

LA CALIDAD PROTEICA DEL MAIZ CON EL GENE OPACO-2

R. BRESSANI *

Es bien conocido que el maíz, en forma de tortilla, constituye el alimento básico de grandes sectores de la población Latinoamericana. El Cuadro 1 resume los resultados de estudios sobre la ingesta promedio de maíz en los países de Centroamérica. La cantidad de maíz consumida en Panamá es insignificante, sin embargo, en los otros 5 países el maíz provee hasta el 69% de la ingesta calórica diaria y hasta el 58% de la de proteína. En algunas poblaciones de Guatemala, el maíz puede proporcionar hasta el 80% de las calorías y el 70% de las proteínas (5). El Cuadro 2 muestra valores representativos de consumo de maíz en niños pre-escolares de 3 pueblos de Guatemala. En este caso, la ingesta de maíz varía entre 107 a 200 g por persona por día, proporcionando hasta el 72% de la ingesta diaria de proteína (6).

Estos datos implican que cualquier cambio, ya sea favorable o desfavorable, en el valor nutritivo del maíz puede tener efectos de gran significado en la nutrición humana en el área de Centroamérica o en otros países donde el maíz es el cereal de mayor consumo.

Está ya bien establecido que la proteína del maíz es de una calidad pobre, debido a que contiene deficiencias en los aminoácidos esenciales, lisina y triptófano (4, 7, 9). Estas deficiencias, a su vez, son el resultado de que la mayor parte de la proteína del maíz corriente está formada por la proteína zeína, como se indica en el Cuadro 3. El cuadro muestra la distribución de la proteína de 5 selecciones de maíces las cuales fueron fraccionadas en nitrógeno insoluble, soluble en ácido, soluble en alcali y soluble en alcohol (1, 8). Como puede notarse, la mayor parte del nitrógeno del grano es soluble en alcohol. Esta proteína se conoce bajo el nombre de zeína, la cual contiene cantidades muy bajas de lisina y no contiene triptófano. En el mismo cuadro se puede notar que, en contraste a las otras selecciones de maíz, el maíz Opaco-2 contiene menos de la mitad de zeína con un aumento correspondiente de la proteína soluble en alcali. El análisis del contenido de aminoácidos de la proteína soluble en alcali indica que contiene cantidades altas de lisina, lo cual explica por qué el maíz con el gene Opaco-2 contiene cantidades altas de este aminoácido.

El hallazgo de que el gene recesivo homocigote conocido como Opaco-2 controla la distribución de proteína en el grano de maíz, contribuyendo con más triptófano y lisina que el maíz corriente, es por consiguiente de suma importancia en la nutrición de la población consumidora de maíz.

Ya que el maíz en varios países se procesa para su consumo en forma de tortilla o de atoles, fue de

interés conocer si el maíz Opaco-2 podía procesarse como el maíz corriente, si la tortilla preparada con él tenía el sabor y textura de la tortilla común y si el proceso destruía su valor nutritivo.

Esta presentación por consiguiente consistirá en discutir parte de los estudios nutricionales efectuados en el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (Incap) con el maíz Opaco-2. El material que se utilizó fue enviado de la Universidad de Purdue por el Dr. E. T. Mertz.

La Figura 1 muestra el proceso casero de convertir maíz en tortilla (2, 3). Este proceso fue utilizado para la preparación de tortilla de maíz con el gene Opaco-2 y de maíz corriente. El maíz crudo primero se lavó con agua para eliminar materiales no desea-

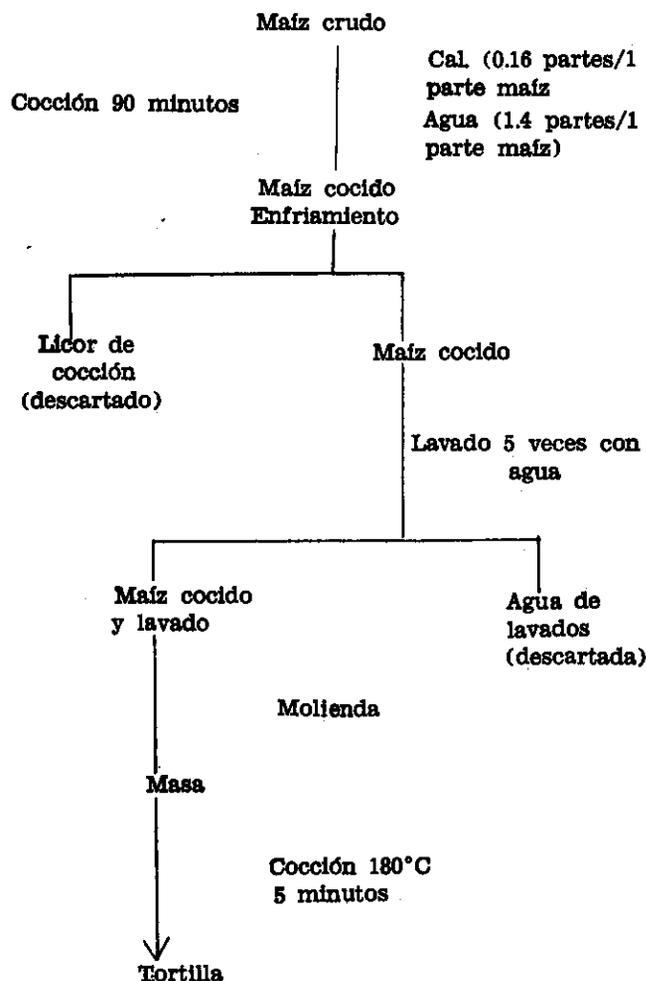


FIGURA 1. DIAGRAMA GENERAL EMPLEADO EN LA TORTILLA DE MAIZ.

* Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, Guatemala.

CUADRO 1. CONSUMO DIARIO PROMEDIO DE MAIZ POR PERSONA EN AREAS RURALES DE CENTROAMERICA Y PANAMA.

| País | Peso g. | Calorías % del total | Proteínas % del total |
|-------------|---------|----------------------|-----------------------|
| Panamá | 69 | 11 | 8 |
| Costa Rica | 185 | 34 | 32 |
| Nicaragua | 300 | 57 | 40 |
| Honduras | 398 | 69 | 48 |
| El Salvador | 374 | 65 | 58 |
| Guatemala | 423 | 64 | 49 |

CUADRO 2. CONSUMO DIARIO PROMEDIO DE MAIZ POR PERSONA EN TRES PUEBLOS DE GUATEMALA.

(Niños pre-escolares)

| Peso de Maíz g. | Ingesta Proteica | |
|-----------------|------------------|----------|
| | Maíz g. | Total g. |
| 119 | 10.8 | 18.9 |
| 178 | 16.2 | 25.1 |
| 174 | 15.8 | 22.0 |

bles. Luego a 12.5 kg de maíz, se le agregaron 24 litros de agua y 200 g de hidróxido de calcio. La mezcla se cocinó por 90 minutos, que es el tiempo que toma para hervir. Después de dejarlo enfriar, el licor de cocción se descartó y los granos de maíz cocidos fueron lavados repetidas veces con agua, hasta que ésta saliera limpia. Durante el lavado, los granos se restregaron con el fin de quitarles la cáscara, la cual se desintegra durante la cocción. El grano de maíz ya limpio se molió para dar la masa, y luego la tortilla.

En el caso del maíz Opaco-2, parte de la masa fue deshidratada por medio de aire caliente a 80°C y la otra parte se utilizó para la preparación de tortillas, las cuales después de ser preparadas se deshidrataron con aire caliente a 80°C. El mismo procedimiento se utilizó para el maíz corriente.

Parte de las tortillas preparadas del maíz Opaco-2 fue utilizada para pruebas limitadas de sabor y textura en humanos adultos. Estas pruebas indicaron que la tortilla del Opaco-2 tiene una textura más suave que la del maíz corriente, así como un sabor ligeramente dulce; en todo caso, fue bien aceptado por las personas que lo probaron.

El material obtenido por el proceso descrito, tanto del maíz Opaco-2 como del maíz corriente, fue analizado para determinar su contenido de proteína, lisina, triptófano y niacina previo a pruebas biológicas usando ratas y luego niños.

Los resultados de los análisis químicos se describen en el Cuadro 4. El maíz Opaco-2 contiene más lisina, triptófano y niacina que el maíz corriente, a pesar de que este último, por ser un maíz bajo en proteína total, contiene cantidades más altas de lisina que el promedio de los maíces híbridos o de los corrientes. También se encontró que este maíz con-

tiene cantidades más bajas de zeína que la mayor parte de maíces.

Para los estudios con ratas, se prepararon dietas con 90% de maíz crudo, de masa seca y de tortilla deshidratada y molida, tanto del maíz común como del Opaco-2. Las dietas fueron suplementadas con 4% de una mezcla mineral, 5% aceite de algodón refinado, 1% de aceite de hígado de bacalao y 5 ml de una solución completa de vitaminas del complejo B, por 100 g de dieta.

En el primer estudio se emplearon un total de 84 ratas, las cuales fueron distribuidas, según su peso, entre 7 grupos de 12 ratas cada uno. El séptimo grupo fue alimentado con una dieta de caseína con la misma concentración de proteína que la del maíz Opaco-2; la dieta preparada del maíz corriente contenía cantidades menores de proteína. Los animales fueron alimentados con las dietas y recibieron agua ad libitum por 28 días. Se recolectaron datos de cambios en peso y de consumo de alimentos cada 7 días.

Los resultados de crecimiento del primer estudio se presentan en la Figura 2. Se puede notar que el crecimiento de los animales, tanto en el maíz crudo Opaco-2 como en la masa y tortillas preparadas del mismo, fue superior desde el principio al maíz crudo corriente y sus preparaciones respectivas. Los datos sobre el valor nutritivo de la proteína se detallan en el Cuadro 5. El aumento en peso de los animales alimentados con Opaco-2 fue aproximadamente 5 veces más alto que los aumentos en peso de los animales alimentados con el maíz corriente. Aparentemente, el proceso de cocción causa pequeños cambios en el valor nutritivo del maíz Opaco-2, aunque no son significativos. Según los datos presentados en este cuadro, el valor nutritivo de la proteína del Opaco-2 es equivalente al 96% del valor nutritivo de la proteína en la caseína.

Con el propósito de conocer si la proteína del maíz Opaco-2 todavía tiene las deficiencias de aminoácidos características del maíz corriente, se llevaron

CUADRO 3. DISTRIBUCION DE LA PROTEINA EN EL ENDOSPERMA DEL MAIZ.

| Variedad | Proteína % | Distribución | | | |
|--------------|------------|--------------|-----------------|------------------|-------------------|
| | | Insoluble % | Soluble ácido % | Soluble alcali % | Soluble alcohol % |
| 'Cuyuta' | 8.0 | 10.2 | 25.5 | 23.1 | 41.2 |
| 'TGY' | 9.8 | 8.6 | 23.4 | 22.3 | 45.7 |
| '142-48' | 11.4 | 10.6 | 19.4 | 17.2 | 52.1 |
| 'HP5' (U.S.) | 14.0 | 6.8 | 16.6 | 21.2 | 55.4 |
| 'HP' (U.S.) | 16.2 | 2.6 | 18.0 | 19.7 | 59.7 |
| 'Opaco-2' | 10.2 | — | 24.7 | 41.3 | 17.2 |

CUADRO 4. CONTENIDO DE LISINA, TRIPTOFANO Y NIACINA.

| Maíz | Nitrógeno % | Lisina g/16gN | Triptófano g/16gN | Niacina mg/100 g. |
|-----------|-------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 'Opaco-2' | | | | |
| Crudo | 1.64 | 4.5 | 1.5 | 2.20 |
| Masa | 1.67 | 4.6 | 1.5 | 2.47 |
| Tortilla | 1.64 | 4.2 | 1.5 | 2.01 |
| 'Común' | | | | |
| Crudo | 1.16 | 3.6 | 0.62 | 1.62 |
| Masa | 1.12 | 3.1 | 0.57 | 1.63 |
| Tortilla | 1.06 | 3.1 | 0.49 | 1.87 |

CUADRO 5. AUMENTO EN PESO DE RATAS Y EFICIENCIA PROTEICA DEL MAIZ 'OPACO-2' Y 'MAIZ COMUN'.

| Maíz o preparación | Aumento en peso promedio g. | P. E. R. |
|--------------------|-----------------------------|-------------|
| Común' | | |
| Crudo | 25 ± 6.5 | 1.49 ± 0.23 |
| Masa | 20 ± 6.8 | 1.66 ± 0.19 |
| Tortilla | 27 ± 6.0 | 1.55 ± 0.23 |
| 'Opaco-2' | | |
| Crudo | 130 ± 21.4 | 2.79 ± 0.24 |
| Masa | 115 ± 10.0 | 2.76 ± 0.13 |
| Tortilla | 115 ± 18.0 | 2.66 ± 0.14 |
| Caseína | 132 ± 20.4 | 2.88 ± 0.20 |

a cabo varios estudios de suplementación con aminoácidos. En el Cuadro 6 se presentan algunos resultados representativos. En estos estudios se emplearon dietas con 72% de maíz Opaco-2 o de maíz corriente, las cuales se suplementaron con lisina, lisina y triptófano y lisina, triptófano e isoleucina. Se puede notar que existe un pequeño efecto en aumento en peso y en el índice de eficiencia proteica en el maíz Opaco-2 por la adición de lisina, pero no de lisina más triptófano o de lisina, triptófano e isoleucina. En el caso del maíz corriente, la adición de lisina no tuvo ningún efecto, sin embargo, la adición simultánea de lisina y triptófano y de los 3 aminoácidos aumentó tanto el peso como el índice de eficiencia proteica. Estos resultados indican que la proteína del maíz Opaco-2 todavía es ligeramente deficiente en el aminoácido lisina, sin embargo, el gene Opaco-2 además de haber causado un aumento en el contenido de este aminoácido ha causado un aumento en triptófano. Esto se deduce de los resultados presentados ya que la adición de triptófano no causó au-

mento en peso ni cambió el índice de eficiencia proteica del maíz Opaco-2, pero si afectó estos parámetros cuando se adicionó al maíz corriente.

Los resultados de un estudio realizado en cuatro niños de 2 a 6 años de edad y con un peso de 10.95 a 13.90 kg se describen en el Cuadro 7. Los niños fueron alimentados con una dieta cuya proteína se derivó de leche por un periodo de 13 días y luego con una dieta a base del maíz Opaco-2. Se les proporcionó 1.8 a 1.9g de proteína y 100 calorías por kilo de peso por día. El valor nutritivo se midió por medio del método de balance de nitrógeno, el cual consiste en obtener la cantidad de proteína retenida restandole a la ingesta de proteína las cantidades excretadas en las heces y orina.

De los datos presentados en el cuadro, se puede notar que de acuerdo a los niveles de ingesta proteica

CUADRO 6. EFECTO DE LA SUPLEMENTACION DEL MAIZ OPACO-2 Y DEL MAIZ COMUN CON AMINOACIDOS.

| Aminoácidos | Aumento en peso promedio * g. | Índice de eficiencia proteica |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
| 'Opaco-2' | | |
| Control | 90 | 2.71 |
| + 0.40% lisina | 96 | 2.94 |
| + 0.40% lisina + 0.10% triptófano | 91 | 2.82 |
| + 0.40% lisina + 0.10% triptófano + 0.20% isoleucina | 94 | 2.96 |
| Maíz 'Común' | | |
| Control | 38 | 1.47 |
| + 0.40% lisina | 27 | 1.41 |
| + 0.40% lisina + 0.10% triptófano + 0.20% isoleucina | 75 | 2.47 |
| | 77 | 2.53 |

* Peso Inicial: 47 g.

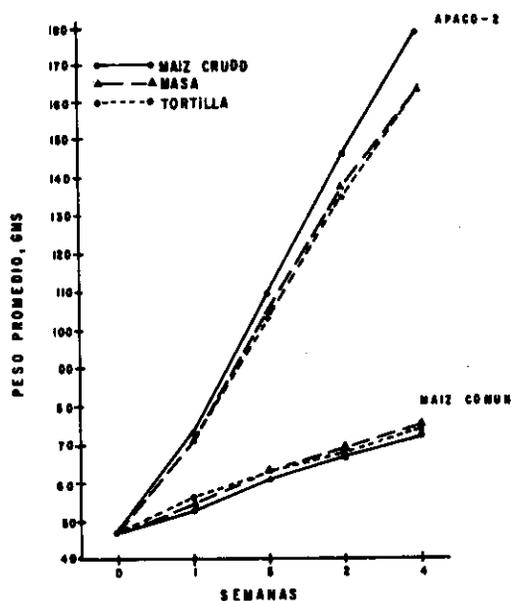


Figura 2.—Crecimiento de ratas alimentadas con maíz común y opaco-2

de este estudio, se obtuvo una retención de nitrógeno ingerido de maíz Opaco-2 en base absoluta o en porcentaje, igual al de la leche. Estos datos demuestran, por consiguiente, que el valor nutritivo de la proteína del maíz Opaco-2 es alta. En estudios con niños, realizados posteriormente, a niveles de ingesta de proteína inferiores a los del estudio presentado en el Cuadro 7, se encontró que el valor biológico de la proteína del maíz con el gene Opaco-2 equivale al 90% del valor biológico de la proteína de la leche.

Finalmente, el Cuadro 8 resume resultados usando maíz corriente, en comparación con leche. Se puede notar la diferencia altamente significativa en la retención de nitrógeno entre la proteína de la leche y la del maíz corriente (9).

Los datos obtenidos demuestran por consiguiente que la proteína del maíz Opaco-2 es de alta calidad nutritiva. Esto, sin embargo, no sería más que un descubrimiento de interés si no se hacen esfuerzos para introducir el gene en maíces locales utilizados por la población para su consumo o en la industria de alimentos animales. Recientemente se iniciaron investigaciones en este sentido y se espera que durante los próximos dos o tres años ya existan variedades de maíz con una proteína de alto valor nutritivo.

CUADRO 7. BALANCE DE NITROGENO EN NIÑOS ALIMENTADOS CON PROTEINA DE LECHE O DEL MAIZ OPACO-2 (mg N/Kg/día)

| Nitrógeno | Alimento | | |
|-------------|----------|----------------|----------|
| | Leche | Maíz 'Opaco-2' | Leche |
| Ingesta | 274 ± 15 | 300 ± 5 | 271 ± 10 |
| Fecal | 49 ± 25 | 71 ± 11 | 42 ± 22 |
| Urinario | 159 ± 22 | 142 ± 18 | 153 ± 28 |
| Absorbido | 225 ± 19 | 229 ± 13 | 229 ± 21 |
| Retenido | 66 ± 14 | 87 ± 19 | 76 ± 19 |
| % Absorción | 82.1 | 76.3 | 84.5 |
| % Retención | 24.1 | 29.0 | 28.0 |

CUADRO 8. BALANCE DE NITROGENO EN NIÑOS ALIMENTADOS CON PROTEINA DE LECHE O DE MAIZ CORRIENTE (mg N/Kg/día).

| Nitrógeno | Alimento | | | |
|-----------|----------|-----|------|-----|
| | Leche | | Maíz | |
| | (a) | (b) | (a) | (b) |
| Ingesta | 454 | 315 | 458 | 319 |
| Fecal | 93 | 54 | 114 | 65 |
| Urinario | 276 | 199 | 326 | 268 |
| Absorbido | 361 | 261 | 344 | 254 |
| Retenido | 85 | 62 | 18 | -14 |

Resumen

Los resultados del presente informe indican las diferencias en contenido de ciertos aminoácidos, distribución de la proteína y valor proteico entre el maíz común y el maíz con el gene Opaco-2. Los maíces corrientes contienen cantidades menores de lisina y de triptofano en comparación con el maíz Opaco-2. Asimismo, el maíz Opaco-2 contiene significativamente menor cantidad de zeína, proteína soluble en alcohol, que los maíces corrientes. Esto explica el mayor contenido de lisina en el Opaco-2 ya que la zeína es deficiente en este aminoácido.

Estudios biológicos en ratas demostraron que la proteína del maíz Opaco-2 es nutricionalmente superior a la del maíz común y tiene un valor que equivale al 96% del valor proteico de caseína. En niños el valor biológico equivale al 90% del valor biológico de la proteína de leche.

El maíz con el gene Opaco-2 puede procesarse en tortilla con igual facilidad que el maíz común; las tortillas son iguales en textura y sabor que las corrientes.

Literatura Citada

1. Bressani, R., y Mertz, E. T. Studies on Corn Proteins. IV. Protein and Amino Acid Content of Different Corn Varieties. *Cereal Chemistry* 35:227, 1958.
2. Paz y Paz, R. y Scrimshaw, N. S. *Journal of Agriculture & Food Chemistry* 6:770. 1958.
3. Scrimshaw, N. S. *Journal of Agriculture & Food Chemistry* 6:774. 1958.
4. Elías, L. G., Braham, J. E. y Bressani, R. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 1967. DR-34.
5. Flores, M. Traditional Science and Practices in Dietetics. Proceedings 3rd. International Congress of Dietetics, London, 10-14, July 1961. Yorkshire, Great Britain: Wm. Byles and Sons Ltd. of Bradford 1961. p. 23.
6. García, B. *British Journal of Nutrition* 14:207. 1960.
7. Gillespie, G. T., Flynn, L. M., O'Dell, B. L. y Hogan, A. G. Nicotinic Acid, Lysine, Tryptophan and Threonine as Supplements to High Protein Corn. Columbia, Mo. Agriculture Experiment Station, Research Bulletin 679. 1958.
8. Mertz, E. T., Bates, L. S. y Nelson, O. E. *Science* 145:3629. 1964.
9. Scrimshaw, N. S., Bressani, R., Behar, M. y Viteri, F. *Journal of Nutrition* 66:485. 1958.

PARCELAS PARA INCREMENTAR LA PRODUCCION DE MAIZ EN ALAJUELA

GUILLERMO MONTENEGRO C.*

Introducción

Durante 1966, en el Cantón Central de Alajuela, se llevó a cabo un Plan Piloto para la siembra de 70 manzanas de maíz distribuidas entre 20 agricultores. En el plan participaron la Agencia de Extensión Agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería, la Estación Experimental "Fabio Baudrit M." de la Universidad de Costa Rica y las Juntas Rurales de Crédito del sistema Bancario Nacional. Las juntas financiaron a algunos agricultores y todo el grupo fue asesorado por el personal técnico de la Agencia de Extensión Agrícola y la Estación Experimental.

* Agencia de Extensión de Alajuela, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica.

Preparación del terreno

Hubo variaciones entre las diferentes labores que efectuaron los agricultores. Entre otras, se efectuaron las prácticas siguientes: arada y rastreo con rotavator o con tractor, o con implementos tirados por bueyes y alomillada con pala, especialmente en aquellos terrenos que fueron cultivados recientemente.

Trabajos de conservación de suelos

En la mayoría de los terrenos se efectuaron prácticas de conservación de suelos en la siguiente forma: