

# **Composición del maíz opaco-2 venezolano. Análisis y calidad biológica de la arepa de opaco-2 y de maíz corriente**

**JOSÉ FÉLIX CHÁVEZ**  
División de Investigaciones  
Instituto Nacional de Nutrición  
Caracas, Venezuela

## **RESUMEN**

Se estudia la composición en proteínas, aminoácidos y vitaminas de diversas generaciones de maíz opaco-2 grano predominantemente amarillo, cultivado en Venezuela, encontrándose un alto contenido de lisina y de triptofano con respecto a una variedad corriente y cantidades variables de tiamina, riboflavina y niacina.

El pilado del grano y la elaboración de las arepas provocan una disminución parcial de estos nutrientes, pero sin llegar al nivel usualmente hallado en el maíz corriente.

Los ensayos biológicos revelan una neta superioridad del valor nutritivo del grano entero, pilado, y de la arepa de opaco-2 sobre su contraparte de maíz corriente. Las arepas de maíz opaco tenían color amarillento y sabor aceptable, aunque típico de las preparaciones hechas con maíz amarillo.

## **INTRODUCCION**

En 1964 Mertz y colaboradores (1) informaron sobre el hecho de que las semillas de maíz homocigotas para el gen opaco-2 tenían un mayor contenido de lisina que aquellas de maíces corrientes. Estudios posteriores de Nelson y colaboradores (2) indican que un segundo mutante, el gen harinoso-2, comunica riqueza al maíz en lisina y metionina. El principal cambio provocado por la introducción del gen opaco-2 consiste en la alteración del balance entre prolamina y glutelina,

con predominio de esta última (3), lo cual contrasta con el maíz corriente donde la prolamina zeína se halla en mayor cantidad. Otras fracciones que también aumentan con la inclusión del gen opaco-2 poseen niveles más altos de lisina y de triptofano (4).

Estos descubrimientos básicos de modificación del valor nutritivo y calidad proteica del grano de maíz por métodos genéticos han inducido la puesta en marcha de numerosas investigaciones en diversos países, conducentes a la utilización y aplicación práctica de estas ventajas. El hecho de que la diferencia en la composición de aminoácidos de las proteínas causadas por el gen opaco-2 aparentemente es sólo en el endospermo (5), constituye en Venezuela una circunstancia a favor, toda vez que el maíz se cultiva en todo el país en una diversidad de condiciones climáticas y su consumo es principalmente en forma de endospermo, es decir, pilado, o sea, el grano desprovisto, por método mecánico, del pericarpio, algo de la aleurona y del embrión.

En el presente trabajo se informa sobre la composición y valor biológico del maíz opaco-2 cultivado en Venezuela, como grano entero y descascarado y listo para el consumo bajo la forma de arepas<sup>1</sup>.

## MATERIAL Y METODOS

Las muestras de maíz opaco-2 eran de procedencia nacional<sup>2</sup> y respondían a la siguiente clasificación: Lotes 1496, 1599, 2179 y 2178: Compuesto Opaco-2 Número 1 (1968-69), segunda, tercera, cuarta y quinta generación de recombinación genética respectivamente, que vienen de introducir el gen opaco-2 en líneas de endospermo duro. Lotes 1497 y 1601: Compuesto Opaco-2 Número 2 (1968-69), segunda y tercera generación de recombinación genética, que vienen a introducir el gen opaco-2 en líneas de endospermo semidentado. Lote 1498 maíz corriente primera generación avanzada entre el cruzamiento de una línea de endospermo dentado (Llera III-50) por una línea de endospermo duro (ETOb-2053). La fuente original de estas variedades de opaco-2 fue suministrada en

- 1 Pan de masa de maíz pilado, amasado con agua y sal en forma redonda, cocido sobre budare o al horno.
- 2 Sección de Fitotecnia, Centro de Investigaciones Agronómicas, Ministerio de Agricultura y Cría, Maracay, Venezuela.

1965 por la Universidad de Purdue, bajo la forma de granos de una línea 540 Opaco-2 de endospermo amarillo y de la  $F_1$  del cruzamiento de la línea 540 Opaco-2 por una fuente de Tuxpeño (6).

Los análisis de proteínas y de vitaminas en las muestras de maíz se realizaron de acuerdo a las técnicas descritas en el A.O.A.C. (7) y los aminoácidos lisina y triptofano se determinaron por métodos microbiológicos según Barton-Wright (8). Las arepas fueron elaboradas en la Cocina Experimental de la División de Educación de este Instituto. Muestras representativas de las arepas preparadas tanto con el maíz opaco-2 Número 1, cuarta generación de recombinación genética, como con la variedad de maíz corriente, fueron secadas al sol, molidas y enviadas al WARF Institute<sup>3</sup> para su análisis completo de aminoácidos (9).

Para la preparación de las dietas experimentales, las arepas se desmenuzaron, se secaron al sol sobre bandejas de gran superficie y luego en la estufa durante la noche a una temperatura no mayor de 75°C. Finalmente, se procedió a su molturación hasta polvo fino, procedimiento éste que se siguió también para el grano entero y el grano pilado.

La composición de las dietas por cada 100 g era como sigue: material estudiado (grano entero, pilado o arepa), cantidad suficiente para 8-9 g de proteínas; sales minerales USP XIV: 4 g; solución de vitaminas (10): 1 g; aceite de maíz: 5 g; aceite de hígado de bacalao: 1 g; almidón de yuca, cantidad suficiente para completar 100 g. Los valores de digestibilidad aparente se obtuvieron de acuerdo al método del óxido crómico modificado por Chávez y colaboradores (11), al final del período de 28 días, destinado a la determinación de la eficiencia proteica o P.E.R.

Los ensayos biológicos se realizaron con ratas descendientes de la cepa "Sprague Dawley" de la colonia animal del Instituto, de 3-4 semanas de edad y entre 45-58 g de peso. Cada ensayo constaba de 3 ratas machos y de 3 hembras, alojados en jaulas individuales galvanizadas y con fondo levantado de tela metálica. El agua y el alimento se les suministró *ad libitum* y se tomó nota del alimento ingerido tres veces por semana.

<sup>3</sup> Wisconsin Alumni Research Foundation Institute, Madison, Wisconsin.

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se presenta la composición parcial de las muestras de maíz opaco-2 cultivado en el país y de una muestra control de un híbrido simple (maíz corriente), también de procedencia nacional, ordenadas según la descripción expuesta en Materiales y Métodos. No hay diferencias de importancia entre los valores de proteínas y tiamina, correspondiendo el valor más bajo de riboflavina al maíz corriente (Lote 1498). Las cantidades de niacina son en general elevadas para todos los maíces analizados, presentando el opaco-2, N<sup>o</sup> 1, quinta generación, el valor más alto. No se observan diferencias apreciables entre los valores de triptofano y metionina de los maíces opaco-2, siendo en cambio más del doble las cantidades de lisina y de triptofano, comparadas con las correspondientes al maíz corriente.

No hay variaciones entre el contenido de metionina de las variedades analizadas, lo cual comprueba que el gen opaco-2 no altera el nivel de este aminoácido. Se incluye el valor del Harinoso-2 (2) con el objeto de comparar el valor de metionina, más alto que el hallado en todos los demás.

Los resultados que se presentan en la Tabla 2 informan sobre las pérdidas de algunos nutrientes ocurridos durante el proceso de pilado, en una muestra de opaco-2, N<sup>o</sup> 1. Estos análisis se efectuaron en pequeñas cantidades de muestras de grano entero y de su correspondiente pilado, que nos fueron suministradas para su estudio. En la Tabla 3 se presenta el contenido de nitrógeno, lisina y triptofano de los maíces en grano entero, pilado, y de las arepas preparadas con este último, de otras muestras de opaco-2 y de maíz corriente. Se observa que el primero tiene más lisina y triptofano, no sólo en la muestra pilada, sino también en la arepa, o sea el producto preparado listo para el consumo.

En la Tabla 4 se ofrece la composición en aminoácidos de las arepas preparadas con el maíz pilado opaco-2 y el corriente. Los aminoácidos esenciales aparecen subrayados para una mejor comparación entre ambas columnas.

Del resultado de los ensayos biológicos se da cuenta en la Tabla 5. El aumento de peso es mayor en el caso del maíz en grano entero, siguiéndole en orden decreciente el valor correspondiente al maíz pilado y a la arepa, tanto para el opaco-2 como para el maíz corriente. La eficiencia proteica (P.E.R.)

TABLA 1  
COMPOSICION PARCIAL DE LOS MAICES ANALIZADOS<sup>1</sup>  
(Grano entero)

| Muestra                                 | Proteínas<br>%        | Tiamina<br>mg % | Riboflavina<br>mg % | Niacina<br>mg % | Lisina     | Triptofano | Metionina |
|---|-----------------------|-----------------|---------------------|-----------------|------------|------------|-----------|
|   |                       |                 |                     |                 | g / 16 g N |            |           |
| Opaco-2 No. 1                           |                       |                 |                     |                 |            |            |           |
| 2da. Generación<br>Lote 1496            | 10.7                  | 0.49            | 0.20                | 1.6             | 4.3        | 0.79       | 2.1       |
| 3ra. Generación<br>Lote 1599            | 10.4                  | 0.47            | 0.19                | 1.4             | 4.9        | 0.80       | 2.0       |
| 4ta. Generación<br>Lote 1599            | 10.1                  | 0.59            | 0.24                | 2.1             | 4.6        | 1.1        | 1.5       |
| 5ta. Generación<br>Lote 2178            | 9.6                   | 0.53            | 0.15                | 2.5             | 4.0        | 0.91       | 1.9       |
| 1ra. Selección hacia<br>endospermo duro | 10.5                  | 0.48            | 0.22                | 1.8             | 4.9        | 1.1        | 1.5       |
| Opaco-2 No.2                            |                       |                 |                     |                 |            |            |           |
| 2da. Generación<br>Lote 1497            | 9.4                   | 0.43            | 0.19                | 1.6             | 5.0        | 0.81       | 2.1       |
| 3ra. Generación<br>Lote 1601            | 10.0                  | 0.43            | 0.19                | 1.6             | 5.1        | 0.82       | 2.0       |
| Híbrido simple<br>(corriente)           |                       |                 |                     |                 |            |            |           |
| Lote 1498                               | 10.0                  | 0.44            | 0.13                | 1.5             | 2.3        | 0.51       | 2.3       |
| Harinoso-2                              | Nelson O.E. et al (2) |                 |                     |                 | 3.4        | 0.9        | 3.4       |

<sup>1</sup> Muestras suministradas por la Sección de Fitotecnia del Centro de Investigaciones Agronómicas. Maracay, Venezuela. I.N.N. Div. Invest. 71.

TABLA 2

COMPOSICION DEL MAIZ OPACO-2, N° 1, SEGUNDA SELECCION  
HACIA ENDOSPERMO DURO (GRANO ENTERO Y PILADO)

|   | Nitrógeno<br>% | Tiamina<br>mg % | Riboflavina<br>mg % | Niacina<br>mg % | Lisina<br>g/16g N | Triptofano<br>g/16 g N |
|---|----------------|-----------------|---------------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| Grano entero<br>(Lote 2500)               | 1.8            | 0.48            | 0.15                | 2.19            | 4.12              | 0.94                   |
| Grano pilado<br>(Lote 2384) <sup>1/</sup> | 1.5            | 0.10            | 0.12                | 1.10            | 2.75              | 0.78                   |

<sup>1</sup> Rendimiento en el pilón: 50%.  
I.N.N. Div. Invest. 71.

TABLA 3

CONTENIDO DE NITROGENO, LISINA Y TRIPTOFANO EN EL GRANO  
ENTERO PILADO Y EN LAS AREPAS HECHAS DE MAIZ OPACO-2  
Y CORRIENTE

|                       | Nitrogeno<br>% | Lisina<br>g/16 g N | Triptofano<br>g/16 g N |
|-----------------------|----------------|--------------------|------------------------|
| <b>Maíz Opaco-2</b>   |                |                    |                        |
| Grano entero          | 1.62           | 4.6                | 1.10                   |
| Pilado                | 1.31           | 3.4                | 0.91                   |
| Arepas                | 1.38           | 3.4                | 0.62                   |
| <b>Maíz corriente</b> |                |                    |                        |
| Grano entero          | 1.42           | 2.7                | 0.45                   |
| Pilado                | 1.33           | 1.9                | 0.38                   |
| Arepas                | 1.36           | 1.7                | 0.30                   |

I.N.N. Div. Invest. 71.

TABLA 4

COMPOSICION EN AMINOACIDOS DE LAS AREPAS PREPARADAS  
CON MAIZ OPACO-2 Y CON MAIZ CORRIENTE

| Aminoácido <sup>1/</sup>        | Arepa de<br>maíz opaco-2 | Arepa de<br>maíz corriente | Patrón<br>F.A.O. |
|---------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------|
| Acido aspartico                 | 7.9                      | 6.0                        | -                |
| Acido glutámico                 | 18.2                     | 23.1                       | -                |
| Alanina                         | 6.8                      | 8.8                        | -                |
| <u>Arginina</u>                 | 4.5                      | 3.1                        | -                |
| Cistina                         | 2.2                      | 0.54                       | -                |
| <u>Fenilalanina</u>             | 4.1                      | 4.3                        | 2.8              |
| Glicina                         | 4.1                      | 3.1                        | -                |
| Histidina                       | 2.0                      | 2.4                        | -                |
| <u>Isoleucina</u>               | 3.6                      | 3.7                        | 4.2              |
| Leucina                         | 10.3                     | 12.3                       | 4.8              |
| <u>Lisina</u> <sup>2/</sup>     | 3.4                      | 1.7                        | 4.2              |
| <u>Metionina</u>                | 1.5                      | 1.1                        | 2.2              |
| Prolina                         | 9.4                      | 11.5                       | -                |
| Serina                          | 4.6                      | 5.1                        | -                |
| Tirosina                        | 3.6                      | 3.4                        | 2.8              |
| <u>Treonina</u>                 | 3.8                      | 2.7                        | 2.8              |
| <u>Triptofano</u> <sup>2/</sup> | 0.62                     | 0.30                       | 1.4              |
| <u>Valina</u>                   | 5.3                      | 4.1                        | 4.2              |
| Nitrogeno                       | 1.38 %                   | 1.36 %                     |                  |

<sup>1</sup> Expresados en g/16 g N.

<sup>2</sup> Determinado microbiológicamente en el Servicio de Laboratorio del Instituto Nacional de Nutrición.  
I.N.N. Div. Invest. 71.

TABLA 5

## VALORES DE AUMENTO DE PESO (P.E.R.) Y DIGESTIBILIDAD EN RATAS ALIMENTADAS CON MAIZ OPACO-2 Y NORMAL

(Grano entero, pilado y arepas)

|                  | Proteínas<br>en dieta<br>% | Aumento<br>de peso<br>g | P.E.R.      | Digestibilidad<br>% |
|------------------|----------------------------|-------------------------|-------------|---------------------|
| <b>Opaco-2</b>   |                            |                         |             |                     |
| Grano entero     | 8.6                        | 97.1 ± 4.9              | 3.2 ± 0.20  | 85.2 ± 1.6          |
| Pilado           | 7.2                        | 45.5 ± 12.8             | 2.5 ± 0.60  | 38.5 ± 1.6          |
| Arepa            | 6.8                        | 37.1 ± 5.1              | 1.9 ± 0.17  | 81.2 ± 1.7          |
| <b>Corriente</b> |                            |                         |             |                     |
| Grano entero     | 7.8                        | 13.2 ± 4.9              | 0.74 ± 0.22 | 76.7 ± 2.8          |
| Pilado           | 7.3                        | 4.3 ± 2.0               | 0.34 ± 0.08 | 37.3 ± 2.4          |
| Arepa            | 7.9                        | 3.8 ± 2.2               | 0.33 ± 0.12 | 80.4 ± 1.2          |
| Caseína          | 8.4                        | 78.6 ± 17.5             | 2.9 ± 0.44  | 92.3 ± 0.51         |

I.N.N. Div. Invest. 71.

presenta el valor más alto en el caso del grano pilado, siendo el valor menor el hallado para la arepa, en ambos casos. El aumento de peso y la eficiencia proteica (P.E.R.) se evidenciaron netamente superiores para el maíz opaco-2 tanto en el grano entero como en el pilado y en la arepa. En el caso del opaco-2, la menor digestibilidad corresponde a su arepa y al grano entero en el maíz corriente. Igualmente la digestibilidad es mayor en la muestra pilada y más baja en la arepa, en ambos casos. El valor correspondiente a esta última es algo mayor que el del grano entero, en el maíz corriente.

La Tabla 6 presenta un esquema resumido de algunas características del maíz salcochado, en este caso grano pilado cocido, de la masa obtenida por molturación y amasado y finalmente de las arepas elaboradas con el maíz opaco-2 y con el corriente.

TABLA 6

CONDICIONES DE ELABORACION Y ALGUNAS CARACTERISTICAS  
DEL MAÍZ SALCOCHADO DE LA MASA Y DE LAS AREPAS  
HECHAS CON MAÍZ OPACO-2 Y CORRIENTE

|                                      | Opaco-2  | Corriente   |
|--------------------------------------|--|---|
| <b>Maíz salcochado</b> <sup>1/</sup> |  |   |
| Tiempo total de cocción              | 18 min.  | 42 min.   |
| Peso antes de lavar                  | 2.95 kg.   | 2.50 kg.  |
| Peso después de lavar                | 2.80 kg  | 2.35 kg   |
| Consistencia                         | grano blando   | grano duro  |
| Color                                | amarillo   | blanco  |
| <b>M a s a</b>                       |  |   |
| Peso lista para usar                 | 2.80 kg.   | 2.70 kg   |
| Manipulación                         | Mas fácil de trabajar.<br>Mas suave. No requiere<br>agua adicional | Requiere mas agua<br>para lograr misma<br>consistencia. |
| <b>Arepas</b>                        |  |   |
| Tiempo de cocción                    | 20 min.  | 20 min.   |
| Temperatura <sup>2/</sup>            | 204°C  | 204°C   |
| Peso total                           | 2,266 kg   | 2,243 kg  |
| Peso promedio                        | 113.5 gr   | 112.3 gr  |
| Sabor                                | Característico de las<br>preparaciones con maíz<br>amarillo        | Normal  |

<sup>1</sup> 1 kg más 4 lts de agua en cada caso.

<sup>2</sup> Las arepas se cocinaron primero en plancha caliente o budare y luego se terminaron de dorar en el horno a la temperatura indicada.  
I.N.N. Div. Invest. 71.

## DISCUSION

Los resultados de los estudios descritos en este trabajo en lo concerniente a la composición química del maíz opaco-2 cultivado en el país, revelan un contenido mayor de lisina y de triptofano, en las diversas generaciones de recombinaciones genéticas, comparados con el maíz corriente (Tabla 1). Esta información está de acuerdo con la suministrada en 1965 y 1966 por Mertz y colaboradores (5, 12) y más recientemente por Abraham y colaboradores (13). Aunque generalmente se le concede atención al aumento de las cantidades de lisina y de triptofano, la cantidad de otros nutrientes puede también presentar variaciones tal vez pequeñas, pero que en todo caso

pueden servir para orientar el desarrollo de una determinada variedad de opaco-2, que además de disponer de cantidades mayores de los aminoácidos citados, posea niveles algo más elevados de algunas vitaminas. En la Tabla 1 se aprecia que el Opaco-2, N<sup>o</sup> 2, presenta valores levemente inferiores de tiamina con respecto al N<sup>o</sup> 1, aunque no puede llegarse a una conclusión igual en el caso de la riboflavina. En referencia a la niacina, las variaciones son más apreciables, observándose en las muestras de Opaco-2, N<sup>o</sup> 1, cuarta y quinta generación, las cifras más altas en comparación con las demás muestras de maíz, lo cual puede aumentar la disponibilidad final del triptofano.

Con el fin de estudiar las diferencias entre la composición del grano entero y el pilado, que es el utilizado para la confección de la arepa, se analizaron muestras de ambos productos correspondientes a un maíz opaco-2, N<sup>o</sup> 1, que responde a la segunda selección hacia endospermo duro. El rendimiento fue de 50% de grano pilado, cifra que no podría considerarse industrialmente satisfactoria del todo.

La Tabla 2 muestra la composición del grano entero y la del grano pilado correspondiente a esta experiencia. El contenido de niacina en el grano pilado es aproximadamente la mitad del hallado en el grano entero, observándose una notable disminución en la cantidad de tiamina con respecto al producto original y en cambio casi no hay variación en el tenor de riboflavina. Las pérdidas por el pilado, de lisina y de triptofano son del orden de 33% y de 26%, respectivamente.

Con el objeto de disponer de suficiente cantidad de maíz opaco-2 pilado para la elaboración de arepas, se sometió al proceso industrial el lote 2179, correspondiente a la cuarta generación del Opaco-2, N<sup>o</sup> 1 (Tabla 1). El rendimiento en grano pilado fue esta vez de 47%, debido posiblemente a la naturaleza más blanda del grano en comparación a la selección hacia grano duro empleada en la experiencia anterior.

En la Tabla 3 se observa el contenido de nitrógeno, lisina y triptofano en el grano entero, en el pilado y en la arepa, tanto del maíz opaco-2 como de una variedad corriente adquirida en el comercio. La arepa preparada con este último presenta un contenido de lisina y de triptofano 36% y 33% menor respectivamente, comparado con el nivel de estos aminoácidos presentes en el producto original. La cantidad de lisina en-

contrada en la arepa de opaco-2 sólo disminuye en un 26% del valor correspondiente al grano entero; en cambio, el triptofano alcanza una pérdida de 43%. Es de hacer notar, sin embargo, que este valor es dos veces mayor que el indicado para la arepa hecha con maíz corriente. Estos resultados difieren de los presentados por Bressani (14), referentes a la composición de la tortilla confeccionada con maíz opaco-2, en los cuales se observa que la variación en el contenido de lisina entre el maíz crudo, la masa y el producto final es prácticamente insignificante y que no hay disminución en el nivel de triptofano. Estas discrepancias pueden ser atribuidas a las diferencias entre los tratamientos a que se somete el maíz para su elaboración, toda vez que la tortilla incluye el germen, mientras que la arepa no.

La composición en aminoácidos de las arepas elaboradas con el maíz pilado opaco-2 y corriente se ofrece en la Tabla 4. Aunque estos resultados corresponden a un producto cocido y elaborado con el grano pilado, es de interés destacar el contenido más elevado de prolina, en comparación a los valores para este aminoácido indicados por Mertz (5) y Abraham (13). Comparando el contenido de aminoácidos de la arepa de maíz opaco-2 con el patrón de F.A.O., se observa que el valor más bajo corresponde al triptofano con un 44% en relación a la cifra de 1.4, seguido por la lisina, que aporta el 81% sobre lo estimado por el patrón. No es posible comparar estos resultados con otros similares por cuanto ésta es la primera vez que se informa sobre el contenido total de aminoácidos en la arepa criolla hecha de maíz opaco-2.

Los materiales utilizados en la confección de las dietas empleadas en los ensayos biológicos, cuyos resultados figuran en la Tabla 5, son los mismos a los que se refiere la Tabla 3. El procesado del grano, es decir, la remoción del pericarpio, parte de la aleurona y el germen (pilado), provoca una disminución de su valor nutritivo, a juzgar por el aumento de peso y por la eficiencia proteica (P.E.R.). Las ratas alimentadas con el grano entero de maíz opaco-2 aumentaron de peso 7 veces más que las que consumían el maíz corriente, mientras que en el caso del maíz pilado y la arepa el aumento de peso fue 10 veces mayor. Ello evidencia la mejor calidad del maíz opaco-2 sobre el tipo corriente, no sólo del grano entero, sino ya en la arepa preparada lista para el consumo. El valor de la eficien-

cia proteica (P.E.R.), menor para el maíz pilado, refleja la disminución del valor nutritivo del grano al ser despojado del germen y parte de la aleurona. El valor aún más bajo correspondiente a las ratas alimentadas con la arepa, en el caso del opaco-2 puede ser originado por una disminución en el contenido de triptofano más acentuada que la observada en el caso de la arepa hecha con maíz corriente, según se aprecia en la Tabla 3. El valor de eficiencia proteica correspondiente a esta última no difiere del encontrado para el maíz pilado (Tabla 5), lo cual está de acuerdo con el contenido casi igual de triptofano en sus respectivas muestras (Tabla 3). El agregado de 0.2% de triptofano a la arepa provoca un mejor valor de eficiencia proteica (P.E.R.), según Mosqueda (15).

La menor digestibilidad aparente del maíz grano entero, tanto opaco como corriente, en comparación con el pilado, puede ser atribuido a su mayor contenido de fibra cruda, representado por la cutícula del grano, la cual se pierde durante el procesamiento, y que puede causar una mayor pérdida de nitrógeno endógeno. La digestibilidad de la arepa, comparada con la de su maíz pilado respectivo, es menor en igual proporción, tanto en el maíz corriente como en el opaco-2. Esta disminución de la digestibilidad en la arepa ya había sido observada por nosotros en un trabajo anterior (11) y su explicación requiere mayor comprobación experimental.

Con objeto de establecer las posibles diferencias que pudieran existir en las manipulaciones culinarias a que se somete el maíz pilado, se pesó 1 kg de grano opaco-2 y corriente y se procedió a su procesamiento para la elaboración de las arepas, con los resultados que se presentan en la Tabla 6. Se observa que el tiempo de cocción requerido para salcochar el grano de maíz normal es más del doble del empleado en el caso del opaco-2, debido probablemente a la textura más blanda de este último. El peso antes y después de lavar es mayor en el caso del maíz opaco-2, provocado por un mayor poder de hidratación del grano en virtud de su característica más amilácea. Este aumento de peso es sólo aparente, ya que al añadir agua para obtener la masa de igual consistencia, el grano salcochado de maíz corriente requiere más cantidad, con lo cual se obtiene un peso de masa prácticamente idéntico en ambos casos. El tiempo de cocción en el horno, la temperatura, el peso total de las arepas elaboradas y su peso indivi-

dual eran iguales para ambos tipos de maíz.

Las arepas elaboradas con el maíz opaco-2 eran de un color amarillo pálido y del sabor característico de las preparaciones hechas con maíz amarillo corriente, consumidas usualmente en algunas regiones de Venezuela. En estos primeros ensayos con maíz opaco-2 cultivado en el país, sólo se ha seleccionado hacia la dureza del grano sin hacer separación entre granos blancos y amarillos de la población segregante original, predominantemente de granos amarillos (16). La arepa típicamente popular es la elaborada con maíz blanco, por lo que estas arepas de tonalidad amarillo pálido no se prestarían con propiedad para un ensayo piloto de aceptabilidad. Cabe destacar, no obstante, que los pocos ensayos de degustación que se hicieron entre algunas familias, en virtud de nuestra escasa cantidad de muestra, dieron resultados satisfactorios (17), sin apreciarse el sabor ligeramente dulce de la tortilla centroamericana hecha con opaco-2 (14), aunque sí la característica sávida del maíz amarillo ya mencionada y de ningún modo objetable.

### AGRADECIMIENTO

El autor agradece muy especialmente al Ing. Agr. Pedro Obregón G., Jefe de la Sección de Fitotecnia del Ministerio de Agricultura y Cría, el suministro de las muestras de maíz opaco-2 y su asesoramiento en la clasificación genética del material estudiado.

### SUMMARY

#### Nutritional evaluation and composition of venezuelan arepa made with opaque-2 maize

The partial composition of seven samples of yellow venezuelan opaque-2 maize, corresponding to several generation of genetic recombination, is presented. Higher amounts of lysine and tryptophan compared with common corn, were found in all samples, as well as different levels of thiamine, riboflavin and niacin.

Lower values of these nutrients were found in the decorticated ("pilado") kernel and in the "arepa", a common venezuelan staple food made with germ free kernel. Total content of aminoacids in the opaque-2 "arepa" and in the common corn "arepa", is presented. Biological trials with rats showed higher P.E.R. values for opaque-2 whole and decorticated kernel and arepas, compared with its counter part of common corn. Opaque-2 arepas were pale yellow and presented good taste.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Mertz, E. T., L. S. Bates & O. E. Nelson.—Mutant gene that changes protein composition and increase lysine content of maize endosperm. *Science*, 145: 279-280, 1964.
- (2) Nelson, O. E., E. T. Mertz & L. S. Bates.—Second mutant gene affecting the amino acid pattern of maize endosperm proteins. *Science*, 150: 1469-1470, 1965.
- (3) Lloyd, N. E. & E. T. Mertz.—Studies of corn proteins. III. The glutelins of corn. *Cereal Chem.*, 35: 156-168, 1958.
- (4) Mertz, E. T.—High lysine corn. *Agr. Science Rev.*, 1-6. Third Quarter, 1968.
- (5) Mertz, E. T.—Better protein quality in maize. *Adv. Chem.*, 57: 228-242, 1966.
- (6) Obregón, P. G.—Estado actual de mejoramiento de maíces ricos en lisina en Venezuela. Presentado ante el Seminario sobre maíz Opa-co-2, Cagua, Edo. Aragua, Venezuela, Octubre 1969.
- (7) Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 11th Ed. Washington, D. C., 1970.
- (8) Barton-Wright, E. C.—Microbiological assay of the vitamin B complex and amino acids. London, Pitman Publishing Corp. 1952.
- (9) Spackman, D. H., W. H. Stein & S. Moore.—Automatic recording apparatus for use in the chromatography of aminoacids. *Anal. Chem.*, 30: 1190-1206, 1958.
- (10) Jaffé, W. G. & Vega Lette, C.—Heat labile growth inhibiting factors in bean (*Phaseolus vulgaris*). *J. Nutr.*, 94: 203-210, 1968.
- (11) Chávez, J. F., M. C. Mondragón, N. Di Gerónimo & W. G. Jaffé.—Método rápido para la determinación de digestibilidad por el uso del óxido crómico en dietas de ratas. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 21: 337-345, 1971.
- (12) Mertz, E. T., O. A. Veron & L. S. Bates.—Growth of rats fed on opaque-2 maize. *Science*, 148: 1741-1742, 1965.
- (13) Abraham, J., F. Baratou, P. Robin & R. Jacquot.—Etude de la composition et de la valeur nutritive du maïs opaque-2 et du tourteau de tournesol. *Ann. Nutr. et de l'Aliment.*, 24: 51-91, 1970.
- (14) Bressani, R.—Protein quality of opaque-2 maize in children. Proceedings of the High Lysine corn Conference. Purdue University, 1966.
- (15) Mosqueda, A.—Mejoras de la eficiencia proteica de la arepa con triptofano, lisina y treonina. *Arch. Venez. Nutr.*, 6: 185-193, 1955.
- (16) Obregón, P.—Comunicación personal.