

COMPOSICION QUIMICA Y EVALUACION DE LA CALIDAD DE LA PROTEINA DEL FRIJOL EN HUMANOS ADULTOS POR EL METODO DE BALANCE NITROGENADO DE CORTO TIEMPO¹

Adriana Blanco,² Delia A. Navarrete,³ Ricardo Bressani,⁴ J. Edgar Brabam,⁴ Roberto Gómez-Brenes³ y Luiz G. Elías³

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

RESUMEN

Se analizaron químicamente tres variedades de frijol común, evaluándose la calidad de su proteína en 12 sujetos adultos por el método de balance de nitrógeno de corto plazo. Los análisis químicos se llevaron a cabo en el grano crudo y cocido, observándose una reducción, por cocción, de 28 a 73% de los inhibidores de tripsina, 100% de hemaglutininas, 9 a 72% de los taninos expresados como equivalentes de ácido tánico, 55-75% expresados como equivalentes de catequinas, y 65% de reducción en el contenido de nitrógeno soluble en álcali. Los frijoles negro y rojo acusaron un mayor contenido de inhibidores de tripsina residuales y taninos, mientras que la mayor cantidad de nitrógeno soluble en álcali se encontró en los frijoles blancos. Aun cuando los frijoles coloreados presentaron un mayor contenido de los factores antinutricionales que afectan la digestibilidad de la proteína, el valor nutritivo de

Manuscrito modificado recibido: 3-3-86.

- 1 Esta investigación se llevó a cabo con fondos adjudicados por el Ministry of Overseas Development (United Kingdom) y el Bean/Cowpea Collaborative Research Support Program.
- 2 Estudiante del Curso de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP. En la actualidad, la primera autora es Investigadora del Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA), Apartado 4, Tres Ríos, Costa Rica.
- 3 Científicos de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.
- 4 Jefe y Jefe Adjunto de la citada División, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.

Publicación INCAP E-1175.

ésta (BN, NPU, NBI) fue semejante a la de los blancos. Ello podría deberse a que la composición y/o balance aminoacídico del nitrógeno absorbido procedente de los frijoles rojos y negros es superior a la de los blancos, por lo que la interrelación entre todos los factores sería la que determine el valor nutritivo final. Además, en cada una de las variedades se constató un mayor contenido de por lo menos un depresor de la calidad proteínica. Se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los sujetos y los períodos de estudio de balance nitrogenado, mientras que no se comprobaron diferencias por efecto del tratamiento (variedad de frijol) y efecto residual (días de adaptación). El nivel de 0.65 g de proteína de frijol/kg/día no fue suficiente para mantener en balance nitrogenado a los sujetos alimentados a base de una dieta en que la única fuente de proteína era el frijol. Por cálculo, se determinó que 0.9 a 1.0 g de proteína de frijol/kg/día son necesarios para que los individuos estén en balance, y para una población se recomendaría una ingestión de 1.2 a 1.3 g de proteína de las variedades de frijol estudiadas.

INTRODUCCION

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) constituye la leguminosa que ha sido objeto de más estudio en América Latina, por ser la fuente principal de proteína para el estrato socioeconómicamente más afectado, y porque forma parte de los hábitos alimentarios de la población. Su importancia alimenticia se debe al menor costo de su proteína en relación a la de origen animal, y a su uso en dietoterapia en sujetos diabéticos y con problemas gastrointestinales (1).

De composición química bien conocida (2-6), es fuente rica de proteína, energía y fibra dietética. Contiene una serie de factores que afectan en gran medida su valor nutritivo, tales como inhibidores de tripsina, hemaglutininas, compuestos fenólicos y proteínas enzimáticamente no digeribles (1-4, 6-9). Su deficiencia en aminoácidos azufrados es la otra limitante (2, 10) que culturalmente se ha logrado superar combinando esta proteína con la del arroz y/o del maíz (11). La cocción mejora su textura, palatabilidad y calidad de la proteína; ajeno a ello, desactiva un gran porcentaje de los inhibidores antes citados (6, 8).

La evaluación de la calidad nutricional de la proteína de un alimento puede ser química (*in vitro*) y/o biológica (*in vivo*) en animales experimentales, humanos y/o microorganismos (12). El mejor sistema experimental es la evaluación en humanos porque los frijoles se utilizan como elemento básico de nuestra alimentación. Por lo tanto, tenemos los hábitos de preparación e ingestión y el mecanismo fisiológico y bioquímico óptimo para digerir, absorber y retener sus nutrientes. Sin embargo, el alto costo, largo tiempo de duración y gran cantidad de muestra requerida son algunos de los principales limitantes de las evaluaciones en seres humanos.

El presente artículo representa el primero de una serie de estudios realizados en frijol común. En él se describe su composición química y el efecto que una cocción adecuada ejerce sobre los factores que afectan su potencial nutricional. Asimismo, se analiza y discute la calidad nutritiva de la proteína de tres variedades de frijol evaluada en jóvenes adultos por el método de balance nitrogenado de corto tiempo.

MATERIALES Y METODOS

Sujetos Experimentales

Se seleccionaron 12 individuos adultos sanos, voluntarios, del sexo masculino, con edades comprendidas entre los 19 y 39 años, cuya talla promedio era de 164.9 ± 6.6 cm, y variabilidad mínima por peso entre individuos, tal como se detalla en la Tabla 1. Durante el experimento los sujetos desarrollaron sus actividades normales en el lugar de trabajo, las cuales eran moderadas.

TABLA 1
ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUJETOS
EXPERIMENTALES

Sujeto	Edad años	Talla cm	Peso, kg	
			Inicial ^a	Final ^b
CP	25	160	51.7	50.3
LG	19	160	56.4	54.9
DV	39	153	51.3	51.3
VA	26	168	59.6	57.2
OH	25	162	48.1	47.2
RR	36	172	61.7	59.4
AS	23	158	48.1	46.7
JP	28	168	60.8	59.5
IP	23	163	52.2	50.8
RH	19	175	59.0	57.6
AG	33	169	59.4	59.2
JA	29	171	65.1	65.8
$\bar{X} \pm DE$	27 ± 6	164.9 ± 6.6	56.1 ± 5.6	55.0 ± 5.8

a Peso al inicio del experimento, estudio 1.

b Peso al final del experimento, estudio 4.

Diseño del Plan Experimental

El experimento se realizó en dos ensayos. En el primero de ellos se administró la dieta libre de nitrógeno (DLN) y en el segundo se proporcionaron las dietas a base de frijoles negro, rojo y blanco al nivel de 0.65 g/kg/día de proteína, totalizando cuatro estudios. Con la finalidad de eliminar efectos por diferencia entre sujetos, por tiempo y residuales de la dieta anterior sobre el tratamiento (var. de frijol ingerido), el experimento fue diseñado en una serie de cuadrados latinos.

El procedimiento del ensayo fue balance nitrogenado de dos puntos por corto tiempo. La duración total de cada estudio fue de cinco días:

dos de adaptación y tres de balance. Por este motivo, el primer ensayo (DLN) duró cinco días y el segundo (dietas experimentales), 15 días, dejándose un período de dos semanas entre ambos ensayos.

Muestras Alimenticias y su Preparación

Se utilizaron tres variedades y colores de frijol (*P. vulgaris*): negro (var. Tamazulapa), rojo (var. comercial) y blanco (var. comercial), de cosecha reciente, los que fueron almacenados a 5°C hasta practicar los análisis químicos y pruebas biológicas correspondientes.

La preparación de los frijoles incluyó limpieza manual, remojo en recipientes de acero inoxidable durante 16 horas, en tres partes de agua por una parte de frijol, y cocción durante 15 minutos a 121°C y 15 PSI. Por último se licuó el frijol junto con su caldo de cocción, pesándose la cantidad necesaria para cada individuo y refrigerándose hasta el momento oportuno de su utilización. Un duplicado del frijol cocido licuado se guardó para análisis químico.

Con el fin de proporcionar las calorías necesarias para equilibrio calórico y el agua para el hídrico, se administraron dos tipos de dietas basales preparadas de acuerdo al sujeto de menor peso. Para los demás individuos se completaron sus requerimientos calóricos con refrescos artificiales (de frutas y carbonatados), galletas de almidón y caramelos. En la Tabla 2 figura la composición de la dieta basal que se dio durante los dos ensayos. La dieta libre de nitrógeno (DLN) se llamará de aquí en adelante dieta baja en nitrógeno (DBN), en vista de que los alimentos que se incluyen en la Tabla 2 contienen un cantidad mínima de N.

Estudio Biológico

Durante el período de estudio se sirvieron diariamente tres comidas y una merienda. Las dietas proporcionadas a los individuos fueron isocalóricas, ajustadas a 45 Kcal/kg de peso del sujeto. Durante el ensayo de las variedades de frijol se administró 0.65 g de proteína/kg/día, cantidad determinada en estudios previos (13) como necesaria para estar en equilibrio nitrogenado. La cantidad de agua ingerida fue de 0.8 ml/Kcal diarios. Se proporcionó en forma alterna, día a día, vitaminas y minerales, administrándose un día media pastilla efervescente de calcio y vitamina C y, el otro, una gragea de UNICAP-T. Estas se describen en detalle en la Tabla 2.

Se utilizaron marcadores carmín y marcador vegetal para separar entre un estudio y otro las muestras de heces.

Durante el ensayo metabólico se recogieron muestras individuales de orina y heces. A las orinas se les agregó una solución de HCl al 10% como preservante, y se refrigeraron a 5°C. Tanto las heces fecales como los duplicados de las dietas basales y los frijoles cocidos fueron congeladas a -20°C hasta realizar los análisis de laboratorio.

Análisis Químicos

Cada muestra se preparó, previo al análisis, de la siguiente manera:

TABLA 2

COMPOSICION DE LAS DIETAS BASALES INGERIDAS POR DIA

Ingredientes	Gramos
Café instantáneo	5
Azúcar	25
Pan de almidón de trigo libre de proteína ^a	250-300
Refresco artificial de fruta ^b	480 ml (2 vasos)
Manzana	200
Galleta ^c	1 unidad
Agua	240 ml (1 vaso)
Mermelada de piña o manzana*	40
Margarina*	60
Sopa ^{d*}	400
Chayote (Güisquil)*	200
Banano*	100
Suplemento vitamínico y mineral ^e	

* No se incluyen en la dieta basal de la evaluación de los frijoles.

a Jolly Joan Ener-G Goods Inc., P. O. Box 24723, Seattle, WA.

b Sabor a naranja o mandarina. Se preparó disolviendo 10 g de Tang y 12 g de azúcar en 240 ml de agua.

c Preparado con almidón de maíz, margarina, aceite y azúcar, con un peso promedio de 17 g.

d A base de jugo de tomate y hierbas coladas (apio, puerro o culantro), cebolla frita en 40 g de margarina y maicena para espesar.

e UNICAP-T (Laboratorios UpJohn): Vit. A, 500 UI; Vit. D, 500 UI; mononitrato de tiamina, 10 mg; riboflavina, 10 mg; ascorbato de sodio, 300 mg, niacinamida, 100 mg; clorhidrato de piridoxina, 2 mg; pantotenato de calcio, 20 mg; actividad de vit. 12, 4 µg; sulfato de cobre, 1 mg; sulfato ferroso, 10 mg; yoduro de potasio, 0.15 mg; carbonato de calcio, 50 mg; sulfato de manganeso, 1 mg; sulfato de magnesio, 6 mg y sulfato de potasio, 5 mg. Pastilla de Ca-Vit. C (Laboratorio Sandoz): ácido ascórbico, 0.5 g; lactogluconato de calcio, 0.5 g y carbonato de calcio, 0.2 g. Se dio en forma alterna/día 1 cápsula UNICAP-T y 1/2 pastilla efervescente de Ca. y Vit. C.

a) *Frijoles*. Se liofilizó y posteriormente se molió una submuestra de los frijoles cocidos de modo que pasara un tamiz de 40 mallas; los frijoles crudos únicamente se molieron.

b) *Dietas basales*. Cada dos días del estudio se almacenó la dieta basal de un día completo del sujeto con peso semejante al promedio, la cual se homogenizó, liofilizó y molió.

c) *Heces fecales*. Las heces de cada período experimental se liofilizaron y molieron en su totalidad.

d) *Orinas*. Al final de cada período experimental se midió el volumen de orina de 24 horas. Se tomó una alícuota y se guardó bajo refrigeración para análisis de nitrógeno.

Se determinó el contenido de humedad y de nitrógeno total y soluble en NaOH 0.02 N de las muestras, según el método de la AOAC (14). El contenido de N se expresó también como proteína cruda utilizando el factor de conversión de 6.25.

Los inhibidores de tripsina y hemaglutininas se cuantificaron en frijoles crudos y cocidos según las técnicas de Kakade y Evans (15) y de González de Fernández (3), respectivamente.

El contenido de taninos en frijoles se determinó de acuerdo a tres métodos diferentes: el de Burns (16), en el que se expresan como g^o/o de ácido tánico; el método de Price, Van Scoyoc y Butler (17), expresados como catequinas y el de Hagerman y Butler (18) modificado por Rodríguez (6) en el que los taninos se expresan como ácido tánico.

El contenido de fibra dietética y sus fracciones soluble e insoluble se estableció por el procedimiento de Asp *et al.* (19), que es un método gravimétrico que incluye la hidrólisis enzimática de la muestra, así como correcciones por proteína no digerible *in vitro* y por cenizas. Las enzimas utilizadas fueron: amilasa termoresistente (Termamyl), pepsina (Merck) y pancreatina (USP). El análisis de fibra se realizó en frijoles cocidos, dietas basales y heces fecales.

Cálculo de la Calidad de la Proteína del Frijol

Para estimar el balance de nitrógeno (BN) se utilizó la siguiente fórmula:

Balance de nitrógeno = Nitrógeno ingerido - nitrógeno excretado, donde nitrógeno excretado = nitrógeno fecal + nitrógeno urinario.

La utilización proteínica neta (NPU) se calculó como sigue:

$$NPU = \frac{(BN_{pe}) - (BN_{dln})}{\text{Nitrógeno ingerido}} \times 100$$

BN_{pe} = Balance de nitrógeno en el período de estudio

BN_{dln} = Balance de nitrógeno con la dieta libre de nitrógeno.

Para el cálculo del valor biológico (VB) se aplicó la siguiente fórmula, en que tanto el nitrógeno urinario (Nu) como el fecal (Nf) se corrigen por el nitrógeno endógeno (Nend) o metabólico (Nmet):

$$VB_{o/o} = \frac{N_{ing} - [(Nu - N_{met}) + (Nf - N_{end})]}{N_{ing} - (Nf - N_{end})} \times 100$$

La digestibilidad de la proteína del frijol será calculada y discutida en otra comunicación referente a este mismo tema.

El análisis estadístico incluyó análisis de ANOVA en cuadrados latinos, prueba F de Snedecor y regresión lineal (20, 21).

RESULTADOS

La composición química de los frijoles crudos y cocidos se expone en las Tablas 3 y 4. Según se aprecia, en los frijoles crudos coloreados se encontró una mayor cantidad de los factores antinutricionales que en el frijol blanco, y un menor contenido de nitrógeno soluble en álcali en el frijol negro, en contraste con el frijol rojo y el blanco, en los que resultó ser similar. De 64 a 79% del nitrógeno total de los frijoles crudos es soluble en NaOH.

TABLA 3
COMPOSICION QUIMICA DE LOS FRIJOLES CRUDOS
(100 g base seca)

Análisis	Frijol crudo		
	Negro	Rojo	Blanco
Proteína cruda, g ^a	23.5	24.3	25.6
Inhibidores de tripsina ^b	8.8×10^5	23.6×10^5	11.6×10^5
Hemaglutininas ^c	9	6	6
Taninos, mg ^d	764.6	811.1	288.3
Taninos, mg ^e	101.3	189.2	27.0
Taninos, mg ^f	295.2	548.6	1.0
N soluble NaOH, g	2.42	3.06	3.05

a g de proteína cruda = g N x 6.25.

b Expresados como unidades totales de tripsina inhibidas (UT de TI).

c Última dilución hemaglutinantes (3, 15).

d Expresados como ácido tánico, según método de Folin-Dennis (16).

e Expresados como catequinas (17).

f Expresados como ácido tánico, según método de Hagerman-Butler (18).

La cocción modifica el contenido de proteína cruda, inhibidores de tripsina, hemaglutininas, taninos y nitrógeno soluble en álcali, reduciéndose en las tres variedades de frijol. Se mantiene el mismo patrón que en el crudo, o sea que hay una mayor cantidad de estos factores en los frijoles negro y rojo, con excepción del contenido de proteína cruda y del nitrógeno soluble en álcali, que fue mayor en el frijol blanco (Tabla 5). La fracción de nitrógeno soluble en NaOH representa el 26% del nitrógeno total en los frijoles cocidos, mientras que el 74% restante es nitrógeno insoluble en NaOH.

Según los datos de la Tabla 4, el 50% de la materia seca del frijol cocido es proteína y fibra dietética, representando esta última más de 27% del material seco. En su mayor parte la fibra dietética es insoluble, y se encuentra en una proporción aproximada de 2 a 1 a la fracción soluble. La corrección por proteína en la fracción de fibra dietética insoluble permitió estimar el contenido de proteína no digerible *in vitro*. El frijol

TABLA 4
COMPOSICION QUIMICA DE LOS FRIJOLES COCIDOS
(100 g base seca)

Análisis	Frijol cocido		
	Negro	Rojo	Blanco
Proteína cruda, g ^a	22.4	21.5	24.8
Calorías, Kcal	452	526	504
Inhibidores de tripsina ^b	6.3 x 10 ⁵	6.3 x 10 ⁵	4.6 x 10 ⁵
Hemaglutininas	no aglutinó	no aglutinó	no aglutinó
Taninos, mg ^c	544.5	401.8	262.1
Taninos, mg ^d	24.9	19.4	12.3
Taninos, mg ^e	105.4	151.9	(f)
N soluble NaOH, g	0.89	0.94	1.09
Fibra dietética total, g	28.4	27.3	28.2
Fibra dietética soluble, g	7.5	8.0	9.1
Fibra dietética insoluble, g	20.9	19.3	19.1
Proteína indigerible <i>in vitro</i>	6.5	6.5	4.7

a Proteína cruda = g N x 6.25.

b Expresados como unidades totales de tripsina inhibidas (UT de TI).

c Expresados como ácido tánico según método de Folin-Dennis (10).

d Expresados como catequinas (12).

e Expresados como ácido tánico, según método de Hagerman-Butler (3).

f No se obtuvo resultado.

blanco es el que contiene menor cantidad de proteína no digerible, mientras que el rojo y el negro tienen cantidades idénticas.

La evaluación de la calidad nutricional de las tres variedades de frijol se detalla en las Tablas 6 a 11 y en la Figura 1. Los datos individuales de consumo y excreción urinaria y fecal de nitrógeno, así como el balance de nitrógeno resultante tanto con las dietas de frijol como con la dieta de bajo contenido en nitrógeno, se dan a conocer en las Tablas 7, 8 y 9. La dieta basal del período bajo en nitrógeno aportó 23.2 mg N/kg/día, mientras que con la suministrada durante el período de frijoles, ese aporte fue de 9 a 12 mg. La excreción nitrogenada urinaria fue siempre mayor que la fecal. El nitrógeno consumido fue similar en el caso de los tres frijoles, pero la excreción urinaria fue mayor al usar la dieta de frijol blanco, y la fecal, en los coloreados.

Durante el período de la dieta baja en nitrógeno (DBN) todos los individuos estuvieron en balance negativo, con un valor promedio de -55.9 mg/kg/día; no se pudo obtener el promedio ajustado, ya que éste no se incluye dentro del análisis de varianza. Las pérdidas obligatorias de nitrógeno totales, es decir, urinaria (47.6 mg N/kg/d) y fecal (31.3 mg N/kg/d), totalizaron 79.1 mg N/kg/día (Tabla 6).

Según se aprecia, el frijol blanco presentó el balance de nitrógeno (Tabla 9) y la utilización proteínica neta (Tabla 10), promedio ajustado

TABLA 5

**PORCENTAJES DE REDUCCION POR COCCION DE LOS FACTORES
ANTINUTRICIONALES EN LOS FRIJOLES**

Análisis	Frijol			$\bar{x} \pm DE$
	Negro	Rojo	Blanco	
Inhibidores de tripsina	28	73	58	53 \pm 23
Hemaglutininas	100	100	100	100 \pm 0
Taninos ^a	29	50	9	29 \pm 21
Taninos ^b	75	90	55	73 \pm 16
Taninos ^c	64	72	-(d)	68 \pm 6
N soluble NaOH	63	69	64	65 \pm 3

a Expresados como ácido tánico, según el método de Folin-Dennis (16).

b Expresados como catequinas (12).

c Expresados como ácido tánico, según el método de Hagerman-Butler (3).

(d) No se obtuvo resultado.

TABLA 6

BALANCE DE NITROGENO EN HOMBRES ADULTOS DURANTE LA DBN

Sujetos	Nitrógeno (mg/kg/día)			Balance nitrogenado
	Ingerido	Urinario	Fecal	
CP	25.19	46.29	28.45	-49.55
LG	22.97	62.57	32.59	-72.19
DV	25.84	44.63	36.26	-55.05
VA	21.89	45.01	28.39	-51.51
OH	27.07	43.55	36.18	-52.66
RR	20.81	39.10	30.42	-48.71
AS	26.85	64.43	32.14	-69.72
JP	21.11	54.86	29.64	-63.39
IP	23.60	48.40	31.77	-56.60
RH	21.56	40.66	29.68	-48.78
AG	21.25	36.89	30.41	-46.05
JA	20.48	47.01	29.58	-56.11
\bar{x}	23.22	47.78	31.29	-55.85
$\pm DE$	2.43	8.68	2.65	8.44
% Coeficiente variación	10.47	18.17	8.47	15.11

TABLA 7

BALANCE DE NITROGENO EN HOMBRES ADULTOS ALIMENTADOS
CON FRIJOL NEGRO

Sujetos	Nitrógeno (mg/kg/día)			Balance de nitrógeno
	Ingerido	Urinario	Fecal	
CP	123.29	82.42	40.73	+ 0.14
LG	102.12	71.92	43.91	-13.71
DV	117.26	92.51	80.33	-55.58
VA	115.47	63.27	63.45	-11.25
OH	104.00	78.84	68.89	-43.73
RR	121.26	81.04	55.04	-14.82
AS	123.38	76.99	48.80	-2.41
JP	101.30	55.67	49.96	-4.33
IP	116.68	74.65	66.98	-24.95
RH	115.28	82.96	42.91	-10.59
AG	101.38	64.14	49.63	-12.39
JA	121.26	69.15	54.15	-2.04

\bar{x} No ajustado	113.56	74.46	55.40	-16.30
\pm DE	8.86	10.22	12.11	17.22
Coefficiente variación, %	7.80	13.72	21.86	100.00
\bar{x} Ajustado	—	—	—	-18.3 (NS)

NS $P < 0.05$.

o no, más altos, en comparación con las otras dos variedades (Tablas 7, 8, y 10). Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas. El frijol de cáscara roja produjo el menor balance (-20.6 mg/kg/d) y NPU (31.6%), y el negro, valores intermedios (-16.3 mg/kg/d y 35%, respectivamente).

En el caso de la dieta a base de frijol blanco dos sujetos estuvieron en balance de nitrógeno positivo, y uno con el frijol negro; en cambio, no hubo ninguno con la dieta de frijol rojo.

Como se aprecia en la Tabla 10, los valores de VB obtenidos con las tres variedades de frijol oscilaron entre 68.4 y 69.8%. El promedio ajustado y no ajustado, fue mayor con el frijol rojo que con el negro, y en estos dos, que en el blanco.

El diseño experimental del estudio de balance permitió detectar diferencias significativas ($P > 0.05$) entre sujetos y por períodos y no por tratamientos ni por efecto residual de la dieta previa, al analizar los

TABLA 8

BALANCE DE NITROGENO EN HOMBRES ADULTOS ALIMENTADOS
CON FRIJOL ROJO

Sujetos	Nitrógeno (mg/kg/día)			Balance de nitrógeno
	Ingerido	Urinario	Fecal	
CP	109.91	75.54	47.95	-40.58
LG	111.76	64.58	51.38	-4.20
DV	115.25	80.05	70.89	-35.69
VA	111.31	54.36	67.99	-11.04
OH	110.80	77.54	49.87	-16.61
RR	112.80	83.20	50.48	-20.88
AS	110.72	87.34	50.01	-26.63
JP	110.99	64.19	56.85	-10.05
IP	114.65	85.75	54.27	-26.37
RH	111.12	77.16	55.52	-21.56
AG	108.09	68.69	57.56	-18.16
JA	112.80	72.30	55.28	-14.78
<hr/>				
\bar{x} No ajustado	115.58	74.31	55.67	-20.55
\pm DE	1.97	9.94	7.14	10.55
Coefficiente variación, o/o	1.76	13.38	12.83	51.33
\bar{x} Ajustado	—	—	—	-18.9 (NS)

NS $P < 0.05$.

datos de BN y NPU obtenidos con las variedades de frijol. En cuanto a los resultados de VB, únicamente se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre sujetos.

En la Figura 1 se ejemplifica el nitrógeno ingerido vs el BN, obteniéndose las siguientes ecuaciones de regresión: $y = -66.9 + 47x$, $y = -65.8 + .43x$, e $y = -64.9 + .40x$ para frijoles blanco, negro y rojo, respectivamente. Las ecuaciones descritas tienen una correlación alta (0.84 a 0.88) e indican lo siguiente: a) el nitrógeno endógeno excretado total calculado (fecal + urinario) fue de -66.9, -65.8 y -64.9 mg/kg/d, para los frijoles blanco, negro y rojo, en ese orden; b) el parámetro NBI (índice de balance nitrogenado) que es la pendiente de la ecuación de regresión, fue de 0.47 para el frijol blanco, 0.43 para el negro y 0.40 para el rojo, y describe en forma decreciente la calidad de la proteína de los frijoles; y c) nitrógeno ingerido para mantenimiento, que se señala en la Figura como el intercepto en X- (nitrógeno ingerido) cuando Y (balance nitrógeno) es igual a cero. En este caso, se necesitan 143.3 mg

TABLA 9

BALANCE DE NITROGENO EN HOMBRES ADULTOS ALIMENTADOS
CON FRIJOL BLANCO

Sujetos	Nitrógeno (mg/kg/día)			Balance de nitrógeno
	Ingerido	Urinario	Fecal	
CP	115.83	87.14	50.12	-21.43
LG	115.48	83.61	39.12	-7.25
DV	119.25	71.50	53.04	-5.29
VA	112.25	56.18	53.84	+12.23
OH	119.78	105.74	46.63	-32.59
RR	114.34	76.39	44.76	-6.81
AS	116.55	104.10	46.28	-33.83
JP	114.63	56.21	64.65	-6.23
IP	118.73	58.28	54.55	+5.90
RH	114.19	105.83	44.16	-35.80
AG	117.33	82.98	51.07	-6.72
JA	114.30	77.67	46.96	-10.33

\bar{x} No ajustado	116.06	79.64	49.60	-12.35
\pm DE	2.33	18.38	6.56	15.43
Coefficiente variación, o/o	2.0	23.09	13.22	100.0
\bar{x} Ajustado	—	—	—	-11.9 (NS)

NS $P < 0.05$.

de nitrógeno de frijol blanco, 151.4 mg de N de frijol negro y 163.9 mg de N de frijol rojo/kg/día, para que los individuos pierdan la misma cantidad de nitrógeno con respecto al ingerido. También se señala el promedio experimental de NI vs BN en cada color de frijol y DBN, demostrándose que éstos no se alejan mucho de su ecuación de regresión respectiva.

A partir del valor estimado para mantenimiento se calculó la ingesta de proteína recomendada para una población alimentada con frijol como fuente única de proteína, agregándole un 30% al valor cuando el BN es cero (14). Según se sugiere en la Tabla 11, para una población alimentada a base de frijol, se recomienda la ingestión de una mayor cantidad de frijoles coloreados que blancos, para que se encuentren en balance nitrogenado.

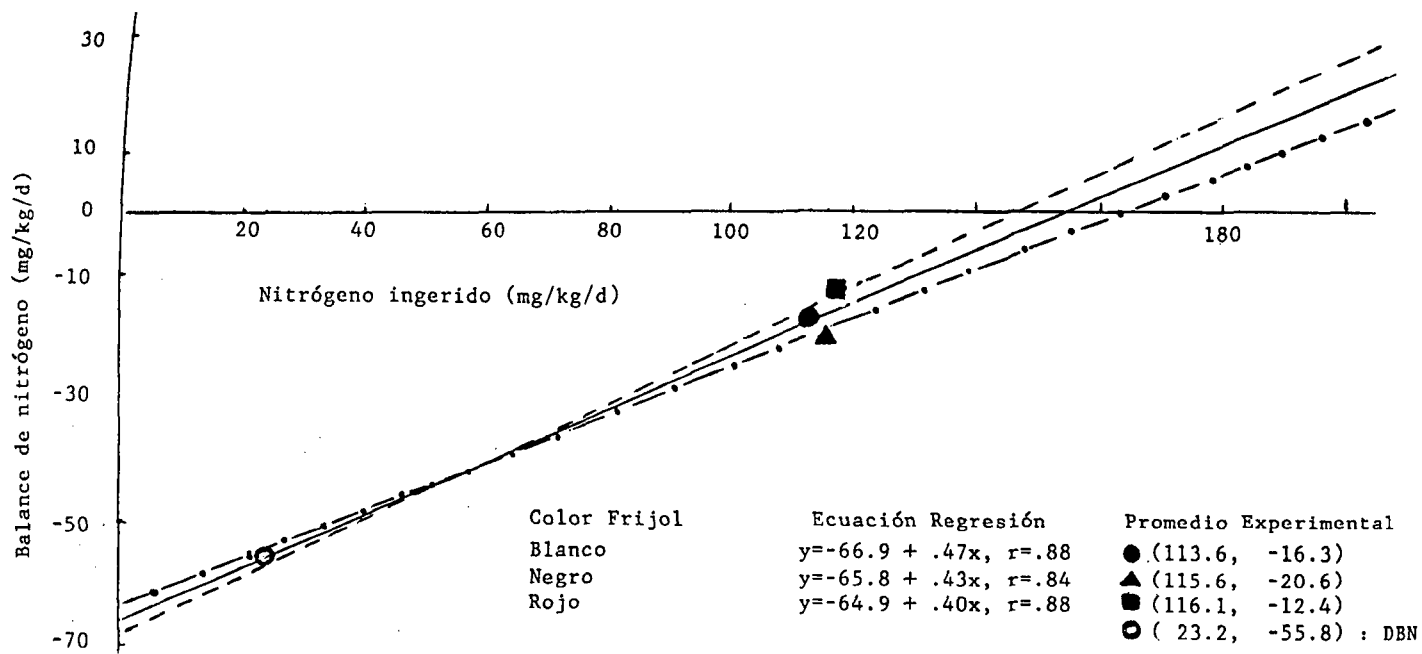


FIGURA 1

Regresión entre balance de nitrógeno y nitrógeno ingerido por humanos adultos en dietas a base de frijol

TABLA 10

UTILIZACION PROTEINICA NETA (NPU) Y VALOR BIOLOGICO (VB) EN INDIVIDUOS CON DIETAS A BASE DE FRIJOL

Sujetos	Frijol negro		Frijol rojo		Frijol blanco	
	NPU	VB	NPU	VB	NPU	VB
CP	40.3	67.4	8.2	67.6	24.3	56.6
LG	57.3	89.7	60.8	97.8	56.2	80.7
DV	-0.4	34.6	16.8	56.1	41.7	73.8
VA	34.9	77.3	36.4	87.0	52.1	88.5
OH	8.6	50.5	32.5	65.0	16.8	43.1
RR	27.9	56.6	24.7	52.4	36.6	62.7
AS	54.6	88.2	38.9	75.3	30.8	61.3
JP	58.3	99.0	48.1	88.9	49.9	98.3
IP	27.0	67.8	26.3	58.3	52.6	89.7
RH	33.1	58.6	24.5	57.2	11.4	34.6
AG	33.2	66.8	25.8	60.7	33.5	62.7
JA	44.6	77.1	36.6	71.0	40.1	68.4
\bar{x} No ajustado	35.0	69.5	31.6	69.8	37.2	68.4
\pm NS	18.1	18.2	14.0	14.7	14.5	19.0
Coefficiente variación, o/o	51.7	26.2	55.3	21.1	39.0	27.8
\bar{x} Ajustado	33.5 (NS)	68.4 (NS)	32.8 (NS)	71.3 (NS)	37.5 (NS)	67.9 (NS)

NS $P < 0.05$.

TABLA 11

NECESIDADES DE PROTEINA (kg/día) DE HOMBRES ADULTOS ALIMENTADOS CON UNA DIETA A BASE DE FRIJOL

Frijol	Mantenimiento		Recomendación ^a	
	Nitrógeno, mg	Proteína, g	Nitrógeno, mg	Proteína, g ^b
Blanco	143.3	0.90	186.3	1.16
Negro	151.4	0.95	196.8	1.23
Rojo	163.9	1.02	213.1	1.33
Promedio	152.9	0.96	198.7	1.24
\pm DE	± 10.4	± 0.06	± 13.5	± 0.09

a Se calculó adicionándose un 30% al valor de nitrógeno o proteína para mantenimiento (14).

b g Proteína = g N x 6.25.

DISCUSION

Los resultados obtenidos en el trabajo aquí comentado, concuerdan con los que se informa en la literatura (2, 4-6, 8, 15, 18). Una cocción adecuada de los frijoles disminuye total o parcialmente el contenido de los factores que afectan el valor nutritivo de su proteína.

Los inhibidores de tripsina se reducen en 28 a 73% por efecto térmico, pero no desaparecen del todo. Tanto los inhibidores de tripsina como los taninos se encuentran en mayor cantidad en los frijoles coloreados que en los blancos, lo que confirma lo sugerido por Elías y Fernández (7) en el sentido de que el residuo termoestable o fracción antitriptica termoresistente, pueden ser los taninos.

La pérdida de equivalentes de catequina durante la cocción de los frijoles demostró ser mayor que la de ácido tánico al utilizarlo como indicador del contenido de polifenoles, tal como ya se ha notificado (5).

No se encontró relación entre el contenido de hemaglutininas y la coloración del frijol, ya que el frijol rojo y el blanco en estado crudo tienen una actividad hemaglutinante igual, y en el negro esa actividad es mayor. No se detectaron hemaglutininas en los frijoles cocidos, hallazgo que también informó González (8).

La disminución en 65% del contenido de nitrógeno soluble en álcali en los frijoles, indica una modificación en la solubilidad de la proteína durante la cocción, posiblemente a causa de su desnaturalización y/o debido a la interacción con diferentes compuestos (9). El estudio a este respecto será tema de otra comunicación.

En el presente estudio las pérdidas de nitrógeno endógeno urinario y fecal fueron mayores a las notificadas por otros autores (4, 10, 22, 23). Estas diferencias pueden deberse a la composición de la dieta basal y/o al método de balance nitrogenado usado.

Estudios de balance realizados por Scrimshaw *et al.* (23), Huang, Chong y Rand (22), Hernández (4) y Navarrete y Bressani (10) informan una dieta basal cuyo contenido de nitrógeno era de 6.7, 10.1, 10.9, y 20.9 mg N/kg/día, respectivamente, es decir, menores que el del presente estudio (23.2 ± 2.1 mg N/kg/día). La sustitución de frutas por celulosa y pectinas, como en los estudios de Scrimshaw *et al.* (23) y Huang, Chong y Rand (22), y el tipo de fruta que suministraron Hernández (4) así como Navarrete y Bressani (10), determinan el contenido de nitrógeno de la dieta.

Como una de las limitantes del método de balance por corto tiempo se ha indicado la falta de estabilidad en la excreción de nitrógeno urinario, ya que ésta se alcanza después de los 10 días de balance (23). No obstante, si se comparan valores de excreción endógena obtenidos siempre por el mismo método se obviaría este problema.

En el presente estudio, el nitrógeno endógeno calculado mediante la adición del nitrógeno urinario metabólico y el nitrógeno fecal endógeno fue de 79.1 mg/kg/día, valor ligeramente superior al promedio obtenido mediante la ecuación de regresión lineal, que fue de 65.9 mg N/kg/día. Estas diferencias pueden deberse a que cuando se hace el cálculo por la ecuación de regresión se incorporan los resultados obtenidos al nivel de 0.65 g proteína/kg/día.

Tanto el balance de nitrógeno, como la utilización proteínica neta,

el índice de balance nitrogenado, el nivel de nitrógeno para mantenimiento y el nitrógeno fecal, parecieran indicar que el valor nutricional de los frijoles blancos es ligeramente superior al de los negros, y el de estos dos, al de los rojos. Sin embargo, el valor biológico y el nitrógeno urinario indican que se retiene más del nitrógeno absorbido cuando éste procede del rojo, que del negro y del blanco. Esto demuestra que la calidad nutricional de una proteína no sólo está determinada por su disponibilidad, sino también por su composición aminoacídica, y que ambos factores se toman en cuenta para un aprovechamiento máximo de la proteína (24).

El nivel de 0.65 g de proteína de frijol/kg/día no fue capaz de mantener a los sujetos en balance nitrogenado, resultando ser el nivel necesario para mantenimiento de 0.90 – 1.00 g proteína de frijol/kg/día, y como recomendación, 1.2 – 1.3 g/kg. Esta recomendación puede disminuirse en 0.5 – 0.6 g de proteína frijol/kg/día si se mezclan cantidades adecuadas de arroz y frijol (11), lo que demuestra la importancia que tiene el consumo de una dieta balanceada.

Al comparar la calidad de la proteína del frijol solo, con la de una proteína de origen animal y con la de una dieta a base de arroz y frijol, se observa que su valor nutricional es mucho menor, pues sólo se necesitan de 0.3 a 0.4 g de proteína de leche (25) y 0.7 g de proteína de arroz-frijol/kg/día (11) para mantener a un sujeto adulto en equilibrio nitrogenado.

En las tres variedades de frijol sometidas a estudio se observaron diferencias químicas y nutricionales entre una y otra, pero la calidad de la proteína no es estadísticamente significativa ($P < 0.05$). Esta similitud en la calidad de la proteína en las tres variedades de frijol, que se esperaba fuesen diferentes, bien puede deberse, entre otros factores, a que uno solo, como el color del grano no es el que determina su calidad final, sino que ésta obedece a la interacción de todos los factores. Se recomienda no utilizar un criterio único, en este caso los análisis químicos, para seleccionar variedades con fines nutricionales; más bien se sugiere evaluar en conjunto todos los factores.

Conviene prestar mayor atención al nitrógeno soluble en álcali, ya que aparentemente tiene un efecto importante en la reducción de la calidad nutricional de la proteína del frijol. Su mayor contenido en el frijol blanco juntamente con su composición y/o balance aminoacídico, pueden ser los factores responsables de que la calidad de la proteína de este frijol sea similar al de las variedades coloreadas.

En síntesis, el estudio tema del presente artículo, demuestra la conveniencia de utilizar un diseño experimental adecuado, sobre todo cuando se trata de estudios de balance. El diseño, una serie de cuadrados latinos, en nuestro caso, permitió evaluar los datos de modo que otras variables no sesgasen los resultados. El hallazgo que el análisis de varianza de significancia por diferencias entre sujetos y por períodos reveló, indica que es recomendable seleccionar, si posible, sujetos experimentales con una variabilidad mínima entre ellos, y distribuir adecuadamente la dieta en el tiempo. Dos días de adaptación entre evaluaciones de dietas demostraron ser adecuados, ya que no se constató ninguna diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) atribuible a efectos residuales.

SUMMARY

CHEMICAL COMPOSITION AND PROTEIN QUALITY EVALUATION OF BEAN PROTEIN IN HUMAN ADULT SUBJECTS, BY THE SHORT-TERM NITROGEN BALANCE METHOD

Three varieties of common beans were chemically analyzed and their protein quality was evaluated in 12 human male adult subjects by the short-term nitrogen balance method. Chemical analyses were performed for both raw and cooked grains. Cooking reduced the trypsin inhibitors in 28 to 73%, hemagglutinins, 100%, tannins as acid tannic equivalents, 9 to 72%, and 55 to 75% as catequin equivalents, and alkali-soluble nitrogen in 65%. Red and black beans contained more residual trypsin inhibitors and tannins than white beans, while the latter contained more alkali-soluble nitrogen. Although cooked colored beans had more antinutritional factors that affect protein digestibility, their protein quality was similar to that of white beans. This could be explained by the fact that the amino acid composition and/or balance of red and black beans absorbed nitrogen is better than that of white beans, so that the final nutritional value will be determined by the sum of interactions between all factors. In this study, each of the three varieties presented at least one protein quality depressor in higher concentration than the other two varieties. Therefore, the overall differences found between treatments and residual effect, were small or non existent, while significant differences ($p > 0.05$) were found between subjects and nitrogen balance periods. A level of 0.65 g of bean protein/kg/day was not enough to maintain nitrogen balance in subjects fed a diet where beans were the only protein source. According to calculations, 0.9 – 1.0 g of bean protein/kg/day are necessary for nitrogen balance in male adults, and 1.2–1.3 g of protein bean would be the recommendation for a normal population.

BIBLIOGRAFIA

1. Leeds, A. Legumes and gastrointestinal function in relation to diets for diabetics. *J. Plant Foods*, 4:23-27, 1982.
2. Bressani, R. & L. G. Elías. Nutritional value of legume crops for humans and animals. En: *Advances in Legume Science*. R. J. Summerfield and A. H. Bunting (Eds.). London, HMSO, 1980, p. 135-155.
3. González de Fernández, D. Estudio sobre las Posibles Relaciones entre los Pigmentos Presentes en la Cáscara de Frijol y el Valor Nutritivo de Este. Tesis de *Magister Scientifical* en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 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, C. A., diciembre de 1975, 41 p.
4. Hernández, E. Significado de la Presencia de Taninos y Polifenoles Asociados en la Digestibilidad de las Proteínas del Frijol (*P. vulgaris*) en Humanos. Tesis de *Magister Scientifical* en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 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, C. A., 1980, 66 p.
5. Linares Barrón, S. y C. Mendoza de Bosque. Estándares Nutricionales y Tecnológicos de 20 Variedades de *Phaseolus vulgaris*. Tesis de *Magister Scientifical* en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 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, C. C., mayo de 1979, 62 p.
6. Rodríguez, D. **Efecto de los Polifenoles sobre la Digestibilidad *in vivo* e *in vitro* de la Proteína del Frijol.** Tesis de *Magister Scientifical* en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 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, C. A., 1982, 66 p.
 7. Elías, L. G., Dolores de Fernández & R. Bressani. Possible effects of seed-coat polyphenolics on the nutritional quality of bean protein. *J. Food Sci.*, **44**(2): 524-527, 1979.
 8. Jaffé, W. G. Toxic factors in beans. Their practical importance. En: **Nutritional Aspects of Common Beans and Other Legume Seeds as Animal and Human Foods.** Proceedings of a Meeting held in Ribeirão Preto, November, 1973. Werner G. Jaffé (Ed.), J. E. Dutra de Oliveira (Associate Ed.). Published by Arch. Latinoamer. Nutr., 1974, p. 199-209.
 9. Seidhl, D., M. Jaffé & W. G. Jaffé. Digestibility and proteinase inhibitory action of a kidney bean globulin. *J. Agric. Food Chem.*, **17**(6):1318-1321, 1969.
 10. Navarrete, D. A. & R. Bressani. Protein digestibility and protein quality of common beans (*P. vulgaris*) fed alone and with maize, in adult humans using the short-term nitrogen balance assay. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**:1893-1898, 1981.
 11. Vargas, E., R. Bressani, D. A. Navarrete, J. E. Braham & L. G. Elías. Digestibilidad de proteína y energía de dietas elaboradas a base de arroz y frijoles en humanos adultos. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **34**:109-129, 1984.
 12. Pellett, P. L. & V. R. Young. **Nutritional Evaluation of Protein Foods.** Tokyo, Japan, The United Nations University, 1980, p. 26-38, 89-90. (Publication WHTR-3/UNUP-129).
 13. Navarrete, D. A. & R. Bressani. Comunicación personal, 1982.
 14. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975, 1094 p.
 15. Kakade, M. L. & R. J. Evans. Growth inhibition of rats fed raw navy beans (*P. vulgaris*). *J. Nutr.*, **90**:191-198, 1966.
 16. Burns, R. E. Method of tannin analysis for forage crop evaluation. *Georgia Agr. Exper. Station Tech. Bull.*, **32**:14, 1963.
 17. Price, M. L., S. Van Scoyoc & L. G. Butler. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.*, **26**(5): 1214-1218, 1978.
 18. Hagerman, A. E. & L. G. Butler. Tannin-protein interactions: Mechanism and nutritional significance. *Fed. Proc.*, **39**(3, 1), 1980.
 19. Asp, N. G., C. G. Johansson, H. Hallmer & M. Siljeström. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J. Agric. Food Chem.*, **31**(3):476-482, 1983.
 20. Kirk, R. **Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences.** Belmont, California, Brooks, Cole Publishing Co., 1968, p. 513-517.
 21. Neter, J. & W. Wasserman. **Applied Linear Statistical Models. Regression, Analysis of Variance, and Experimental Designs.** Homewood, Illinois, Richard Irvin, C. Inc., 1974, p. 477-480.
 22. Huang, P. C., H. E. Chong & W. N. Rand. Obligatory urinary and fecal nitrogen losses in young Chinese men. *J. Nutr.*, **102**:1605-1613, 1972.
 23. Scrimshaw, N. S., M. Hussein, E. Murray, W. Rand & V. Young. Protein Requi-

- rements of man; variations in obligatory urinary and fecal nitrogen losses in young men. *J. Nutr.*, **102**:1595-1603, 1972.
24. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Amino Acid Content of Foods and Biological Data on Proteins**. Rome, FAO, 1970, p. 50-51. (FAO Nutritional Studies No. 24).
 25. Bressani, R., D. A. Navarrete, V. A. L. de Daqui, L. G. Elías, J. Olivares & P. A. Lachance. Protein quality of spray-dried whole milk and of casein in young adults using a short-term nitrogen balance index assay. *J. Food Sci.*, **44**:1136-1149, 1979.