

INFLUENCIA DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL DE LOS FRIJOLES (*Phaseolus vulgaris*)

Hilda Susana Azpíroz, Bernard Pullain¹ y Gerard Debry²

RESUMEN

Frijoles de la variedad Navy beans fueron sometidos a 4 tratamientos térmicos diferentes. Dependiendo del empleo de remojo previo a la cocción o de la adición de bicarbonato de sodio en el agua de cocimiento, el tiempo empleado en cada tratamiento, para la obtención de un producto de calidad organoléptica aceptable, varió de 14 a 30 minutos.

Los diferentes lotes fueron evaluados en lo que se refiere a su composición química. Pérdidas en azúcares, almidón y cenizas se constataron después de cada tratamiento que comprendió un remojo previo a la cocción, mientras que el contenido de aminoácidos se mantuvo constante en todos los casos.

Un estudio sobre el valor nutritivo de los frijoles sometidos a los dos tratamientos térmicos extremos se llevó a cabo, encontrándose que el tratamiento considerado

¹ Investigadores de la Sección de Tecnología de Alimentos del Departamento de Nutrición y Enfermedades Metabólicas. Universidad de Nancy, Francia.

² Director del Departament de Nutrition et des Maladies Metaboliques, Université de Nancy I. 43 Rue de Lionnois 54000 Nancy, Francia.

tecnológicamente como el mejor, presentó un buen comportamiento a nivel nutricional.

SUMMARY

Different treatments of the variety navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.) have been studied, the treatments were carried out in different conditions, with and without soaking, different cooking times and with and without adding sodium bicarbonate. Cooking times varied from 14 to 30 minutes looking for the improving of organoleptic quality and nutritional value.

The contents of oligosaccharides, starch, ash, lipids and aminoacids were investigated before and after various treatments. The treatment with soaking produced greatten losses of oligosaccharides content, than without soaking but the percentage of aminoacids were always constant. Our results show that the optimum treatment for organoleptic quality corresponds with the optimum nutritional value.

INTRODUCCION

El frijol *Phaseolus vulgaris*, uno de los alimentos primordiales en los países latinoamericanos, constituye una fuente de proteína importante dado su alto contenido de lisina (Bressani, 1962). Entre las 180 especies de frijol (Ditmer, 1937) *Phaseolus vulgaris* tiene un lugar preponderante debido a su alto consumo como alimento humano. En Francia la utilización de esta leguminosa ha disminuido (Claudian, 1969 y 1970)

debido a su tiempo de cocción que es demasiado largo (1 a 4 horas) y en ciertos casos a una intolerancia digestiva (Hellen - doorn, 1972; Kakadè, 1965 y 1973).

Estudios sobre los tratamientos térmicos muestran que los factores antinutricionales presentes en el grano de frijol se eliminan (Jaffé y Flores 1975) y que ciertos azúcares indigestibles se solubilizan (Shunku et all 1976). Así mismo, la disponibilidad de ciertos aminoácidos se mejora, pero estos tratamientos no deben exceder cierto tiempo y ciertas temperaturas de cocción (Bressani et all 1963); en particular dicha cocción debe hacerse con una cantidad de agua bien determinada, según lo exija el proceso (Molina et all 1975). Algunas variables que forman parte de los tratamientos térmicos como lo son el remojo, la adición de sustancias ablandadoras, y el tiempo de cocción han sido estudiadas en una forma individual. Dentro de este renglón Molina (1975) estableció una correlación positiva y significativa entre los resultados del índice de eficiencia proteica y el coeficiente de rehidratación en frijoles cocidos a presión. Al mismo tiempo se observó que la lisina disponible presentaba la misma tendencia que el índice de eficiencia proteica. Sin embargo, no fue posible establecer una correlación entre estos parámetros.

Por otra parte, la adición de sustancias en el agua de cocción como mejoradoras del valor nutritivo, han sido estudiadas - por Jaffé y Flores (1975) quienes encontraron que una cocción de frijoles a 85°C en solución de ácido acético o bicarbonato de sodio, destruye la actividad de los inhibidores trípticos y quimotrípticos, mejorándose así la digestibilidad de esta leguminosa.

Los alimentos se someten a diferentes tratamientos térmicos según las exigencias del proceso industrial o casero, pero la influencia de estos tratamientos sobre la calidad del producto se conoce poco; es por ello, que este trabajo se propone mostrar, mediante una determinada lógica experimental, que es posible ajustar los tratamientos térmicos en función del tiempo de cocción del frijol, para obtener un producto de buena calidad.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 4 lotes de frijoles blancos variedad Navy beans, enviados por la Cooperativa del Bassin de l'Adour. Dos de los 4 lotes fueron remojados en agua bidestilada por 20 horas a temperatura ambiente (20°C); de cada lote se tomaron 7 muestras de 20 granos cada una, para determinar el tiempo óptimo de cocción, después del cual los frijoles se consideran organolépticamente aceptables por el consumidor (es decir, cuando el 50% de los frijoles es perforado por un penetrómetro con una fuerza de 125 g). Después de 2 minutos de haber adicionado la muestra de frijol en agua previamente calentada, se inició la ebullición, bajo la cual se efectuó el proceso de cocción.

El tiempo de cocción para cada lote varió según la combinación de los componentes de cada tratamiento térmico, como a continuación se presenta:

Tratamiento 1. Frijoles remojados 20 horas y cocidos en agua bidestilada 23'20".

Tratamiento 2. Frijoles sin remojar, cocidos en agua bi-destilada 31'20".

Tratamiento 3. Frijoles remojados por 20 horas y cocidos en agua bidestilada con bicarbonato de sodio 14'17".

Tratamiento 4. Frijoles cocidos directamente en agua bi-destilada adicionada de bicarbonato de sodio, sin haber sido remojados previamente 22'30".

El grano cocido se separó del caldo por decantación, se liofilizó, se molió y se tamizó hasta obtener una harina con tamaño de partícula menor a 40 mallas.

El nitrógeno, sólidos totales, lípidos, cenizas y fibra cruda se determinaron por duplicado siguiendo los métodos de la A.O.A.C. (1970). La proteína se calculó multiplicando el nitrógeno por el factor 6.25. Los azúcares totales se determinaron según el método utilizado por Tollier (1965). El almidón fue cuantificado indirectamente por el método de la neucoproína con el autoanalizador technicon (Ewers, 1965). Los oligosacáridos se cuantifican según el método propuesto por Jouany (1972) en el cromatógrafo de gas Gifdel 3,000. Los aminoácidos fueron determinados por el método de Moore y Colaboradores (1958), después de una hidrólisis ácida a 105°C por 24 horas en el autoanalizador technicon T.S.M. Para la evaluación del contenido de metionina con el mismo autoanalizador fue necesaria una oxidación previa a la hidrólisis con ácido perbórmico

METODOS BIOLÓGICOS

El índice de eficiencia proteica se realizó según los métodos A.O.A.C. (1970), utilizando ratas de 3 semanas en grupos de seis animales. El primer grupo recibió una dieta a base de caseína, como proteína de referencia, el segundo grupo fue alimentado con harina de frijol obtenida del tratamiento 2 y el tercer grupo recibió una alimentación a base de la harina proveniente del tratamiento 3.

La composición de la dieta fue: 10% de proteína, 4% de celulosa, 8.5% de aceite, 4% de mezcla salina, 2% de mezcla vitamínica y almidón de maíz hasta completar 100 g. Las dietas a base de frijol fueron suplementadas con 0.3% de metionina para evitar las interferencias de una dieta desequilibrada.

El índice, valor proteico relativo (V.P.R.) se determinó por el método propuesto por el Grupo Consultivo de Proteína de las Naciones Unidas (1975). En esta prueba, nueve grupos de 4 ratas fueron alimentadas con tres tipos de proteína: caseína, frijol del tratamiento 2 y frijol del tratamiento 3 a niveles diferentes de proteína 2, 5 y 10 por ciento durante 14 días.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se muestra que la adición de bicarbonato de sodio en dos de los tratamientos, reduce el tiempo de cocción, en el cual los frijoles se presentan lo suficientemente

blandos para su consumo. Por otra parte, la combinación del remojo con la utilización del bicarbonato de sodio permitió un tratamiento térmico en el cual el tiempo de cocción fue de 14'17" y representa un ahorro de 50% de energía cuando se compara con el tratamiento sin bicarbonato de sodio y sin remojo.

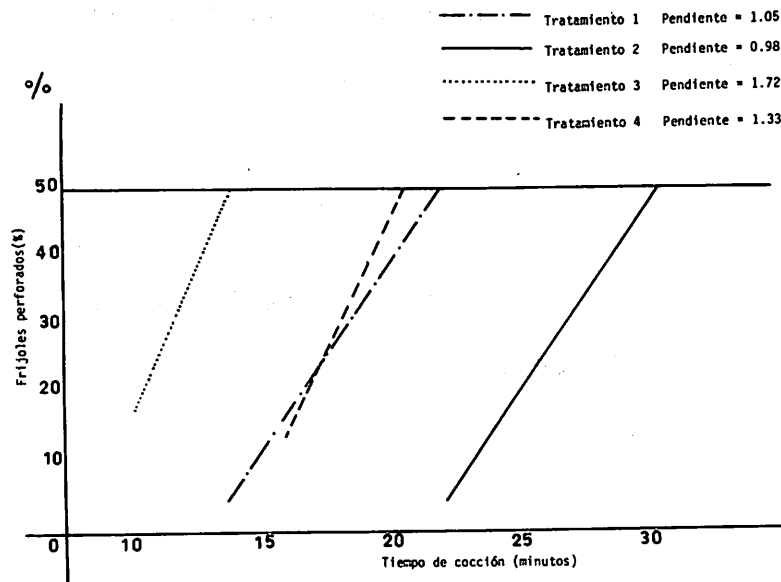


Fig. 1 Líneas de regresión entre el tiempo de cocción y los frijoles perforados.

Los datos correspondientes a la composición global tanto del frijol sin cocer como de los resultantes después de los tratamientos, se presentan en el Cuadro 1. Los lípidos, celulosa y proteína no presentan variación entre los diferentes tratamientos incluyendo al testigo; pero en el contenido de cenizas se observó una disminución en los frijoles tratados, siendo los valores más bajos para los frijoles donde se realizó un remojo previo a la cocción.

Cuadro 1. Comparación de la composición global entre el frijol crudo y los obtenidos después de cada tratamiento térmico

Componentes químicos	Frijol crudo	Frijol 1	Frijol después del tratamiento 2	Frijol 3	Frijol 4
Humedad	7.50	2.20	2.42	2.2	2.42
Cenizas	4.69	2.95	3.29	3.04	3.67
Lípidos	.86	.84	.72	.86	.6
Celulosa	5.67	6.5	6.2	6.3	6.05
Proteína	22.47	22.37	22.24	22.42	22.66

Resultados en g/100 g de producto

- 1 Frijoles remojados 20 horas y cocidos en agua bidestilada
- 2 Frijoles sin remojo, cocidos en agua bidestilada
- 3 Frijoles remojados por 20 horas y cocidos en agua bidestilada adicionada con bicarbonato de sodio
- 4 Frijoles cocidos directamente en agua bidestilada con bicarbonato de sodio sin haber sido remojados previamente

La comparación del contenido de glúcidos en frijol sin cocer con el de los otros cuatro tratamientos se muestra en el Cuadro 2. Se observó una pérdida de almidón en los cuatro tratamientos, variando de 6.3 a 9.4%; este último valor corresponde al tratamiento 2 donde el tiempo de cocción fue de 31'20", es decir el más largo.

Los azúcares totales disminuyen marcadamente en los tratamientos donde se tuvo un remojo previo a la cocción (Figura 2).

Cuadro 2. Comparación del contenido de glúcidos entre el frijol crudo y los frijoles tratados

Glúcidos	Frijol crudo	Frijol 1	Frijol 2	Frijol 3	Frijol 4
Almidón	47.36	44.34	42.92	44.36	44.32
Azúcares totales	4.92	2.82	3.92	2.40	3.95
Azúcares etanol solubles					
Sacarosa	1.93	1.08	1.45	1.18	1.88
Rafinosa	0.44	0.28	0.31	0.20	0.23
Estaquiosa	2.36	1.58	2.00	1.15	1.57

Resultados en g/100 g de producto

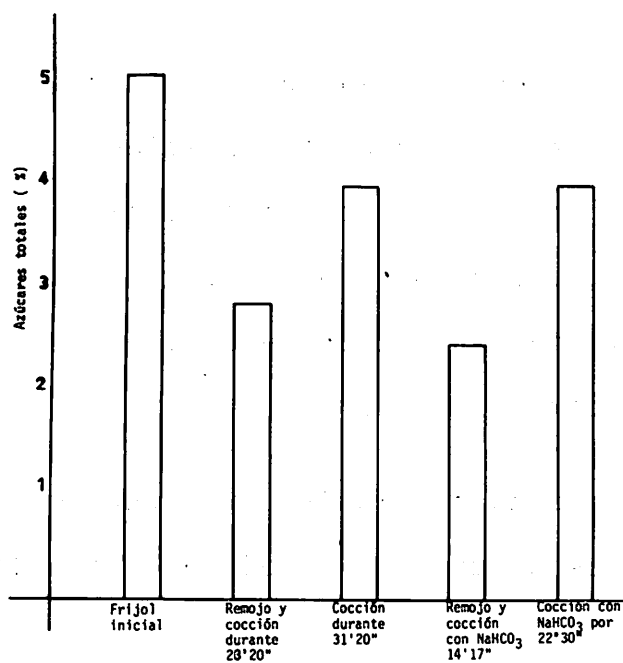


Fig. 2 Comparación entre el contenido de azúcares totales de los frijoles tratados y de los frijoles iniciales.

La misma tendencia presentaron los azúcares etanol solubles. Las tres fracciones glucídicas, sacarosa, rafinosa y estaquiosa guardaron proporcionalmente su distribución no obstante la pérdida (Figura 3).

Las pérdidas de oligosacáridos variaron del 9.7 al 51.2% (Figura 4) resultando las pérdidas más grandes para el tratamiento 3, donde se combinó el remojo y la adición de bicarbonato de sodio.

En el Cuadro 3, se muestra que la calidad de la proteína no varió significativamente, en ninguno de los cuatro tratamientos estudiados, comparándolos con los valores obtenidos en frijoles crudos tampoco se encontró variación.

Bajo el punto de vista tecnológico el tratamiento térmico que presentó más ventajas, resultó ser el No. 3, es por ello que en las pruebas biológicas se comparó el frijol, proveniente de este tratamiento con el proveniente del tratamiento No. 2 donde el tiempo de cocción fue el más largo.

El Cuadro 4, muestra los valores obtenidos para las dos harinas estudiadas biológicamente. Según los valores del Índice de Eficiencia Proteica, el tratamiento 3 se presenta ligeramente superior al testigo. Sin embargo, el análisis de varianza entre las dietas no indica diferencias significativas al 5% de probabilidad, no obstante que la comparación entre medias de los tratamientos 2 y 3 muestran diferencias.

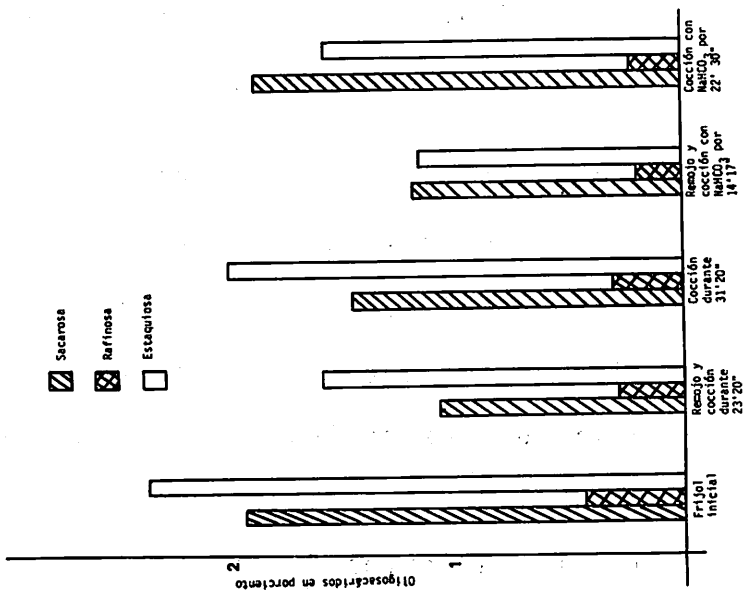


Fig. 3 Contenido en oligosacáridos después de los diferentes tratamientos térmicos.

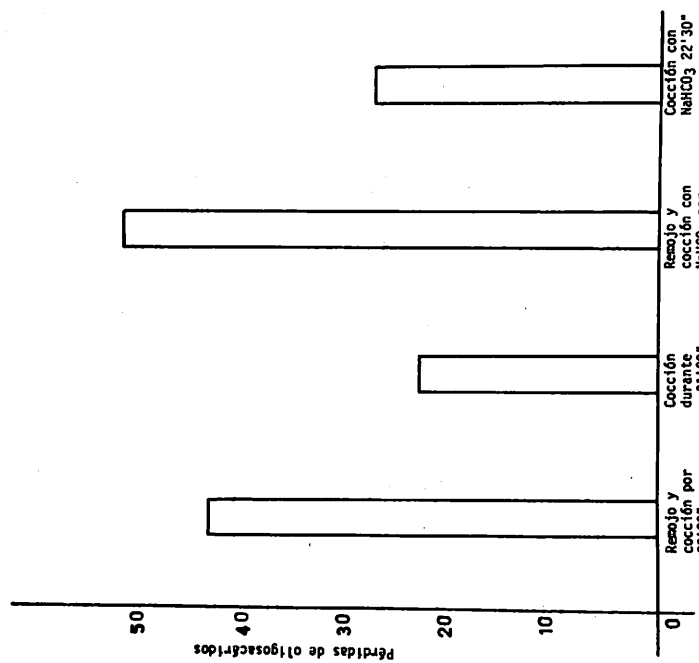


Fig. 4 Influencia del remojo en la pérdida de oligosacáridos después de la cocción

Cuadro 3. Contenido de aminoácidos*

Aminoácidos	Frijol crudo	Frijol después de los tratamientos térmicos			
		1	2	3	4
Lisina	6.45	6.78	6.30	6.61	6.41
Histidina	2.22	2.40	2.06	2.03	2.12
Arginina	4.94	5.26	4.43	4.32	5.06
Acido aspártico	11.56	11.75	11.52	11.42	11.07
Treonina	3.90	4.03	4.13	3.85	4.07
Serina	4.81	6.09	6.07	5.77	5.74
Acido glutámico	13.31	12.97	12.92	11.98	12.97
Glicina	3.82	3.88	3.90	3.88	3.97
Alanina	4.24	4.22	4.33	4.19	4.31
Valina	2.59	2.86	2.48	2.38	2.61
Metionina	1.57	1.19	1.38	1.67	0.95
Isoleucina	2.15	2.36	2.03	1.97	2.22
Leucina	6.40	6.55	6.42	6.15	6.44
Tirosina	2.79	3.00	2.78	2.62	3.06
Fenil-alanina	4.80	4.00	4.73	4.64	4.33

* Datos reportados en g de aminoácidos por 100 g de proteína

Cuadro 4. Valor proteico relativo e índice de eficiencia proteica de las harinas de frijol sometidas a los tratamientos térmicos 2 y 3

Fuente de proteína	V.P.R.	I.E.P.
Caseína		2.5
Frijol del tratamiento 2	0.99	2.34
Frijol del tratamiento 3	0.99	2.53

En el caso del valor proteico relativo (Figura 5 y Cuadro 4), las dos dietas a base de frijol son comparables con la proteína de referencia y por tanto las líneas de regresión son paralelas ($r = 0.98$).

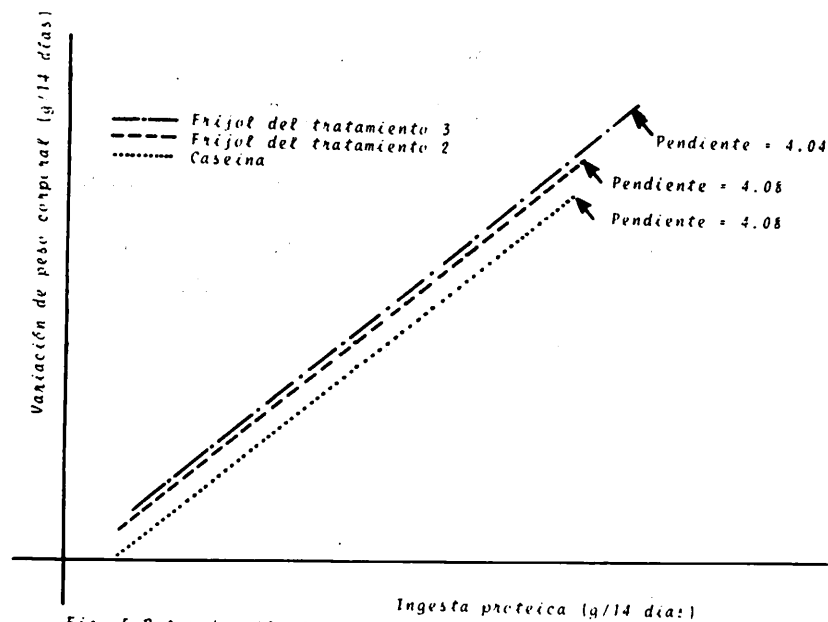


Fig. 5 Determinación del valor relativo en la proteína de dos harinas de frijol obtenidas después de tratamientos térmicos diferentes.

DISCUSION GENERAL

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la combinación del remojo y la adición de bicarbonato de sodio en el agua de cocción tiene por efecto la disminución del tiempo empleado en el cocimiento de frijoles. También se evidenció que el remojo influye notablemente en la pérdida de azúcares. Esta pérdida se acentuó hasta un 48% en los frijoles obtenidos a partir del tratamiento donde el remojo y la adición de bicarbonato de sodio se combinaron. Este comportamiento se debió seguramente a la solubilización de estos azúcares, tanto por el remojo como por el medio ligeramente alcalino, provocado por el bicarbonato de sodio. Este fenómeno es importante de considerar porque tal vez se podrían disminuir los problemas de flatulencia en frijol, provocado por los alfa galactósidos (Speck y Rynbrandt 1967). Por otra parte es de llamar la atención, la pérdida por solubilización en el agua de cocimiento de un 10% de almidón en el tratamiento que empleó el mayor tiempo de cocción; ya que existen variedades de frijol que emplean 260 minutos para cocerse (Azpíroz - 1974) y esto implica que las calorías ingeridas, al consumir estos granos cocinados, serán menores a las que se preveen.

Los resultados del estudio biológico muestran que el frijol después de cocido y suplementado con 0.3% de metionina, es comparable a la caseína. También se observó que el frijol proveniente del tratamiento 3, cuyos resultados tecnológicos fueron los mejores, presentó un comportamiento nutricional ligeramente superior al frijol del tratamiento 2, donde el

tiempo de cocción fue el más largo. Así es que una vez más - se pone en evidencia que la calidad nutricional se ve afectada negativamente por un tiempo largo de cocimiento (Bressani - 1962). En conclusión todos los resultados obtenidos en el presente trabajo, indican que es posible disponer de un tratamiento tecnológico ideal, lográndose así mismo la obtención de un producto de buena calidad organoléptica y de óptima calidad nutricional.

BIBLIOGRAFIA

1. Association of official agricultural chemist. 1970. Official methods of analyses of the association official agricultural chemist. 11th ed Washington, D.C. The Association p 800.
2. Azpíroz R., H.S. 1974. Relación entre el tiempo de cocción y algunos componentes químicos en seis variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
3. Bressani, R., Valiente, M.T., and Tejeda, C. 1962. All vegetable protein mixture for human feeding VI. The value of combinations of lime-treated corn and cooked blackbeans. J. Food Sci. 27:394-400.
4. Bressani, R., Elias, L.G. and Valiente, M.T. 1963. Effect of cooking and of aminoacids supplementation on the nutritive value of black beans (*Phaseolus vulgaris*) Brit. J. Nutr. 17:67-78.
5. Claudian, J. et Serville, Y. 1969. Le repas dans la société actuelle. Soc. Nutr. Diet. Rvu. 4:23-28.

6. Claudian, J. et Serville, Y. 1970. Evolution recénte des coutumes alimentaires in France. Soc. Nutr. Diet. Rvu. 5:41-53.
7. Ditmer, E.E., Ivanov, N.R. y Popova, G.M. 1937. *Phaseolus* Kulturñaya. Flora U.S.S.R.; 4:457-620. En: Identificación de las especies mexicanas y cultivadas del género *Phaseolus*, por Miranda Colín, S. Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. Serie de investigaciones No. 8. 15 p.
8. Ewers, E. 1965. Determination of starch by extraction and dispersion with hydrochloric acid. International organization for standarisatium (ISO/Tc 93/WGL).
9. GAP. Naciones Unidas. 1975. Métodos para que los creadores de cereales determinen las proteínas en relación con las necesidades nutricionales del ser humano. Boletín del PAG Vol. 5 a 24-50.
10. Hellendoorn, E.W. 1972. Enzymatic determination of insoluble indigestible residue of bean. In Nutritional Improvement of Food Legumes and Breeding. Roma 3-5 julio.
11. Jaffe, W. y Flores, M. 1975. La cocción de frijoles (*Phaseolus vulgaris*). Arch. Latino Americanos de Nutrición, 25:79-90.
12. Jouany, J.P. 1972. Chromatographic en phase gazeuse des oses des di et triholosides dans les milieux compleyes. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 2:493-504.
13. Kakade, M.L., Arnold, R.L., Liener, I.E. y Waible, P.E. 1965. Unavailability of cystine from trypsin inhibitors as a factor contributing to the poor nutritive value of navy beans. J. Nutr. 99:34-42.

14. Kakade, M.L., Hoffa, D.I. y Liener, I.E. 1973. Contribution of trypsin inhibitors to the deleterious effects of unheated soybeans fed to rats. *J. Nutr.* 103, 1772-1778.
15. Moore, D.H., Spacman, S. and Steim, W.H. 1958. Chromatography of amino acids on sulfonates polystyrene resine. *Anal. Che.* 30:1185.
16. Molina, M., de la Fuente, G., and Bressani, R. 1975. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black bean (*Phaseolus vulgaris*). *J. Food Sci.* 40:587.
17. Shunku, L.S., Steinberg, M.P., Nelson, A.I. et Hymowitz, T. 1976. Extraction of oligosaccharides during cooking of whole soybeans. *J. Food Sci.* 41:361-364.
18. Speck, J.C. and Rynbrandt, D.J. 1967. A convenient method for isolating the dissaccharide and the tetrasaccharide in muramidase digests of micrococcus *Lysodeikticus* cell walls. *Anal. Biochem.* U.S.A., 19:429-433.
19. Tollier, M.T. 1965. Contribution a l'etude du rayonnement gamma sur les caracteres physicochimiques de l'amidon et sa sensebilité aux amilases. These d'Ingénieur du C.N.A.M. París.