

CONTENIDO DE FIBRA ACIDO- Y NEUTRO-DETERGENTE Y DE MINERALES MENORES EN MAIZ Y SU TORTILLA¹

Ricardo Bressani,² Mario Breuner³ y Miguel Angel Ortiz⁴

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

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo para ampliar la información con que se cuenta sobre el contenido de nutrientes de la tortilla de maíz, en particular de elementos minerales y componentes de fibra. Los resultados indicaron que el peso de la tortilla es una característica familiar, aspecto que varía de acuerdo a la familia que la produce y el cual es importante de considerar en el desarrollo de encuestas dietéticas.

Según se constató, el contenido de proteína y de cenizas es ligeramente superior en la tortilla que en el maíz, en el primer caso por pérdidas de carbohidratos que ocurren en el proceso, y en el caso de las cenizas por la cal utilizada para cocinar el maíz. El proceso induce cambios en la fibra ácido- y neutro-detergente del maíz. La neutro-detergente disminuye, mientras que la ácido-detergente aumenta ligeramente, lo que da una cantidad similar en los dos productos. El contenido de paredes celulares disminuye en la

Manuscrito original recibido: 2-3-90.

- 1 El presente trabajo se realizó con el apoyo económico de la General Foods con sede en White Plains, Nueva York, EUA.
- 2 Coordinador de Investigación en Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C.A.
- 3 Profesional del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), de Guatemala.
- 4 Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.

Publicación INCAP E-1297.

tortilla, con un aumento en el contenido celular. En cuanto a los minerales, se encontró un aumento en calcio, dando un mejor balance de Ca: P, así como aumentos en Fe, Cu y Zn.

INTRODUCCION

En 1987, como resultado de una reunión celebrada a nivel latinoamericano, con el objetivo de estudiar la posibilidad de actualizar las Tablas de Composición de Alimentos, se creó el concepto de LATINFOODS (1). Uno de sus objetivos es el de ampliar —hasta donde sea posible— la información sobre el contenido de nutrientes de los alimentos de consumo habitual de la población latinoamericana, en particular, la de los alimentos básicos.

El maíz, principalmente en su forma de tortilla, es un alimento de gran importancia nutricional en México y en varios países de América Central (2, 3). Su consumo en las áreas rurales es relativamente alto, aportando cantidades significativas de calorías y proteínas (3) y de fibra (3, 4, 16).

Asimismo, suministra cantidades significativas de otros nutrientes, en particular de calcio, mineral que se encuentra en cantidades altas en la tortilla, debido al proceso alcalino de cocción del maíz (5-7). No abundan los datos sobre el contenido de otros minerales, con la excepción de fósforo y hierro (5, 6). Recientemente se han publicado datos acerca del contenido de magnesio, sodio y potasio (8) y otros minerales (9). El propósito del estudio que aquí se presenta ha sido, por consiguiente, ampliar los conocimientos en cuanto al contenido de minerales en la tortilla y evaluar el contenido de fibra neutro y ácido-detergente y componentes. Al mismo tiempo, persigue dar a conocer otros aspectos de interés que caen dentro del marco de referencia de LATINFOODS.

MATERIAL Y METODOS

Para fines del presente estudio, se seleccionaron cinco familias de una finca de producción de café, a quienes se les compró 1 kg de maíz del utilizado por ellos para la elaboración de tortillas. De las cinco muestras, una fue de maíz amarillo y las otras de maíz blanco, todos de grano duro. A cada familia se le remuneró el costo de elaborar la tortilla del maíz adquirido, teniendo cuidado de guardar una muestra del grano sin procesar. El tiempo de cocción varió entre 55 y 65 minutos a ebullición (300 msnm), con 0.6 — 0.8% de cal del peso del grano, y de 12-14 hr en remojo después de la cocción.

Una vez en el laboratorio, del total de tortillas procedentes de cada familia se tomaron seis para registrar información sobre su peso húmedo, grosor y diámetro, y peso seco después de haberlas deshidratado con aire caliente a 60°C durante 4-6 hr.

Tanto el maíz crudo como su tortilla, se molieron en un molino de martillos a un grosor de 60 mallas para propósitos de análisis químicos. Las muestras fueron analizadas para determinar su contenido de humedad, proteína y cenizas, de acuerdo a los métodos

de la AOAC (10). Las cenizas de 1 g de muestra —en duplicado— fueron disueltas en ácido clorhídrico y sometidas a análisis con absorción atómica por su contenido de fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, cobre, manganeso y zinc. Las muestras de maíz y de su tortilla también fueron analizadas por fibra ácido-y neutro-detergente, usado el procedimiento de Goering y Van Soest (11).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se resumen algunas características físicas de las tortillas obtenidas de las cinco familias que participaron en el estudio. Según se aprecia, el peso húmedo varió entre 23.3 a 41.9 g, siendo esto una característica particular de cada familia. Kraus (12) informa que el peso promedio de la tortilla en 6 comunidades rurales fluctuó entre 29 y 58 g peso húmedo, con un rango de humedad de 32.6 a 57.2%, lo que respalda la aseveración de que el tamaño de la tortilla es una característica de la familia. El contenido de agua, por su parte, varió entre 42.5 y 50.3%, siendo estos valores similares a los informados previamente (5). Los datos del grosor variaron entre 1.93 y 3.15 mm y el diámetro, entre 9.91 y 10.87 cm, datos que son similares a los notificados en otros estudios (5). Finalmente, el peso seco osciló entre 13.2 y 21.7 g, lo cual está asociado al grosor y diámetro del alimento.

Los datos en referencia son de importancia para personas que efectúan encuestas dietéticas, y para aquéllos que ejecutan intervenciones nutricionales con base en datos de encuestas, en donde no es apropiado recolectar datos del número de tortillas consumidas por día, para fines de etimar la ingestión de nutrientes. En este sentido, es mejor obtener el número consumido y el peso de una muestra. La alternativa es preguntar por la cantidad de maíz que se cocina, cantidad que al multiplicarse por 75-80%, da el peso total de tortillas producidas. Se ha indicado una pérdida en sólidos que fluctúa de 6 a 25% (5, 13, 14) y en el presente estudio, las pérdidas de sólidos variaron entre 20 y 25%. Estas fueron establecidas a través del peso del maíz cocido ya deshidratado.

La información sobre el contenido de humedad, proteína y cenizas del maíz y de su tortilla, se detalla en la Tabla 2. El contenido proteínico en la tortilla es ligeramente mayor que el contenido de proteína en el maíz, en las mismas bases de humedad. Varios autores han informado resultados similares. El pequeño incremento en el contenido proteínico se debe en gran medida a las pérdidas que ocurren durante la cocción de azúcares, almidones y cáscara o pericarpio del grano (5-7, 15). Respecto al contenido de cenizas, con la excepción de una muestra de tortillas, todas las demás acusaron valores superiores de cenizas que el maíz crudo, resultado ya notificado por varios autores (4-6). Gran parte de esta observación se debe a la retención de calcio por el maíz cocido; esto depende de la clase de maíz y de la cantidad de cal utilizada, así como de otros aspectos del proceso de cocción, el tiempo de remojo después de la cocción, por ejemplo (14, 16).

TABLA 1
ALGUNAS MEDIDAS FISICAS DE LAS TORTILLAS*

Tortilla	Peso húmedo (g)	Humedad (%)	Grosor (mm)	Diámetro (cm)	Peso seco (g)
Amarilla	26.1 ± 2.8	42.5	2.63	10.05	15.0 ± 1.4
Blanca 1	23.3 ± 2.5	43.5	1.93	10.81	13.2 ± 1.0
Blanca 2	41.9 ± 2.0	50.3	3.15	11.87	20.8 ± 1.1
Blanca 3	41.3 ± 3.4	47.4	2.77	11.74	21.7 ± 1.5
Blanca 4	23.5 ± 3.9	46.4	2.29	9.91	12.6 ± 1.7

* Promedio de seis observaciones.

TABLA 2
CONTENIDO DE HUMEDAD, PAROTEINA Y CENIZA DE DIFERENTES MUESTRAS DE MAÍZ Y DE SU TORTILLA (%)

Muestras	Humedad	Proteína	Ceniza
Maíz amarillo	14.4	8.0	1.42
Tortilla	9.6	8.8	1.45
Maíz blanco 1	11.6	9.7	1.62
Tortilla 1	9.3	10.1	1.24
Maíz blanco 2	16.4	8.7	1.07
Tortilla 2	9.4	9.5	1.54
Maíz blanco 3	14.6	8.5	1.28
Tortilla 3	9.5	9.5	1.46
Maíz blanco 4	13.8	8.1	1.21
Tortilla 4	9.4	8.6	1.51
Maíz	14.1 ± 1.7	8.6 ± 0.7	1.32 ± 0.21
Tortilla	9.4 ± 0.1	9.3 ± 0.7	1.44 ± 0.12
Significancia	NS	NS	NS

NS = No significativa.

El fraccionamiento celular del maíz y de la tortilla se detallan en la Tabla 3, y el fraccionamiento de la pared celular en la Tabla 4. El contenido de pared celular en el maíz crudo promedió 11.8% con una variación de 9.1 y 14.2%, con su respectivo contenido celular, que varió entre 85.8% y 90.9%, con un promedio de 88.2%. En el caso de la tortilla, el promedio de pared celular fue menor que el del maíz, con un valor de 9.4% y una variabilidad de 8.0 a 10.5%. El contenido celular promedio de la tortilla de 90.6%, fue mayor que la del maíz crudo, con una variabilidad de 89.5 a 91.5%. Estos cambios pueden atribuirse a la pérdida del pericarpio del grano de maíz, durante la cocción y el lavado del nixtamal. En años recientes se ha utilizado un medio alcalino para incrementar la digestibilidad y el valor calórico de henos y residuos agrícolas destinados a la alimentación animal. Se ha observado que ocurre una pérdida en cuanto a pared celular, la que ha sido evaluada por el método de Goering y Van Soest (11), usado en el presente estudio. Este procedimiento puede ser un buen indicador de la fibra dietética que, preferiblemente, se analiza por el método de Asp *et al.* (17), o el de Prosky y col. (18). La fibra neutrode-tergente (Tabla 4) para el maíz, promedió 10.79%, con una variabilidad de 8.21 y 14.17%, y en la tortilla el valor promedio fue de 8.90, con una variabilidad de 7.99 a 10.05%. En el caso de la fibra ácido-detergente, las diferencias entre el maíz y su tortilla fueron pequeñas, con un promedio de 2.79% para el maíz y de 3.00% para la tortilla. La variabilidad en el maíz fue de 2.17 a 3.23%, y para la tortilla de 2.24 a 3.36%. Estos valores son superiores a los informados por Reinhold y García (4), usando la misma técnica analítica, pero en muestras de tortillas de harina de nixtamal de origen industrial. Es probable que la calidad del maíz utilizado a nivel del hogar, sea inferior a la calidad del maíz de uso industrial, ya que muchas veces es común encontrar en el maíz cocido, pedazos de mazorca y otras impurezas. La Tabla 4 también expone datos sobre hemicelulosas y lignina. Las hemicelulosas promediaron 8.00% en el maíz y 6.00% en la tortilla, y la lignina acusó un promedio similar en los dos materiales.

El contenido de fibra dietética total en la tortilla de maíz común ha sido informado por varios investigadores, siendo de 12.10% de acuerdo a Serna-Saldívar *et al.* (19), de 7.62-10.02% informado por Acevedo y Bressani (20), y de 10.28-12.22% por Bressani y colaboradores (8).

La Tabla 5 resume los datos de las cinco muestras sobre el contenido mineral del maíz y de su tortilla. Según se observa, al transformar el maíz en tortillas, a través del proceso alcalino, utilizando hidróxido de calcio, algunos minerales aumentan, mientras que otros disminuyen. Entre los minerales que aumentan, como calcio, sodio, hierro y cobre, el incremento que más llama la atención es el del calcio. Este mineral es altamente biodisponible, según informes de varios investigadores (21, 22), pero además, causa una mejor proporción de Ca:P, que en el maíz es de 0.16 y en la tortilla de 0.67, lo que sugiere una mejora en valor nutritivo. Estudios previos (8) indicaron una reducción en el contenido de K y en Na; sin embargo, en el trabajo que nos ocupa, el nivel de sodio aumentó, aunque

TABLA 3

FRACCIONAMIENTO CELULAR EN MAÍZ Y SU TORTILLA

Muestra	Pared celular (%)	Contenido celular (%)
Maíz	9.1	90.9
Tortilla	10.1	89.9
Maíz	10.8	89.2
Tortilla	8.6	91.4
Maíz	12.0	88.0
Tortilla	10.5	89.5
Maíz	13.1	86.9
Tortilla	8.0	92.0
Maíz	14.2	85.8
Tortilla	10.0	90.0
Maíz (promedio)	11.8 ± 2.0	88.2 ± 2.0
Tortilla (promedio)	9.4 ± 1.1	90.6 ± 1.1
Significancia	NS	NS

NS = No significativa.

no significativamente. El incremento en hierro es de interés, pues puede significar una mayor ingestión de este elemento, a pesar de que varios investigadores sugieren que su biodisponibilidad se ve reducida por la fibra dietética (23). Finalmente, cabe subrayar los valores mayores de Cu y de Zn en la tortilla. Estos elementos deben provenir de la cal utilizada en la cocción, o de los recipientes y equipos utilizados para la conversión del maíz en tortilla. Los resultados de este estudio en cuanto al contenido mineral en la tortilla, confirman datos publicados por Vargas, Muñoz y Gómez (9), quienes informan valores un poco más altos para Fe, Cu y Zn, así como los valores citados por Krause (12). En todo caso, es de interés práctico proponer que el uso de la cal para cocinar el maíz, puede ser una forma de incorporar nutrientes en que son deficientes las dietas de las poblaciones que consumen maíz en forma de tortilla.

TABLA 4

**FRACCIONAMIENTO DE LA PARED CELULAR EN MUESTRAS
DE MAÍZ Y SU TORTILLA^a**
(%)

Muestra	FND ^b	FAD ^c	Hemicelulosa	Lignina
Maíz	8.21	3.23	4.98	0.14
Tortilla	10.05	3.21	6.84	0.14
Maíz	10.84	2.79	8.05	0.12
Tortilla	7.99	3.32	4.67	0.16
Maíz	9.33	3.08	6.25	0.13
Tortilla	8.98	2.24	6.74	0.14
Maíz	11.40	2.17	9.23	0.12
Tortilla	8.01	3.36	4.65	0.15
Maíz	14.17	2.68	11.49	0.14
Tortilla	9.97	2.88	7.09	0.14
Maíz (promedio)	10.79 ± 2.27	2.79 ± 0.04	8.00 ± 2.54	0.13 ± 0.01
Tortilla (promedio)	8.90 ± 1.03	3.00 ± 0.47	6.00 ± 1.23	0.15 ± 0.01
Significancia	NS	NS	NS	NS

a Base seca.

b FND = Fibra neutro detergente.

c FAD = Fibra ácido detergente.

NS = No significativa.

TABLA 5
CONTENIDO DE MINERALES EN EL MAÍZ Y LA TORTILLA
(mg/100 g)*

Mineral	Maíz	Tortilla
P	299.6 ± 57.8	309 ± 34.2
K	324.8 ± 33.9	272.9 ± 26.8
Ca	48.3 ± 12.3	216.6 ± 41.5
Mg	107.9 ± 9.9	123.1 ± 15.4
Na	59.2 ± 4.1	71.2 ± 7.9
Fe	4.8 ± 1.9	7.0 ± 4.8
Cu	1.3 ± 0.2	2.0 ± 0.5
Mn	1.0 ± 0	1.0 ± 0
Zn	4.6 ± 1.2	5.4 ± 0.4

* Promedios de cinco muestras de maíz y cinco de tortillas en base seca.

SUMMARY

ACID- AND NEUTRO-DETERGENT FIBER AND MINERAL ELEMENTS CONTENT OF MAIZE AND TORTILLA

The present study was carried out to complete available information on the nutrient contents of corn tortilla particularly mineral elements and acid and neutro-detergent fiber. Results indicated that the tortilla weight should be considered in dietary surveys. Protein and ash contents are slightly higher in tortillas than in maize, in the first case due to carbohydrate losses that occur during the process, and in the case of ash, due to the lime used during the cooking process. The process also induces changes in the acid- and neutro-detergent fiber in maize. Similar yields related to the decrease of neutro-detergent and the increase of acid-detergent fiber were found in both products. The cell walls content decreases in the tortilla, with an increase in cellular content. With respect to minerals, an increase in calcium content was found, giving a better Ca:P balance, as well as increases in Fe, Cu and Zn.

BIBLIOGRAFIA

1. Memorias de las Primera Reunión sobre Tablas de Composición de Alimentos — LATINFOODS, Guatemala, 11 a 14 de noviembre de 1986. Arch. Latinoamer. Nutr., 37 (4): 609-802, 1987.
2. Bressani, R. La importancia del maíz en la nutrición humana en América Latina y otros países. En: Mejoramiento Nutricional del Maíz. J. E. Braham y M. Béhar

- (Eds.). Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 1972, p.5-30.
3. **Evaluación Nutricional de La Población de Centro América y Panamá. Costa Rica, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá.** Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP); Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud (E.U.A.); Ministerios de Salud de los seis Países Miembros. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 1969 (6 volúmenes).
 4. Reinhold, J. G. & J. S. García. Fiber of the maize tortilla. *Am. J. Clin. Nutr.*, 32: 1326-1329, 1979.
 5. Bressani, R., R. Paz y Paz & N. S. Scrimshaw. Corn nutrients losses. Chemical changes in corn during preparation of tortillas. *J. Agr. Food Chem.*, 6:770-774, 1958.
 6. Saldana, G. & H. E. Brown. Nutritional composition of corn and flour tortillas. *J. Food Sci.*, 49: 1202-1205, 1989.
 7. Cravioto, R. O., R. K. Anderson, E. E. Lockhart, F. de P. Miranda & R. S. Harris. Nutritive value of the Mexican tortilla. *Science*, 102: 91-93, 1945.
 8. Bressani, R., V. Benavides, E. Acevedo & M. A. Ortíz. Changes in selected nutrient content and in protein quality of normal and quality protein maize during tortilla preparation. Enviado para publicación a *Cereal Chemistry*.
 9. Vargas, E., R. Muñoz & T. Gómez. Composición química y valor biológico de tortillas y pan producidos a nivel industrial en Costa Rica. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 36: 452-465, 1986.
 10. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 11th. ed. Washington, D.C., The Association, 1970.
 11. Goering, H. K. & P. K. Van Soest. Forage fiber analyses. In: *Agricultural Handbook No. 379*. Washington, D.C., Agriculture Research Service, United States Department of Agriculture, 1970.
 12. Krause, V.M. *Rural-Urban Variation in Limed Maize Composition and the Mineral Content of Tortilla in Guatemala*. Thesis. Center for Studies of Sensory Impairment, Aging and Metabolism. Guatemala City, Guatemala and School of Dietetics and Human Nutrition. Montreal, Canada, McGill University, 1988.
 13. Khan, M. N., M. C. Des Rosiers, L. W. Rooney, R. G. Morgan & V. E. Sweat. Corn tortillas: Evaluation of corn cooking procedures. *Cereal Chem.*, 59: 279-284, 1982.
 14. Pflugfelder, R. L., L. W. Rooney & R. D. Waniska. Dry matter losses in commercial corn masa production. *Cereal Chem.*, 65: 127-132, 1988.
 15. Ortega, E. I., E. Villegas & S. K. Vasal. A comparative study of protein changes in normal and quality protein maize during tortilla making. *Cereal Chem.*, 63: 446-451, 1986.
 16. Bedolla, S. & L. W. Rooney. Cooking maize for masa production. *Cereal Foods World*, 27: 219-221, 1982.
 17. Asp, N. G., C. G. Johansson, H. Hallmer, M. J. Siljestrom. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J. Am. Food Chem.*, 31: 476-482, 1983.
 18. Prosky, L., N-G. Asp, I. Furda, J. W. De Vries, T. F. Schweizer & B. F. Harland. Determination of total dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 68: 677-679, 1985.
 19. Serna-Saldivar, S. O., D. A. Knabe, L. W. Rooney, T. D. Tanksley, Jr. & A. M. Sproule. Nutritional value of sorghum and maize tortillas. *J. Cereal Chem.*, 7: 83-94, 1988.
 20. Acevedo, E. & R. Bressani. Contenido de fibra dietética en alimentos centroamericanos. Enviado para publicación a *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*.
 21. Braham, J. E. & R. Bressani. Utilización del calcio del maíz tratado con cal. *Nutr. Bromatol. Toxicol.*, 5: 14-19, 1966.

22. Poneros, A. G. & J. W. Erdman, Jr. Bioavailability of calcium from Tofu, tortillas, dry milk and mozzarella cheese in rats. Effect of supplemental ascorbic acid. *J. Food Sci.*, **53**: 208-210, 1988.
23. Reinhold, J. G., J. S. García L. & P. Carzon. Binding of iron by fiber of wheat and maize. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**: 1384-1391, 1981.