

EFFECTO SUPLEMENTARIO DE TRES FUENTES DE PROTEINA DE SOYA SOBRE DIFERENTES SELECCIONES O PRODUCTOS DE MAIZ¹

*R. Bressani², E. Hernández³, A. Colón³, A. Wolzak³
y R. Gómez-Brenes⁴*

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

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue demostrar que el efecto suplementario de la proteína de soya a la del maíz depende de la calidad proteínica de cada uno de los componentes. Para este propósito se prepararon cuatro tipos de harina de maíz de diferente calidad, que incluían dos harinas integrales de maíz común, una de maíz Opaco-2 y una de maíz degerminado. Igualmente, se prepararon tres productos de soya, incluyendo una harina de soya obtenida por el proceso de extracción del aceite por solvente, un producto texturizado de soya, y un aislado proteínico de soya.

Manuscrito modificado recibido: 30-1-80.

- 1 Este trabajo se llevó a cabo con fondos de la Research Corporation, Nueva York, N. Y. (Subvención No. INCAP PN-740).
- 2 Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.
- 3 Estudiantes en el Curso de Postgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos del Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala/INCAP.
- 4 Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.

Publicación INCAP E-1042.

El estudio se llevó a cabo en ratas recién destetadas en las que se determinó el índice de eficiencia proteínica (PER). Los resultados corroboraron la hipótesis de que la calidad proteínica de los ingredientes controló la respuesta obtenida. Los efectos suplementarios fueron más marcados cuando la harina de maíz era de baja calidad proteínica. Además, se observaron grandes incrementos en la calidad proteínica con la adición de 50% de proteína de soya, incrementos que disminuyeron a medida que la cantidad de proteína de soya se redujo, independiente de la harina de maíz usada.

INTRODUCCION

Es un hecho bien establecido que la suplementación del maíz con soya aumenta significativamente su calidad proteínica (1-6). Para estos fines se han utilizado harinas de soya provenientes de diferentes procesos de elaboración (1, 3, 7) y frijol soya en grano (2, 4-6). Aunque en todos los casos se ha demostrado un efecto suplementario significativo, es posible que el incremento en cuanto a calidad no sea el mismo en todos, debido a que pueden existir diferencias en la calidad proteínica de la fuente de proteína de soya, determinada por el proceso de preparación. Asimismo, el aumento observado para la proteína de soya de la misma calidad, puede ser influenciado por la calidad proteínica del maíz. Por consiguiente, el estudio tuvo por objeto determinar el efecto suplementario de diferentes productos de soya sobre el mejoramiento en calidad de varias selecciones de maíz o productos derivados de este cereal.

MATERIALES Y METODOS

Para la realización de los diferentes experimentos se obtuvieron cuatro fuentes de proteína de maíz, de las cuales tres corresponden a maíces enteros y, una, a un maíz degerminado. Las muestras de maíz utilizadas se seleccionaron con base en su eficiencia en calidad proteínica y fueron: selección Azotea, selección Cuarenteño, Maíz Opaco-2 y harina de maíz degerminado. Asimismo, se seleccionaron tres fuentes de proteína de soya: a) harina de torta de semilla de soya de extracción con solvente (HS); b) proteína texturizada de soya (PTS); y c) un aislado proteínico de soya (AS).

Tanto las muestras de maíz como las de soya fueron analizadas por su contenido de proteína (8), y su contenido de amino-

ácidos se determinó por medio de un analizador de aminoácidos Technicon, en hidrolizados ácidos. El triptofano se analizó por métodos microbiológicos usando medio Difco y *Lactobacillus arabinosus* (9).

Los ensayos biológicos para evaluar el cambio en la calidad proteínica fueron realizados por medio del PER en ratas Wistar de la colonia del INCAP, de 22 a 23 días de edad. Cada grupo experimental estaba constituido por ocho ratas, las cuales se alojaron en jaulas individuales con fondo levadizo de tela metálica, y a las que se alimentó *ad libitum*, y con libre acceso al agua durante 28 días. Los animales, así como el alimento sobrante para determinar el que había sido consumido, fueron pesados cada 7 días.

Con base al contenido de proteína de cada suplemento proteínico, se agregó al maíz la cantidad de producto de soya equivalente a 0, 2.5, 5.0 y 7.5% de proteína. Para estos propósitos se preparó una premezcla de maíz con soya, de la cual se tomaron 90 g para cada 100 g de dieta total. La diferencia de 10 g fue completada con 1% de aceite de hígado de bacalao, 4% de sales minerales (10), y 5% de aceite refinado de algodón. Además, todas las dietas se suplementaron con 5 ml/100 g de una solución vitamínica completa (11). Todas las dietas fueron analizadas por su contenido de proteína, determinación que se utilizó para el cálculo de PER. El contenido de proteína de las dietas varió de acuerdo a la cantidad de suplemento agregado al maíz.

RESULTADOS

La Tabla 1 detalla el contenido de aminoácidos de las muestras de maíz, así como el de los productos de soya. Estos datos indican diferencias entre las muestras de maíz en lo que a los aminoácidos concierne. En el caso de las muestras de soya, la diferencia mayor estribó en el contenido de proteína.

Los promedios del consumo de alimento, aumento en peso, e índice de eficiencia proteínica, se muestran en las Tablas 2, 3 y 4, respectivamente. Con respecto al consumo de alimento, se puede notar en cada maíz, salvo en el Opaco-2, que hubo un aumento altamente significativo con el agregado de proteína de soya, independiente de la fuente. Sin embargo, el incremento en consumo fue mayor entre el grupo basal y el agregado de 2.5% de proteína, el cual ya no aumenta significativamente al agregar 5.0 y 7.5% de proteína excepto en el maíz degerminado con HS y PTS

TABLA 1
CONTENIDO DE NITROGENO Y DE AMINOACIDOS EN LOS PRODUCTOS DE MAIZ Y DE
SOYA UTILIZADOS (g/16 g N)

Aminoácido	Maíz Tuxpeño Opaco-2	Maíz selección Azotea	Maíz degerminado	Maíz selección Cuarenteño	Harina de soya	Proteína texturizada de soya	Aislado proteínico de soya
Acido aspártico	6.16	6.87	5.62	5.81	10.35	11.25	11.66
Treonina	2.53	3.00	2.22	2.43	2.88	3.07	2.36
Serina	2.07	2.49	2.04	2.12	2.36	2.42	1.83
Acido glutámico	16.61	19.76	19.53	19.04	19.11	19.63	17.67
Prolina	7.41	8.37	9.20	7.58	4.84	5.01	4.52
Glicina	3.09	4.29	2.17	3.04	5.24	4.83	4.42
Alanina	6.13	7.49	7.35	6.69	4.54	4.24	3.88
Valina	4.38	4.52	3.94	3.36	5.23	4.56	4.53
Metionina	1.14	1.16	1.57	0.97	1.16	1.09	1.12
Isoleucina	1.67	1.79	1.86	1.73	2.37	2.32	2.44
Leucina	11.46	13.49	15.47	13.10	8.05	8.23	8.50
Tirosina	1.55	1.64	1.64	2.43	3.67	2.98	3.74
Fenilalanina	5.18	6.40	5.84	5.07	6.10	5.83	6.30
Lisina	4.00	3.67	1.79	2.65	7.31	7.94	6.88
Histidina	2.58	3.80	2.65	2.41	3.83	3.24	2.93
Arginina	3.64	4.25	2.67	4.32	6.78	6.46	7.14
Triptofano	0.82	0.70	0.46	0.62	1.01	1.18	0.99
Cistina	—	—	—	—	—	—	1.30
o/o N	1.22	1.46	1.42	1.65	7.81	7.77	13.74
Amoníaco	1.21	1.60	1.84	1.31	1.35	1.48	1.40

TABLA 2

CONSUMO DE DIETAS A BASE DE MAIZ, SUPLEMENTADAS CON PROTEINA DE SOYA

Suplemento	Maíz			
	Degerminado	Cuarenteño	Azotea	Opaco-2
Ninguno	208 ± 19.7*	298 ± 19.1	298 ± 9.1	396 ± 20.1
H. S. (2.5 ^o /o prot)	318 ± 13.8	380 ± 9.8	396 ± 11.8	418 ± 13.9
H. S. (5.0 ^o /o prot)	384 ± 18.2	426 ± 16.3	391 ± 14.0	420 ± 17.5
H. S. (7.5 ^o /o prot)	433 ± 17.1	441 ± 20.1	391 ± 14.7	414 ± 17.5
P. T. S. (2.5 ^o /o prot)	290 ± 15.0	415 ± 18.8	371 ± 20.9	409 ± 16.2
P. T. S. (5.0 ^o /o prot)	377 ± 12.0	411 ± 18.0	389 ± 15.5	427 ± 18.3
P. T. S. (7.5 ^o /o prot)	441 ± 16.2	428 ± 16.0	411 ± 9.6	443 ± 22.6
A. S. (2.5 ^o /o prot)	323 ± 13.3	381 ± 18.2	406 ± 12.0	399 ± 11.6
A. S. (5.0 ^o /o prot)	428 ± 12.5	409 ± 19.9	418 ± 6.5	428 ± 9.2
A. S. (7.5 ^o /o prot)	407 ± 10.0	417 ± 16.1	422 ± 19.4	430 ± 20.2

* Promedio ± desviación estándar.

H. S. = Harina de soya (solvente).

P. T. S. = Proteína texturizada de soya.

A. S. = Aislado proteínico de soya.

TABLA 3

**AUMENTO EN PESO DE RATAS JOVENES ALIMENTADAS CON DIETAS A BASE DE MAIZ,
SUPLEMENTADAS CON SOYA (g/28 días)**

Suplemento	Maíz			
	Degerminado	Cuarenteño	Azotea	Opaco-2
Ninguna	6 ± 1.2*	41 ± 4.2	25 ± 2.8	92 ± 5.3
H. S. (2.5 ^o /o prot)	44 ± 4.3	77 ± 3.7	88 ± 3.4	98 ± 6.1
H. S. (5.0 ^o /o prot)	85 ± 5.2	113 ± 5.7	108 ± 6.3	111 ± 6.5
H. S. (7.5 ^o /o prot)	119 ± 7.8	132 ± 9.7	121 ± 7.6	117 ± 9.7
P. T. S. (2.5 ^o /o prot)	36 ± 3.2	84 ± 5.9	70 ± 6.2	103 ± 7.3
P. T. S. (5.0 ^o /o prot)	80 ± 3.9	108 ± 6.0	97 ± 5.7	120 ± 10.7
P. T. S. (7.5 ^o /o prot)	117 ± 5.8	128 ± 9.1	118 ± 4.3	91 ± 3.4
A. S. (2.5 ^o /o prot)	45 ± 3.5	80 ± 4.8	84 ± 3.5	109 ± 5.8
A. S. (5.0 ^o /o prot)	94 ± 5.2	110 ± 7.1	104 ± 3.5	124 ± 11.9
A. S. (7.5 ^o /o prot)	117 ± 5.8	125 ± 8.1	125 ± 10.4	98 ± 6.1

* Promedio ± error estándar.

Para identificación de las abreviaturas H. S., P. T. S. y A. S., véase Tabla 2.

TABLA 4
INDICE DE EFICIENCIA PROTEINICA (PER) DE MAIZ SUPLEMENTADO
CON PROTEINA DE SOYA

Suplemento	Maíz			
	Degerminado	Cuarenteño	Azotea	Opaco-2
Ninguno	0.40 ± 0.08*	1.19 ± 0.06	1.02 ± 0.07	2.02 ± 0.08
H. S. (2.5 ^o /o prot)	1.41 ± 0.08	2.06 ± 0.06	2.16 ± 0.03	2.28 ± 0.06*
H. S. (5.0 ^o /o prot)	1.98 ± 0.05	2.07 ± 0.04	2.36 ± 0.07	2.12 ± 0.08
H. S. (7.5 ^o /o prot)	2.13 ± 0.06	2.03 ± 0.05	2.37 ± 0.08	2.12 ± 0.08
P. T. S. (2.5 ^o /o prot)	1.05 ± 0.04	1.77 ± 0.06	1.87 ± 0.08	2.18 ± 0.05*
P. T. S. (5.0 ^o /o prot)	1.90 ± 0.05	1.99 ± 0.03	2.13 ± 0.06	1.99 ± 0.10
P. T. S. (7.5 ^o /o prot)	2.04 ± 0.03	2.03 ± 0.08	2.14 ± 0.09	1.95 ± 0.08
A. S. (2.5 ^o /o prot)	1.44 ± 0.07	1.81 ± 0.03	1.98 ± 0.05	2.14 ± 0.06*
A. S. (5.0 ^o /o prot)	1.97 ± 0.06	1.97 ± 0.04	2.12 ± 0.09	2.10 ± 0.11
A. S. (7.5 ^o /o prot)	2.14 ± 0.05	1.89 ± 0.06	2.14 ± 0.09	1.98 ± 0.11

* Promedio ± error estándar.

Para identificación de las abreviaturas H. S., P. T. S. y A. S., véase Tabla 2.

El efecto del mayor consumo de dieta se traduce en mayores aumentos en peso (Tabla 3), que son prácticamente lineales para todos los maíces con excepción del Opaco-2. En este sentido se notan diferencias entre los maíces suplementados al mismo nivel con proteína de soya, principalmente al agregado de 2.50/o, deficiencias que tienden a desaparecer al aumentar el nivel suplementario de proteína. Finalmente, el agregado de proteína de soya induce un aumento significativo en el índice de eficiencia proteínica (Tabla 4); éste llega al valor máximo al agregar 5.00/o de proteína, lo que da valores significativamente diferentes a los del agregado de 7.50/o de proteína de soya. Sin embargo, se nota que cuando el maíz era de baja calidad, como es el caso del maíz degerminado, el valor máximo de calidad proteínica es mayor al nivel de 7.5 que al de 5.00/o. Asimismo, para el maíz Cuarenteño y el Azotea, 5.00/o da valores de PER ligeramente mayores que los resultantes del agregado de 2.50/o de proteína de soya.

DISCUSION

Los resultados del presente estudio confirman los de otras investigaciones sobre el tema (1-6), en el sentido de que la adición de proteína de soya incrementa el valor proteínico del maíz. Este efecto indudablemente se debe a que la proteína de la soya aporta cantidades significativas de lisina, aminoácido en que es deficiente la proteína del maíz (1, 12), y que se hace evidente al analizar los valores de aminoácidos en la Tabla 1.

En este trabajo se demostró, sin embargo, que el incremento en calidad proteínica depende de la calidad proteínica del suplemento. En el primer caso, o sea en lo referente a la calidad proteínica del alimento básico, lo anterior resulta claro al observar la respuesta obtenida con el maíz degerminado, el cual es de menor calidad, debido a que el germen fue eliminado, siendo esta fracción anatómica del maíz rica en lisina (13), aminoácido que es deficiente en la proteína del endospermo del maíz (1, 13). Por esta razón, el agregado de 7.50/o de proteína de soya al maíz degerminado resultó en una calidad proteínica comparable a la observada con 5.00/o para los maíces Cuarenteño y Azotea y a la observada con 2.50/o para el maíz Opaco-2. Este último, siendo ya en sí rico en lisina, demuestra la menor respuesta a los suplementos de proteína de soya.

Los datos del estudio también indican que no todas las fuen-

tes de proteína de soya estudiadas inducen el mismo incremento en calidad. Como las tres fuentes utilizadas representan tres procesos de preparación, es probable que éstos hayan afectado el contenido o disponibilidad de los aminoácidos, en particular la lisina, que es el factor responsable principalmente del efecto suplementario (1). No obstante, las diferencias entre ellos desaparecen cuando la cantidad agregada sobrepasa el 50/o de proteína y, consecuentemente, son más aparentes al nivel suplementario de 2.50/o.

Contando con los efectos de suplementación de los tres productos de soya: proteína texturizada de soya (PTS), el aislado proteínico y la harina de soya frente al maíz (Azotea, Opaco-2, maíz Cuarenteño y maíz degerminado), se analizaron estadísticamente los resultados a fin de categorizar los maíces y suplementos sometidos a ensayo. El análisis de varianza, en función de los índices de eficiencia proteínica, reveló que el maíz Azotea, el Opaco-2, el Cuarenteño y el degerminado sin suplementar, son significativamente diferentes en valor proteínico. El maíz Opaco-2 fue el mejor, seguido del Azotea, Cuarenteño y degerminado.

Los análisis demostraron que todos los productos de soya tuvieron un efecto altamente significativo en el alza del valor biológico de todas las harinas de maíz, a cualquier nivel de adición de proteína. Sin embargo, los suplementos se comportaron significativamente diferentes entre sí ($P < 0.01$, $P < 0.05$, respectivamente). Se obtuvieron mejores índices de eficiencia proteínica al emplear harina de soya y los valores más bajos correspondieron a PTS. Con respecto a las harinas de maíz, la de degerminado suplementado resultó ser significativamente diferente a la de los maíces Azotea, Opaco-2 y Cuarenteño, a un nivel de probabilidad menor de 0.01. El maíz Cuarenteño difirió del Opaco-2 y del Azotea ($P < 0.01$). No se observó diferencia significativa entre los valores obtenidos con el maíz Azotea y los correspondientes al del Opaco-2, lo que indica que estos maíces, al ser suplementados, se comportan en forma similar. Finalmente, los valores del PER a los niveles 5 y 7.50/o fueron significativamente diferentes de los obtenidos con el nivel 2.50/o de adición de proteína ($P < 0.01$). No hubo diferencia significativa, sin embargo, entre los valores obtenidos con 5 y 7.50/o de adición. Por lo tanto, se concluye que la harina de soya tiene un efecto significativamente superior en la suplementación de los maíces sometido a ensayo, y que la eficiencia del efecto suplementario se obtiene al nivel de 50/o de adición de proteína. El maíz Azotea y el Opaco-2 producen índices de eficiencia proteínica estadísticamente iguales cuando se

suplementan con los productos de soya empleados. El maíz degerminado, aun suplementado, permanece con una calidad nutricional significativamente inferior ($P < 0.01$) en relación con los otros tres maíces.

SUMMARY

SUPPLEMENTARY EFFECT OF THREE SOYBEAN PROTEIN SOURCES ON DIFFERENT CORN PRODUCTS

The purpose of the study was to demonstrate that the supplementary effect of soybean protein to corn depends on the protein quality of the soybean product and of the corn products used.

Four types of corn flour of different protein quality were used, which included two whole corn flours produced from common corn, one from Opaque-2 corn, and one from degerminated corn. Likewise, three soybean products were tested, including a solvent-extracted soybean flour, a texturized soybean product and a soybean protein isolate.

The study was carried out with weanling rats and the effects were measured by PER assays. The results corroborated the hypothesis that the protein quality of the ingredients controls the response observed. The supplementary effects were more evident for low-quality corn flours. Furthermore, large increments in quality were observed with additions of 5% soy protein, which became smaller as this level increased, independent of the corn flour used.

BIBLIOGRAFIA

1. Bressani, R. & E. Marengo. The enrichment of lime-treated corn flour with proteins, lysine and tryptophan, and vitamins. *J. Agr. Food Chem.*, 11: 517-522, 1963.
2. Bressani, R., B. Murillo & L. G. Elías. Whole soybeans as a means of increasing protein and calories in maize-based diets. *J. Food Sci.*, 39: 577-580, 1974.
3. Bressani, R., L. G. Elías & J. E. Braham. Improvement of the protein quality of corn with soybean protein. En: *Nutritional Improvement of Food and Food Proteins*. M. Friedman (Ed.). New York, Plenum Press, 1978 (Advances in Experimental Medicine and Biology, Vol. 105).
4. Cravioto, O.Y., R.O. Cravioto, R. Huerta O., J. Guzmán G., G. Massieu & J. Calvo. Comparación del valor biológico de las proteínas del maíz,

- tortilla y tortilla-soja. **Ciencia**, **10**: 145-147, 1950.
5. Del Valle, F. R., E. Montemayor & H. Bourges. Industrial production of soy-enriched tortilla flour by lime cooking of whole raw corn-soybean mixtures. **J. Food Sci.**, **41**: 349-357, 1976.
 6. Del Valle, F. R. & J. Pérez-Villaseñor. Enrichment of tortillas with soy proteins by lime cooking of whole raw corn-soybean mixtures. **J. Food Sci.**, **39**: 244-247, 1974.
 7. Henry, W. F. Valor nutritivo de la proteína texturizada. En: **Memorias Primera Conferencia Latinoamericana sobre la Proteína de Soya**. México, D. F., Asociación Americana de Soya, 1976, p. 55.
 8. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 11th ed., Washington, D. C., The Association, 1970, 957 p.
 9. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. **Métodos de Laboratorio. Análisis de Alimentos**. Guatemala, INCAP, 1976, 115 p.
 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 B₁₃ to orotic acid. **J. Biol. Chem.**, **202**: 91-96, 1953.
 12. Bressani, R., L. G. Elías & J. E. Braham. Suplementación con aminoácidos del maíz y de la tortilla. **Arch. Latinoamer. Nutr.**, **18**: 123-134, 1968.
 13. Mertz, E. T., L. M. Bates & O. E. Nelson. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. **Science**, **145**: 279-280, 1964.