

# EVALUACION DE LA CALIDAD PROTEINICA DE HARINAS DE LEGUMINOSAS OBTENIDAS POR TOSTACION EN LECHOS CALENTADOS<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

Se obtuvieron harinas tostadas de caupí, canavalia y lupino por medio de un tratamiento térmico en un lecho de arena a 150, 200 y 250°C durante 2 y 2.5 minutos, seguido por molienda en un molino Raymond.

Se empleó como referencia las harinas obtenidas por autoclave a 121°C durante 30 min, seguido por secado a 60°C por el término de 16 horas.

Las harinas fueron evaluadas por la actividad antitriptica, taninos, lisina disponible, digestibilidad y razón proteínica neta (NPR).

El proceso de tostación incrementó los valores de NPR en forma similar a los obtenidos mediante el proceso de autoclaveado. Sin embargo, los valores de NPR de las harinas difirieron significativamente ( $P \leq 0.05$ ) de los valores de NPR de la caseína.

Las condiciones de tostación y autoclaveado tuvieron un efecto significativo en el grado alcanzado de inactivación de inhibidores de tripsina.

El lupino presentó una alta digestibilidad que no difiere significativamente ( $P \leq 0.05$ ) del valor de digestibilidad experimental de la caseína.

El proceso de tostación en lechos granulares permite obtener harinas de calidad proteínica aceptable y contenidos bajos de factores tóxicos que existen en las leguminosas de grano.

---

Manuscrito modificado recibido: 18-2-88.

- <sup>1</sup> Este trabajo fue financiado por la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) y por el Programa INC-NUT-370/PN/85-85/CA-Bean/Cowpea - CRSP, Título XII.
- <sup>2</sup> Director del Programa Sectorial I de la Unidad de Estudios y Proyectos de Investigación del Instituto Nacional de Desarrollo Agroindustrial, Apartado Postal 11294, Lima, Perú.
- <sup>3</sup> Coordinador de Investigación y Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C.A.

Publicación INCAP/UNU-48.

## INTRODUCCION

En las diversas zonas ecológicas marginales dedicadas a la producción agrícola, se observan problemas nutricionales en la población rural. El crecimiento demográfico alarmante y el movimiento de la población rural a las áreas urbanas está creando la necesidad de mejorar los sistemas de almacenamiento de granos por un lado, así como de asegurar su estabilidad e integridad organoléptica, física y nutricional hasta el momento de su adquisición por el consumidor. Aunque el problema aplica a los granos básicos en general, las leguminosas de grano son las más afectadas, no sólo porque su producción continúa siendo deficiente, sino también porque parecen ser más susceptibles al deterioro por prácticas ineficientes de almacenamiento. Es común el hecho de que las leguminosas de grano, el frijol común en particular, almacenadas bajo condiciones pobres, se vuelven duras con aumentos significativos en el tiempo de cocción.

La cocción de las leguminosas secas es necesaria para desarrollar textura y sabor aceptables; asimismo, para inactivar inhibidores de tripsina y otros factores termolábiles, y finalmente, para hacer la proteína de las leguminosas nutricionalmente aprovechable (1,2).

Los procesos comunes involucran el remojo en agua de las leguminosas durante toda la noche, drenado y cocción en agua durante una hora o más. Otros procesos incluyen remojo, autoclaveado y secado (3).

La alternativa de tostado en seco de las leguminosas en ausencia de humedad ha sido generalmente considerada como un medio inefectivo de aumentar la utilización biológica de la proteína de las leguminosas. No obstante, estudios más recientes han demostrado que el tostado en seco de los granos de soya y frijoles puede incrementar efectivamente la calidad de la proteína (4-6).

El presente trabajo describe el efecto del proceso de tostación en lechos granulares calentados como medios de transferencia de calor, y del proceso húmedo por autoclaveado sobre la calidad proteínica de harinas de leguminosas de grano.

## MATERIAL Y METODOS

### *Materiales*

Se utilizaron leguminosas de grano no convencionales tales como caupí (*Vigna unguiculata*), canavalia (*Canavalia ensiformis*), y lupino (*Lupinus mutabilis*). Las dos primeras leguminosas fueron adquiridas en un mercado local de la ciudad de Guatemala, y el lupino procedía de Lima, Perú.

La arena de río de tamaño de partícula entre 0.487 y 0.841 mm se usó como medio de transferencia de calor. Esta arena fue lavada con agua corriente para eliminar la materia orgánica y tierra hasta el punto en que el agua de lavado salió clara.

### *Métodos*

El trabajo experimental comprendió el uso de los procesos térmicos en húmedo y en seco como se detalla a continuación.

1. El proceso húmedo consistió en cocinar las leguminosas (una parte) en agua (tres partes), en autoclave a 16 lb de presión (121°C) durante 30 min. Luego fueron secadas a 60°C por 16 horas, descascaradas y finalmente molidas para obtener la harina precocida de leguminosa.

2. El proceso seco consistió de una limpieza para eliminar impurezas, luego se acondicionaron los granos para ajustar a la humedad de 20%, y posteriormente se sometieron a cocción en el tostador de granos TOST-INCAP (7), utilizando temperaturas de la arena de 150, 200 y 250°C por tiempos de residencia de 2 y 2.5 min. Después fueron descascarados y por último molidos para obtener la harina tostada de leguminosa. Cualquier partícula de arena que pudiera haberse pegado al grano, se eliminó en el proceso de descascarado.

Estos procesos fueron aplicados al caupí y a la canavalia; sin embargo, en el caso del lupino se empleó previamente el método tradicional de desamargado con el objeto de eliminar los alcaloides presentes en estos granos (8). El lupino fue hidratado por 24 horas, luego sometido a cocción por 40 min. Se utilizó un volumen de agua tres veces mayor que el peso del grano y al final se obtuvo un caldo de color amarillo. Después de cocido se estimó que había perdido gran parte de los alcaloides (estimado entre 60 y 70%). Sin embargo, se enjuagó nuevamente con dos volúmenes de agua y se sometió a lavado en una corriente de agua durante tres días hasta que ya no se sentía el sabor amargo característico de esta semilla. Este proceso deja en la semilla un contenido de aproximadamente 0.02 y 0.002% de alcaloides (9). Posteriormente, el lupino fue secado hasta alcanzar 20% de humedad y se aplicaron los procesos térmicos seguidos por el caupí y la canavalia.

### *Análisis Químicos y Factores Tóxicos*

El contenido de humedad, grasa y proteína se obtuvo a través de los métodos de la AOAC (10). La actividad de inhibidores de tripsina fue analizada por el método de Kakade *et al.* (11). Los taninos, expresados como ácido tánico se determinaron según el método de Burns (12), y la lisina disponible se midió por el método de Carpenter usando Dinitrofluorobenceno (13).

### *Ensayos Biológicos*

Se utilizaron ratas de la raza Wistar de 21 días de edad, distribuidas según su peso entre las dietas experimentales, ocho por grupo (cuatro hembras y cuatro machos). Luego, los animales se alojaron en jaulas individuales de tela metálica con fondos levadizos. Se les suministró agua y alimento *ad libitum*. Los cambios de peso y consumo de alimento se registraron semanalmente. Como proteína control se utilizó la caseína al mismo nivel de proteína de las dietas experimentales (10%); asimismo, se usó una dieta libre de nitrógeno (DLN).

La calidad proteínica fue evaluada por la Razón Proteínica Neta (NPR) (14). Durante los últimos siete días de la prueba se recolectaron cuantitativamente las materias fecales. Estas fueron secadas en un horno de aire a 60°C durante 10 horas, previo a su análisis de nitrógeno (10) para determinar la digestibilidad.

## RESULTADOS

El contenido de humedad, grasa y proteína de los tres granos, después de procesados, se detalla en la Tabla 1. Como se había previsto, la humedad disminuyó en todos los casos conforme la temperatura de cocción aumentaba. Los cambios en grasa y en proteína son el reflejo del menor contenido de humedad, a pesar de que en el caupí la concentración de proteína no aumentó. Aun cuando ya es un hecho conocido, llama la atención el alto nivel de grasa del lupino, comparado con el de las otras dos leguminosas.

La Tabla 2 ilustra los resultados de actividad de inhibidores de tripsina y taninos en las harinas crudas, tostadas y autoclaveadas de caupí, canavalia y lupino. Según se observa, en todas las leguminosas procesadas ocurre una disminución significativa en los contenidos de inhibidores de tripsina, conforme aumenta la temperatura de tostación. Este efecto es similar en el caso de las leguminosas autoclaveadas y tostadas a mayores temperaturas.

El contenido de taninos expresado como ácido tánico sufrió una ligera disminución con los procesos de tostación y autoclaveado. Si bien en el caupí esta reducción no es significativa, en la canavalia y en el lupino es del orden de 38 y 68<sup>o</sup>/o, respectivamente, comparados con el contenido de taninos de sus harinas crudas.

La evaluación biológica de la calidad de la proteína realizada por el método de NPR (Razón Proteínica Neta), así como la digestibilidad de la proteína y el contenido de lisina disponible, se muestran en la Tabla 3.

Los valores de NPR de las harinas crudas, tostadas y autoclaveadas de las leguminosas acusaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) con respecto al valor experimental de la caseína.

El análisis de post-varianza de Tukey permitió determinar que no existe diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre las muestras de caupí procesadas por tostación y autoclaveadas, y son las que dieron mejores promedios de NPR en comparación con los otros grupos, y menores que el valor de NPR de la caseína. Continúa en forma descendente el grupo de la canavalia tostada a 200 y 250<sup>o</sup>C y autoclaveada (121<sup>o</sup>C durante 30 min), y finalmente, son el lupino tostado y autoclaveado los que presentan los menores valores de NPR (1.4 a 1.6).

En la misma Tabla se pueden apreciar los valores de digestibilidad aparente y verdadera de la proteína de las leguminosas. Es interesante mencionar que —de acuerdo al análisis de varianza— no existe diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre los valores de digestibilidad aparente de la caseína y de las harinas de lupino crudo, tostado a 150 y 200<sup>o</sup>C, y autoclaveado.

Un segundo grupo en orden de importancia está constituido por la harina tostada de caupí a 150 y 200<sup>o</sup>C, así como el lupino y la canavalia tostados a 250<sup>o</sup>C. Se observan resultados similares para la digestibilidad verdadera.

En cuanto al contenido de lisina disponible, no existe una tendencia definida con respecto a temperatura de tostación, aunque los valores para las muestras procesadas en húmedo son menores.

TABLA 1

CONTENIDO DE HUMEDAD, EXTRACTO ETÉREO Y PROTEÍNA  
EN LAS SEMILLAS LEGUMINOSAS CRUDAS, TOSTADAS  
Y COCIDAS A PRESIÓN  
(expresado en g<sup>o</sup>/o)

| Leguminosas                              | Humedad | Extracto<br>etéreo | Proteína |
|--|---------|--------------------|----------|
| Caupí crudo                              | 8.8     | 2.5                | 29.2     |
| Caupí tostado (150°C x 2.5'')            | 6.3     | 2.8                | 28.9     |
| Caupí tostado (200°C x 2.5'')            | 4.2     | 2.7                | 28.9     |
| Caupí tostado (250°C x 2.5')             | 1.1     | 2.8                | 28.2     |
| Caupí cocido a presión (121°C x 30')     | 1.2     | 2.9                | 28.4     |
| Canavalia cruda                          | 6.3     | 3.7                | 26.1     |
| Canavalia tostada (150°C x 2')           | 6.2     | 3.8                | 28.2     |
| Canavalia tostada (200°C x 2')           | 4.3     | 4.1                | 27.4     |
| Canavalia tostada (250°C x 2')           | 1.4     | 4.3                | 27.0     |
| Canavalia cocida a presión (121°C x 30') | 5.0     | 4.4                | 27.0     |
| Lupino crudo                             | 4.2     | 23.1               | 40.8     |
| Lupino tostado (150°C x 2.5'')           | 6.8     | 31.4               | 47.8     |
| Lupino tostado (200°C x 2.5')            | 4.2     | 32.2               | 47.9     |
| Lupinó tostado (200°C x 2.5')            | 1.6     | 31.6               | 48.8     |
| Lupino cocido a presión (121°C x 30')    | 1.7     | 29.3               | 45.7     |

## DISCUSION

Los resultados de inhibidores de tripsina y taninos del caupí y canavalia crudos concuerdan con los obtenidos por otros investigadores (15, 16) para frijoles blancos. Sin embargo, en el lupino crudo los resultados obtenidos son contradictorios (12.34 UIT/ml); por ejemplo, Schoeneberger *et al.* (17) no encontraron ninguna actividad inhibitoria de tripsina en cuatro de las cinco variedades de lupino sometidas a ensayo. Un ecotipo tuvo un nivel de inhibidor de tripsina de 1.16 UIT/ml de extracto. Hudson *et al.* (18) no encontraron inhibidores de tripsina en *Lupinus mutabilis*; en cambio Hove (19) y Hove *et al.* (20) detectaron un ligero efecto inhibidor. Estos resultados dan motivo para asumir que existe cierta diferencia genética entre las diversas variedades de lupino. Es necesario indicar que los factores tóxicos de mayor importancia en el lupino son los alcaloides, que le confieren el sabor amargo, pero en el estudio que nos ocupa, no fue posible cuantificarlos. No obstante, se aplicó el proceso tradicional de desamargado, con el cual se eliminan los alcaloides hasta niveles inferiores de 0.02<sup>o</sup>/o (9).

Los inhibidores de tripsina y taninos han sido frecuentemente citados como factores que reducen el valor nutritivo de las leguminosas crudas. Se sabe que los inhibidores de tripsina son termolábiles (21) mas no así los

TABLA 2

## INHIBIDORES DE TRIPSINA Y TANINOS EN CAUPI, CANAVALLIA Y LUPINO CRUDOS, TOSTADOS Y AUTOCLAVEADOS

| Leguminosa/Tratamiento | Inhibidor de tripsina*<br>(UIT/ml) | Taninos**<br>(g o/o) |
|------------------------|------------------------------------|----------------------|
| Caupí crudo            | 13.40                              | 0.43                 |
| Caupí 150°C x 2.5'     | 8.87                               | 0.39                 |
| Caupí 200°C x 2.5'     | 5.35                               | 0.32                 |
| Caupí 250°C x 2.5'     | 4.93                               | 0.39                 |
| Caupí 121°C x 30'      | 4.27                               | 0.39                 |
| Canavalia cruda        | 10.87                              | 0.73                 |
| Canavalia 150°C x 2'   | 9.16                               | 0.72                 |
| Canavalia 200°C x 2'   | 7.57                               | 0.60                 |
| Canavalia 250°C x 2'   | 4.70                               | 0.59                 |
| Canavalia 121°C x 30'  | 5.92                               | 0.45                 |
| Lupino crudo           | 12.34                              | 1.76                 |
| Lupino 150°C x 2.5'    | 10.03                              | 0.59                 |
| Lupino 200°C x 2.5'    | 8.78                               | 0.70                 |
| Lupino 250°C x 2.5'    | 7.42                               | 0.68                 |
| Lupino 121°C x 2.5'    | 8.45                               | 0.56                 |

\* Unidades de inhibidor de tripsina por ml de extracto.

\*\* Expresado como equivalentes de ácido tánico.

taninos. Las condiciones del proceso de tostación y autoclaveado tuvieron un efecto significativo sobre el grado de inactivación alcanzado. La actividad antitriptica en caupí crudo (13.40 UIT/ml) fue reducido hasta en un 63<sup>o</sup>/o; en la canavalia cruda (10.87 UIT/ml) se redujo en 57<sup>o</sup>/o y en el lupino crudo (12.34 UIT/ml) disminuyó hasta 40<sup>o</sup>/o por tostación a 250°C por 2'30". Estos resultados difieren de los constatados por Carvalho *et al.* (6) cuyos valores en frijoles disminuyeron de 70 a 80<sup>o</sup>/o debido al tratamiento de tostación a 190°C por 30" y 220°C por 20" (6). Otros investigadores (5), sin embargo, encontraron disminuciones similares en frijoles.

El contenido de taninos no presenta mayor variación en el caupí ni en la canavalia debido al proceso de tostación y autoclaveado. Pero, en el lupino sí se aprecia una mayor disminución con respecto a su contenido inicial, pudiendo éste, sin embargo, ser atribuido al tratamiento previo de desamalgado al cual se sometió.

La proteína del lupino acusa una calidad relativamente baja, debido a su bajo contenido de aminoácidos azufrados (8,17,19), calidad que puede mejorarse mediante la suplementación con metionina (8,17,19); no obstante, la calidad proteínica mejora con la tostación en forma similar al proceso de autoclaveado. Este hecho no es sorprendente, ya que

TABLA 3

**CALIDAD PROTEINICA (NPR)\* Y DIGESTIBILIDAD APARENTE Y VERDADERA DE CAUPI, CANAVALIA  
Y LUPINO CRUDOS, TOSTADOS Y AUTOCLAVEADOS**

| Leguminosa | Tratamiento  | NPR         | Digestibilidad aparente (°/o)** | Digestibilidad verdadera (°/o)*** | Lisina disponible, °/o |
|------------|--------------|-------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Caupí      | Crudo        | 1.91 ± 0.35 | 82.80 ± 2.68                    | 84.52 ± 2.66                      | 2.06                   |
| Caupí      | 150°C x 2.5' | 2.52 ± 0.23 | 85.77 ± 3.47                    | 87.24 ± 3.24                      | 2.19                   |
| Caupí      | 200°C x 2.5' | 2.51 ± 0.27 | 85.61 ± 1.82                    | 87.09 ± 1.80                      | 1.93                   |
| Caupí      | 250°C x 2.5' | 2.33 ± 0.30 | 81.41 ± 2.64                    | 83.09 ± 2.63                      | 1.84                   |
| Caupí      | 121°C x 30'  | 2.21 ± 0.48 | 80.92 ± 3.92                    | 82.68 ± 3.55                      | 1.63                   |
| Canavalia  | Cruda        | 1.08 ± 0.37 | 67.36 ± 8.93                    | 70.47 ± 8.67                      | 1.68                   |
| Canavalia  | 150°C x 2'   | 1.07 ± 0.27 | 72.61 ± 2.34                    | 75.37 ± 2.36                      | 1.52                   |
| Canavalia  | 200°C x 2'   | 1.90 ± 0.27 | 81.92 ± 4.03                    | 84.50 ± 3.92                      | 1.69                   |
| Canavalia  | 250°C x 2'   | 1.87 ± 0.17 | 83.49 ± 1.95                    | 85.62 ± 1.90                      | 1.53                   |
| Canavalia  | 121°C x 30'  | 1.85 ± 0.17 | 80.65 ± 2.24                    | 83.05 ± 2.21                      | 1.42                   |
| Lupino     | Crudo        | 0.83 ± 0.53 | 88.56 ± 2.95                    | 92.25 ± 2.64                      | 2.72                   |
| Lupino     | 150°C x 2.5' | 1.63 ± 0.33 | 87.05 ± 4.31                    | 88.98 ± 3.01                      | 2.64                   |
| Lupino     | 200°C x 2.5' | 1.65 ± 0.32 | 87.15 ± 0.99                    | 89.61 ± 1.11                      | 2.15                   |
| Lupino     | 250°C x 2.5' | 1.42 ± 0.26 | 84.44 ± 1.87                    | 87.14 ± 1.80                      | 2.36                   |
| Lupino     | 121°C x 30'  | 1.60 ± 0.32 | 87.66 ± 1.60                    | 90.37 ± 1.41                      | 1.73                   |
| Caseína    |              | 3.67 ± 0.40 | 92.09 ± 0.64                    | 93.33 ± 0.63                      |                        |

\* Razón proteínica neta = Ganancia peso + pérdida peso grupo DLN/proteína consumida.

\*\* Digestibilidad aparente = N ingerido - N fecal/N ingerido x 100.

\*\*\* Digestibilidad verdadera = N ingerido - (N fecal - N fecal endógeno)/N ingerido x 100.

originalmente la proteína de lupino revela una alta digestibilidad verdadera (88 a 92<sup>o</sup>/o) en comparación con otras proteínas de leguminosas, tales como caupí (82 a 87<sup>o</sup>/o) y canavalia (70 a 84<sup>o</sup>/o). Además, la proteína cruda presenta altas cantidades de sustancias tóxicas como alcaloides (3 a 3.5<sup>o</sup>/o), las cuales fueron eliminadas con el uso del proceso tradicional de desamargado (< 0.02<sup>o</sup>/o). Otros estudios (9) en seres humanos, han demostrado que la proteína de lupino indica una alta digestibilidad aparente, que resulta excelente en el caso de leguminosas, pues es de 93.4<sup>o</sup>/o (caseína 100<sup>o</sup>/o), y puede ser aumentado a 96.4<sup>o</sup>/o mediante la adición de metionina.

Las harinas de caupí crudo, tostado y autoclaveado presentaron los mejores promedios de NPR; sin embargo, no fueron significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) a los valores de NPR del lupino y de la canavalia. El efecto de los procesos de tostación y autoclaveado mejoró el valor de NPR de las harinas crudas. No obstante, para la canavalia el efecto se notó a la temperatura de 200°C, en contraste con lo que ocurrió para el caupí y el lupino, aunque no se debe descartar que el tiempo de contacto fue de 2 a 2.5 minutos. Estos resultados concuerdan con los informados por otros investigadores (5,6) quienes usaron otros ensayos biológicos como valor proteínico relativo (RPV) e índice de eficiencia proteínica (PER) con frijoles y encontraron ligeros aumentos en la calidad proteínica de los frijoles tostados. Este aumento aparentemente se debe a la destrucción de inhibidores de tripsina, y la explicación para la superioridad nutricional del producto medida por estos indicadores, estribaría en la mejor digestibilidad de las harinas tostadas. La razón de la pequeña diferencia en digestibilidad de las harinas tostadas y autoclaveadas puede deberse al grado de procesamiento térmico empleado. Como se sabe, ocurren reacciones de proteína-proteína y proteína-carbohidrato, las cuales hacen que los aminoácidos no sean disponibles y reducen la calidad de la proteína; por lo tanto, hay un descenso en la digestibilidad de la misma. Es de interés indicar que el proceso no redujo significativamente la lisina disponible al punto que redujera la calidad de la proteína.

Los resultados de la evaluación biológica y determinación de inhibidores de tripsina sugieren que el proceso de tostación en lechos granulares calentados fue equivalente al proceso convencional de cocción en húmedo en la inactivación de sustancias antifisiológicas.

Desde el punto de vista de calidad proteínica y digestibilidad, las harinas de leguminosas obtenidas por el proceso de elevadas temperaturas y a corto tiempo, prometen ser completamente satisfactorias para consumo humano.

## SUMMARY

### EVALUATION OF THE PROTEIN QUALITY OF LEGUME FLOURS OBTAINED BY ROASTING IN FLUID SAND BEDS

Roasted flours from cowpea, canavalia and washed lupin were prepared by a thermic treatment in fluid sand beds at 150, 200 and 250°C for 2.0 and 2.5 minutes, followed by dehulling and grinding. A flour produced by pressure cooking at 121°C for 30 min followed by drying was used as reference. The flours were evaluated

through residual levels of antitryptic activity, tannin content, available lysine, NPR and protein digestibility.

The roasting and the pressure cooking processes increased NPR values. Nevertheless, the NPR values of all legume flours were significantly lower than the NPR casein values. The roasting process carried out under the conditions indicated inactivated trypsin inhibitor activity significantly. A small decrease in tannin content was also observed, with small insignificant changes in available lysine. The protein digestibility of all products was high with lupin, digestibility being equal to that observed for casein.

The roasting process in a fluid granular bed allows the production of products of acceptable protein quality with low levels of antiphsiological factors.

### BIBLIOGRAFIA

1. Bressani, R. Research needs to up-grade the nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Qual. Plant, Plant Foods Hum Nutr.*, **32**: 101-110, 1983.
2. Haytowitz, D.B. & R.H. Matthews. Effect of cooking on nutrient retention of legumes. *Cereal Foods World*, **28**: 362-364, 1983.
3. Siegel, A. & B. Fawcett. *Food Legume Processing and Utilization*. Ottawa, Canada, International Development Research Centre, 1976 (IDRC Publication TS1).
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**: 996-1000, 1982.
5. Yadav, N.R. & I.E. Liener. Nutritional evaluation of dry-roasted navy bean flour and mixtures with cereal proteins. In: *Nutritional Improvement of Food and Feed Proteins*, M. Friedman (Ed.). New York, Plenum Press, 1978, p. 401-413.
6. Carvalho, C.C., G.R. Jansen & J.M. Harper. Protein quality evaluation of an instant bean powder produced by heat processing. *J. Food Sci.*, **42**(2): 553-554, 1977.
7. Loayza, C. *Estudio de una Alternativa de Procesamiento Térmico sobre las Propiedades Funcionales y Valor Nutritivo de Leguminosas Alimenticias*. Tesis *Magister Scientifcae* en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 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, C.A., febrero de 1985.
8. Gross, U., R. Godomar Galindo & H. Schoenberger. The development and acceptability of lupine (*Lupinus mutabilis*) products. *Qual. Plant, Plant Foods Hum, Nutr.*, **32**: 155-164, 1983.
9. Gross, R. *El Cultivo y la Utilización del Tarwi (Lupinus mutabilis sweet)*. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1982, p. 152-173. (Estudio FAO: Producción y Protección Vegetal No. 36).
10. Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 12 ed. Washington, D.C., The Association, 1975.
11. 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.
12. Burns, R.E. Method for estimation of tannin in grain sorghum. *Agro. J.*, **63**: 511-512, 1971.
13. Carpenter, K.J. The estimation of the available lysine in animal-protein foods. *Biochem. J.*, **77**: 604-610, 1960.

14. Bender, A. E. & B. H. Doell. Biological evaluation of protein - a new aspect. *Brit. J. Nutr.*, **11**: 140-148, 1957.
15. Bressani, R., L. G. Elías & M. E. de España. Posibles relaciones entre medidas físicas, químicas y nutricionales en frijol común (*Phaseolus vulgaris*). *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **31**: 550-570, 1981.
16. Bressani, R., L. G. Elías, M. T. Huevo & J. E. Braham. Estudios sobre la producción de harinas precocidas de frijol y caupí, solos y combinados mediante cocción-deshidratación. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **27**: 247-260, 1977.
17. Schoeneberger, H., R. Gross, H. D. Cremer & I. Elmadfa. The protein quality of lupins (*Lupinus mutabilis*) alone and in combination with other protein sources. *Qual. Plant. Plant Food Hum. Nutr.*, **32**: 133-143, 1983.
18. Hudson, B. J. F., J. G. Fleetwood & A. Z. Mahaddan. Lupin: An arable food crop for temperate climates. *Plant. Foods for Man*, **2**: 81-90, 1976.
19. Hove, E. L. Composition and protein quality of sweet lupin seed. *J. Sci. Fd. Agric.*, **25**: 851-859, 1974.
20. Hove, E. L., S. King & G. D. Hill. Composition, protein quality and toxins of seeds of the grain legumes *Glycine mars*, *Lupinus spp.*, *Phaseolus spp.*, *Pisum sativum* and *Vicia faba*. *New Zealand J. Agric. Res.*, **21**: 457-462, 1978.
21. Bressani, R. & L. G. Elías. Legume foods. In: *New Protein Foods*. Vol. I. *Technology*. A. M. Altschul (Ed.). New York, Academic Press, Inc., 1974, p. 230-297.