

SIGNIFICADO DE ALGUNOS FACTORES ANTIFISIOLOGICOS Y NUTRICIONALES EN LA EVALUACION BIOLOGICA DE DIFERENTES CULTIVARES DE FRIJOL COMUN (*Phaseolus sp.*)¹

G. Fukuda², L. G. Elías³ y R. Bressani⁴

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

RESUMEN

Se usaron mezclas de frijol crudo y cocido, suplementadas con metionina, para preparar 35 dietas con distintos aportes de metionina, taninos e inhibidores trópticos, y se evaluó su efecto sobre el crecimiento, mortalidad y utilización de la proteína. La razón de cambio de peso/ingesta proteínica aumentó, mientras que la mortalidad se redujo a medida que se disminuía la proporción de frijol crudo en la dieta; los efectos de esta última, el frijol, y su inter-

Manuscrito modificado, recibido: 13-7-82.

- 1** Este trabajo se llevó a cabo con fondos del International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá (Subvención INCAP PN-311).
- 2** Estudiante del Curso de Postgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos, del Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP.
- 3** Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.
- 4** Jefe de la misma División.

Publicación INCAP E-1091.

acción, resultaron significativos. La suplementación con metionina no tuvo efecto alguno en las dietas con proporciones altas de material crudo, pero sí lo tuvo en aquéllas con alta concentración de frijol cocido, en las que el aminoácido mejoró significativamente la respuesta biológica. La prematura y alta mortalidad en el caso de las dietas con un contenido apreciable de frijol crudo no permitió determinar adecuadamente su digestibilidad aparente; sin embargo, en aquéllas que tenían mayor concentración de frijol cocido, la digestibilidad fue mejor en el caso de los frijoles blancos que en el de los negros y rojos. En vista que la suplementación con metionina no afectó la digestibilidad, se sugiere que la modificación de la proteína por acción del calor es de gran importancia en su mejoramiento, ya que tampoco se obtuvo un efecto perjudicial definido a causa de los factores antifisiológicos. Se concluye que el bajo valor nutritivo del frijol cocido se debe a su deficiencia en aminoácidos azufrados, y que la estructura de la proteína es un factor de gran importancia en la digestibilidad.

INTRODUCCION

La presencia diaria de las leguminosas en la dieta latinoamericana y el volumen relativamente grande de trabajos de investigación realizados acerca de este alimento básico, han llevado a generalizar ciertos conceptos con respecto a su valor alimenticio. Por una parte, se ha sobrestimado su valor nutritivo; por la otra, se tiende a dar por sentado que ya se han comprendido y explicado todos los problemas nutricionales relacionados con estos alimentos. Es posible que el primer concepto tenga su origen en el contenido relativamente alto de proteínas de las leguminosas en comparación con los cereales; no obstante, es bien sabido que un porcentaje significativo de esta proteína no es asimilable. El segundo punto está más bien relacionado con la presencia de factores antifisiológicos y con la deficiencia de aminoácidos azufrados. Pese a los conceptos previamente mencionados, en la actualidad se reconoce que el valor biológico de las proteínas de las leguminosas de grano está afectado básicamente por dos factores: su deficiencia en los aminoácidos azufrados, y la baja digestibilidad de sus proteínas (1). Con respecto al problema de la digestibilidad, las causas no han sido aún del todo esclarecidas. Bressani, Elías y Molina (2) han analizado ya el papel de los factores "antinutricionales", del tratamiento térmico, de las proteínas resistentes a la hidrólisis enzimática, de las fracciones de N solubles en agua, de la velocidad del paso de los alimentos a través del tracto gastrointestinal y, última-

mente, de los pigmentos de naturaleza polifenólica presentes en la cáscara del frijol. Los autores proponen que todos estos factores pueden influir en la digestibilidad de las proteínas.

Se considera que un mejor conocimiento de las causas de la baja digestibilidad de las proteínas de las leguminosas puede contribuir significativamente a su mejor utilización y, por ende, a mejorar el valor nutritivo de la dieta latinoamericana.

En el presente trabajo se usó un modelo experimental en ratas, con el propósito de cuantificar el efecto integrado de los inhibidores de tripsina, hemaglutininas, taninos y metionina, en la digestibilidad y en la eficiencia de utilización de las proteínas de seis cultivares de frijol común (*Phaseolus sp.*).

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron seis lotes de 100 lb cada uno, de seis cultivares de frijol común (*Phaseolus sp.*): dos negros, uno de suelo (N₁) y el otro de enredo (N₂), ambos procedentes del departamento de Chimaltenango, Guatemala; dos blancos, uno de suelo (B₁), del departamento de Guatemala, y el otro de enredo (B₂), procedente de El Quiché; dos rojos (R₁ y R₂), provenientes de Chimaltenango y El Quiché, respectivamente. Todos son cultivares comerciales de frijol común (*P. vulgaris*) de Guatemala, excepto la muestra de frijol rojo (R₁), que es *P. coccineus*.

PREPARACION DE LAS MUESTRAS

Se elaboró una harina cruda y una cocida con cada cultivar de frijol. La harina cruda se obtuvo moliendo los granos limpios en un molino Raymond, con un tamiz de malla 40; la harina cocida se obtuvo remojando los granos limpios durante 18 horas, con una relación granos/agua de 1/3, reemplazando el agua de remojo por agua destilada y sometiendo los granos a cocción en autoclave a 121°C, 15 p.s.i., durante 20 minutos. Luego se redujeron a pulpa y esta pasta de frijol y caldo (agua de cocción) se deshidrató a 60°C, para finalmente ser molida.

ANALISIS DE LOS MATERIALES

Se determinó la humedad y la proteína cruda por los méto-

dos de la AOAC (3); el contenido de metionina por ensayo microbiológico, según el método citado por Bressani, Elías y Navarrete (4); los taninos y polifenoles mediante el ensayo de Joslyn (5); los inhibidores trópticos según la técnica de Kakade y Evans (6); y las hemaglutininas por el procedimiento de Jaffé y Brücher (7).

ENSAYOS BIOLOGICOS

A. Dietas

Se elaboraron 35 dietas que contenían 10% de proteína, utilizando las harinas crudas, cocidas o una mezcla de ambas, cuya composición se muestra en la Tabla 1. A 30 de ellas se les agregó 0.3% de DL-metionina, dejando cinco dietas de frijol N₁ sin suplemento de metionina (a manera de control). Asimismo, se incluyó un control de caseína. La proteína de las dietas provenía, en un 100, 75, 50, 25 y 0%, de frijol crudo, y en un 0, 25, 50, 75 y 100% de frijol cocido (dietas A, B, C, D, y E). Las dietas contenían, además, 4% de mezcla mineral (8); 1% de aceite de hígado de bacalao; 5% de aceite vegetal, y una cantidad suficiente de almidón de maíz hasta completar 100 g. Además, se le añadió 5 ml de solución de vitaminas (9) por 100 g de dieta.

B. Animales Experimentales

Se utilizaron ocho ratas, raza Wistar, del bioterio del INCAP (cuatro machos y cuatro hembras) por grupo, de 21-23 días de edad (recién destetadas). Estas fueron alojadas al azar en jaulas metálicas individuales con fondo de malla. La diferencia entre los pesos iniciales promedio por grupo no excedió de 1 g. El alimento y el agua se administraron *ad libitum* y se llevaron registros semanales del consumo de alimento y del peso corporal durante un período de 28 días; luego se calculó la relación entre el cambio en peso y la ingesta proteínica total. Con el fin de detectar la mortalidad, se hicieron observaciones de los animales dos veces al día, y se anotó el consumo total de alimento y el peso final del animal muerto, así como la fecha en que murió, con el objeto de calcular el tiempo de supervivencia. Para la determinación de la digestibilidad aparente (DA), se efectuó recolección de heces entre la primera y la segunda semana del ensayo. Dada la mortalidad prematura observada en las ratas sometidas a dietas con frijol crudo, no se continuó

TABLA 1

**CONTENIDO DE PROTEINA Y DE ALGUNOS FACTORES NUTRICIONALES Y ANTIFISIOLOGICOS
EN LOS FRIJOLES CRUDOS Y COCIDOS**

Frijol	Proteína cruda %		Metionina g/16 gN		Inhibidor tríp- tico UTI/ml		Taninos %		Hemaglutininas (Título)	
	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido
Negro 1	21.8	24.3	1.17	1.18	12.52	3.74	0.73	0.40	8	0
Negro 2	20.0	22.8	1.12	1.32	10.73	5.71	0.74	0.42	7	0
Rojo 1*	17.7	20.4	1.10	1.00	20.02	8.65	0.95	0.43	12	0
Rojo 2	20.7	22.5	0.87	1.19	13.28	8.00	0.99	0.47	7	0
Blanco 1	21.1	23.5	1.10	1.04	11.59	6.05	0.34	0.25	10	0
Blanco 2	21.1	23.6	1.12	1.01	11.34	7.16	0.36	0.16	7	0

* *Phaseolus coccineus*.

con esta determinación. Las heces se secaron a 60°C, se pesaron y luego se molieron para determinar el nitrógeno fecal. La DA se calculó a partir de la siguiente fórmula:

$$DA \text{ } \circ/\circ = \frac{N \text{ ingerido} - N \text{ fecal}}{N \text{ ingerido}} \times 100$$

Por último, se calcularon las ingestas diarias promedio de taninos, de inhibidores tripticos y de metionina para cada animal, y se efectuaron correlaciones múltiples entre estas variables y el cambio en el peso, por día y por rata, a fin de determinar el efecto de tales componentes del frijol sobre la respuesta biológica.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presentan los resultados de algunos análisis químicos practicados en las muestras. El contenido de proteína cruda, según revelan los datos, varió entre 17.7 y 21.8% y entre 20.4 y 24.3% para los frijoles crudos y cocidos, respectivamente; cabe resaltar que el frijol R₁ tuvo el menor contenido proteínico, y que se trata de un *Phaseolus coccineus*, a diferencia del resto que eran variedades de *Phaseolus vulgaris*. El contenido de metionina varió entre 0.87 y 1.17 g, y de 1.00 a 1.32 g/16 g N en las harinas crudas y cocidas, respectivamente; estos resultados concuerdan con datos descritos en la literatura para frijoles de Guatemala (1, 4).

Los valores más altos en actividad antitriptica y taninos correspondieron a los frijoles rojos; el frijol R₁ mostró un título hemaglutinante extraordinariamente alto. El proceso de cocción se tradujo en una disminución significativa ($P < 0.01$) de los inhibidores tripticos y taninos y en la completa destrucción de la actividad hemaglutinante. Es de interés indicar que la reducción en el contenido de taninos varió entre el 26.5 y el 55.5%.

La presencia de factores antinutricionales en el frijol crudo limita su consumo y utilización, y llega a provocar la muerte; pero, siendo termolábiles, se destruyen y/o inactivan parcial o totalmente mediante la cocción. El frijol cocido, sin embargo, muestra aún un valor nutricional bajo como consecuencia de factores antifisiológicos remanentes —que estarían afectando la digestibilidad de la proteína— y de su conocida deficiencia natural en aminoácidos azufrados (10).

En la Tabla 2 se observa que la razón de cambio en peso/

TABLA 2

RAZON DE CAMBIO EN PESO CORPORAL/INGESTA PROTEINICA* EN RATAS ALIMENTADAS CON DIETAS A BASE DE MEZCLAS DE FRIJOL CRUDO Y COCIDO SUPLEMENTADO CON METIONINA

Frijol	Dietas				
	A	B	C	D	E
Negro 1	-8.94 ± 5.33	-8.18 ± 4.37	-4.48 ± 3.46	-0.26 ± 0.74	2.30 ± 0.32
Negro 1**	-8.47 ± 3.51	-7.82 ± 3.26	-3.77 ± 0.80	-1.44 ± 0.36	0.68 ± 0.20
Negro 2	-5.18 ± 1.93	-6.04 ± 5.53	-1.83 ± 1.11	-0.05 ± 0.29	2.58 ± 0.17
Rojo 1	-18.21 ± 10.53	-10.71 ± 3.28	-37.80 ± 0.77	-1.46 ± 0.46	2.42 ± 0.29
Rojo 2	-8.80 ± 8.56	-4.34 ± 2.28	-2.67 ± 1.75	-0.79 ± 0.70	1.96 ± 0.27
Blanco 1	-7.44 ± 4.02	-4.95 ± 1.90	-2.38 ± 1.17	0.53 ± 0.25	2.40 ± 0.39
Blanco 2	-5.10 ± 2.49	-4.87 ± 2.36	-3.19 ± 1.95	0.63 ± 0.30	2.74 ± 0.50
Caseína	2.95 ± 0.20				

* Promedio ± desviación estándar.

** Sin suplementación de metionina.

ingesta proteínica aumenta a medida que la proporción de frijol cocido asciende en la dieta; por otro lado, se nota que tal relación sólo es positiva en las dietas E (100% cocido), excepto en el caso de los frijoles blancos, que produjeron pequeñas ganancias de peso con las dietas D (75% de frijol cocido). El análisis de varianza reveló diferencias significativas ($P < 0.01$) debidas al frijol, a la dieta (cantidad de frijol crudo a frijol cocido) y al efecto combinado de ambos; el factor dieta fue el más significativo. Los resultados revelan que el valor nutricional de las mezclas estaría en función inversa al contenido de factores antinutricionales de las mismas. Por otro lado, no se constataron diferencias entre las dietas D y E, lo que sugiere que, a estos niveles, los factores antifisiológicos no tendrían ya un efecto significativo, y que el aumento producido se debería más a una mejor calidad de la proteína.

Con el fin de determinar el efecto de la suplementación con metionina, se compararon los resultados obtenidos para el frijol N_1 con y sin suplemento (Tabla 2). Se encontró que los valores fueron similares para las dietas A, B y C, con y sin suplementación; a partir de la dieta D se observó un aumento significativo ($P < 0.01$) al haber suplementación (razón de ganancia en peso/ingesta proteínica = -0.26 y 2.30), que en los casos en que no se suplementa (-1.44 y 0.68). Estos valores se obtuvieron para las dietas D y E, respectivamente. Ello indica que el factor determinante del bajo valor nutritivo de las dietas con gran concentración de frijol crudo lo constituirían las hemaglutininas, los taninos y los inhibidores tripticos, causantes de las pérdidas de peso y de mortalidad. En cambio, en las mezclas donde la concentración de tales componentes es baja, el factor determinante del bajo valor nutritivo sería la deficiencia en aminoácidos azufrados.

La mortalidad de las ratas en las tres dietas con un contenido más alto de frijol crudo fue total (Tabla 3), mientras que con la dieta D, este índice disminuyó notablemente, salvo en el caso del frijol R_1 y del N_1 sin suplemento. Se alcanzó un 100% de supervivencia con la dieta D de frijoles blancos y el N_2 , tal como sucedió con las dietas E de todos los frijoles. Nuevamente se aprecia el efecto positivo de la metionina al comparar los datos correspondientes a la dieta D, con y sin suplemento (25.0 y 87.5%, respectivamente).

Liener (11) afirma que la suplementación de leguminosas crudas con metionina mejora el valor nutritivo de la proteína, mientras que Kakade y Evans (12) Jaffé y Vega (13) y McGinnins y Capella (14) señalan lo contrario. En el trabajo aquí descrito se

TABLA 3

TIEMPO DE SUPERVIVENCIA (T) EN DIAS Y PORCENTAJE DE MORTALIDAD (M)

Frijol	Dietas									
	A		B		C		D		E	
	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M
Negro 1	6.8	100.0	7.9	100.0	12.9	100.0	27.1	25.0	28.0	0.0
Negro 1*	6.4	100.0	8.1	100.0	11.1	100.0	24.4	87.5	28.0	0.0
Negro 2	8.8	100.0	12.2	100.0	18.8	100.0	28.0	0.0	28.0	0.0
Rojo 1	5.2	100.0	5.9	100.0	12.8	100.0	22.6	87.5	28.0	0.0
Rojo 2	8.0	100.0	10.0	100.0	12.4	100.0	24.9	37.5	28.0	0.0
Blanco 1	8.0	100.0	8.8	100.0	17.5	100.0	28.0	0.0	28.0	0.0
Blanco 2	8.6	100.0	8.1	100.0	15.0	100.0	28.0	0.0	28.0	0.0

* Sin suplemento de metionina.

encontró que el agregado de metionina no afecta significativamente la relación de cambio en peso/ingesta proteínica ni la mortalidad. Se desprende así que el valor nutritivo del frijol crudo está seriamente limitado por los factores tóxicos y, en forma secundaria, por la deficiencia en aminoácidos azufrados.

Los valores de DA (Tabla 4) oscilaron entre 47.2 y 61.90/o y entre 65.6 y 76.60/o para las dietas D y E, respectivamente, lo que concuerda con datos señalados en estudios previos (1, 2, 15-17). No se constataron diferencias significativas entre los diferentes tipos de frijol para las dietas E, pero sí para las dietas D ($P < 0.01$); además, se observa cierta tendencia que parece indicar que la proteína de los frijoles blancos es más digerible que la de los negros y rojos.

Asimismo, se demostró que la suplementación con metionina carece de efecto sobre la digestibilidad, lo que corrobora hallazgos anteriores de Bressani y Elías (1). Por otro lado, al comparar las dietas D y E dentro de cada cultivar, se observó que el incremento obtenido en E respecto a D es significativo ($P < 0.01$) en todos los casos, excepto en el de los frijoles R_1 y B_1 .

Segun Liener (18), el 40/o de la diferencia en DA entre el frijol crudo y cocido se debe a los inhibidores trípticos; por otra parte, Martín-Tanguy, Guillaume y Kossa (19), Griffiths y Jones (20) y Elías, Fernández y Bressani (21) señalan que los taninos afectan la digestibilidad e indican que debe estar involucrada parcialmente una inhibición enzimática. Nuestros resultados sugieren que la DA está también muy relacionada con la estructura de la proteína, puesto que si dependiera sólo de la presencia de los factores antinutricionales, era de suponer que el frijol R_1 (el más tóxico) mostrara un aumento significativo en la DA de la dieta E respecto a la D; sin embargo, tal incremento fue sólo de 5.4 unidades. Ajeno a ello, con el frijol B_2 no se habría esperado una diferencia significativa de 15.9 unidades de DA, ya que contenía concentraciones mínimas de taninos. Tal parece que la cocción del frijol produce no sólo la destrucción o inactivación de factores antifisiológicos, sino que afecta también la estructura de la proteína y la vuelve más digerible, como lo indica Liener (18).

A pesar de ello, no habría que descartar el posible papel que otros factores antifisiológicos presentes en algunos tipos de frijol desempeña, y que sean afectados a diferentes grados por la interacción entre el procesamiento y estos compuestos.

La Tabla 5 muestra los resultados concernientes a la regresión y correlación múltiple de las ingestas diarias promedio de

TABLA 4

DIGESTIBILIDAD APARENTE* DE LA PROTEINA

Frijol	Dietas	
	D	E
Negro 1	47.2 ± 18.2	66.7 ± 7.7
Negro 1**	56.2 ± 12.8	65.6 ± 9.5
Negro 2	52.6 ± 8.7	65.6 ± 7.5
Rojo 1	60.4 ± 10.0	65.8 ± 9.2
Rojo 2	55.8 ± 9.4	71.0 ± 7.8
Blanco 1	61.9 ± 12.2	71.6 ± 15.4
Blanco 2	60.7 ± 7.4	76.6 ± 4.8

* Promedio ± desviación estándar.

** Sin suplementación de metionina.

taninos e inhibidores tripticos y de metionina, con relación al cambio en el peso diario promedio de los animales. Al correlacionar el total de los datos, se encontró un coeficiente de correlación múltiple muy alto ($r^2 = 0.825$), y se demostró que los tres factores contribuyen significativamente a definir el valor de la variable dependiente. Al agrupar los datos por dieta, los r^2 disminuyeron para las dietas A, B y C; esto parece indicar que existen otros factores no considerados en la correlación, que afectan significativamente la variable dependiente, y uno de los cuales serían las hemaglutininas. Por otro lado, en las dietas D los r^2 fueron significativos únicamente para las ingestas de metionina y taninos; en cambio en las dietas E, sólo la metionina parece afectar el crecimiento, lo que obviamente se debe al insignificante contenido de factores antifisiológicos de dichas dietas.

Al eliminar la ingesta de metionina de la correlación múltiple (Tabla 6), se encontró que los r^2 eran significativos cuando se consideran todos los datos juntos y en el caso de las dietas D; ambos, los taninos y los inhibidores de tripsina, son importantes en la determinación del crecimiento, aunque parece ser que los taninos son más determinantes. Se sugiere que en las dietas con alto contenido de frijol crudo no hay correlación múltiple de las ingestas de taninos y de inhibidores tripticos con el crecimiento,

TABLA 5

REGRESION Y CORRELACION MULTIPLE ENTRE LAS INGESTAS DIARIAS DE TANINOS, INHIBIDORES TRIPTICOS Y METIONINA, Y CAMBIO DE PESO, POR DIA, DE LAS RATAS

Dietas	Pendientes correspondientes a las ingestas de					
	r^2	F	Taninos	Inhibidor tríptico	Metionina	Intercepto
A, B, C, D y E	0.825	322.82***	66.38***	-0.49***	99.63***	-2.28***
Sólo A	0.187	3.00*	4.82	-0.12	70.11**	-2.48***
Sólo B	0.163	2.53	22.60	-0.35	58.86**	-2.04***
Sólo C	0.126	1.84	-11.58	-0.02	37.74*	-1.46***
Sólo D	0.795	50.54***	-59.34***	-0.07	52.09***	-0.446**
Sólo E	0.711	31.38***	22.38	-0.16	52.76***	0.261

*, **, ***: Estadísticamente significativos al 5, 1 y 0.10/o, respectivamente.

TABLA 6

REGRESION Y CORRELACION MULTIPLE ENTRE LAS INGESTAS DIARIAS DE TANINOS E INHIBIDORES TRIPTICOS, Y CAMBIO DE PESO, POR DIA, DE LAS RATAS

Dietas	r ²	F	Pendientes correspondientes a la ingesta de		Intercepto
			Taninos	Inhibidor tríptico	
A, B, C, D y E	0.401	61.33***	157.18***	0.33*	-2.73***
Sólo A	0.061	1.146	0.24	0.30	-2.42***
Sólo B	0.025	0.459	8.78	0.13	-1.99***
Sólo C	0.011	0.192	-14.64	0.14	-1.19***
Sólo D	0.405	12.031***	-56.58**	0.48***	-0.41
Sólo E	0.131	2.610	-16.96	0.34	2.08

*, **, ***: Estadísticamente significativos al 5, 1 y 0.1%, respectivamente.

debido a que serían las hemaglutininas las determinantes de la pérdida de peso y, finalmente, la muerte de las ratas. Numerosos investigadores coinciden en que la toxicidad del frijol crudo está asociada a las hemaglutininas, aunque otros componentes contribuyen en diversos grados a la toxicidad total (11, 22-24). Por último, el hecho de que en las dietas E, el r^2 fuese tan bajo indicaría que con el frijol cocido —que carece de actividad hemaglutinante y cuya concentración de taninos e inhibidores trópticos es baja— el crecimiento estaría condicionado sólo por la cantidad de metionina ingerida.

Se considera que el modelo experimental usado en el presente estudio permite una mejor evaluación de los efectos nutricionales y antifisiológicos del frijol común, ya que las dietas están formuladas exclusivamente a base de esta leguminosa. No obstante, este diseño necesita mejorarse; el uso de animales adultos en el ensayo y/o menores niveles de frijol crudo en las dietas podría mejorarlo notablemente, puesto que en el diseño actual, no se obtuvo parte de la información debido a la grande y prematura mortalidad de las ratas sometidas a las dietas con un alto contenido de frijol crudo.

SUMMARY

SIGNIFICANCE OF SOME ANTIPHYSIOLOGICAL AND NUTRITIONAL FACTORS ON THE BIOLOGICAL EVALUATION OF DIFFERENT BEAN (*Phaseolus sp.*) CULTIVARS

Raw and cooked samples of beans supplemented with methionine were used to prepare 35 rat diets containing different amounts of methionine, tannins, and trypsin inhibitors. The effect of these diets on weight gain, mortality and protein utilization was measured. The weight gain/protein consumption ratio increased while mortality decreased as the proportion of raw beans decreased in the diet. The effects of diet, beans and their interaction were significant.

Supplementation with methionine had no effect in diets with high proportions of raw beans, but it had a significant effect on the biological response to diets with high proportions of cooked beans. The high and early mortality that occurred with diets with a high content of raw beans did not permit the adequate determination of apparent digestibility. In diets with a high concentration of cooked beans, digestibility was higher for white than for black or red beans. Since methionine supplementation had no effect on

digestibility, it is suggested that heat-induced changes in the protein could be of great importance in the improvement of bean protein. At the same time, heat destroys the antiphysiological factors, since no definite detrimental effect was observed in the cooked samples due to these factors.

It is concluded that the low nutritive value of cooked beans is due to a deficiency of sulfur-containing amino acids, and that the structure of the protein is a factor of the utmost importance in determining its digestibility.

BIBLIOGRAFIA

1. Bressani, R. & L. G. Elías. Evaluación de la calidad proteica de varias leguminosas de grano usando diversos métodos biológicos. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **26**(3): 325-339, 1956.
2. Bressani, R., L. G. Elías & M. R. Molina. Estudios sobre la digestibilidad de la proteína de varias especies de leguminosas. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **27**(2): 215-231, 1977.
3. Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis*. 9th ed. Washington, D.C., The Association, 1960.
4. Bressani, R., L. G. Elías & D. A. 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**(3): 525-539, 1961.
5. Joslyn, M. A. *Methods of Food Analysis*. 2nd ed. New York, Academic Press, 1970.
6. Kakade, M. L. & R. J. Evans. Growth inhibition of rats fed raw navy beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Nutrition*, **90**: 191-198, 1966.
7. Jaffé, W. G. & O. Brücher. Toxicidad y especificidad de diferentes fitohemaglutininas de frijoles (*Phaseolus vulgaris*). *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **22**: 267-281, 1972.
8. Hegsted, D. M., R. C. Mills, C. A. Elvehjem & E. B. Hart. Choline in the nutrition of chicks. *J. Biol. Chem.*, **138**: 459-466, 1941.
9. Manna, L. & S. M. Hauge. A possible relationship of vitamin B₁₃ to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, **202**: 91-96, 1973.
10. Elías, L. G., F. R. Cristales, R. Bressani & H. Miranda. Composición química y valor nutritivo de algunas leguminosas de grano. *Turrialba*, **26**(4): 375-380, 1976.
11. Liener, I. E. Toxic factors in edible legumes and their elimination. *Am. J. Clin. Nutr.*, **11**: 281-299, 1962.
12. Kakade, M. L. & R. J. Evans. Nutritive value of navy beans (*Phaseolus vulgaris*). *Br. J. Nutr.*, **19**: 269-276, 1965.
13. Jaffé, W. G. & C. L. Vega Lette. Heat-labile growth-inhibiting factors in

- beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Nutrition*, 94: 203-210, 1968.
14. McGinnis, J. & M. Capella. Nutritional value of different varieties of beans (*Phaseolus vulgaris*) and cowpeas (*Vigna sinensis*) for chicks and factors affecting nutritional value. In: **Nutritional Aspects of Common Beans and Other Legume Seeds as Animal and Human Foods**. Proceedings of a Meeting held in Ribeirão Preto, Brazil, November 6-9, 1973. W. G. Jaffé (Ed.). Caracas, Venezuela, Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 1973, p. 67-79.
 15. Jaffé, W. G. Toxic factors in beans; their practical importance. In: **Symposium on the Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding**, Rome, Italy, 3-5 July, 1972. New York, John Wiley & Sons, 1973, p. 199-209.
 16. Jaffé, W. G. & M. E. Flores. La cocción de frijoles (*Phaseolus vulgaris*). *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 25(1): 79-90, 1975.
 17. Bressani, R. & L. G. Elías. Legume foods. In: **New Protein Foods**. A. M. Altschul (Ed.). Vol. 1A. **Technology**. New York, Academic Press, 1974, p. 230-297.
 18. Liener, I. E. Legume toxins in relation to protein digestibility — A review. *J. Food Sci.*, 41: 1076-1081, 1976.
 19. Martin-Tanguy, J., J. Guillaume & A. Kossa. Condensed tannins in horse bean seeds: chemical structure and apparent effects on poultry. *J. Sci. Fd. Agric.*, 28: 757-765, 1977.
 20. Griffiths, D. W. & D. J. H. Jones. Cellulase inhibition by tannins in the testa of field beans (*Vicia faba*). *J. Sci. Fd. Agric.*, 28: 983-989, 1977.
 21. Elías, L. G., D. G. 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.
 22. Andrews, A. T. & D. J. Jayne-Williams. The identification of a phytohaemagglutinin in raw navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.) toxic for Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Br. J. Nutr.*, 32(1): 181-188, 1974.
 23. Liener, I. E. Antitrypsic and other nutritional factors in legumes. In: **Symposium on the Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding**. Rome, Italy, 3 - 5 July, 1972. New York, John Wiley & Sons, 1973, p. 239-258.
 24. Palmer, R. & R. Thompson. A comparison of the protein value and composition of four cultivars of faba beans (*Vicia faba* L.) grown and harvested under controlled conditions. *J. Sci. Fd. Agric.*, 26: 1577-1583.