

Interrelaciones entre tiempo de remojo, tiempo de cocción, valor nutritivo y otras características del frijol (*Phaseolus vulgaris*)¹

MARIO ROBERTO MOLINA², GABRIEL DE LA FUENTE²
Y RICARDO BRESSANI³

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

RESUMEN

Se establecieron las interrelaciones entre el tiempo de remojo, tiempo de cocción y valor nutritivo de las proteínas del frijol recién cosechado, y del frijol almacenado durante tres meses. En ambos lotes, el tiempo óptimo de cocción para obtener el mayor valor nutritivo fue de 10 minutos en las muestras sometidas a 8, 16 ó 24 horas de remojo. Este mismo hallazgo concierne a las muestras no sometidas a remojo, procedentes del frijol recién cosechado, mientras que en el caso de aquéllas procedentes del frijol almacenado por tres meses, se necesitó un tiempo de cocción de 20 a 30 minutos. El descenso en valor nutritivo observado no guardó correlación con ninguna baja en los valores de lisina disponible y metionina; el deterioro en calidad proteínica parece tener relación directa con el coeficiente de rehidratación del producto. Se sugiere que el almacenamiento puede ejercer cierto efecto sobre la calidad proteínica del frijol y sobre el proceso óptimo a escogerse en función de valor nutritivo.

-
1. Esta investigación se llevó a cabo con fondos de la Research Corporation, con sede en la ciudad de Nueva York, N. Y., E. U. A. (Subvención Nº INCAP 740).
 2. Científicos de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.
 3. Jefe de la citada División.
Publicación INCAP E-781.
Recibido: 15-5-1974.

INTRODUCCION

Al igual que otras leguminosas, el frijol constituye un alimento tradicional en la dieta de las poblaciones tropicales y subtropicales. Esta leguminosa aporta cantidades significativas de proteína y calorías, tanto a sus consumidores en el área rural como en el medio urbano (1).

Estudios previos han indicado que cuando el frijol (*Phaseolus vulgaris*) se cuece directamente en el autoclave, el valor nutritivo de sus proteínas se compromete al utilizar tiempos de cocción menores de 10 minutos y en exceso de 30 minutos (2). Bressani, Elías y Valiente (2) demostraron asimismo una pérdida de la lisina disponible cuando el tiempo de cocción a presión excedía de 30 minutos. Este hecho es de singular importancia si se considera que el frijol ha sido aceptado como un complemento proteínico natural de los cereales a los que aporta la lisina en que éstos son deficientes (3); por este motivo, cualquier merma en la disponibilidad de este aminoácido comprometería la calidad del frijol como complemento proteínico de los cereales.

Por otra parte, se ha informado que una operación de remojo previo a la cocción o antes de someterse al autoclave es necesaria para eliminar por completo la toxicidad del frijol crudo (4, 5). Sin embargo, en la literatura no hay dato alguno con respecto a la influencia que una operación de remojo pueda tener sobre el tiempo óptimo de cocción a fin de obtener el valor nutritivo máximo y el mayor contenido posible de metionina y de lisina disponible de las proteínas del frijol.

En virtud de lo expuesto, el trabajo que aquí se presenta se llevó a cabo con miras a investigar la influencia de una operación de remojo, verificada a cuatro diferentes períodos de tiempo, sobre el valor nutritivo y sobre el contenido de metionina y de lisina disponible de la proteína del frijol.

MATERIALES Y METODOS

Muestras y Métodos Analíticos

Se utilizaron dos lotes de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) variedad S-19-N, cosechado en la Finca Experimental del INCAP, "San Antonio Pachalí", Guatemala, la cual se en-

cuenta situada a una altura de 1,480 m sobre el nivel del mar. El primer lote fue procesado inmediatamente después de la cosecha, mientras que el segundo se procesó después de tres meses de haberse cosechado. El almacenaje de este segundo lote, previo al proceso, se efectuó bajo la temperatura y condiciones ambientales de laboratorio (temperatura: de 22 a 25° C, humedad relativa: de 60 a 70%).

Cuatro muestras (2 kg/muestra) de cada lote de frijol fueron sometidas, en triplicado, a un tratamiento de remojo en agua potable (aproximadamente 6 lt de agua/muestra) y temperatura ambiente (25°C) por períodos de 0, 8, 16 y 24 horas, respectivamente. Luego, cada una de las tres muestras correspondientes a cada tratamiento de remojo se sometió a cocción en el autoclave (15 psi, a 121°C) por períodos de tiempo diferentes. Los tres tiempos de cocción evaluados fueron de 10, 20 y 30 minutos. El tiempo de calentamiento fue de 2 a 4 minutos y el de enfriamiento después de la cocción osciló entre 6 y 8 minutos previo a retirar los recipientes de la retorta. El grano cocido se separó del caldo por filtración, se secó en horno de aire (70°C por 24 horas) y se molió en un molino de martillos, equipado con una criba de 40 mallas.

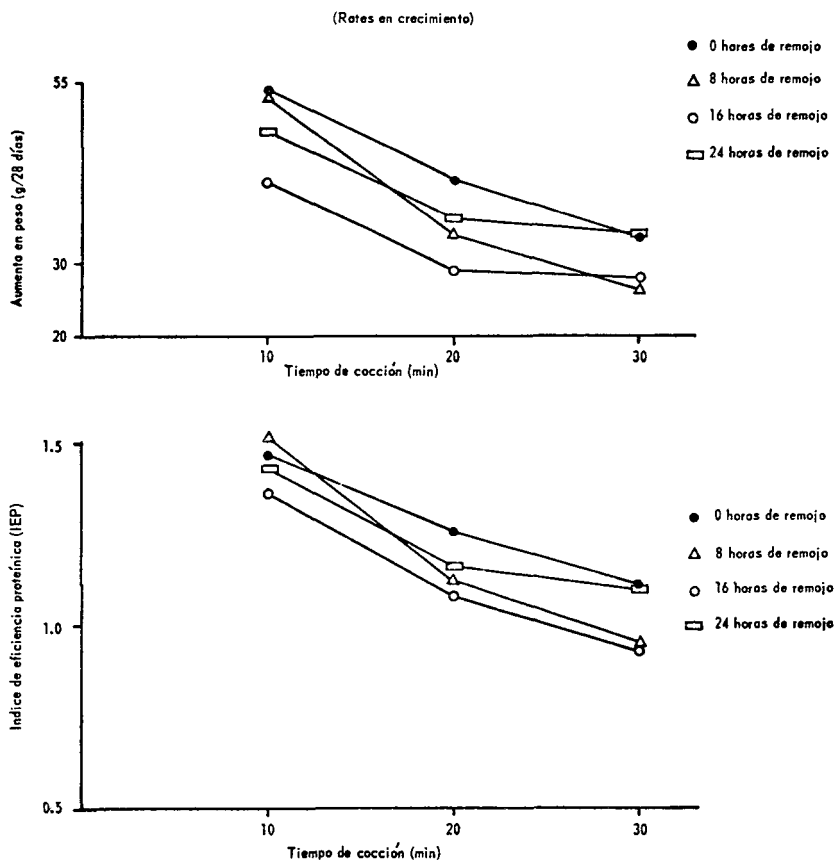
El nitrógeno y los sólidos totales fueron determinados en duplicado siguiendo los métodos descritos por la AOAC (6). La proteína se estimó en todos los casos multiplicando el nitrógeno por el factor acostumbrado de 6.25. La lisina disponible fue determinada según el método de Conkerton y Frampton (7) y la metionina, por el procedimiento microbiológico descrito por Elías, Colindres y Bressani (8).

En el caso del frijol crudo, el coeficiente de hidratación se determinó en triplicado, según el método de Steinkraus *et al.* (9), en alícuotas de las muestras sometidas a remojo por los tiempos evaluados. Dicho coeficiente se expresó en términos de gramos de agua absorbida por 100 g de muestra seca. El coeficiente de rehidratación de los frijoles cocidos se determinó en triplicado de acuerdo a la técnica de Van Arsdell y Copley (10) utilizando una ración de frijol: agua potable de 1:30 por 2 horas, a 35°C y con agitación continua.

Métodos Biológicos

El índice de eficiencia proteínica (IEP) se determinó esencialmente siguiendo los métodos de la AOAC (6). Para

el caso, se utilizaron ratas de la raza Wistar provenientes de la colonia animal del INCAP. Las ratas fueron distribuidas en grupos integrados por 4 machos y 4 hembras, cada uno. Todas las dietas se suplementaron con 4% de una mezcla mineral (11), 5% de aceite de algodón, 1% de aceite de hígado de bacalao y almidón de maíz hasta completar 100 g, a los cuales se les agregó 5 ml de una solución de vitaminas del complejo B (12).



Incap 74-575

Figura 1. Relación entre el aumento de peso y el IEP con el tiempo de cocción de muestras de frijol recién cosechado, sujetas a diferentes tiempos de remojo (ratas en crecimiento).

CUADRO N° 1
CONTENIDO DE METIONINA, LISINA DISPONIBLE Y COEFICIENTE DE REHIDRATACION DE FRIJOL RECIEN COSECHADO Y SOMETIDO A DIVERSOS PROCESOS^a

Procesos ^b	Metionina (g/16 g N)	Lisina disponible (g/16 g N)	Coefficiente de rehidratación %	r ^c
0-10	0.62	4.98	230	0.99
0-20	0.57	4.28	220	
0-30	0.69	4.73	215	
8-10	0.70	5.23	261	0.99
8-20	0.88	5.28	249	
8-30	0.78	4.31	239	
16-10	0.76	5.00	264	0.95
16-20	0.69	4.43	249	
16-30	0.65	4.31	240	
24-10	0.58	4.69	255	0.99
24-20	0.69	5.02	243	
24-30	0.76	4.32	234	

^a El contenido de lisina disponible y de metionina del frijol crudo fue de 4.34 y 0.67 g/16 g N, respectivamente.

^b Horas de remojo - minutos de cocción.

^c Coeficiente de correlación entre los valores del IEP y el coeficiente de rehidratación, calculado para cada tiempo de remojo.

CUADRO N° 2
BALANCE DE MATERIALES EN EL PROCESAMIENTO DE MUESTRAS
DE FRIJOL ALMACENADO Y SOMETIDO A DIFERENTES TIEMPOS
DE REMOJO Y COCCION

Proceso ^a	Sólidos totales (g/kg de materia prima)			
	Materia prima	Caldo de cocción	Frijol precocido	Porcentaje de pérdida total ^b
0-10	805	52.00 (6.46) ^c	705	12.40
0-20	805	56.59 (7.03)	693	13.86
0-30	805	59.66 (7.41)	688	14.47
8-10	805	73.32 (9.11)	710	11.81
8-20	805	80.93 (10.05)	700	13.01
8-30	805	88.49 (10.99)	688	14.50
16-10	805	76.82 (9.54)	701	12.90
16-20	805	71.74 (8.91)	687	14.60
16-30	805	64.64 (8.03)	696	13.60
24-10	805	76.14 (9.47)	689	14.46
24-20	805	76.64 (9.52)	700	13.03
24-30	805	76.63 (9.52)	715	11.20

^a Horas de remojo - tiempo de cocción.

^b Incluye pérdidas en el caldo de cocción.

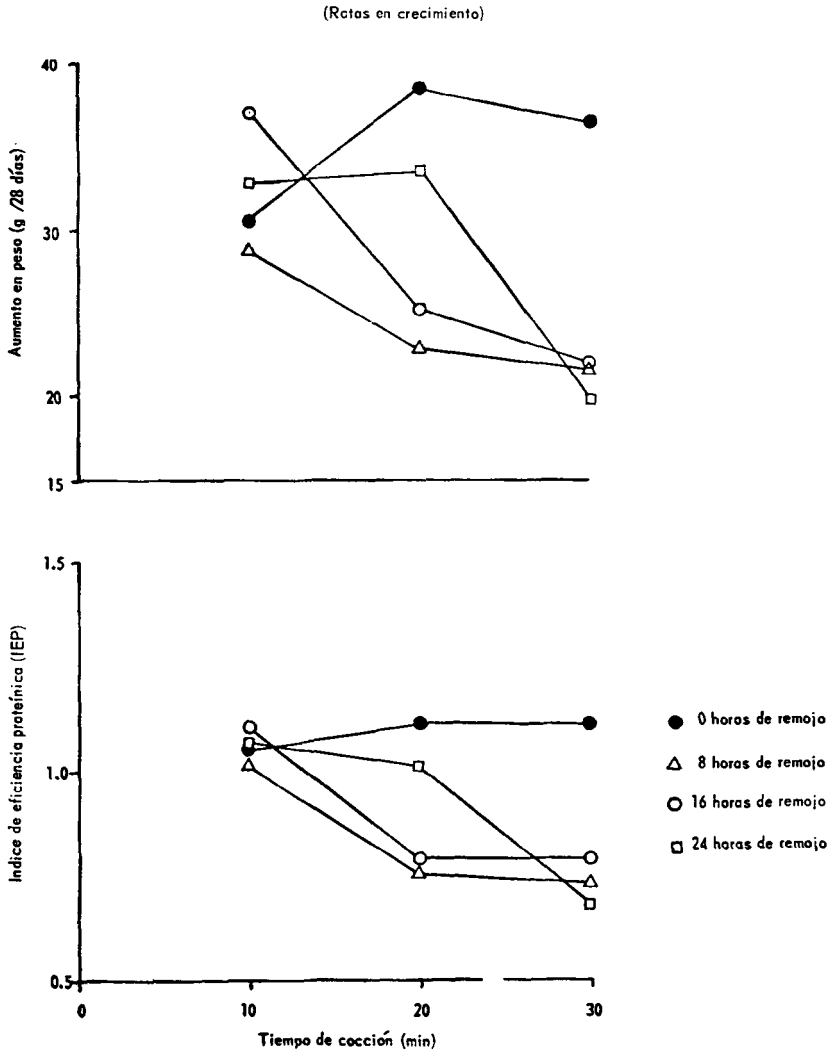
^c Las cifras entre paréntesis representan el porcentaje de los sólidos totales de la materia prima original perdidos en el caldo de cocción.

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos al evaluar la calidad proteínica del frijol procesado al momento de la cosecha. Según se observa, los tiempos de cocción que excedieron de 10 minutos demostraron tener un efecto detrimental, estadísticamente significativo ($p < 0.01$) sobre la calidad proteínica del frijol, tanto al ser sometido a cualquier tiempo de remojo, como en los casos en que no se siguió este procedimiento.

Los datos relativos a metionina, lisina disponible y coeficiente de rehidratación obtenidos para el frijol recién cosechado, se exponen en el Cuadro N° 1. Este ilustra, asimismo, los coeficientes de correlación obtenidos entre los valores de IEP (Fig. 1) y los coeficientes de rehidratación correspondientes. Aun cuando, en general, los valores de lisina disponible

mostraron la misma tendencia que los valores del IEP, no se constató ninguna correlación estadística entre ambos valores. Por otro lado, es interesante observar que los descensos en el valor nutritivo del frijol (Fig. 1) no se acompañan de una merma en su contenido de metionina.



Incap 74-574

Figura 2. Relación entre el aumento de peso y el IEP con el tiempo de de cocción de muestras de frijol almacenado, sujetas a diferentes tiempos de remojo (ratas en crecimiento).

CUADRO N° 3
BALANCE DE NITROGENO EN EL PROCESAMIENTO DE MUESTRAS
DE FRIJOL ALMACENADO Y SOMETIDO A DIFERENTES TIEMPOS
DE REMOJO Y COCCION
(Base seca)

Procesos ^a	Nitrógeno (g/kg de materia prima)			
	Materia prima	Caldo de cocción	Producto precocido	Porcentaje de pérdida total ^b
0-10	35.04	1.55 (4.42) ^c	31.26	10.78
0-20	35.04	1.58 (4.51)	31.02	11.47
0-30	35.04	1.77 (5.05)	30.78	12.17
8-10	35.04	1.29 (3.67)	31.48	10.15
8-20	35.04	1.33 (3.80)	30.95	11.67
8-30	35.04	1.76 (5.01)	30.57	12.76
16-10	35.04	1.12 (3.21)	31.35	10.53
16-20	35.04	1.21 (3.45)	30.67	12.48
16-30	35.04	0.99 (2.81)	30.80	12.11
24-10	35.04	1.17 (3.33)	30.00	14.38
24-20	35.04	1.55 (4.42)	30.97	11.62
24-30	35.04	1.19 (3.39)	31.25	10.81

^a Horas de remojo-minutos de cocción.

^b Incluye pérdidas en el caldo de cocción.

^c Las cifras entre paréntesis representan el porcentaje del nitrógeno de la materia prima original perdido en el caldo de cocción.

CUADRO N° 4
PROTEINA Y COEFICIENTE DE REHIDRATACION DE FRIJOL
ALMACENADO Y SOMETIDO A DIVERSAS CONDICIONES DE
PROCESAMIENTO

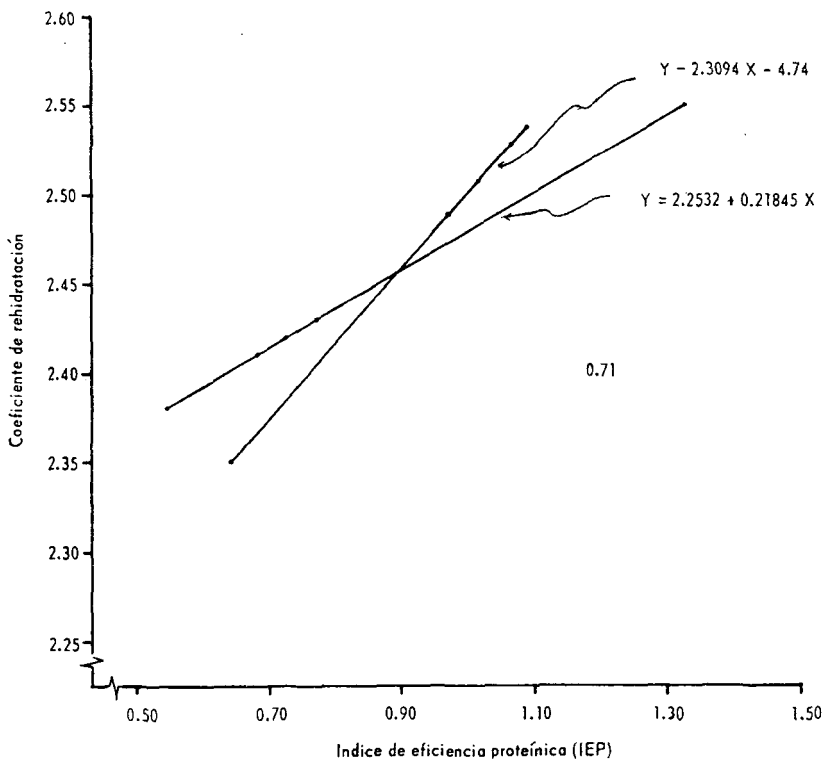
Tiempo de remojo (horas)	Tiempo de cocción (minutos)	Proteína ^a %	Coefficiente de rehidratación %	r ^b
0	10	27.72	241	0.95
	20	27.66	251	
	30	27.08	255	
8	10	26.21	249	0.99
	20	27.06	242	
	30	27.63	241	
16	10	27.14	245	0.72
	20	27.05	243	
	30	26.34	238	
24	10	27.22	252	0.92
	20	27.67	248	
	30	27.33	244	

^a Expresada en base seca. Humedad promedio del producto = $8 \pm 1\%$.

^b Coeficiente de correlación entre los valores del IEP y el coeficiente de rehidratación calculado para cada tiempo de remojo.

A fin de corroborar estos hallazgos se decidió repetir el experimento con otro lote de frijol que, a pesar de que no procedía de la misma cosecha, era de la misma variedad y había sido cultivado en la misma localidad que el lote anterior. Este último estuvo en almacenamiento durante tres meses, previo a ser procesado. En la Figura 2 se muestran los resultados de la evaluación de la calidad proteínica de este segundo lote de frijol, sometido a los diversos procesos evaluados. En este caso, la calidad de la proteína de las muestras no sometidas a remojo se vio favorecida por un tiempo de cocción de 20 a 30 minutos, mientras que en las muestras sujetas a remojo, dicha calidad se vio afectada cuando el tiempo de cocción fue de más de 10 minutos. El análisis estadístico reveló diferencias significativas ($p < 0.01$) entre las muestras sujetas a 16 y 24 horas de remojo, y aquéllas sometidas a 20 y 30 minutos de cocción.

En vista de que al usar el lote de frijol recién cosechado no se encontró ninguna correlación entre los cambios en valor nutritivo y los cambios sufridos en su contenido de metionina y lisina disponible, se acordó investigar si existía alguna relación entre los cambios observados en calidad proteínica y las pérdidas en sólidos totales o en nitrógeno ocurridas durante el proceso. Los Cuadros N° 2 y 3 muestran el balance de materiales —en función de sólidos totales y de nitrógeno, respectivamente— obtenido bajo las diversas condiciones de proceso evaluadas. Estos hallazgos indican que las pérdidas de sólidos y de nitrógeno, tanto en el caso de las muestras no sometidas a remojo, como en el de las que sí se sometieron a dicha operación durante 8 horas, son directamente proporcionales al tiempo de proceso térmico a que fue-



Incap 74-576

Figura 3. Relación entre el IEP y el coeficiente de rehidratación de muestras de frijol almacenado, sujetas a diversos procesamientos.

ron sometidas. Por otra parte, las muestras remojadas durante 16 ó 24 horas, no acusaron ninguna relación entre las pérdidas de sólidos o de nitrógeno y el proceso térmico a que se sujetaron. En todos los casos el peso de caldo de cocción por kg de materia prima osciló entre 400 y 600 g, no encontrándose ninguna diferencia en peso de caldo con relación a los tiempos de remojo o cocción evaluados. El análisis de estos datos tampoco reveló ninguna correlación entre esas dos variables y los cambios observados en el valor nutritivo de la proteína (Fig. 2).

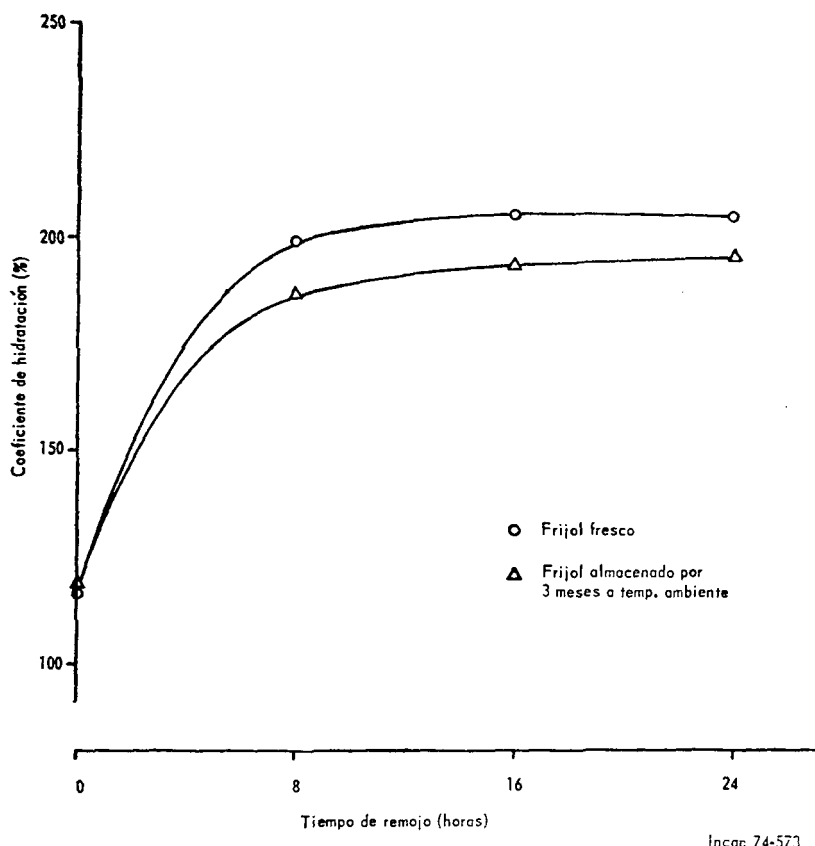


Figura 4. Relación entre el tiempo de remojo y el coeficiente de hidratación de muestras de frijol recién cosechado y almacenado.

Los datos de proteína total y del coeficiente de rehidratación obtenidos con las muestras sometidas a los diversos procesos evaluados en nuestro estudio se dan a conocer en el Cuadro N° 4. Se incluyen también los coeficientes de correlación encontrados entre los valores de IEP determinados en las muestras sometidas a los diversos tiempos de remojo (Fig. 2) y los coeficientes de rehidratación correspondientes. Según se aprecia, no hubo correlación alguna entre los cambios obtenidos en calidad proteínica (Fig. 2) y los valores de proteína total. Sin embargo, sí se encontró una alta correlación entre los valores del IEP y el coeficiente de rehidratación de las muestras sometidas a los distintos tratamientos de cocción evaluados para cada tiempo de remojo.

La Fig. 3 constituye una representación gráfica de la alta correlación obtenida entre los valores del IEP y el coeficiente de rehidratación, determinados en las muestras que se usaron en los diversos procesos evaluados.

Los coeficientes de hidratación obtenidos a los diferentes tiempos de remojo, para los dos lotes de frijol empleados, se aprecian en la Figura 4. Es de interés observar que mientras los frijoles recién cosechados alcanzan su hidratación máxima a las 16 horas de remojo, los frijoles almacenados siguen una curva de hidratación ascendente aún después de 24 horas de remojo, es decir, cuando todavía no alcanzan el mismo nivel de hidratación que se logró con el frijol recién cosechado después de 8 horas de remojo.

DISCUSION

En el estudio aquí descrito, conviene subrayar el diferente efecto que sobre la calidad proteínica del frijol tuvieron los diferentes procesos evaluados al aplicarse a un lote de frijol recién cosechado (Fig. 1), y a otro de frijol almacenado (Fig. 2). No obstante que ambos procedían de diferente cosecha, por ser el frijol de la misma variedad y haber sido cultivado en el mismo sitio, creemos que estos resultados sugieren fuertemente que el almacenamiento afecta no sólo la calidad proteínica del frijol sometido a un proceso determinado, sino también el proceso óptimo a seleccionarse en función de la calidad proteínica máxima del producto.

Es de notar también que, en general, una operación de remojo previo a la cocción requirió para ambos lotes de frijol un tiempo de 10 minutos de cocción en el autoclave para obtener la calidad proteínica máxima en el producto final. En consecuencia, puede concluirse que una operación de remojo previo a la cocción implica una reducción en el tiempo de cocimiento a fin de obtener la calidad proteínica máxima en el producto final.

Se ha informado que tanto en el frijol (13) como en el pescado (14-16), la disponibilidad de la lisina se ve más afectada por tratamientos térmicos mientras más bajo es el contenido de humedad de la muestra procesada; lo contrario sucede con la metionina (14-16). Por lo tanto, el descenso en valor nutritivo de las proteínas del frijol, cuando éste se somete a remojo previo a la cocción, probablemente podría explicarse por un descenso en la disponibilidad de metionina, ocasionado por una mayor hidratación, ya que éste es el aminoácido esencial más limitante en dicha leguminosa (17). Esta posibilidad la estamos investigando activamente.

En comparación con el frijol almacenado la hidratación del frijol recién cosechado es más fácil (Fig. 4). Ello podría explicar el daño térmico que la proteína del frijol recién cosechado sufre al someterlo a cocción en autoclave por períodos de más de 10 minutos sin remojo previo (Fig. 1). Esto no sucedió en el caso del frijol almacenado (Fig. 2).

No se observó ninguna correlación entre los cambios en la calidad proteínica de las muestras sometidas a los diferentes tratamientos y el contenido de metionina o de lisina disponible (Cuadro N° 1). Tampoco hubo correlación entre dichos cambios y las pérdidas de sólidos totales o de nitrógeno ocurridas durante el proceso (Cuadros No. 2 y No. 3), pero sí con una propiedad fisico-química del producto como lo es su coeficiente de rehidratación (Fig. 3 y Cuadros N° 1 y N° 4). Por lo tanto, este hecho sugiere la posibilidad de que los cambios en calidad proteínica sean el resultado de cambios estructurales en la propia proteína del frijol.

SUMMARY

Interrelationships between soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of beans (*Phaseolus vulgaris*)

The interrelationships between soaking time, cooking time and nutritive value of the bean protein were studied using recently harvested beans, and beans stored for a 3-month period. It was found that for both lots, the optimum cooking time needed to obtain maximum nutritive value was 10 minutes for the samples soaked for 8, 16 or 24 hours. The same was true for the unsoaked samples of the recently harvested lot, while the unsoaked samples from the lot stored for 3 months needed a cooking time of 20 to 30 minutes to attain maximum nutritive value. The decrease of the latter parameter did not correlate with any lowering in available lysine or methionine values. The detrimental effects on protein quality appear to have a direct relationship with the rehydration coefficient of the product. It is suggested, therefore, that storage could affect the nutritive value of beans, and also the optimum process to be chosen based on protein quality.

BIBLIOGRAFIA

1. Evaluacion Nutricional de la Población de Centro América y Panamá. Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP); Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud (EE.UU); Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala. Guatemala, INCAP, 1969, 136 p. más 5 apéndices.
2. Bressani, R., L. G. Elías & A. T. Valiente. Effect of cooking and of amino acid supplementation on the nutritive value of black beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) *Brit. J. Nutr.*, 17: 69-78, 1963.
3. Bressani, R., A. T. Valiente & C. Tejada. All-vegetable protein mixtures for human feeding. VI. The value of combinations of lime-treated corn and cooked black beans. *J. Food Sci.*, 27: 394-400, 1962.
4. Kakade, M. L. & R. J. Evans. Effect of soaking and germinating on the nutritive value of navy beans. *J. Food Sci.*, 31: 781-783, 1966.
5. Liener, I. E. Toxic factors in edible legumes and their elimination. *Am. J. Clin. Nutr.*, 11: 281-298, 1962.
6. Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*. 11th ed. Washington, D. C., The Association, 1970, p. 800.
7. Conkerton, E. J. & V. L. Frampton. Reaction of gossypol with free ϵ -amino groups of lysine in proteins. *Arch. Biochem. Biophys.*, 81: 130-134, 1959.
8. Elías, L. G., R. Colindres & R. Bressani. The nutritive value of eight varieties of cowpea (*Vigna sinensis*). *J. Food Sci.*, 29: 118-122, 1964.

9. Steinkraus, K. H., J. P. Van Buren, R. L. LaBelle & D. B. Hand. Some studies on the production of precooked dehydrated beans. *Food Technol.*, 18: 1945-1950, 1964.
10. Van Arsdel, W. B. & M. J. Copley. *Food Dehydration*. Vol. 1. Westport Conn., The AVI Pub. Co., Inc., 1963. p. 81-83.
11. 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.
12. Manna, L. & S. M. Hauge. A possible relationship of vitamin B₁₃ to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, 202: 91-96, 1953.
13. González del Cueto, A., W. H. Martínez & V. L. Frampton. Effect of autoclaving on the basic amino acids and proteins of the chick pea. *J. Agr. Food Chem.*, 8: 331-332, 1960.
14. Miller, E. L., K. J. Carpenter & C. K. Milner. Availability of sulphur amino acids in protein foods. 3. Chemical and nutritional changes in heated cod muscle. *Brit. J. Nutr.*, 19: 547-564, 1965.
15. Miller, E. L., K. J. Carpenter & C. B. Morgan. Availability of sulphur amino acids in protein foods. 2. Assessment of available methionine by chick and microbiological assay. *Brit. J. Nutr.*, 19: 249-267, 1965.
16. Osner, R. C. & R. M. Johnson. Nutritional changes in proteins during heat processing. *J. Food Technol.*, 3: 81-86, 1968.
17. Bressani, R., L. G. Elias & 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: 525-528, 1961.