

Composición química, contenido aminoacídico y calidad biológica del maíz opaco-2¹

ENRIQUE YÁÑEZ^{2, 3}, SUSANA GUIJUELOS⁴, DIGNA BALLESTER⁵
y FERNANDO MONCKEBERG⁶

Departamento de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Chile,
Sede Santiago Sur, Casilla 5370, Santiago 3, Chile

RESUMEN

Se determinó la composición química y aminoacídica, contenido energético y calidad proteica de maíz normal y tres muestras de maíz opaco-2. El análisis químico reveló un contenido similar de proteína en todas las muestras analizadas. Las muestras de maíz opaco-2 mostraron una mayor proporción de fósforo y menor de calcio y hierro que el normal. La proteína del endosperma del maíz opaco-2 mostró un padrón aminoacídico más equilibrado siendo su contenido de lisina 53% superior al normal. El ensayo de calidad biológica reveló que las variedades opacas presentan una Eficiencia Proteica que varió entre 2.36 y 2.81 comparado con 1.52 obtenida con maíz normal. La digestibilidad fue similar en todas las muestras analizadas alcanzando un valor promedio de 79. De los resultados obtenidos se destaca la importancia de impulsar y fomentar el cultivo de maíz opaco-2 en nuestro país lo que incidiría en una real mejoría de la dieta, especialmente de aves y cerdos.

¹ Presentado a la II Reunión Científica de la SLAN, Viña del Mar, Chile Diciembre 1970.

² Departamento de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Chile, Sede Santiago Sur.

³ Profesor de Química Orgánica, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.

⁴ Parte de los datos que aquí se presentan fueron obtenidos por la Srta. Guijuelos durante la elaboración de su trabajo de tesis para obtener el título de Químico-Farmacéutico de la Facultad de Química y Farmacia, Universidad de Chile.

⁵ Profesora de Nutrición de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de Chile.

⁶ Director del Laboratorio de Investigaciones Pediátricas, Universidad de Chile.

Recibido: 11-7-1972.

INTRODUCCION

El maíz constituye la base de la alimentación de vastos conglomerados humanos por cuanto debido a su alto consumo, es una buena fuente de nitrógeno, carbohidratos y lípidos. La proteína del maíz está formada principalmente por zeína que carece casi por completo de lisina y triptofano y en consecuencia es incapaz de promover adecuadamente el crecimiento de animales jóvenes (1). Sin embargo, la introducción del gene mutante opaco-2 ha causado un cambio importante en el balance aminoacídico de la proteína del maíz. En esta variedad mutante se ha logrado reducir notablemente el contenido de zeína del endosperma y aumentar el de glutelina que es más rica en lisina y triptofano (2).

Estudios nutricionales con maíz opaco-2 han demostrado su superioridad sobre el común en ratas (3), cerdos (4), pollos (5) y humanos (6) (7). Estos resultados han interesado a investigadores e industriales en el desarrollo y producción de la variedad opaco-2 por la importancia que tiene en la alimentación animal y humana. En Chile, se están realizando ensayos experimentales de este híbrido a fin de difundir su cultivo. Por ello hemos realizado la presente investigación en la que se ha determinado la composición química, composición aminoacídica y calidad biológica de la proteína en muestras de maíz opaco-2 cultivado en nuestro país.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

Se analizaron tres muestras de maíz opaco-2: una proveniente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental La Platina y dos provenientes de una industria privada, Tracy Maíz Híbrido y Cía. Ltda. Como control se utilizó una muestra de maíz normal proveniente de un pool de muestras obtenidas en el comercio.

Métodos

Las muestras se molieron en un molino de martillos (Maximilian Fuch & Co., Austria tipo La. Hann. M.), usando mallas de 2 y 3 mm.

Análisis químicos

Se realizaron determinaciones de humedad, cenizas totales, extracto etéreo, nitrógeno y fibra cruda según A.O.A.C. (8). También se determinó calcio por permanganometría por el método descrito por Schmidt-Hebbel (9), fósforo por determinación espectrofotométrica según Tausky y Shorr (10), hierro por espectrofotométrica con α , α -dipiridilo (9). El extracto no nitrogenado se calculó por diferencia. El contenido energético se determinó en una bomba calorimétrica Parr (Parr Instruments Co., Inc. Moline, Ill., U.S.A.).

Análisis aminoacídico. Se determinó solamente en la muestra de maíz opaco-2 procedente de La Platina y en el maíz normal. El análisis se efectuó en el endospermo del grano obtenido según la técnica utilizada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Una muestra equivalente a unos 50 mg de proteína se hidrolizó a 110° durante 22 horas con HCl 6N de acuerdo al procedimiento descrito por Kohler y Palter (11). El análisis cromatográfico se realizó en un analizador de aminoácidos Hitachi Perkin-Elmer (Modelo KLA-3B) de acuerdo al procedimiento de Spackmann, Stein y Moore (12). No se determinó triptofano.

Análisis biológico

Razón de Eficiencia Proteica (PER). Se determinó en ratas albinas de ambos sexos de 23 días de edad de acuerdo al procedimiento de Chapman et al. (13). La Tabla 1 muestra la composición de las dietas experimentales.

Digestibilidad de la proteína. Es el porcentaje de nitrógeno ingerido que es absorbido por el animal. El nitrógeno fecal se determinó en cada rata analizando el N excretado en las heces durante el período experimental y se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Digestibilidad} = \frac{I - F}{I} \times 100$$

en que I = nitrógeno ingerido y F = nitrógeno fecal.

RESULTADOS Y COMENTARIOS

Los resultados del análisis químico de las cuatro muestras de maíz analizadas se presentan en la Tabla 2. El maíz normal presenta una composición química que concuerda en general

TABLE N° 1
COMPOSICION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES (g/100g)

| | Dietas | |
|------------------------|------------|------|
| | 1, 2, 3, 4 | 5 |
| Maíz | 90 | - |
| Caseína* | - | 11.5 |
| Almidón de maíz | - | 68.5 |
| Mezcla mineral USP XIV | 4 | 4.0 |
| Vitaminas (13) | 1 | 1.0 |
| Aceite de maíz | 5 | 10.0 |
| Celulosa no nutritiva* | - | 5.0 |

* General Biochemicals, Chagrin Falls, Ohio, U.S.A.

con los datos de la literatura nacional (14) y extranjera (15). Las variedades híbridas analizadas muestran una estrecha semejanza en su composición química y a su vez no difieren apreciablemente del maíz normal.

El contenido de proteína de las variedades mutantes mostró un discreto aumento con relación a la muestra de maíz normal analizado; sin embargo, dichos valores son inferiores al comunicado por Cromwell et al. para maíz opaco (16). Análogamente, se observó una tendencia en las variedades opacas a un mayor contenido de fibra cruda y de cenizas totales.

El contenido de calcio y hierro fue inferior en las tres variedades opacas, especialmente en las Tracy; en cambio todas ellas contenían más fósforo que el maíz común, característica que es más acentuada en las variedades Tracy. El contenido energético fue similar en todas las variedades analizadas, siendo superior al comunicado para maíces normales y opaco-2 debido posiblemente a que nuestras muestras presentan una mayor proporción de extracto etéreo y un menor contenido de fibra.

El análisis aminoacídico del endosperma de maíz se presenta en la Tabla 3. El maíz opaco analizado contiene mayor proporción de lisina y treonina, pero menor proporción de leucina y

TABLA N° 2
COMPOSICION QUIMICA DE MAIZ COMUN Y DE TRES MUESTRAS
DE MAIZ OPACO-2

| | opaco-2 | | | |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | Normal | Platina | Tracy 1 | Tracy 2 |
| | % | % | % | % |
| Materia seca | 89.1 | 88.0 | 85.6 | 85.4 |
| Proteína cruda (Nx6.25) | 9.2 | 11.0 | 10.8 | 10.9 |
| Extracto etéreo | 6.0 | 6.3 | 6.1 | 5.7 |
| Fibra cruda | 2.4 | 2.8 | 3.0 | 2.8 |
| Cenizas | 1.4 | 1.9 | 1.8 | 1.8 |
| Calcio (mg/100g) | 36 | 29 | 18 | 24 |
| Fósforo (mg/100g) | 391 | 428 | 545 | 538 |
| Hierro (mg/100g) | 7.3 | 5.4 | 3.3 | 3.4 |
| Extracto libre de nitrógeno | 81.0 | 78.0 | 78.3 | 78.8 |
| Energía (Cal /100g) | 461 | 451 | 462 | 461 |

aminoácidos azufrados que el maíz normal. El contenido de lisina de la variedad mutante es 53% mayor, lo que se traduce en un aumento del cómputo proteínico de 45 a 62. Nuestros valores para maíz opaco-2 difieren en forma apreciable de los de Mertz y cols. (1) quienes han comunicado valores de 3.39 y 4.7 g de lisina por 100g de proteína. Cabe señalar que nuestro maíz opaco-2 contiene 22% menos de leucina que el normal. Esto produce una mejoría de la relación leucina: isoleucina que corrige el antagonismo natural existente en el maíz normal que ha sido descrito ampliamente por Harper (17).

La calidad biológica de la proteína del maíz se muestra en la Tabla 4. La Eficiencia Proteica del maíz normal fue baja, PER 1,52 y corrobora lo señalado por diferentes autores (3) (14). Este resultado se debe a la deficiencia de algunos aminoácidos esenciales principalmente lisina como lo ha demostrado el análisis aminoacídico.

TABLA Nº 3
COMPOSICION AMINOACIDICA DEL ENDOSPERMO DEL MAIZ OPA-
CO-2 Y DEL MAIZ COMUN EN COMPARACION CON VALORES HA-
LLADOS EN LA LITERATURA (g/100 g proteína) ^{1 2}

| | Normal | Opaco-2 | Opaco-2 (17) | Opaco-2 (1) |
|-----------------|--------|---------|-----------------|----------------|
| Arginina | 3.5 | 4.7 | 5.1 | 5.2 |
| Histidina | 1.7 | 1.3 | 3.4 | 3.2 |
| Lisina | 1.7 | 2.6 | 3.4 | 3.7 |
| Tirosina | 2.0 | 2.8 | 4.7 | 3.9 |
| Fenilalanina | 5.4 | 4.9 | 5.0 | 4.9 |
| Cistina | 1.9 | 1.1 | 2.4 | 0.9 |
| Metionina | 1.8 | 1.8 | 2.0 | 1.8 |
| Serina | 4.8 | 4.0 | 5.0 | 4.8 |
| Treonina | 3.5 | 4.2 | 3.9 | 3.7 |
| Leucina | 14.0 | 10.9 | 11.6 | 11.6 |
| Isoleucina | 4.4 | 4.3 | 3.9 | 3.9 |
| Valina | 5.2 | 5.5 | 5.0 | 5.3 |
| Acido glutámico | 20.8 | 18.4 | 19.1 | 19.8 |
| Acido aspártico | 6.6 | 10.8 | 8.5 | 10.8 |
| Glicina | 3.2 | 3.9 | 4.0 | 4.7 |
| Alanina | 7.9 | 6.2 | 7.0 | 7.2 |
| Prolina | 12.5 | 11.2 | 9.4 | 8.6 |

¹ No se determinó triptofano

² La segunda columna corresponde a la muestra de "La Platina".

Las variedades mutantes presentan una calidad proteica superior a la del normal, siendo las variedades Tracy semejantes a la caseína. Las causas de este valor de Eficiencia Proteica pueden deberse a una mejoría general del padrón aminoácido de las variedades mutantes, especialmente del contenido de lisina que como ya se ha señalado mejoró su cómputo

TABLA N° 4
EFICIENCIA PROTEICA (PER) Y DIGESTIBILIDAD DEL MAIZ COMUN Y DE LAS MUESTRAS
DE MAIZ OPACO-2

| | Ingesta (g) | Aumento peso (g) | PER | Digestibilidad (%) |
|-----------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Maíz normal | $225 \pm 7.9^{\circ}$ | $27 \pm 2.6^{\circ}$ | $1.52 \pm 0.09^{\circ}$ | $78 \pm 0.75^{\circ}$ |
| Opaco-2 | | | | |
| La Platina | 337 ± 20.4 | 76 ± 6.8 | 2.36 ± 0.09 | 81 ± 0.83 |
| Opaco-2 Tracy 1 | 307 ± 7.3 | 67 ± 7.3 | 2.67 ± 0.09 | 80 ± 0.95 |
| Opaco-2 Tracy 2 | 308 ± 10.2 | 67 ± 2.9 | 2.81 ± 0.08 | 79 ± 0.75 |
| Caseña | 311 ± 9.5 | 81 ± 5.0 | 2.61 ± 0.08 | 97 ± 0.50 |

° Error standard

proteínico y finalmente en una disminución de la relación leucina: isoleucina, debido al menor contenido del primero de estos aminoácidos.

La mejor calidad biológica de los maíces opacos queda también claramente demostrada por las diferencias en crecimiento de los animales alimentados con las dietas a base de los distintos híbridos.

Los valores de Eficiencia Proteica son muy similares a los obtenidos por Bressani (3) en experiencias en ratas con maíz opaco, aunque en este caso el crecimiento fue ostensiblemente mayor debido a una mayor ingesta.

Los valores de digestibilidad no dieron diferencias entre maíz normal y variedades mutantes, resultados que concuerdan con los de Mertz y cols. (16) quienes concluyen que la digestibilidad no es un factor determinante de la capacidad promotora del crecimiento del maíz opaco-2.

SUMMARY

Chemical composition, amino acid content and biological quality of opaque-2 corn.

Chemical and amino acid composition, gross energy value and protein quality of common corn and three samples of opaque-2 corn were determined. The chemical analysis revealed a similar protein content in all of them. The opaque-2 corn samples showed a greater proportion content of phosphorus and less of calcium and iron than the normal. The endosperm protein of opaque-2 corn showed a better balanced amino acid pattern due mainly to its 53% higher lysine content than the control. The biological quality assay demonstrated that the opaque-2 varieties protein efficiency ratio ranged from 2.36 to 2.81 as compared with 1.52 obtained from common corn. The digestibility was similar in all of the samples analyzed reaching a mean value of 79%.

The results obtained show the importance of stimulating and augmenting the cultivation of opaque-2 corn in Chile which could result in a substantial improvement especially in the diet of poultry and swine.

BIBLIOGRAFIA

1. Mertz, E. T., O. E. Nelson, L. S. Bates and O. A. Veron Better protein quality in maize. In: World protein resources p. 228-242. Advances in Chemistry Series, R. F. Gould, Editor. American Chemical Society, Washington, D. C. 1966.
2. Johnson, V. A., P. J. Mattern and J. W. Schmidt. The breeding of wheat and maize with improved nutritional value. *Proc. Nutr. Soc.*, 29: 20-31, 1970.

3. Bressani, R., L. G. Elías and R. A. Gómez-Brenes. Protein quality of opaque-2 corn. Evaluation in rats. *J. Nutr.* 97: 173-180, 1969.
4. Cromwell, G. L., R. A. Pickett, T. R. Cline and W. M. Beeson. Nitrogen balance and growth studies of pigs fed opaque-2 and normal corn. *J. Animal Sci.*, 28: 478-483, 1969.
5. Drews, J. E., N. W. Moody, V. W. Hays, V. C. Speer and R. C. Ewan. Nutritional value of opaque-2 corn for young chicks and pigs. *J. Nutr.* 97: 537-541, 1969.
6. Bressani, R. Protein quality of opaque-2 maize in children. Proc. High-lysine corn. Conf. Corn Ind. Res. Found., Inc., 1001 Conn. Ave., Washington D. C., pp 34-39, 1966.
7. Clark, H. E. Opaque-2 corn as a source of protein for adult human subjects. Proc. High-lysine Corn Conf. Corn Ind. Res. Found., Inc. 1001 Conn. Ave., Washington D. C. pp 40-44, 1966.
8. Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis* 10th ed. Washington D. C. 1965.
9. Schmidt-Hebbel, H. En: *Química y Tecnología de los Alimentos*, 1966. Editorial Salesiana, Santiago, Chile, 1966.
10. Tausky, H. and E. Shorr. A micromethod for the determination of inorganic phosphorus. *J. Biol. Chem.*, 202: 675-685, 1953.
11. Kohler, G. O., and R. Palter. Studies on methods for amino acid analysis of wheat products. *Anal. Chem.*, 44: 512-520, 1967.
12. Spackmann, D. H., W. H. Stein and S. Moore. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Anal. Chem.*, 30: 1190-1206, 1958.
13. Chapman, D. G., R. Castillo and J. A. Campbell. Evaluation of protein in foods. I. A method for determination of protein efficiency ratio. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37: 679-686, 1959.
14. Schmidt-Hebbel, H. En: *Tabla de composición química de alimentos*. Edit. Universitaria, S. A. Santiago, Chile, 1961.
15. Beeson, W. M., R. A. Pickett, E. T. Mertz, G. L. Cromwell and O. E. Nelson. Nutritional value of high lysine corn. A report on research with growing swine as well as rats. *Feedstuff* 38: 7-8, 1966.
16. Cromwell, G. L., J. C. Rogler, W. R. Featherston and T. R. Cline. A comparison of the nutritive value of opaque-2, floury-2 and normal corn for the chick. *Poultry Sci.* 47: 840-847, 1968.
17. Harper, A. E. In: *Mammalian protein metabolism*. H. N. Munro and J. B. Allison, ed., p. 125 Academic Press. 1964.