Rev. Fitotec. Mex. 12:129-135. 1989

CALIDAD NIXTAMALERA Y TORTILLERA DE HIBRIDOS DE MAIZ CON DIFERENTE TIPO DE ENDOSPERMO

Yolanda Salinas Moreno y José Luis Arellano Vázquez[1]

RESUMEN

Los conceptos calidad nixtamalera y tortillera de maíz (*Zea mays* L.) resultan difíciles de definir, pues en su entorno se agrupan infinidad de opiniones; sin embargo, existen ciertos parámetros que permiten determinar el comportamiento del maíz sobre estos aspectos. El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad nixtamalera y tortillera de 25 híbridos experimentales de maíz generados para los Valles Altos, con diferente tipo de endospermo, a través de la pérdida de sólidos (PS), peso de nixtamal (PN), rendimiento tortillero (R), así como color en tortillas y análisis sensorial. Los híbridos se agruparon por su índice de perlado (IP) en 3 grupos: Grupo 1 (duros) con IP <20%, grupo 2 (intermedios) con 20% <IP <30% y grupo 3 (suaves con IP >30%. Se encontró que los valores de PS, PN y color de tortillas fueron estadísticamente iguales en los tres grupos analizados. En el análisis sensorial la calificación varió de muy buena a excelente para los tres grupos. Cuando se evaluó el R partiendo de 100 g de grano base seca, se encontró diferencias significativas entre los grupos 1 y 3, siendo el grupo de endospermo suave superior en 17%; los grupos 2 y 3 fueron estadísticamente iguales.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays L.; Tecnología de alimentos; Análisis sensorial.

SUMMARY

It is difficult to define the concept of maize (*Zea mays* L.) grain quality for alkaline cooking and tortilla making because many points of view are involved; nevertheless there are some established parameters which allow to predict the behaviour of corn in those aspects. The objetive of this research was to determine the maize grain quality for alkaline cooking and tortilla making in 25 experimental corn hybrids for the highlands of México with different types of endosperm. The parameters used were; dry matter losses (PS), nixtamal weight (PN), tortilla yields (R), tortilla colour, and sensorial analysis. The hybrids were grouped by peerling resistance index in three groups: Groups 1 (hard) with IP <20%, group 2 (intermediate) with 20% <IP <30%, and group 3 (soft) with IP >30%. It was found that PS and PN values, and tortilla colour were equal in the three groups. In sensorial analysis the qualification varied from very good to excellent for the three groups. A significative difference was found between groups 1 and 3 when R was evaluated using 100 g of grain: soft endosperm hybrids were higher than group 1 in 17%; while groups 2 and 3 were statistically equal.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L.; Food technology; Sensorial analysis.

INTRODUCCION

El maíz es por tradición el principal cereal en la dieta de los mexicanos. Durante 1987 su consumo *per cápita* fue de 195 kg (Anónimo, 1988), de los cuales el 66% fue consumido de manera directa, principalmente en forma de tortilla.

Los factores que determinan la calidad de la tortilla han sido objeto de diversas investigaciones; entre tales factores los más importantes son el proceso de nixtamalización y el tipo de maíz empleado. Respecto al tipo de maíz empleado, se considera que la textura del endospermo es definitiva para lograr tortillas de calidad; sin embargo no existe con-

[1] Investigadores del Laboratorio de Tecnología de Alimentos, y de la Red de Maíz del CIFAP-México, INIFAP, respectivamente. Apdo. Postal 10, 56230 Chapingo, Méx.

senso respecto a que tipo es el más adecuado. Hay quienes se manifiestan en el sentido de que los maíces de endospermo duro son los mejores para preparar tortillas de excelente calidad (Cortez y Wild—Altamirano, 1972), mientras que otros opinan que los materiales con endospermo suave son los más adecuados (Bazúa *et al.*, 1978).

Los objetivos del presente trabajo fueron: 1) Conocer la calidad nixtamalera en maíces de endospermo suave, intermedio y duro y 2) Determinar si el tipo de endospermo afecta la calidad de la tortilla.

REVISION DE LITERATURA

Mundialmente se reconocen cinco tipos de maíz diferenciados por características físico—químicas del grano: Dentado, cristalino, dulce, harinoso y reventador.

El maíz dentado se derivó de la cruza entre maíces tipo cristalino y harinoso, por lo que la textura de su endospermo puede ser calificada en función de la relación entre los dos tipos que el grano presente. Cuando la parte cristalina aumenta el grano es más duro, si la que se incrementa es la harinosa el grano es suave (Watson, 1987).

Los factores que influyen en la calidad de la tortilla son principalmente el proceso de nixtamalización del grano y el tipo de maíz empleado. Ambos aspectos han sido estudiados ampliamente por varios investigadores. Ochoa (1981) estudió la relación entre la dureza del grano, la temperatura y el tiempo de cocimiento, señalando que los maíces más duros son los que requieren de mayores tiempos para alcanzar la textura de nixtamal adecuada para preparar la tortilla.

Buendía (1981) encontró mayores rendimientos tortilleros en maíces del tipo opaco—2, en comparación con los maíces de endospermo cristalino. En este sentido, Bazúa *et al.* (1978) indicaron que los maíces con un alto grano de opacidad y que poseen endospermo suave son superiores a los maíces de endospermo cristalino, en lo que se refiere al proceso de nixtamalización como tal, pues sus rendimientos son mayores y la calidad sensorial del producto terminado es mejor.

Bedolla (1980), quien evaluó aspectos de textura y cocimiento en 31 híbridos comerciales de maíz de Estados Unidos, menciona que la textura del endospermo influye fuertemente en la absorción de agua durante el cocimiento, así como en la textura del nixtamal.

Cortez y Wild—Altamirano (1972), en estudio sobre factores técnicos de la nixtamalización con diferentes maíces encontraron que de los granos con endospermo duro se obtienen tortillas de excelente calidad. Por su parte, Gómez *et al.* (1987) estudiaron la nixtamalización en maíces con diferente textura y señalaron que los granos de endospermo suave no producen harinas nixtamalizadas de calidad. Estos últimos autores mencionan como criterios para seleccionar materiales con buen comportamiento nixtamalero durante el procesamiento industrial: a) Que sean de endospermo duro y diente pequeño, b) de grano blanco, c) que el pericarpio se desprenda fácilmente, d) de grano uniforme y e) que presenten bajas pérdidas de materia seca durante el procesamiento.

Pflugfelder *et al.* (1988) indicaron que los maíces de endospermo suave son susceptibles a perder mayor cantidad de materia seca en el procesamiento industrial para elaborar harinas nixtamalizadas, que los maíces de endospermo duro.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló durante 1988 en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Estado de México (CIFAP-MEX), ubicado en Chapingo, México.

Se trabajó con grano F_2 de 25 híbridos experimentales de maíz tipo precoz de Valles Altos, que se cosecharon en 1987.

Con base en el índice de perlado (IP) propuesto por Buendía (1981), los maíces se dividieron en: Grupo 1 (duros) con IP $<20\%$, grupo 2 (intermedios) con $20\% < IP < 30\%$ y grupo 3 (suaves) con $IP > 30\%$. El IP es una medida de la resistencia del grano a la reacción abrasiva de un esmeril, que se deja actuar sobre la muestra (20 g) por un minuto. Mientras más suave sea el grano más daño sufrirá por la acción abrasiva y su índice de perlado será mayor.

Las muestras se nixtamalizaron siguiendo la metodología normal del laboratorio, en la que 100 g de maíz con 200 ml de agua y 1.0 g de CaO son puestos a ebullición, contando el tiempo a partir de que ésta es plena. Los tiempos de cocimiento se asignaron por apreciación subjetiva, determinando el momento en que el pericarpio se desprendía fácilmente al presionar un grano entre los dedos índice y pulgar. Los maíces de endospermo suave se nixtamalizaron de 20—25 minutos, los intermedios de 25—30 minutos y los duros de 30—35 minutos. Una vez nixtamalizadas, las muestras se dejaron reposar por 17 hr, manteniendo tapados los recipientes para evitar evaporación.

Otras variables analizadas fueron: 1) Volumen de nejayote (VN); este parámetro se usa como medida indirecta de absorción de agua, así, a mayor suavidad del grano el volumen de nejayote es menor y consecuentemente se elevan los rendimientos de nixtamal y tortillas aunque el contenido de humedad de tortillas de maíz suave es generalmente mayor al que se tiene en tortillas preparadas con maíz cristalino, 2) Peso de nixtamal (PN); se obtuvo después de drenar el exceso de agua del nixtamal y está directamente relacionado con la absorción de agua en el grano durante el cocimiento, 3) Pérdidas de sólidos (PS); incluye todas las partículas insolubles que se desprenden del grano durante el cocimiento, y se determinó evaporando el agua de cocimiento conjuntamente con el agua del lavado hasta peso constante, 4) Humedad en nixtamal, masa y tortilla; se usó el método de la estufa (AACC, 1983), 5) Indice de color (IC); se evaluó en tortilla, usando un equipo Hunter—Lab que se calibró con un patrón de color blanco ($L = 92.8$, $a = 0.9$, $b = 1.2$).

Se realizó un análisis sensorial, donde jueces semientrenados calificaron la tortilla en sus características externas como color, textura y forma, calificando cada atributo con una escala hedónica de 1 a 5. Otras características evaluadas fueron las internas de tipo degustativo, donde se incluyeron: consistencia, aroma, sensación en la boca y gusto, y sensación después de comer. Estas variables también se calificaron en una escala de 1 a 5 (1 = excelente, 5 = muy mala). Por último se calculó el rendimiento tortillero (R), mediante la relación entre el peso total de tortillas (en gramos) obtenido a partir de 100 g de grano en base seca, expresado por unidad. Para la comparación de tipos de endospermo, se utilizó el diseño experimental completamente al azar con dos repeticiones. Se realizó análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey, 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSION

Como se indicó, los maíces de endospermo duro (IP <20%) requirieron tiempos de cocimiento de 30 a 35 minutos para alcanzar una textura de nixtamal adecuada para elaborar las tortillas. Según la información del Cuadro 1, en este grupo de híbridos la absorción de agua durante la cocción fue inferior al 50%: considerando la relación entre

Cuadro 1. Parámetros de nixtamalización y calidad en tortillas de maíces con diverso tipo de endospermo.

No. de híbrido	IP	VN	PN	PS	HN	HMA	HT	IC	R
					Endospermo Duro				
2054	15.3	104	159.2	5.0	41.2	51.3	37.2	68.2	1.198
2063	16.8	112	158.2	6.6	41.1	50.3	40.6	68.8	1.395
2056	17.0	110	159.1	4.8	41.6	51.2	38.0	62.0	1.391
2064	17.0	109	158.3	4.8	39.6	51.1	39.7	73.7	1.417
2199	17.5	108	160.2	3.6	40.5	50.7	40.0	70.0	1.406
2053	18.0	100	159.4	5.3	41.7	51.5	39.9	68.2	1.198
2200	18.0	109	161.3	4.2	41.4	51.8	40.8	73.4	1.375
2152	19.5	104	160.4	4.6	40.9	52.0	40.9	67.3	1.408
					Endospermo Intermedio				
2154	21.0	104	159.9	4.9	42.6	51.7	39.8	73.5	1.314
2031	21.5	98	161.6	5.8	41.4	52.3	40.9	69.0	1.300
2172	22.5	98	160.6	5.1	41.7	51.6	40.8	68.0	1.286
2017	23.6	98	159.0	5.5	40.7	51.7	40.8	70.3	1.538
2021	23.9	115	161.0	3.0	41.7	50.1	39.9	71.5	1.391
2038	23.9	107	158.2	5.8	41.0	51.8	40.8	69.3	1.465
2016	24.6	112	158.8	5.6	39.8	50.4	40.2	71.7	1.474
2130	25.0	108	161.0	5.1	41.6	52.1	41.5	70.8	1.282
2030	26.0	106	160.4	3.4	40.1	51.9	40.1	68.0	1.265
2027	26.5	104	161.2	5.1	41.2	51.8	40.1	71.9	1.347
2091	27.8	104	162.3	4.5	40.8	52.6	41.2	71.0	1.269
2037	28.0	98	160.3	5.4	40.6	51.7	41.0	71.6	1.290
2048	29.5	96	161.8	5.3	41.0	52.2	40.2	68.1	1.430
					Endospermo Suave				
2045	33.5	74	164.2	6.7	44.2	53.7	42.7	67.1	1.496
2077	31.5	94	162.3	5.3	45.7	53.7	41.7	70.0	1.515
2047	33.6	109	163.7	4.8	44.1	32.5	42.1	68.3	1.637
2035	30.5	88	164.6	5.9	43.4	52.7	42.7	68.3	1.659

IP = Indice de perlado (%)
VN = Volumen de nejayote (ml)
PN = Peso de nixtamal (g)
PS = Pérdida de sólidos (%)
HN = Humedad en nixtamal (%)
HMA = Humedad de masa acondicionada (%)
HT = Humedad de tortilla (%)
IC = Indice de color
R = Rendimiento tortillero (unidad de peso de tortilla por unidad de peso de grano)

el volumen inicial de 200 ml y el VN. Esta absorción de agua se vió reflejada en el PN y en el rendimiento tortillero, que fueron bajos en relación a lo observado en los materiales suaves (Cuadro 2).

De los 25 genotipos analizados, el 52% fueron de endospermo intermedio (20% <IP <30%), los que mostraron un comportamiento nixtamalero semejante al de los maíces de endospermo duro (Cuadros 1 y 2). Sin embargo, el rendimiento tortillero (R) obtenido en estos tipos duros e intermedios es aún superior al registrado para maíz, en general, que es de 1.313 (Laboratorio CIFAP-MEXICO; datos sin publicar).

La baja absorción de agua en los híbridos con endospermo duro e intermedio obedece a que dicho endospermo está formado por gránulos de almidón inmersos en una densa matriz proteínica que los circunda totalmente y que limita la entrada de agua al gránulo, retrasando el fenómeno de gelatinización (Watson, 1987). Sin embargo, aunque aumentando el tiempo de cocimiento se incrementaría la absorción de agua, existe un tiempo óptimo más allá del cual aunque la masa absorba más agua, su calidad se demerita ya que se vuelve chiclosa y poco manejable.

En lo que se refiere a los maíces con endospermo suave (IP > 30%), en los Cuadros 1 y 2 se observa que la humedad del nixtamal, masa y tortilla fue superior a lo observado en los materiales duros e intermedios como consecuencia de la alta proporción de endospermo harinoso que los maíces suaves presentan, lo que favorece la absorción de agua. Asimismo, el rendimiento tortillero se incrementó en los maíces de endospermo suave, por la facilidad que éstos tienen para absorber agua en el cocimiento; sin embargo, esto puede traer desventajas para la vida del anaquel del producto, ya que una elevada humedad en la tortilla facilita el desarrollo microbiano (Bedolla y Rooney, 1984). El índice de color de la tortilla observado en los maíces suaves, fue semejante al obtenido en los materiales duros e intermedios y en algunos casos las tortillas fueron más blancas que las tortillas comerciales cuyo IC es de 68.8 (Laboratorio CIFAP-MEXICO; datos sin publicar).

Cuadro 2. Valores promedio de algunos parámetros de nixtamalización y tortilla en maíces híbridos con diferente tipo de endospermo.

Grupo	Tipo endospermo	Parámetros de nixtamalización y de tortilla								
		IP	VN	PN	PS	HN	HMA	HT	IC	R
1	Suave	32.3a	91.3b	163.7c	5.7a	44.5a	53.2a	42.3a	68.4a	1.58a
2	Intermedio	24.9b	103.7a	160.5b	5.0a	41.1b	51.7b	40.6b	70.4a	1.36b
3	Duro	17.4c	107.0a	159.5b	4.9a	41.0b	51.2b	39.6b	69.0a	1.35b

Valores en la misma columna con diferente letra son estadísticamente diferentes ($\alpha = 0.05$)

La pérdida de sólidos en el cocimiento (PS) fue estadísticamente igual en los grupos de maíz analizados, aunque se observó una ligera diferencia numérica a favor de los maíces con endospermo suave. Al respecto, Pflugfelder *et al.* (1988) mencionan que este tipo de maíces son susceptibles de perder mayor cantidad de materia seca que los de endospermo duro, cuando son procesados industrialmente para producir harinas nixtamalizadas.

Es claro que los maíces de endospermo duro absorben menos agua durante el cocimiento, por lo que presentan rendimientos tortilleros menores que los de endospermo suave; sin embargo, según lo señalado por Gómez *et al.* (1987), los maíces con endospermo duro, gracias a su textura, mantienen la integridad del grano durante el procesamiento industrial para preparar harinas nixtamalizadas, lo que facilita su manejo y reduce la pérdida de materia seca.

El análisis sensorial realizado en las tortillas obtenidas en cada grupo no manifestó preferencia por alguna tortilla en particular, ya que en todos los casos se calificaron entre excelente y muy buena (Cuadro 3). Destaca, sin embargo, que todos los materiales suaves se calificaron como excelentes, lo que pudiera estar relacionado con el contenido de humedad en la tortilla, pues en estos materiales se observaron los mayores valores de este parámetro. Al respecto, Bedolla y Rooney (1984) han indicado que el contenido de humedad de la tortilla tiene relación con su suavidad y tersura.

Debe aclararse que en este trabajo los maíces con endospermo suave no presentan

Cuadro 3. Análisis sensorial en tortilla de maíz con diferente textura de endospermo.

No. de híbrido	Tipo de endospermo	Calificación promedio	Categoría	No. de híbrido	Tipo de endospermo	Calificación promedio	Categoría
2045	Suave	1.2	E	2154	Intermedio	1.0	E
2077	Suave	1.1	E	2031	Intermedio	1.0	E
2047	Suave	1.0	E	2172	Intermedio	1.0	E
2035	Suave	1.0	E	2017	Intermedio	1.2	E
				2021	Intermedio	1.7	MB
2054	Duro	1.6	MB	2038	Intermedio	1.8	MB
2063	Duro	1.2	E	2016	Intermedio	1.9	MB
2056	Duro	1.6	MB	2130	Intermedio	1.1	E
2064	Duro	1.8	MB	2030	Intermedio	1.0	E
2199	Duro	1.0	E	2027	Intermedio	2.0	MB
2053	Duro	1.1	E	2091	Intermedio	1.0	E
2200	Duro	1.0	E	2037	Intermedio	1.0	E
2152	Duro	1.2	E	2048	Intermedio	1.5	MB

E = Excelente, MB = Muy buena.

una textura similar a la de un tipo de maíz propiamente suave (como el Cacahuacintle); tampoco los maíces clasificados como duros son semejantes en dureza al maíz tipo Reventador Toluqueño, pues ambos representan los extremos de textura en maíz, el primero excesivamente suave y el segundo extremadamente duro. Al respecto, algunos informes (Cortez y Wild—Altamirano, 1972; Bazúa *et al.*, 1978) mencionan diferencias en la calidad de una tortilla preparada con maíz duro (Reventador Toluqueño) y maíz suave (Cacahuacintle); sin embargo, estos materiales no son comúnmente destinados al proceso de nixtamalización, sino más bien son aprovechados para usos especiales.

CONCLUSIONES

Los maíces suaves con índices de perlado mayores a 30%, debido a su mayor proporción de endospermo harinoso, presentaron rendimientos tortilleros superiores a los de endospermo intermedio y duro (índices de perlado menores a 30%).

El volumen de nejayote, el peso del nixtamal y la humedad en el nixtamal, relacionados con la absorción del agua durante el cocimiento, fue mayor en los híbridos con endospermo suave.

La calidad de tortilla registrada por el análisis sensorial, varió de muy buena a excelente en los tipos de endospermo intermedio y duro; todos los híbridos de tipo suave presentaron tortillas de categoría excelente.

BIBLIOGRAFIA

American Association of Cereal Chemists (AACC). 1983. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 7th. Ed. Rev. St. Paul, Minnesota.

Anónimo. 1988. Algunos indicadores de la producción de maíz. Comercio Exterior 38:15-19.

Bazúa C., D., R. Pedroza, E. Guerrera, and A. Rodríguez. 1978. Opaque-2 corn tortillas processing conditions for the alkaline cooking traditional method. Sixth International Cereal Congress. Winnipeg, Manitoba, Canada.

Bedolla, S. 1980. Effect of genotype on cooking and texture of corn for tortilla production. MSc. Thesis. Texas A & M University, College Station.

_____ and **W.L. Rooney. 1984.** Cooking maize for masa production. Cereal Food World 27: 219-221.

Buendía G., Ma. O. 1981. Características morfológicas de mazorca, propiedades físicas y de calidad protéica del maíz (*Zea mays* L.) normal y mejorado, relacionados con el proceso de nixtamalización. Tesis Profesional, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 159 p.

Cortez, A. y C. Wild-Altamirano. 1972. Contribución a la tecnología de la harina de maíz. En: Mejoramiento nutricional del maíz. Bressani, R., J.E. Braham y M. Behar (eds.). Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Guatemala pp: 12-14.

Gómez, H.M., W.L. Rooney, R.D. Waniska, and L.R. Pflugfelder. 1987. Dry corn masa flours for tortilla and snack food. Cereal Foods World 32: 372-377.

Ochoa C., O.J. 1981. Estudio de los factores dureza, temperatura y tiempo en la nixtamalización del maíz (*Zea mays* L.). Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 97 p.

Pflugfelder, L.R., W.L. Rooney and R.D. Waniska. 1988. Dry matter losses in commercial corn masa production. Cereal Chemistry 65: 127-132.

Watson, A.S. 1987. Structure and Composition. In: Corn: Chemistry and Technology. Watson, A.S., and E.P. Ramstad (eds.). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul Minnesota. pp: 55-56.