EFECTO DEL PROCESO DE COCCION-EXTRUSION (BRADY CROP COOKER) SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DE MEZCLAS ELABORADAS A BASE DE FRIJOL CAUPI *(Vigna sinensis)* – MAIZ, Y DE FRIJOL CAUPI-YUCA[1]

Walter S. Jorge João,[2] *Luiz G. Elías*[3] *y Ricardo Bressani*[4]

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

RESUMEN

Se describen los estudios realizados en ratas con el fin de determinar el efecto del proceso de extrusión sobre el valor nutritivo de mezclas elaboradas a base de caupí-maíz y de caupí-yuca. De acuerdo con los resultados de esta investigación, la mejor calidad proteínica se obtuvo al comparar estas mezclas,

---

Manuscrito modificado recibido: 11–9–80.

1 Este trabajo se basa en parte en el trabajo de tesis de Walter S. Jorge Joao, previo a optar al título de *Magister Scientificae* del Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala/INCAP.

2 Ex-becario del INCAP, en la actualidad sirve el cargo de Profesor del Curso de Nutrición del Centro de Ciencias de la Salud, Universidad Federal del Pará, Belém, Pará, Brasil.

3 Jefe del Programa de Alimentos Básicos de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, Guatemala, C. A.

4 Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, P. O. Box 1188, Guatemala, C. A.

Publicación INCAP E-1006.

extruidas, con las mismas mezclas en estado crudo. Es posible que el tratamiento térmico a que se sometieron durante el proceso de cocción-extrusión haya producido cambios en la fracción de carbohidratos de estas leguminosas favoreciendo así una mejor utilización de sus proteínas. Se considera de mucha importancia que por medio de investigaciones posteriores se trate de esclarecer este efecto, ya que desde el punto de vista práctico, el proceso de extrusión presenta muchas ventajas y puede constituir un recurso tecnológico de valor para nuestros países. Se estima importante también, continuar estos estudios con el fin de caracterizar el tipo de carbohidrato del frijol caupí, antes y después del tratamiento térmico. En estos estudios habrá que estandarizar las condiciones de extrusión y determinar no sólo sus efectos sobre la proteína, sino también sobre su contenido de almidones, pues se ha establecido que estos últimos pueden afectar el grado de utilización de las proteínas por parte de los animales.

Asimismo, se observó que la adición de metionina producía un efecto benéfico tanto en las mezclas crudas como extruidas, efecto que se debe a que ese aminoácido es el que ocupa el primer lugar de deficiencia en las dos mezclas estudiadas. Por otro lado, se encontró que las mezclas de caupí-maíz extruidas, y no suplementadas con metionina, eran de mejor calidad proteínica que las mezclas de caupí-yuca tratadas en las mismas condiciones. Es posible que ese hallazgo se haya debido al mejor patrón de aminoácidos esenciales que acusa la mezcla a base de caupí-maíz.

INTRODUCCION

Ultimamente se ha dado gran importancia al proceso de cocción-extrusión debido a las múltiples ventajas que presenta. Entre éstas se incluyen versatilidad, alta productividad, bajo costo y capacidad para producir alimentos de alta calidad (1).

De acuerdo a Smith (2), el proceso de extrusión puede definirse como "el proceso por el cual, materiales como el almidón y/o la proteína, humedecidos y factibles de expanderse, son 'plasticizados' en un tubo mediante la combinación de presión, calor y roce mecánico. Esto se traduce en temperaturas elevadas del producto dentro del tubo, gelatinización de los componentes de los almidones, desnaturalización de las proteínas, alargamiento o reestructuración de los componentes tráctiles, y expansión exotérmica del material extrudable".

En realidad, el proceso de cocción-extrusión viene utilizándose en el campo de la industria de alimentos desde 1935, particularmente en procedimientos de elaboración que requieren cocción o

gelatinización al mismo tiempo, así como en la preparación de cereales, alimentos pastosos, productos de confitería y suplementos proteínicos (3).

Se cuenta también en la literatura con algunos datos relativos a la extrusión de mezclas de arroz con semillas de algodón y harina de maní (4), de grano de sorgo (5) y de harina de soya entera (6).

El trabajo que aquí se describe fue realizado con el fin de verificar el efecto que el proceso de cocción-extrusión (Brady Crop Cooker) ejerce sobre el valor nutritivo de mezclas a base de frijol caupí-maíz, y de frijol caupí-yuca.

MATERIALES Y METODOS

Las materias primas utilizadas en nuestro trabajo fueron las siguientes: harina de yuca obtenida de casas comerciales, y maíz y frijo caupí *(Vigna signensis)* cosechados en la Finca Experimental de que el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) dispone en Guatemala.

Los ensayos biológicos se llevaron a cabo utilizando ratas Wistar jóvenes, recién destetadas y de 21 días de edad, de la colonia animal del INCAP. Los animales fueron alojados en jaulas individuales, con fondo levadizo, de tela metálica. Se empleó un número de 8 ratas por cada grupo experimental, integrados cada uno por 4 machos y 4 hembras, y se les suministró agua y alimento *ad libitum.*

Con el propósito de estudiar el efecto del proceso de extrusión y de la suplementación con metionina, se prepararon dietas a base de caupí-maíz en las proporciones de 65/25, y de caupí-yuca en las proporciones de 72/18. Estas combinaciones, así como el nivel de metionina agregado fueron seleccionados en base a investigaciones previas (7-9). Las condiciones de procesamiento en el extrusor fueron una temperatura de 290 a 300°F, y una producción de 860 lb/hora. Estas mezclas contenían 18% de proteína, pero dicho contenido se diluyó a 10% para determinar el índice de eficiencia proteínica (PER). Parte de estas mezclas se sometió al proceso de extrusión y suplementación con metionina. La adición del aminoácido se hizo después del proceso de extrusión, y fue agregado solamente en las muestras utilizadas en los ensayos biológicos. Además, a cada dieta experimental se adicionó 4% de minerales (10), 5% de aceite de semilla de algodón, 1% de aceite de hígado de bacalao, y 5% de una solución de vitaminas (11). La

cantidad de DL-metionina agregada fue de 0.3%. En la Tabla 1 se detalla la composición de las dietas utilizadas en este experimento. El estudio para determinar el índice de eficiencia proteínica (PER), tuvo una duración de 4 semanas. Las ratas incluidas en el experimento fueron pesadas semanalmente y el consumo de alimentos se determinó también cada semana.

RESULTADOS

En la Tabla 2 se muestra el efecto del proceso de cocción-extrusión y de la suplementación con metionina en la calidad proteínica de las dietas elaboradas a base de caupí-maíz y de caupí-yuca. Según se observa, los índices de eficiencia proteínica resultaron ser superiores en las mezclas caupí-maíz y caupí-yuca que fueron sometidas al proceso de extrusión, en contraste con el PER obtenido con las mismas mezclas que no fueron procesadas, encontrándose entre ambas diferencias altamente significativas ($P \leqslant 0.05$). Además, independientemente del proceso térmico aplicado se halló que la suplementación con metionina se traducía en índices de eficiencia proteínica superiores al de las mezclas no suplementadas con este aminoácido, notándose diferencias significativas ($P \leqslant 0.05$) entre estos tratamientos. En cambio, al comparar las mezclas de caupí-maíz y de caupí-yuca, extruidas y suplementadas con metionina, no se constató ninguna diferencia significativa. Sin embargo, los datos revelan que las mezclas de caupí-maíz extruidas y no suplementadas con metionina fueron significativamente superiores ($P \leqslant 0.05$) a las mezclas de caupí-yuca, tratadas bajo las mismas condiciones. Por otro lado, también se observa que estas mismas mezclas, crudas, con y sin suplementación de metionina, no revelan diferencias significativas entre sí. En la Figura 1 se aprecia mejor el efecto del proceso térmico de cocción-extrusión y de la suplementación de las mezclas con metionina, sobre la utilización de las dietas elaboradas a base de frijol caupí-maíz y de frijol caupí-yuca.

DISCUSION

De acuerdo a experiencias anteriores (12) el efecto beneficioso del proceso de extrusión en cuanto a eliminar y/o inactivar las sustancias antinutricionales presentes en algunas materias primas

TABLA 1

COMPOSICION DE LAS DIETAS ELABORADAS A BASE DE CAUPI-MAIZ Y DE CAUPI-YUCA, COCIDAS POR EL PROCESO DE EXTRUSION (Brady Crop Cooker), CON Y SIN SUPLEMENTACION DE METIONINA (g/100 g)

Ingredientes	Caupí-maíz 65/25 extruido		Caupí-maíz 65/25 crudo		Caupí-yuca 72/18 extruido		Caupí-yuca 72/18 crudo		Dieta control (caseína)
	Con Met.*	Sin Met.	Con Met.	Sin Met.	Con Met.	Sin Met.	Con Met.	Sin Met.	
Mezcla	46.0	46.0	48.6	48.6	46.1	46.1	50.5	50.5	11.2
Almidón	43.7	44.0	41.1	41.4	43.6	43.9	39.2	39.5	78.8
Metionina	0.3	—	0.3	—	0.3	—	0.3	—	—
Minerales	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Aceite de semilla de algodón	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Aceite de hígado de bacalao	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Solución vitamínica	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
% de proteína	9.0		9.2		9.0		9.4		10.0

* Met. = DL-metionina.

TABLA 2

EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSION Y DE LA SUPLEMENTACION CON METIONINA SOBRE LA CALIDAD PROTEINICA DE DIETAS PREPARADAS A BASE DE CAUPI-MAIZ, Y DE CAUPI-YUCA

Dieta No.	Tratamientos	$\bar{x}$ Ganancia de peso g/28 días	$\bar{x}$ Consumo de alimento g	$\bar{x}$ Proteína consumida g	Indice de eficiencia proteínica (PER)
1	Caupí-maíz (65/25) extruido, con metionina	98 ± 3.5*	407 ± 9.5	36 ± 0.8	2.6
2	Caupí-maíz (65/25) extruido, sin metionina	61 ± 4.1	352 ± 20.8	31 ± 1.8	1.9
3	Caupí-maíz (65/25) crudo, con metionina	61 ± 3.5	345 ± 14.8	32 ± 1.4	1.8
4	Caupí-maíz (65/25) crudo, sin metionina	30 ± 2.5	282 ± 10.0	26 ± 0.9	1.1
5	Caupí-yuca (72/18) extruido), con metionina	92 ± 2.8	397 ± 7.2	35 ± 0.6	2.6
6	Caupí-yuca (72/18) extruido, sin metionina	50 ± 3.7	339 ± 15.7	31 ± 1.4	1.6
7	Caupí-yuca (72/18) crudo, con metionina	64 ± 4.8	353 ± 17.3	33 ± 1.6	1.9
8	Caupí-yuca (72/18) crudo, sin metionina	27 ± 2.3	262 ± 11.4	25 ± 1.0	1.0
9	Control (Caseína)	110 ± 7.7	408 ± 15.5	42 ± 1.6	2.5

* Error estándar.

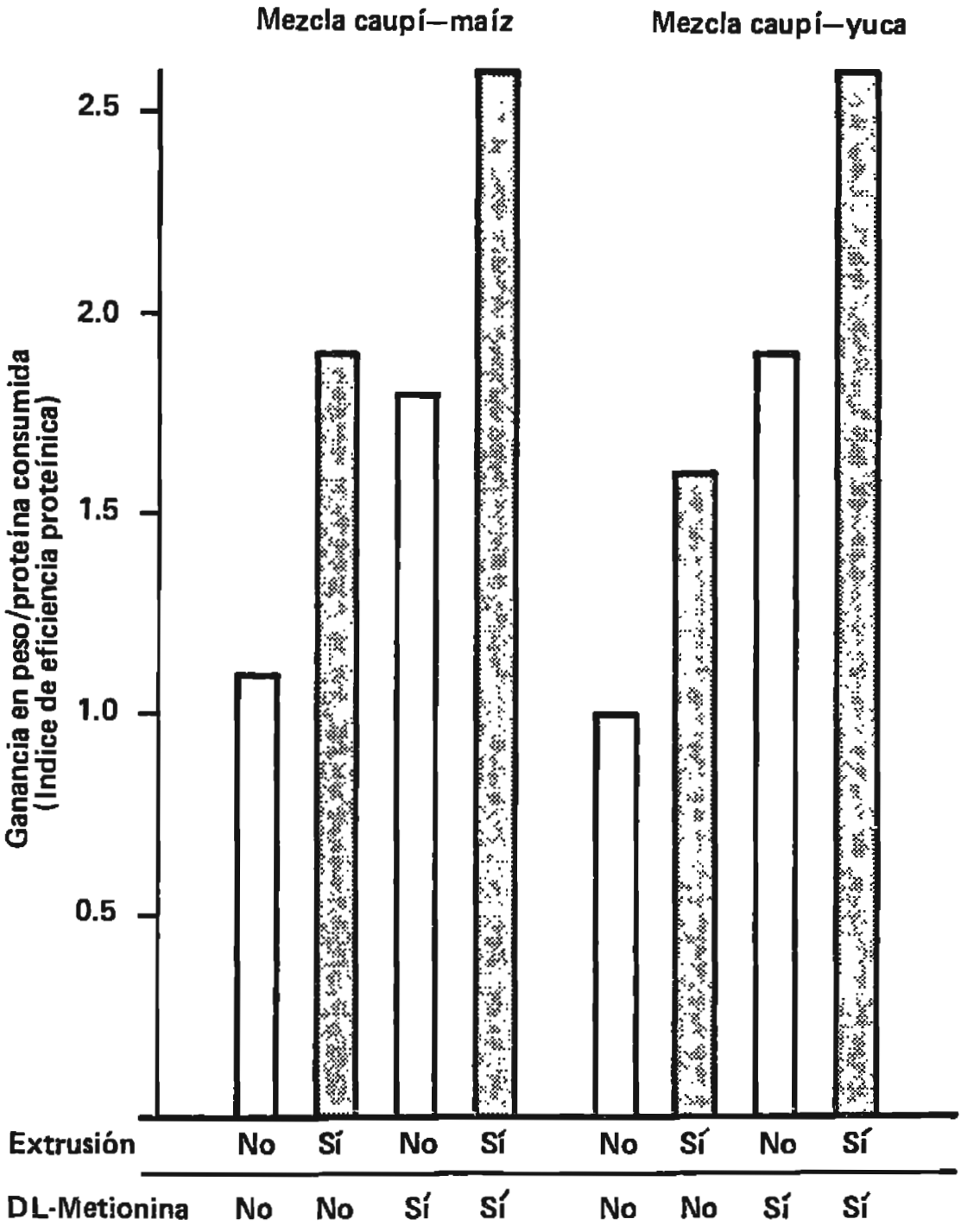

FIGURA 1

Comparación entre el efecto de extrusión y de suplementación con metionina, sobre la utilización proteínica de dietas a base de frijol caupí-maíz y de frijol caupí-yuca

de origen vegetal, y el efecto resultante de mantener o aumentar la disponibilidad de los nutrientes en la misma, están íntimamente ligados a los principios físicos y mecánicos de dicho proceso. Por supuesto, estos afectan el valor nutritivo del producto, que es la resultante de la ausencia de los factores antifisiológicos y de la disponibilidad de nutrientes.

En el caso de los resultados obtenidos en el presente estudio, no se puede explicar la mejor calidad proteínica de las mezclas a base de caupí-maíz y de caupí-yuca extruidas, en comparación con la calidad proteínica de las mismas mezclas en estado crudo. El bajo contenido de inhibidores de tripsina de esta leguminosa, tanto en estado crudo como cocido (13), no explica la mejor utilización de las mezclas extruidas. Estudios recientes llevados a cabo por Elías, Hernández y Bressani (14), y por Bressani y colaboradores (15) también han demostrado un aumento en la utilización de las proteínas del caupí extruido en comparación con el frijol caupí crudo, y/o sometido a un proceso de cocción en el autoclave, en secador de rodos, o por tostación. Es posible que el tratamiento térmico que ocurre durante el proceso de extrusión haya producido cambios en la fracción de los carbohidratos de esta leguminosa, favoreciendo así una mejor utilización de sus proteínas. Existen datos en la literatura (16, 17) indicativos de un efecto del tipo de los carbohidratos sobre el valor nutritivo de ciertas proteínas. A este respecto, García y colaboradores (18) trabajando con frijol caupí en dietas para pollos en crecimiento, informan que tanto el procesamiento en autoclave como el proceso de cocción-extrusión mejoró significativamente la energía metabolizable, comparada con la del frijol caupí crudo.

Más recientemente se ha indicado la posibilidad de que este efecto se deba en parte a un aumento en la digestibilidad de las proteínas de esta leguminosa (9). Según algunos investigadores (15), tal aseveración puede explicarse considerando que durante el proceso de cocción-extrusión se logra un mejor contacto entre las partículas de la materia y el calor, lo que hace la molécula de la proteína o la estructura celular más susceptible a la acción de las enzimas.

A no dudar, este aspecto es de suma importancia y debe ser objeto de futuras investigaciones orientadas a esclarecerlo, ya que el proceso de extrusión ofrece muchas ventajas desde el punto de vista práctico, y en el futuro podría constituir un gran recurso tecnológico para nuestros países. También es importante continuar estos estudios con el fin de caracterizar el tipo de carbohidrato del

frijol caupí, antes y después del tratamiento térmico. El efecto beneficioso de la adición de metionina, observado tanto en las mezclas crudas como en las extruidas era de esperar, ya que este aminoácido es el que ocupa el primer lugar de deficiencia en las dos mezclas estudiadas (8).

Puede, pues, deducirse, que la superioridad de las mezclas de caupí-maíz extruidas y no suplementadas con metionina, comparadas con las mezclas de caupí-yuca sometidas a las mismas condiciones experimentales, se debe a las mejores proporciones que integran el patrón de aminoácidos esenciales de las primeras (12).

SUMMARY

EFFECT OF THE COOKING EXTRUSION PROCESS (Brady Crop Cooker) ON THE NUTRITIONAL VALUE OF MIXTURES OF COWPEA/CORN AND COWPEA/CASSAVA

The purpose of this study carried out in rats, was to determine the effect of the extrusion process on the nutritional value of mixtures prepared with cowpea *(Vigna sinensis)*/corn, and cowpea/cassava. According to our results, the best protein levels were found when the mixtures were extruded, than when left in their original raw state. It is possible that the heating process which occurs during the extrusion procedure may cause changes in the carbohydrate fraction of the leguminous seeds and, therefore, a better utilization of its proteins. The authors consider it important that further studies be made in an attempt to explain this particular effect, since from a practical point of view, the extrusion process offers many advantages and may become a significant technological resource for these countries. It is also important to continue these studies in order to characterize the type of carbohydrates contained in the cowpea, before and after the heating process. In such studies it is important to standardize the extrusion conditions, so one can evaluate not only the changes in the protein value, but also in the starch fraction, since it has been established that they can affect protein utilization for the animals.

The authors also observed that the addition of methionine had a positive effect on the raw mixture as well as on the extruded mixtures, due to the fact that this amino acid is deficient in both of them. On the other hand, a better protein quality was found in the extruded mixture prepared with cowpea/corn, not supplemented with methionine, as compared to the cowpea/cassava flour treated under the same conditions. This effect may be due to the better quality of the essential amino acid pattern found in the cowpea/corn mixture.

RESUMO

EFEITO DO PROCESSO DE "EXTRUSION" (Brady Crop Cooker) SOBRE O VALOR NUTRITIVO DE MISTURAS A BASE DE CAUPI/MILHO E CAUPI/MANDIOCA

O propósito do presente estudo, foi determinar o efeito do processo de "extrusion" (Brady Crop Cooker) sobre o valor nutritivo de misturas a base de caupí-milho e caupí-mandioca. De acordo com os resultados obtidos, encontrou-se que a mehor qualidade proteínica se obteve quando estas misturas foram processadas pelo "extruder" ao comparar com estas mesmas misturas crúas. E possivel que o tratamento térmico ocorrido durante o processo de "extrusion" tenha produzido modificações na fração do carboidrato desta leguminosa favorecendo assim uma melhor utilização das suas proteínas. Considera-se de muita importancia que investigações posteriores tratem de esclarecer este ponto, já que, desde o ponto de vista prático, o processo de "extrusion" apresenta muitas vantagens e pode constituir um grande recurso tecnológico para nossos países. E também importante, continuar estes estudos com o fim de caracterizar o tipo de carboidrato do feijão caupí antes e depois do tratamento térmico. Assim mesmo, observou-se o efeito benéfico da adicão de metionina tanto nas misturas crúas como nas processadas pelo "extruder", efeito esse que se deve a que este aminoácido é o deficiente em primeiro lugar nas duas misturas estudadas. Por outro lado, encontrou-se uma melhor qualidade proteínica para as misturas caupí-milho processadas pelo "extruder" e não suplementadas com metionina ao comparar com as misturas caupí-mandioca tratadas nas mesmas condições. E possivel que isso se deva ao melhor padrão de aminoácidos essenciais da mistura a base de caupí-milho.

BIBLIOGRAFIA

1. Smith, O. B. Extrusion-processed cereal foods. In: Protein Enriched Cereal Food for World Needs. St. Louis, Mo., Am. Assoc. Cereal Chem., 1969. (Citado en: Modeling a forming foods extruder, por D. V. Harmann & J. M. Harper. J. Food Sci., 39: 1099-1104, 1974).
2. Smith, O. B. The extrusion cooking of vegetable protein. En: Anales del Segundo Seminario Avanzado de Tecnología de Alimentos. Bogotá, D. E., Colombia, 29 de octubre a 6 de noviembre, 1975, p. 405-438.
3. Rossen, J. L. & R. C. Miller. Food extrusion. Food Technol., 27: 46-53, 1973.
4. Spadaro, J. J., H. H. Mottern & A. S. Gallo. Extrusion of rice with cottonseed and peanut flours. Cereal Sci. Today, 16: 238, 1971.

5. Anderson, R. A., H. F. Conway, V. F. Pfeifer & E. L. Griffin, Jr. Roll and extrusion-cooking of grain sorghum grits. **Cereal Sci. Today, 14:** 372-381, 1969.
6. Mustakas, G. C., E. L. Griffin, Jr., L. E. Allen & O. B. Smith. Production and nutritional evaluation of extrusion-cooked full-fat soybean flour. **J. Am. Oil Chem. Soc., 41:** 607-614, 1964.
7. Bressani, R. & L.G. Elías. Legume foods. En: **New Protein Foods. Vol. 1A. Technology.** A. M. Altschul (Ed.). New York, Academic Press, 1974, p. 230-297.
8. Bressani, R., M. Flores & L. G. Elías. Acceptability and value of food legumes in the human diet. En: **Potentials of Field Beans and Other Food Legumes in Latin America.** Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1973, p. 17-48 (Series Seminar No. 2E).
9. Elías, L. G., R. Colindres & R. Bressani. The nutritive value of eight varieties of cowpea *(Vigna sinensis).* **J. Food Sci., 29:** 118-122, 1964.
10. Hegsted, D. M., R. C. Mills, C. A. Elvehjem & E. B. Hart. Choline in the nutrition of chicks. **J. Biol. Chem., 138:** 459-466, 1941.
11. Manna, L. & S. M. Hauge. A possible relationship of vitamin B_{13} to orotic acid. **J. Biol. Chem., 202:** 91-96, 1963.
12. Elías, L. G. & R. Bressani. Experiencias en la evaluación nutricional de productos estrujados. Presentado en: **Simposio sobre Tecnología de Cocción-Extrusión de Alimentos en América Latina.** Patrocinado por OEA/INTEC, Santiago de Chile, del 18 al 20 de abril de 1979.
13. Jorge Joaõ, W. S. **El Uso de Frijol Caupí *(Vigna sinensis)* y Harina de Yuca como Fuente Proteico-Energética en la Alimentación Humana y Animal.** Tesis de *Magister Scientificae.* Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia/ INCAP. Guatemala, 1976.
14. Elías, L. G., M. Hernández & R. Bressani. The nutritive value of precooked legume flour processed by different methods. **Nutr. Reps. Internat., 14:** 385-403, 1976.
15. Bressani, R., L. G. Elías, M. T. Huezo & J. E. Braham. Estudios sobre la producción de harinas precocidas de frijol y caupí, solos o combinados mediante cocción-deshidratación. **Arch. Latinoamer. Nutr., 27:** 247-259, 1977.
16. Harper, A. E. & M. C. Katayama. The influence of various carbohydrates on the utilization of low protein by the white rat. 1. Comparison of sucrose and cornstarch in 9% casein ration. **J. Nutr., 49:** 261-275, 1953.
17. El-Harith, A. E., J. W. El-Harith, T. Dickerson & R. Walker. On the nutritive value of various starches for the albino rat. **J. Sci. Food Agr., 27:**

521-526, 1976.

18. García, J. A., M. T. Cabezas, B. Murillo, L. G. Elías & R. Bressani. Valor proteico y energético del frijol caupí *(Vigna sinensis)* crudo y procesado. En: **Informe Anual del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá: 1o. de enero-31 de diciembre de 1978.** Guatemala, C. A., Talleres Gráficos del INCAP, 1979, p. 58-59 (Documento C/INCAP 30/2).