

# EFFECTO DE LA COCCION SOBRE ALGUNAS CARACTERISTICAS NUTRICIONALES DEL FRIJOL\*

Carmen Jacinto Hernández, Albino Campos Escudero\*\*

## RESUMEN

Se estudiaron siete variedades de frijol de los tipos: Flor de Mayo, Negro, Bayo y Canario, además de la línea BAT 104. El objetivo del presente estudio fue analizar las características tecnológicas y nutricionales, así como los cambios que por efecto de la cocción resultan en la digestibilidad de la proteína y la actividad del inhibidor de tripsina en el grano de los materiales. Se encontraron diferencias significativas entre variedades en el peso, tamaño, porcentaje de testa, tiempo de cocción, actividad del inhibidor de tripsina y digestibilidad. El contenido de proteína en los materiales varió de 22.6 a 27.3 %; asimismo se detectaron diferencias entre los materiales en su concentración de componentes químicos, tales como almidón, fibra cruda, cenizas, lisina y triptofano. Una baja actividad del inhibidor de tripsina en el frijol cocido estuvo más correlacionada con un mayor tiempo de cocción y menor tamaño de grano que con el contenido del mismo inhibidor en el frijol crudo. La digestibilidad de los materiales se incrementó en promedio 10 % como consecuencia de la cocción.

## ABSTRACT

Effect of cooking on some nutritional characteristics of beans. Seven bean varieties of the seed types: Flor de Mayo, Negro, Bayo, and Canario, and the line BAT 104 were included in this study. The objective of this research was to analyze the technological and nutritive characteristics as well as the changes that result from cooking in the digestibility and the activity of the trypsin inhibitor of the materials. Highly significant differences among varieties in weight, volume, coat percentage, cooking time, trypsin inhibitor activity and digestibility were found. The protein content in the materials ranged from 22.6 to 27.3 %. Also, differences were detected among materials in the chemical components such as starch, crude fiber, ash, lysine and tryptophan content. A low activity of the trypsin inhibitor in cooked beans was more correlated with longer cooking time and smaller grains rather than with the inhibitor content in raw beans. Digestibility of the materials was increased 11% on the average as a consequence of cooking.

## INTRODUCCION

El frijol representa para la población de México una de las principales fuentes de proteína, por el bajo costo de ésta en comparación con la proteína de origen animal. El contenido de proteína en frijol es de dos a tres veces superior al de los cereales, sin embargo presenta algunas limitantes, tales como su deficiencia en aminoácidos azufrados y la presencia de algunos factores antinutricionales.

Uno de los parámetros de calidad más importantes en el frijol para consumo directo es el tiempo de cocción.

Tapia *et al.* (1985) encontraron que factores como tamaño de grano, brillo y porcentaje de testa en el grano de frijol son determinantes en el tiempo de cocción, asimismo señalan que el remojar los frijoles por 16 horas antes de la cocción suaviza el grano y disminuye el tiempo de cocción.

El inhibidor de tripsina presente en los frijoles es el constituyente antinutricional conocido más resistente al calor. Se ha encontrado actividad residual del inhibidor de tripsina aún en alimentos preparados a partir de frijoles procesados (Wang y Chang, 1988).

\* Trabajo presentado en la XXXVIII Reunión Anual del PCCMCA, Managua, Nicaragua, 23-27 de marzo de 1992.

\*\* Investigadores del Laboratorio de Calidad de proteínas(1) y del Programa de Frijol(2). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP-SARH). Apartado postal 10 C.P. 56230 Chapingo, México.

A través de bioensayos se ha demostrado que los inhibidores de tripsina son los responsables de la pobre digestibilidad del grano de las leguminosas cuando éstas no son adecuadamente cocidas; sin embargo, se sugiere que las proteínas vegetales no desnaturalizadas son refractarias al ataque enzimático, a menos que sean desnaturalizadas por calor (Liener, 1976), por lo que establecen que este factor junto con el inhibidor de tripsina son responsables de la inhibición del crecimiento de los animales de experimentación. Se observó al aislar la faseolina y el inhibidor de tripsina de frijoles del tipo rojo arriñonado, y evaluar digestibilidad de ésta *in vitro*, que la faseolina desnaturalizada fue completamente digerida, mientras que en su estado natural solo fué parcialmente digerida. El inhibidor de tripsina fué pobremente digerido tanto en su estado natural como tratado con calor (Bradbear y Boulter, 1984). Lo cual puede explicarse con la teoría de que los inhibidores de tripsina presentan un alto contenido de cistina en su estructura y son resistentes al tratamiento con calor.

El remojo previo del frijol no tiene efecto sobre el inhibidor de tripsina, mientras que un tratamiento con agua a 80 °C durante 5-6 horas o 100 °C por 2 horas permitió una inactivación casi completa. La digestibilidad se mejoró con ambos tratamientos en 40 y 30 % respectivamente para cada tratamiento (Lowgren y Liener, 1986).

Con base en estos antecedentes se planteó el presente trabajo con los siguientes objetivos:

Conocer las características tecnológicas y nutricionales, así como los cambios que por efecto de la cocción resultan en la digestibilidad de la proteína y la actividad del inhibidor de tripsina en materiales representativos de cuatro tipos de frijol.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material genético

Se utilizó el grano de frijol de cuatro tipos: Bayo variedades Bayomex y Bayo Mecentral; Canario: Canario 107; Negro: Jamapa y Negro Perla; Flor de Mayo: Flor de Mayo Bajío y Flor de Durazno. Además de la línea BAT 104, cuya semilla no tiene valor comercial, ya que es de color café oscuro, todas ellas sembradas en Chapingo, Méx., durante el ciclo PV-1990.

### Métodos

#### Características Tecnológicas

Se determinó el peso y tamaño de las semillas, el porcentaje de testa, absorción de agua durante el remojo, tiempo de cocción y espesor del caldo, las pruebas se realizaron de acuerdo a la metodología del INCAP (Elías *et al.*, 1986).

#### Remojo y cocción

Se tomaron muestras de 25 semillas y se remojaron durante 18 horas en 75 ml de agua a temperatura ambiente (22-25 °C), la determinación se hizo por triplicado. Después del remojo los granos se drenaron y se cocieron en un aparato con placas de calentamiento y condensadores de reflujo. El agua se calentó en el vaso hasta ebullición y entonces se colocaron los frijoles en el agua, el tiempo suficiente para que los frijoles alcanzaran una textura granular suave, es decir que estuvieran aptos para ser consumidos como alimento, lo cual se evaluó sensorialmente mordiendo un grano con los dientes incisivos y oprimiéndolo entre la lengua y el paladar, de acuerdo al método descrito por Elías *et al.* (1986).

#### Preparación de la muestra para otros análisis

Los frijoles cocidos se deshidrataron en un horno con circulación de aire, a una temperatura de 60 °C por 24 horas. Los frijoles crudos y los cocidos se molieron a un polvo fino capaz de pasar un tamiz malla 60 y se almacenaron en frascos de cristal con tapa de rosca, a temperatura ambiente por un tiempo aproximado de tres semanas hasta que se concluyeron los análisis químicos.

#### Análisis químico proximal

El contenido de humedad, fibra cruda y cenizas se determinó según los métodos descritos por la AOAC (1975). El nitrógeno se determinó empleando el equipo Technicon Autoanalyzer II según el método descrito en el manual del mismo. Se utilizó el factor 6.25 para convertir el nitrógeno a proteína. El contenido de almidón se analizó por el método descrito por Clegg (1956).

#### Análisis de lisina y triptofano

La lisina total se determinó mediante el método de Tsai *et al.*, modificado por Villegas (1970), y el triptofano

a través del método de Opienska-Blauth modificado por Hernández y Bates (1969).

#### Actividad del inhibidor de tripsina (AIT)

La AIT se determinó de acuerdo al procedimiento de Kakade modificado por Smith et al. (1980). La AIT se expresó como miligramos de tripsina pura inhibida por gramo de harina de frijol en base seca ( $\text{mg TI g}^{-1}$  muestra).

#### Digestibilidad *in vitro* de la proteína

Para determinar la digestibilidad de la proteína se empleó el método reportado por Satterlee *et al.* (1979). Las muestras empleadas para esta prueba fueron pulverizadas hasta pasar por un tamiz malla-80.

#### Análisis estadístico

Se efectuó el análisis de varianza respectivo bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 0.05. También se obtuvo la matriz de correlaciones simples entre las variables estudiadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características tecnológicas

El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas en peso y tamaño de 100 semillas ( $P < 0.01$ ), siendo el tipo negro el de menor tamaño y mayor porcentaje de testa (Cuadro 1).

En cuanto a los sólidos en el caldo de cocción los materiales con semillas de mayor tamaño al igual que los de mejor absorción de agua durante el remojo y menos testa presentaron los mayores porcentajes de sólidos, es decir los caldos más espesos, que son deseables cuando el frijol se cocinará en una preparación caldosa.

Lo anterior se explica porque las características mencionadas facilitan una mayor difusión de los carbohidratos hacia el exterior de la semilla. El espesor del caldo de cocción, varió de 0.24 a 0.58 %, siendo Jamapa y BAT 104 las de caldo menos espeso (Cuadro 1).

#### Absorción de agua

La absorción de agua durante 6 horas de remojo varió entre 4 y 82 %, mientras que a las 18 horas las diferencias no fueron notables (de 98 a 120 %) (Figura 1). Estos parámetros aunados a la diversidad en color de los granos demuestran que además de las diferencias físicas, existen diferencias en las cualidades intrínsecas de las variedades de frijol que se consumen en México. Al tinal del tiempo de remojo no se observó ningún material que se clasificara como de "testa dura", es decir que presentara resistencia a la penetración del agua.

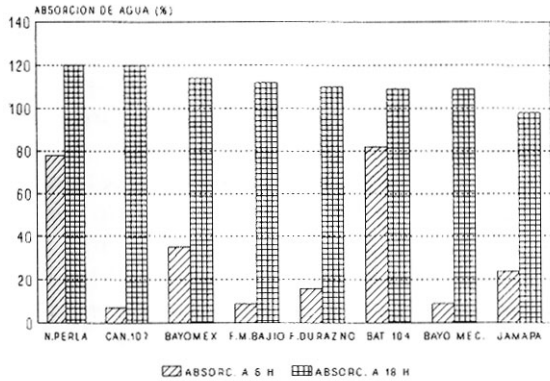
#### Tiempo de cocción

El tiempo de cocción varió ampliamente entre los materiales (Cuadro 1). El tiempo mínimo fue de 58 min para la variedad Bayo Mecentral, y el máximo de 102 min para Negro Perla, cuya semilla es color brillante; lo anterior coincide con lo indicado por Tapia *et al.* (1985), acerca de que los granos de color brillante requieren mayor tiempo de cocción.

Cuadro 1. Características físicas y tecnológicas de ocho variedades de frijol.

Variedad	Peso (g)	volumen (ml)	testa (%)	sólidos en caldo (%)	t.cocción (min)
Flor de Durazno	47.5 a	44.0 a	7.6 bc	0.52 ab	81 bc
Bayomex	39.5 b	42.5 ab	7.4 c	0.47 bc	77 bc
Canario-107	38.5 b	38.5 bc	7.3 c	0.58 a	80 bc
Bayo Mecentral	33.1 c	34.5 cd	8.0 bc	0.33 d	59 d
F. de Mayo Bajío	27.3 d	33.0 d	9.7 a	0.34 d	71 c
Negro Perla	24.2 e	27.5 e	10.1 a	0.43 c	102 a
BAT 104	17.3 f	21.0 f	9.1 ab	0.26 de	85 b
Jamapa	16.9 f	20.0 f	9.9 a	0.24 e	72 c

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí, según la prueba de Tukey ( $P=0.05$ ).



**Figura 1.** Absorción de agua después de 6 h y 18 h de remojo del grano de frijol.

La mayoría de los materiales mostró un tiempo de cocción entre 70 y 80 minutos. Al correlacionar estos valores con los de capacidad de hidratación se encontró una correlación positiva entre el tiempo de cocción y la absorción de agua después de 6 h ( $r=0.73^{**}$ ) y 18 h ( $r=0.49^*$ ) de remojo. Negro Perla fué la variedad que absorbió mayor cantidad de agua después de 6 y 18 horas de remojo, mientras que Bayo Mecentral con una capacidad de hidratación ligeramente menor, mostró el mínimo tiempo de cocción, por lo que en este caso no se confirma lo establecido por Witcombe y Erskine (1984), quienes encontraron que existe una alta correlación negativa entre tiempo de cocción y capacidad de hidratación.

Composición química proximal

En el cuadro 2 se observa que el intervalo en contenido de proteína en la semilla va de 22.6 a 27.3 por

cientos, y las variedades con menor contenido son las tipo flor de mayo, la concentración de almidón osciló entre 59.3 a 64.3 %.

Se observó una tendencia a que los materiales con semilla de menor tamaño presentaron mayor contenido de proteína, asimismo se detectó una correlación positiva entre el contenido de proteína y la absorción de agua después de 6 h de remojo ( $r=0.54^*$ ).

La fibra cruda, que se encuentra principalmente en la testa estuvo entre 3.5 a 4.7 %; los materiales con mayor porcentaje de testa fueron los de mas alto contenido de fibra cruda ( $r=0.71^{**}$ ) siendo mayor el porcentaje que representa la testa en los materiales de menor tamaño ( $r=-0.80^{**}$ ). Las cenizas que representan los minerales presentes en la semilla estuvieron en concentraciones de 3.8 a 4.6 %. Se encontró que los materiales con menor contenido de cenizas mostraron mayor porcentaje de digestibilidad de la proteína una vez que se coció el frijol ( $r = 7-0.55^*$ ).

Lisina y triptofano

El contenido de lisina osciló desde 3.9 hasta 5.7 g/100 g de proteína, siendo Flor de Durazno y Bayomex los materiales con mayor contenido de este aminoácido, el cual es importante por su efecto suplementario al combinarse con la proteína de los cereales. En cuanto a triptofano los valores fueron de 1.2 a 1.7 g/100 g de proteína, la variedad Bayomex también resultó con la mayor concentración. Entre ambos aminoácidos se observó una correlación positiva y de éstos a la vez con el contenido de almidón.

**Cuadro 2.** Composición química de ocho variedades de frijol.

VARIEDAD	%				g/100 proteína	
	Proteína	Almidón	Fibra Cruda	Cenizas	Lisina	Triptofano
BAT-104	27.3 a	64.1 a	4.7 a	3.8 b	5.4 ab	1.5 b
Bayomex	24.8 b	63.2 ab	3.7 bc	4.2 ab	5.1 bc	1.7 a
Canario-107	24.3 c	61.8 ab	3.7 bc	4.2 ab	5.1 bc	1.6 a
Jamapa	24.2 c	62.1 ab	4.4 ab	4.4 ab	4.5 d	1.4 bc
Bayo Mecent.	23.6 cd	63.0 ab	4.2 abc	4.3 ab	4.9 cd	1.3 cd
Flor de M.	23.3 d	61.1 ab	4.2 ab	4.2 ab	4.7 cd	1.4 bc
Negro Perla	23.1 de	59.3 b	4.6 ab	4.6 a	3.9 e	1.2 d
Flor Durazno	22.6 e	64.3 a	3.5 c	4.5 a	5.7 a	1.6 a

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí (Tukey  $P < 0.05$ ).

### Actividad del inhibidor de tripsina (AIT)

Los valores de AIT en frijol sin cocer variaron entre 7.24 mg TI g<sup>-1</sup> muestra en Canario 107 hasta 11.46 mg TI g<sup>-1</sup> muestra en Jamapa, estos valores son comparables a los reportados por Dhurandar y Chang (1990), para frijoles tipo rojo arriñonado y navy. Se encontró una correlación negativa entre el peso de 100 semillas y la actividad del inhibidor de tripsina en el frijol crudo ( $r = -0.69^{**}$ ), es decir las semillas más pequeñas contienen más inhibidor de tripsina (Figura 2).

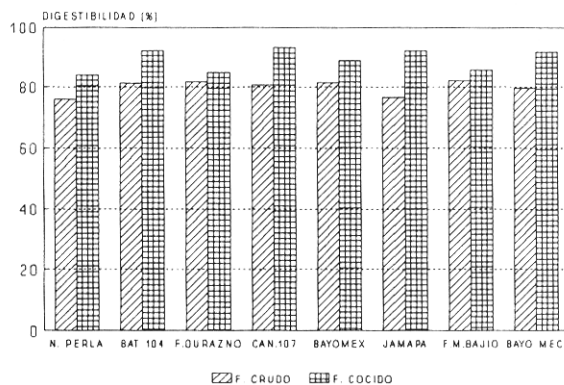


Figura 2. Digestibilidad in vitro de la proteína del grano de frijol antes y después de la cocción.

Considerando los valores promedio por tipo de frijol, el contenido de inhibidor de tripsina en el frijol crudo en orden decreciente fué: Negro, Bayo, Flor de Mayo y Canario.

En el frijol cocido la AIT varió entre 0.21 mg TI g<sup>-1</sup> muestra en el Negro Perla hasta 0.78 mg TI g<sup>-1</sup> muestra en Bayo Mecentral, se observó que en la mayoría de los casos la actividad del inhibidor de tripsina tendió a disminuir mientras más prolongado fue el tiempo de cocción ( $r = -0.79^{**}$ ).

También existió efecto por el tamaño del grano, ejemplo: Jamapa, cuyo volumen de 100 semillas fue de 20.3 ml (el más bajo), antes de la cocción presentó la actividad más alta de inhibidor de tripsina; después de 72 minutos de cocción conservó 4.4 % de actividad residual del inhibidor. Sin embargo, Bayomex - cuyo volumen de 100 semillas fue de 39 ml-, después de 77 minutos de cocción presentó 8 % de actividad residual. También se encontraron diferencias dentro del mismo tipo de frijol, como en el caso de Flor de Mayo Bajío, que con menor

tiempo de cocción alcanzó mayor destrucción del inhibidor de tripsina en comparación a Flor de Durazno, lo cual puede estar determinado por el menor tamaño de semilla de la primera variedad.

### Digestibilidad de la proteína

Los valores de digestibilidad del frijol crudo estuvieron entre 76.0 y 82.2 %. Los cuales se incrementaron por efecto de la cocción, se detectaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre las variedades, para la digestibilidad del frijol cocido cuyos valores mostraron un rango de 84.1 a 93.2 % (Figura 3). Se observó que el grado en que se incrementó la digestibilidad del frijol una vez cocido fue muy variable, algunas variedades mostraron digestibilidad superior en 8-12 % en relación al frijol crudo, mientras que otras solo mejoraron su digestibilidad en 3-4 %. Aparentemente este comportamiento no se correlacionó con el tiempo de cocción, pero sí con el contenido de proteína ( $r = 0.61^*$ ). Las variedades con mayor digestibilidad fueron BAT 104, Canario 107 y Jamapa.

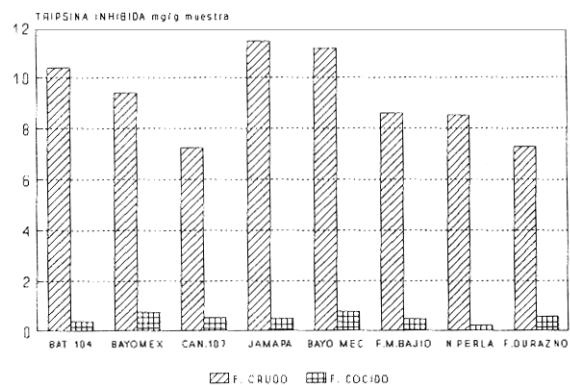


Figura 3. Actividad del inhibidor de tripsina en el grano de frijol antes y después de la cocción.

## CONCLUSIONES

La digestibilidad de la proteína se incrementó en promedio 10 % como consecuencia de la cocción del frijol, sin embargo existieron amplias diferencias entre variedades.

La actividad del inhibidor de tripsina en el frijol crudo para los cuatro tipos comerciales de frijol estudiados de mayor a menor mostraron el orden siguiente: Negro, Bayo, Flor de Mayo y Canario.

En el frijol cocido la magnitud de la actividad del inhibidor de tripsina fue determinada por el tiempo de cocción y por la facilidad de difusión de calor al interior de la semilla, la cual fue mas efectiva en granos más pequeños.

Considerando la actividad inicial del inhibidor de tripsina en los materiales, la variedad que mostró la mayor destrucción del inhibidor fue Negro Perla (2.5 % de actividad residual), con 102 minutos de cocción y la que conservó mayor actividad residual fue Bayomex (8%), con 77 minutos de cocción.

Se encontraron diferencias estadísticas entre variedades en su composición química y sus características tecnológicas. Las variedades con semillas mas grandes, mayor capacidad de hidratación y menor porcentaje de testa, mostraron caldos de cocción más espesos.

Los materiales con mayor contenido de proteína fueron BAT 104 y Bayomex, esta última variedad fue también la que presentó mayor contenido de lisina y triptofano.

## LITERATURA CITADA

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1975. "Official methods of analysis of the AOAC" Horwitz ed. 12 ed. Association of official analytical Chemists Washington, D.C. 1094 p.
- BRADBEAR, N.; BOULTER, O. 1984. The use of enzymic hydrolysis *in vitro* to study the digestibility of some *Phaseolus* seed proteins. Qual Plant. Plant Foods for Human Nutrition 34(1) 3-13.
- CLEGG, K. M. 1956. Analysis for starch and sugar content of roots. A modified Anthrone-sulfuric acid method. J. Sci. Food Agric. 7: 40.
- DHURANOAR, N.V.; CHANG, K.e. 1990. Effect of cooking on firmness trypsin inhibitors lectins and cystine/cysteine content of navy and red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Sci. 55(2) 470-474.
- ELIAS, L.G.; GARCIA-SOTO, A.; BRESSANI, R. 1986. Métodos para establecer la calidad tecnológica y nutricional del frijol. Inst. de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Guatemala, C.A. 41 p.
- HERNANDEZ, H.; BATES, L. 1969. A modified method for rapid tryptophan analysis in maize. CIMMYT. Research bulletin No. 13 México.
- LIENER, I. 1976. Legume toxins in relation to protein digestibility. J. Food Sci. 41:1076-1081.
- LOWGREN, N.; LIENER, I.E. 1986. The effect of slow-cooking on the trypsin inhibitor and haemagglutinin activities and *in vitro* digestibility of brown beans (*Phaseolus vulgaris* cv. Stella) and Kidney beans (cv. Montcalm). Qual. Plant. Plant Foods for Human Nutrition 36 (2) 147-154.
- SATTERLEE, L.D.; MARSHALL, H.F.; TENNYSON, J.M. 1979. Measuring Protein Quality. J. Am. Oil Chem. Soco 56:103-109.
- SMITH, C.; MEGEN, M.V.; TWAALHOVEN B.; HITCHCOK, C. 1980. The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs. J. Sci. Food Agric. 31: 341-350
- TAPIA, B.H.; LOPEZ, S. J.; ESTRADA, B. 1985. Evaluación de un método para reducir el tiempo de cocción en frijol común. XXXI Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras, del 16-19 de abril de 1985.
- VILLEGAS, E.; MERTZ, E.T. 1970. Screening technique used at CIMMYT for protein quality maize. Technical Bull. No. 20 CIMMYT México.
- WANG, C.R.; CHANG, S.K.c. 1988. Effect of selected canning methods on trypsin inhibitor activity sterilization valve and firmness of canned navy beans. J. Agri. Food. Chem. 36:1015
- WITCOMBE, J.R.; ERSKINE, W. 1984. Genetic resources and their exploitation chickpeas, fababeans and lentils. Series advances in Biotech. The Hague Netherlands p. 82-86.