto, R. B.; Lockhart, E. E.; Anderson, R. K.; Miranda, F. de P. y Harris, R. S.: Composition of typical Mexican foods. *J. Nutrition*, 29:317, 1945.
- (5) Elvehjem, C. A.: Tryptophane and niacin relations and their implication to human nutrition. *J. Am. Dietet. Assoc.*, 24:635, 1948.
- (6) Food and Agriculture Organization of the United Nations Committee on calorie conversion factors and food composition tables. Energy yielding components of food and computation of calorie values. 23 pp. Washington, 1947.
- (7) Goldsmith, G. A.; Sarret, H. P.; Register, U. D. y Gibbens, J.: Studies of niacin requirements in man. I. Experimental pellagra in subjects on corn diets low in niacin and tryptophane. *J. Clin. Invest.*, 31:533, 1952.
- (8) Gough, H. W. y Lantz, E. M.: Relation of variety and locality to niacin, thiamine, and riboflavin content of dried beans grown in three years. *Food Research*, 15:308, 1950.
- (9) Greene, R. D. y Black, A.: The microbiological assay of tryptophane in proteins and foods. *J. Biol. Chem.*, 155:1, 1944.
- (10) Hamilton, L. F. y Simpson, S. G.: Talbot's quantitative chemical analysis. 9a. Ed. The McMillan Co., Nueva York, 1946.
- (11) Holman, W. I. M. y de Lange, D. J.: Significance of tryptophane in human nicotinic acid metabolism. *Nature*, 165:112, 1950.
- (12) Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (Información no publicada).
- (13) Jaffé, W.: El valor biológico comparativo de algunas leguminosas de importancia en la alimentación venezolana. *Arch. Venez. de Nut.*, 1:107, 1950.
- (14) Jaffé, W.; Budowski, P. y Gorra, G.: El valor vitamínico de algunas leguminosas venezolanas. *Arch. Venez. de Nut.*, 1:373, 1950.
- (15) Jones, D. B.; Gersdorff, E. F. y Phillips, S.: Proteins of the black beans of the Mayas, *Phaseolus vulgaris*. *J. Biol. Chem.*, 122:745, 1938.
- (16) Jones, D. B.: Factors for converting percentages of nitrogen in foods and feeds into percentages of proteins. U. S. Department of Agriculture Circular No. 183, agosto 1931. Rev. febrero 1941.
- (17) Munsell, H. E.; Williams, L. O.; Guild, L. P.; Troeschler, C. B.; Nightingale, G. y Harris, R. S.: Composition of food plants of Central America. I. Honduras. *Food Research*, 14:144, 1949.
- (18) Munsell, H. E.; Williams, L. O.; Guild, L. P.; Troeschler, C. B.; Nightingale, G. y Harris, R. S.: Composition of food plants of Central America. II. Guatemala. *Food Research*, 15:16, 1950.
- (19) Munsell, H. E.; Williams, L. O.; Guild, L. P.; Troeschler, C. B.; Nightingale, G. y Harris, R. S.: Composition of food plants of Central America. III. Guatemala. *Food Research*, 15:34, 1950.
- (20) Munsell, H. E.; Williams, L. O.; Guild, L. P.; Troeschler, C. B.; Nightingale, G.; Kelley, L. T. y Harris, R. S.: Composition of food plants of Central America. IV. El Salvador. *Food Research*, 15:263, 1950.
- (21) Munsell, H. E.; Williams, L. O.; Guild, L. P.; Troeschler, C. B. y Harris, R. S.: Composition of food plants of Central America. V. Nicaragua. *Food Research*, 15:355, 1950.
- (22) Munsell, H. E.; Williams, L. O.; Guild, L. P.; Kelley, L. T.; McNally, A. M. y Harris, R. S.: Composition of food plants of Central America. VI. Costa Rica. *Food Research*, 15:379, 1950.
- (23) National Research Council (U. S.): Recommended dietary allowances. *Reprint and circular series No. 129*:16, 1948.
- (24) The Pharmacopoeia of the United States of America, 12 ed., 1er. suplemento p. 69, 1943.
- (25) Rose, W. C.: Amino acid requirements of man. *Fed. Proc.*, 8:546, 1949.
- (26) Sarret, H. P. y Goldsmith, G. A.: Tryptophane and nicotinic acid studies in man. *J. Biol. Chem.*, 177:461, 1949.
- (27) Snedecor, G. W.: Statistical methods, IV. Ed. The Iowa State College Press, Ames, Iowa, U. S. A., 1948.
- (28) Terroine, T. y Desveaux-Chabrol, J.: Syn-

thesis of nicotinic acid in the course of germination. *Arch. Sci. Physiol.*, 1:117, 1947.

(29) Wooley, J. G. y Sebrell, W. H.: Two micro-

biological methods for the determination of L (-)-tryptophane in proteins and other complex substances. *J. Biol. Chem.*, 157: 141, 1945.