

# EFFECTOS DEL PROCESAMIENTO POR LECHOS GRANULARES CALIENTES SOBRE LAS PROPIEDADES QUIMICAS Y FUNCIONALES DE LEGUMINOSAS DE GRANO<sup>1</sup>

*Celedonio Loayza Jibaja<sup>2</sup> y Ricardo Bressani<sup>3</sup>*

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

## RESUMEN

Con el propósito de establecer los efectos del procesamiento térmico sobre algunas propiedades químicas y funcionales de las leguminosas de grano, caupí, canavalia y lupino, por ejemplo, se realizaron dos experimentos. En ellos se incluyó la cocción en autoclave a 121°C por 30 minutos seguido de secado en bandejas con aire caliente a 60°C, y la tostación en lecho granular empleando 150, 200 y 250°C por tiempos de exposición de 2 a 2.5 minutos. Para el proceso de tostación se diseñó y construyó un tostador de tipo contacto directo, en el que se utiliza arena de río como medio intercambiador de calor.

El proceso de tostación produjo en el grano temperaturas que variaron de 90 a 128°C, y eficiencias térmicas que fluctuaron entre 38 y 60%. Los dos procesos no tuvieron efecto alguno sobre los contenidos de grasa y proteína. El proceso de tostación disminuyó ligeramente los valores de lisina disponible, efecto que fue mayor con el proceso de autoclaveado.

Asimismo, ninguno de ambos procesos tuvo un efecto significativo sobre ciertas propiedades funcionales medidas por los índices de absorción y solubilidad en agua.

Los valores del índice de solubilidad del nitrógeno disminuyeron a medida que se incrementaba la temperatura de tostación. El autoclaveado produjo mayores descensos.

---

Manuscrito modificado recibido: 5-3-88.

- 1 Este estudio se llevó a cabo con financiamiento de la Universidad de las Naciones Unidas, Tokio, Japón y del Programa Título XII, Bean/Cowpea del CRSP.
- 2 Director de la Unidad de Estudios y Proyectos de Investigación del Instituto Nacional de Desarrollo Agroindustrial en Lima, Perú. Durante el tiempo que se desarrolló este estudio, becado de la Universidad de las Naciones Unidas.
- 3 Coordinador de Investigación y Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.

Publicación INCAP/UNU-49.

Los procesos afectaron el color de las harinas, intensificando el color naranja a causa del pardeamiento por el uso de altas temperaturas.

## INTRODUCCION

Las leguminosas de grano constituyen un alimento básico en la dieta de varios países tropicales y subtropicales. En dichos países, tales granos aportan cantidades significativas de proteínas y calorías, tanto a la población rural como a la urbana.

Por consiguiente, los esfuerzos multidisciplinarios (agrícolas, tecnológicos, alimentarios y nutricionales) tendientes a incrementar la disponibilidad de estos granos en la alimentación de América Latina, son de gran relevancia (1).

En el caso específico de las leguminosas de grano, el procedimiento térmico mejora sus propiedades físicas y organolépticas y aumenta la utilización biológica de la proteína debido a la inactivación de los factores antifisiológicos, los inhibidores de tripsina, por ejemplo, y otros (2). Por otra parte, un calentamiento excesivo puede resultar en una deterioración del valor nutritivo de las leguminosas. Es un hecho claramente establecido que el mejoramiento del valor nutritivo por la acción del calor depende de la temperatura y tiempo de exposición; además, también depende del contenido de humedad de las leguminosas de grano (3).

Los intercambiadores de lecho granular (o "tostadores en seco") que utilizan un material de cerámica, arena y sal como el medio de transferencia de calor, han sido desarrollados y utilizados en los últimos años para procesar leguminosas de grano (4-6). Cuando los productos alimenticios se sumergen en estos lechos granulares calientes durante períodos de tiempo muy cortos, ocurren proporciones muy altas de transferencia de calor. Algunas ventajas han sido atribuidas a estos intercambiadores térmicos tales como las siguientes: a) permite la obtención de alta temperatura en corto tiempo; b) reduce el consumo de energía por unidad de producto cuando se compara con tostadores de aire forzado; c) permite la eliminación de flujos acuosos por producto, y d) causa la autolimpieza de partículas no alimenticias por incineración.

El propósito del trabajo aquí descrito fue evaluar la eficiencia de un intercambiador de lecho granular sobre las propiedades químicas y funcionales de leguminosas de grano.

## MATERIAL Y METODOS

### *Materias Primas*

Se usaron leguminosas no convencionales tales como caupí (*Vigna unguiculata*), canavalia (*Canavalia ensiformis*) y lupino (*Lupinus mutabilis*). Las dos primeras fueron obtenidas de un mercado local de la ciudad de Guatemala, y el lupino era procedente de Lima, Perú.

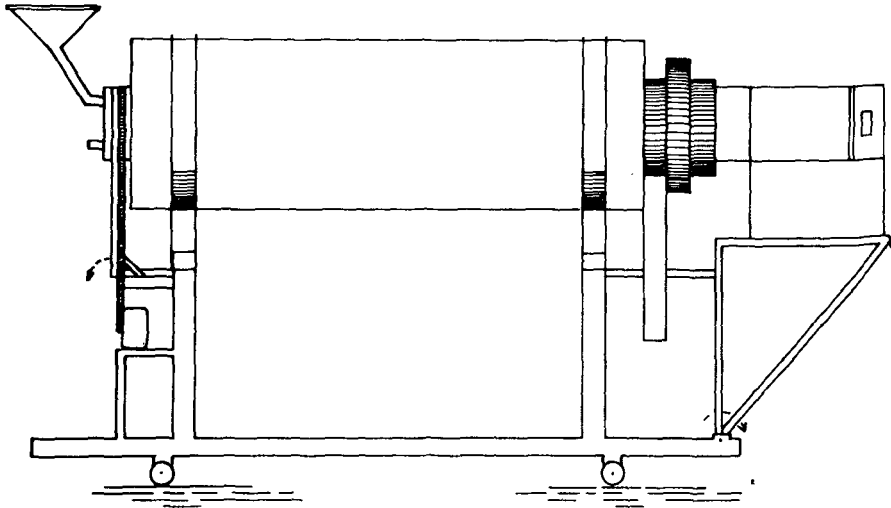
### Equipo

La Figura 1 ilustra una representación esquemática del TOSTINCAP, equipo tostador de contacto directo que utiliza un lecho granular para intercambiar grandes cantidades de calor en forma rápida y uniforme.

El TOSTINCAP consiste en dos cilindros concéntricos, perfectamente encajados, los que descansan sobre cuatro rodos que forman parte de la base estructural. El cilindro interior contiene 42 paletas en las dos terceras partes, que se inician cerca de la entrada de la materia prima. Las paletas sirven para lograr la mezcla de arena y leguminosas y caen a través del centro del cilindro interior donde entran en contacto con los gases calientes de combustión del quemador de propano.

El equipo es accionado por un motor trifásico de 3.7 kw de 1,720 rpm. Está provisto de un reductor de velocidad de 40:1 que propulsa el cilindro interior por medio de una cadena, y dos ruedas dentadas que permiten una velocidad de trabajo del equipo de 13 rpm.

La arena y la leguminosa se mueven conjuntamente a través del cilindro interior, y luego son separadas en la descarga final del producto por un tamiz con abertura de 1/8 de pulgada que permite retener las leguminosas. La arena cae a través del tamiz y es recirculada hacia la entrada del producto por medio de un tornillo sin fin, el cual está instalado entre el cilindro interior y el exterior. Cierta cantidad de aberturas de 1/8 de pulgada en la entrada de las leguminosas permiten que la arena retorne hacia el cilindro interior para recalentamiento y reuso.



Incap 86-25

FIGURA 1

Esquema general del equipo

### *Procedimiento Experimental*

Las leguminosas de grano fueron procesadas por tostación a temperaturas de la arena de 150, 200 y 250°C por tiempos de residencia de 2 y 2.5 minutos; luego se descascararon y fueron molidas.

En el caso del lupino se aplicó el tratamiento previo de desamargado por el método tradicional a fin de eliminar los alcaloides hasta niveles inferiores a 0.02% (7).

### *Análisis*

Se determinó humedad, grasa y proteína de acuerdo a los métodos de la AOAC (8).

La disponibilidad de lisina se analizó según el método de Conkerton y Frampton (9), y el color por tintometría, utilizando el colorímetro Lovibond-Tintometer Tipo D (10).

Los índices de absorción y solubilidad de agua se determinaron de acuerdo al método de Leach, McCowen y Schock (11), y el índice de solubilidad de nitrógeno se midió por el método de la AOCS (Ba 11-65) (3).

La viscosidad Brabender se determinó según el método de la AACC (12).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Ensayos de Tostación*

En la Tabla 1 se presentan las condiciones del proceso de tostación para las tres leguminosas sometidas a estudio.

La temperatura de la arena se estableció de acuerdo al control automático de temperatura del tostador.

El tiempo de residencia fue menor en el caso de la canavalia con respecto al caupí y al lupino, diferencia que puede haberse debido a la mayor densidad de la canavalia. El tiempo de residencia final se refiere al tiempo que tomó para que el grano saliera del equipo. Un hecho interesante de señalar es que la relación arena:leguminosa se mantuvo en 5:1 (peso/peso) y la rotación fue constante a 13 rpm. No se usó ninguna inclinación adicional del tostador. La relación de temperatura y tiempo de residencia estaría afectada por la inclinación del tostador, carga de arena, rotación del cilindro (rpm) y la alimentación. Estos factores permanecieron constantes a excepción de la alimentación de leguminosa, la cual cae por gravedad. Este sistema podría ser mejorado con el uso de un pequeño motor que permitiera dosificar la entrada de las leguminosas. Las temperaturas del producto fueron obtenidas después de un período de equilibrio para disipar el gradiente de temperatura entre la superficie caliente y el centro de las leguminosas tostadas. El rango de temperatura del producto fue de 90 a 128°C. Estas temperaturas del grano pueden ser explicadas por la baja difusividad térmica de los frijoles, la cual es cerca de  $0.8 \times 10^9 \text{ C m}^2/\text{seg}$  (13). Es de destacar que se observó la presencia de ciertos granos quemados, especialmente en el caso del caupí y del lupino, a la temperatura de tostación de 250°C.

La humedad inicial en todas las leguminosas fue acondicionada a 20%, la cual disminuyó por efecto de la temperatura de tostación a niveles que fluctuaron entre 1 y 6%. Estos resultados fueron más bajos que los informados por Aguilera *et al.* (4), quienes obtuvieron contenidos de humedad de frijoles negros tostados en el rango de 7 a 9%, empleando temperaturas del lecho granular de 240 y 270°C, tiempos de residencia de 1 a 2 min, y proporciones de frijol:lecho de 1:10 y 1:15. Posiblemente esta diferencia pueda ser atribuida al tipo de lecho (se usaron bolas de cerámica de 1.6 mm de diámetro), y fundamentalmente, a las eficiencias del equipo tostador empleado.

Para el almacenamiento de granos generalmente se recomienda bajar la humedad a 13% como mínimo, lo que constituye un uso potencial del proceso de secado a elevadas temperaturas y corto tiempo (1, 10). La eficiencia del tostador fue definida como la energía térmica tomada por las leguminosas, y la humedad evaporada dividida por la energía térmica abastecida por combustión del propano. Las eficiencias del sistema calculadas por corridas experimentales variaron entre 38 y 60%.

El descenso en la temperatura de la arena durante el proceso se debe a la transferencia de calor a las leguminosas, así como a las pérdidas hacia el ambiente. Como era de prever, las caídas más grandes de eficiencia ocurrieron al emplear las mayores temperaturas del ambiente y arena. Esto se puede atribuir a las pérdidas de calor del cilindro de tostación por conducción desde la arena hacia el cilindro, y por radiación y convección hacia el ambiente.

Se pueden esperar mejoras en la eficiencia térmica con un esquema simple de ahorro de energía tal como la implementación del aislamiento del cilindro de tostación. Estas eficiencias concuerdan con las informadas por otros investigadores (4, 5).

#### *Efectos de la Cocción en Seco Sobre las Propiedades Químicas*

El efecto del proceso térmico sobre los contenidos de grasa, proteína y lisina disponible, se aprecia en la Tabla 2.

Según indican los datos, los contenidos de grasa y proteína no sufren grandes variaciones con el proceso de cocción en seco ni autoclaveado, confirmando hallazgos similares encontrados por otros investigadores (4, 5, 14).

En el caupí el contenido de grasa es alrededor de 2.5%, en la canavalia, de 4.0%, y en el lupino, cerca de 3.0%.

El contenido de proteína en el caupí es de 29%, en la canavalia es de alrededor de 27% y la semilla de lupino es, fundamentalmente, una excelente fuente de proteínas con un contenido proteínico de 48%. En este sentido la variabilidad es amplia, y se pueden presentar ecotipos con un contenido de proteínas de 37 a 50% (7).

El proceso térmico de cocción a elevada temperatura y a corto tiempo no afectó adversamente la disponibilidad de la lisina, aun cuando a las temperaturas y a los tiempos empleados se nota un valor un poco más bajo en lisina disponible, pero que todavía está alrededor del valor del patrón FAO/OMS (15). La determinación de la disponibilidad de este aminoácido es un recurso valioso para el control de materiales sometidos a procesos térmicos, ya que una disminución en su contenido refleja daño en la

TABLA 2

## EFECTO DE LA TOSTACION Y AUTOCLAVEADO SOBRE LOS CONTENIDOS DE GRASA, PROTEINA Y LISINA DISPONIBLE

Leguminosas	Tratamiento	Grasa o/o	Proteína o/o	Lisina disponible	
				g/16 g N	Pérdida o/o
Caupí	Crudo	2.5	29.2	7.0	
Caupí	150°C x 2.5'	2.8	28.9	7.6	
Caupí	200°C x 2.5'	2.7	28.9	6.7	4.3
Caupí	250°C x 2.5'	2.8	28.2	6.5	7.1
Caupí	121°C x 30'	2.9	28.4	5.7	18.6
Canavalia	Cruda	3.7	26.1	6.4	
Canavalia	150°C x 2'	3.8	28.2	5.4	15.6
Canavalia	200°C x 2'	4.1	27.4	6.2	3.1
Canavalia	250°C x 2'	4.3	27.0	5.7	10.9
Canavalia	121°C x 30'	4.4	27.0	5.2	18.7
Lupino	Crudo	23.1	48.8	5.6	
Lupino	150°C x 2.5'	31.4	47.8	5.5	1.8
Lupino	200°C x 2.5'	32.2	47.9	4.5	10.6
Lupino	250°C x 2.5'	31.6	48.8	4.8	14.3
Lupino	121°C x 30'	29.3	45.7	3.8	32.1

calidad de la proteína. Resultados similares fueron informados por otros autores (4, 14, 16, 17).

En las leguminosas de grano autoclaveadas se observa un mayor descenso del valor de lisina disponible, el que puede deberse tanto al calor húmedo y al mayor tiempo de exposición en el autoclave, como al tiempo utilizado en el secador de bandejas. En el caso del proceso de cocción en seco, las pérdidas en lisina disponible fueron de 7.1, 10.9 y 14.3o/o para caupí, canavalia y lupino, respectivamente. En contraste, para la cocción húmeda estas pérdidas fueron de 18.6, 18.7 y 32.1o/o. Sin embargo, como ya se informara, la calidad proteínica de los productos no fue afectada (18).

#### *Efectos de la Tostación Sobre las Propiedades Funcionales*

Las pruebas funcionales aplicadas para evaluar algunos sistemas de productos alimenticios, se exponen en la Tabla 3.

Las respuestas en cuanto a los valores de índice de solubilidad en agua en las harinas obtenidas por tostación fueron ligeramente diferentes con respecto a las de las harinas crudas. Según indican los datos, este efecto de la temperatura de tostación fue más notorio en el lupino, observándose valores cercanos a 0.6 de las harinas tostadas, y no difieren de las harinas obtenidas por autoclaveado.

TABLA 3

**PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINAS DE CAUPI, CANAVALIA Y LUPINO CRUDOS, TOSTADOS Y AUTOCLAVEADOS**

Leguminosa	Tratamiento	Indice absorción de agua o/o	Indice solubilidad en agua o/o	NSI*	Viscosidad
Caupí	Crudo	1.9	2.9	68.4	890
Caupí	150°C x 2.5'	2.4	1.9	41.1	580
Caupí	200°C x 2.5'	2.9	1.5	20.6	420
Caupí	250°C x 2.5'	2.5	1.5	20.0	290
Caupí	121°C x 30'	3.2	1.2	17.3	160
Canavalia	Cruda	2.1	2.3	55.8	220
Canavalia	150°C x 2'	2.2	2.1	38.0	200
Canavalia	200°C x 2'	2.5	1.7	28.4	220
Canavalia	250°C x 2'	2.5	1.7	25.8	220
Canavalia	121°C x 30'	2.9	1.3	20.6	120
Lupino	Crudo	2.7	2.8	25.9	
Lupino	150°C x 2.5'	3.4	0.5	11.3	
Lupino	200°C x 2.5'	3.0	0.6	11.2	
Lupino	250°C x 2.5'	3.0	0.6	10.5	
Lupino	121°C x 30'	3.1	0.6	10.7	

Los valores de absorción de agua ascendieron conforme la temperatura de tostación aumentaba. Este efecto fue más significativo en las harinas obtenidas por autoclaveado.

Los índices de absorción y solubilidad de agua, fueron bajos, lo que permite concluir que tales índices no pueden ser utilizados en la elaboración de alimentos solubles, dado que estas harinas requieren la mayor absorción de agua y daño al almidón, y deben ser altamente solubles (15). En cuanto a los otros métodos de procesamiento térmico, extrusión, por ejemplo, se observaron valores de índice de absorción de agua y solubilidad de 6.0 y 15<sup>o</sup>/o, respectivamente (12).

Estos indicadores reflejan que el proceso de cocción en seco no ejerce un efecto significativo sobre las propiedades funcionales de leguminosas.

Los valores de NSI de las harinas cocidas en seco disminuyeron conforme se incrementaba la temperatura de procesamiento. Este efecto fue mayor en las harinas obtenidas por autoclaveado. En el caso del caupí, la disminución osciló entre 40 y 70<sup>o</sup>/o, en la canavalia varió entre 32 y 54<sup>o</sup>/o, y en el lupino fue del orden de 56 a 60<sup>o</sup>/o con respecto al valor de NSI de las harinas crudas.

Estos resultados del índice de solubilidad de N (NSI) indican que las leguminosas sufrieron un tratamiento térmico que afectó la estructura de

las proteínas; esto se debe a que el tratamiento por calor seco o húmedo afecta la solubilidad de las proteínas, los patrones electroforéticos, y la naturaleza y la calidad de la proteína (19).

La viscosidad amilográfica se basó en el pico máximo desarrollado por las diferentes harinas crudas y procesadas. Es de interés señalar que sólo se aprecia un efecto significativo de los procesos de cocción en seco y autoclaveado en el caso del frijol caupí, aun cuando tales valores no son los requeridos para su uso en alimentos solubles con menor cantidad de largas cadenas de glucosa. En la canavalia no se aprecia ningún cambio significativo en viscosidad, ya que el proceso de cocción en seco no fue lo suficiente como para ejercer cierto efecto sobre la gelatinización del almidón. En el lupino no se determinó la viscosidad amilográfica debido a su bajo contenido de carbohidratos, específicamente, almidón. Los carbohidratos del lupino se componen principalmente de pentosanos, azúcares solubles y pectinas (20).

El efecto del proceso de cocción en seco sobre el color de las harinas se aprecia en la Tabla 4. Cabe destacar, en este caso, que las harinas de leguminosas procesadas térmicamente en seco acentuaron el color naranja, sugiriendo la necesidad de reducir el tiempo de residencia a las temperaturas aplicadas.

TABLA 4

CARACTERISTICAS DE COLOR EN HARINAS DE CAUPI, CANAVALIA Y LUPINO CRUDOS, TOSTADOS Y AUTOCLAVEADOS

Leguminosas	Tratamiento	Interpretación visual del color		
		Neutro	Naranja	Amarillo
Caupí	Crudo	0.0	0.2	0.2
Caupí	150°C x 2.5'	0.1	0.5	0.1
Caupí	200°C x 2.5'	0.0	0.7	0.1
Caupí	250°C x 2.5'	0.0	0.9	0.0
Caupí	121°C x 30'	0.1	0.8	0.0
Canavalia	Cruda	0.0	0.0	0.2
Canavalia	150°C x 2'	0.0	0.0	0.5
Canavalia	200°C x 2'	0.0	0.1	0.6
Canavalia	250°C x 2'	0.0	0.4	0.3
Canavalia	121°C x 30'	0.1	0.3	0.1
Lupino	Crudo	0.0	0.5	1.7
Lupino	150°C x 2.5'	0.0	0.2	1.0
Lupino	200°C x 2.5'	0.0	0.7	1.3
Lupino	250°C x 2.5'	0.0	0.9	1.2
Lupino	121°C x 30'	0.0	0.7	1.5

Es posible que este efecto se deba al oscurecimiento no enzimático producido por el uso de elevadas temperaturas que favorecen la reacción entre los grupos aminos de los aminoácidos y los grupos carbonilos de los azúcares formando compuestos melanoidinos, los que son los responsables del color de las harinas procesadas. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de otros autores (4, 5), quienes trabajaron con harinas de frijol común y otras leguminosas como el garbanzo.

Es factible construir y operar un intercambiador térmico de lecho granular que permita obtener harinas cocidas de leguminosas sin afectar adversamente la calidad de la proteína y mejorar aspectos organolépticos como olor y sabor y con ventajas económicas obvias como son el tiempo de elaboración, los procesos de deshidratación generalmente necesarios en el caso del procesamiento húmedo, y los aspectos físicos, la ruptura del grano que ocurre en la cocción húmeda, por ejemplo, y la deshidratación por aire.

Algunos posibles usos de las harinas serían su utilización en la elaboración de sopas, en mezclas con harinas tostadas de cereales como cebada, trigo, maíz, de gran consumo en el altiplano del Perú, y de otros países latinoamericanos.

#### SUMMARY

##### EFFECTS OF PROCESSING BY GRANULAR GRAIN ROASTING OF THE CHEMICAL AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF LEGUME GRAINS

The present research compares the effect of cooking cowpea, canavalia and lupine by pressure cooking and by a granular bed roaster, on chemical and physical characteristics. The wet cooking process was carried out by pressure cooking at 121°C for 30 min at 15 psi, using a bean-to-water ratio of 3 to 1. The cooked samples were dried with heated air (60°C). The granular bed roasting was carried out at 200 and 250°C for contact times of 2 and 2.5 minutes, at a 5 to 1 sand:bean ratio. For this process, a granular bed roaster was designed and constructed.

This process induced in the grain temperatures which varied from 90 - 128°C, and thermic efficiencies which fluctuated between 38 and 60%. The wet and the dry processes did not affect protein and fat content, although available lysine values decreased slightly. The two processes did not affect water absorption and water solubility. The nitrogen solubility index, however, decreased as roasting temperatures increased in the case of the granular bed roaster, and it also decreased in the wet-cooking procedure. Both processes affected color of the cooked flours, with a light orange color, suggesting non-enzymatic browning due to the high temperatures used.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Molina, M.R., M.E. Rizo, M.A. Baten & R. Bressani. Prevención del endurecimiento del frijol y aprovechamiento del grano endurecido. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 32(2): 368-400, 1982.
2. Bressani, R. Research needs to up-grade the nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Qual. Plant. Plant Foods Human Nutr.*, 32: 101-110, 1983.
3. Smith, A.K. *Soybean: Chemistry and Technology*. Allan K. Smith and S.J. Circle

- (Eds.), Westport, CT, Avi Publishing Co., Inc. 1972 Vol. I. **Proteins**, p. 451-452.
4. Aguilera, J.M., E.W. Lusas, M.A. Uebersax & M.E. Zabik. Roasting of navy beans (*Phaseolus vulgaris*) by particle-to-particle heat transfer. **J. Food Sci.**, **47**(3): 996-1000, 1982.
  5. Kellerhy, J.D., D.G. Peterson & R.E. Tribelhorn. Granular bed roaster evaluation report, prepared by Colorado State University. Fort Collins, Colorado, 1979.
  6. Yadav, N.R. & I.E. Liener. Nutritional evaluation of dry-roasted navy bean flour and mixtures with cereal proteins. p. 401. In: **Nutritional Improvement of Food and Feed Proteins**. M. Friedman (Ed.). **Advances in Experimental Medicine and Biology** Vol. 105. New York, Plenum Press, 1978.
  7. Gross, R. **El Cultivo y la Utilización del Tarwai (*Lupinus mutabilis* Sweet)**. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1982, p. 152-173. (FAO: Estudios sobre Producción y Protección Animal No. 36).
  8. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 12th ed. Washington, D.C. The Association, 1975. p. 70-80.
  9. Conkerton, E.J. & V.L. Frampton. Reaction of gossypol with free-amino groups of lysine in proteins. **Arch. Biochem. Biophys.**, **81**: 130-134, 1959.
  10. Molina, M.R., M.A. Baten, R.A. Gómez-Brenes, K.W. King & R. Bressani. Heat treatment: A process to control the development of the hard-to-cook phenomenon in black beans (*Phaseolus vulgaris*). **J. Food Sci.**, **41**: 661-666. 1976.
  11. Leach, H.W., L.D. McCowen & T.J. Schoch. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chem.**, **36**: 534-544, 1959.
  12. American Association of Cereal Chemists, Inc. **Cereal Laboratory Methods**. 7th ed. St. Paul, Minn., St. Paul, Minn. Co., 1962.
  13. Loncin, M. & R.L. Merson. **Food Engineering**. New York, Academic Press, 1968.
  14. De León, L.R. **Desarrollo Experimental de una Bebida de Alto Valor Energético y Proteínico a Base de Frijol Común y Maíz Blanco y Estimación del Perfil de Costos del Proceso Propuesto**. Tesis de Ing. Químico, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Química. Guatemala, 1984. 30 p.
  15. Universidad de las Naciones Unidas. **Evaluación Nutricional de Alimentos Proteínicos**. Peter Pellet y Vernon Young (Eds.). Tokio, UNU, 1980, p. 115-139.
  16. Samad, R.A., R. Bressani, L.G. Elías & R. Gómez-Brenes. Evaluación química y biológica de alimentos de alto valor nutritivo a base de leguminosas de grano. En: **Informe Anual 1981**. Guatemala, INCAP, 1982, p. 82.
  17. Loayza, J.C. & R. Bressani. Evaluación de la calidad proteínica de harinas de leguminosas obtenidas por tostación en lechos granulares calentados. **Arch. Latinoamer. Nutr.**, **38**: 152-161, 1988.
  18. Chauvin, H.J.V. **Desarrollo Experimental de un Proceso Combinado de Extrusión e Hidrólisis Enzimática para la Elaboración de un Suplemento Alimenticio a Base de Arroz y Soya**. Tesis (*Magister Scientifical*). Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP. Guatemala, mayo de 1981, 34 p.
  19. Condori, M.Z. Effect of autoclaving in presence and absence of gossypol on solvent-extracted cottonseed. **J. Agr. Food Chem.**, **2**: 822-826, 1956.
  20. Hove, E.L. Composition and protein quality of sweet lupin seed. **J. Sci., Fd Agric.**, **25**: 851-859, 1974.