

CARACTERISTICA DEL GRANO, MASA Y TORTILLA PRODUCIDA CON DIFERENTES GENOTIPOS DE MAÍZ DEL TROPICO MEXICANO

Characteristics of the grain, dough and tortilla produced from different maize genotypes in the mexican tropics

JA Jiménez-Juárez ✉, G Arámbula-Villa, E de la Cruz-Lázaro, MA Aparicio-Trapala

(JAJJ) Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra, Teapa, Tab., México. agroalimentos@hotmail.com
(ECL)(MAAT) División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Km. 25 Carretera Villahermosa-Teapa, Centro, Tabasco, México

(GAV) Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Unidad Querétaro. Libramiento Norponiente 200. Fraccionamiento Real de Juriquilla. CP 76230. Querétaro, Qro. México

Artículo recibido: 04 de septiembre de 2009, **aceptado:** 25 de julio de 2012

RESUMEN. La tortilla de maíz (*Zea mays* L.), es el principal alimento del pueblo mexicano. En México, como en gran parte de Centro y Sudamérica, el maíz se utiliza para consumo humano. En esta investigación se evaluaron nueve genotipos de maíz tropical que se clasificaron como: mejorados (híbrido HS-3G y variedad VS-536), premejorados (poblaciones 22, 23, 25, 32, 43 y 49 del CIMMYT) y criollo (criollo mejen). En cada genotipo se determinaron las propiedades físicas de grano, masa y tortilla; en grano se determinó: largo, ancho, grosor, peso de 1000 granos, peso hectolítrico y dureza; en la masa: adhesividad y cohesividad, en las tortillas: grado de inflado, rolabilidad, tensión y corte. El genotipo de maíz con el mayor tamaño de grano, peso de 1000 granos y dureza fue la población 22. El peso hectolítrico de todos los genotipos cumple con los requerimientos mínimos establecidos en la norma de calidad (74 kg hL^{-1}) para maíces destinados al proceso de nixtamalización. En textura de tortilla la población 43 y el criollo mejen fueron los genotipos que presentaron los menores valores de tensión y corte, y los que produjeron la mejor tortilla elaborada. Al agrupar los genotipos se encontró que el mayor peso de grano lo tuvieron los maíces premejorados, mientras que la mayor dureza, cohesión, tensión y los menores valores de tensión y corte en tortilla lo tuvo el maíz criollo.

Palabras clave: Grano, población, nixtamalización, masa, tortilla.

ABSTRACT. Maize (*Zea mays* L.) tortillas are the primary staple food of Mexican people. In Mexico, as in most of Central and South America, maize is used mainly for human consumption. This study evaluated nine tropical maize genotypes classified as: improved (HS-3G hybrid and 536-VS variety), pre-improved (22, 23, 25, 32, 43 and 49 of the CIMMYT populations) and "criollo" (native mejen variety). The physical properties of the grains, dough and tortillas were evaluated for each genotype. The parameters recorded were the length, width, thickness, weight of 1000 grains, weight in hectoliters and hardness for the grains, the adhesiveness and cohesiveness for the dough, and the capacity to puff up, to make rolls, and the tension and cutting strength of the tortillas. The maize genotype with the greatest grain size, weight of 1000 grains and hardness was population 22. The weight in hectoliters of all genotypes satisfied the minimum requirements established by the quality norm (74 kg hL^{-1}) for maize to be processed. With respect to tortilla texture, population 43 and the native mejen variety presented the lowest tension and cutting strength, and the best tortillas. Grouping the genotypes, the greatest grain weight was recorded for the pre-improved variety, while the greatest hardness, cohesiveness, tension and the lowest tensile and cutting strength in tortillas were obtained for the "criollo" variety.

Key words: Grain, population, processing, dough, tortilla.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el tercer cultivo sembrado a nivel mundial, tiene importancia económica, como alimento humano, animal y como materia prima de un gran número de productos industriales (Paliwal *et al.* 2001). En México es el cultivo más importante, por la superficie sembrada, el valor de su producción, por ocupar al 20 % de la población económicamente activa y por ser el alimento principal de la población (Sierra-Macías *et al.* 2010). Desde el punto de vista económico, el maíz se siembra en más de 8 millones de hectáreas, que representan 39 % de la superficie agrícola nacional y 63 % de la superficie sembrada con granos y oleaginosas, contribuye con 8 % del producto interno de la agricultura (Luna *et al.* 2012).

El maíz en forma de tortilla, es uno de los principales componentes de la dieta del pueblo mexicano (Mauricio *et al.* 2004). Se consumen alrededor de 12.3 millones de toneladas de maíz en forma de tortilla, de las cuales 64 % se realizan a través del método tradicional de maíz-masa-tortilla y 36 % a través de la industria harinera (Sierra-Macías *et al.* 2010). Por lo general, la tortilla consumida en las áreas rurales se elabora con el maíz que se produce en la localidad, que puede ser blanco, amarillo o de colores (Salinas *et al.* 2010) y de manera general, la preferencia entre los distintos tipos de maíz es por atributos de color, sabor, textura, consistencia de las tortillas y facilidad de la masa para trabajarla (Vázquez *et al.* 2010). Mientras que los industriales de la masa y la tortilla prefieren procesar maíces de tamaño y color uniforme, optan por los de color blanco crema brillante y con textura intermedia a dura. Ponderan los maíces con alta relación de masa/grano ($\geq 2.0:1.0$) y de tortilla/maíz (≥ 1.5 kg por kg de maíz procesado) (Salinas *et al.* 2010); de igual manera la norma NMX-034 (Anónimo 2002) para maíz destinado al proceso de nixtamalización, incluye principalmente variables de calidad del grano, entre las que destaca la dureza, así como pericarpio retenido en el nixtamal, pérdida de sólidos y humedad del nixtamal.

La calidad del grano de maíz para el procesamiento alcalino está determinada por sus caracterís-

ticas físicas y su composición química. Esta calidad es importante para los procesadores de grano a nivel industrial, aunque no para las amas de casa de las áreas rurales, quienes seleccionan el maíz de acuerdo a sus preferencias particulares y utilizan cantidades de cal para en el proceso de nixtamalización conforme a sus costumbres o gustos (Rangel-Meza *et al.* 2004). Al evaluar las propiedades físicas y químicas del grano de maíces criollos Vázquez *et al.* (2003) encontraron variación en sus características; en la nixtamalización, los maíces con mayor índice de flotación fueron los de mayor humedad de nixtamal. Además, Salinas *et al.* (2010) al evaluar maíces de grano blanco comerciales y en proceso de mejoramiento para su liberación en áreas del trópico húmedo, encontraron que la mayoría de los maíces analizados tenían características de calidad adecuadas para la industria de la masa y la tortilla, recomendando a quienes hacen el mejoramiento genético de este cereal, tener en cuenta los parámetros agronómicos y de calidad de tortilla.

Se sabe que la calidad de la tortilla es influenciada por las características del grano y por las condiciones de su elaboración (Salinas-Moreno *et al.* 2011). Para producir tortillas de calidad se requiere un grano que produzca masa con alta humedad, buena cohesividad y adhesividad entre otras características (Arámbula-Villa *et al.* 2004). Como atributos de una tortilla de buena calidad pueden considerarse los siguientes atributos: fácil enrollado, suavidad al tacto, olor, sabor, textura y plasticidad (Antuna *et al.* 2008). Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue determinar las propiedades físicas de granos, fisicoquímicas de masa y de textura de tortillas de nueve genotipos de maíz tropical y conocer su potencial para ser utilizado en la producción de tortilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron nueve genotipos de maíz, dos mejorados, seis premejorados y un criollo. Los genotipos premejorados fueron las poblaciones 22, 23, 25, 32, 43 y 49, catalogadas en la lista de germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (Anónimo 1998); mientras

que los dos genotipos mejorados fueron la variedad comercial VS-536 del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el híbrido HS-3G de la compañía Cristiani Burkard; en tanto que el genotipo criollo fue el denominado como criollo mejen. Para realizar la evaluación se utilizaron 2 kg de semilla de cada uno de los genotipos, proveniente de la siembra realizada en el ciclo primavera-verano 2006, en el Campo Agrícola Experimental de la División Académicas de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Características físicas de los granos

Las características físicas se determinaron por triplicado en granos de cada uno de los genotipos evaluados. Las cuales fueron: largo, ancho y grosor de grano, peso de 1000 granos, peso hectolítrico y dureza de grano. El largo ancho y grosor de grano se determinó en mm con un vernier digital en muestras de 25 granos tomados al azar. Para determinar el peso de 1000 granos se pesaron 100 granos obtenidos al azar de cada genotipo, en una microbalanza Sartorius Basic con sensibilidad de 0.001 g, y el resultado en gramos se multiplicó por 10. La determinación del peso hectolítrico se realizó de acuerdo al método 55-10 (AACC 1998) y se reportó el kg hL⁻¹. Mientras que la dureza de grano de los genotipos evaluados se determinó con el aparato Texture Analyzer TA-XT2, los datos se reportaron en kilogramos fuerza (kg-f).

Elaboración del nixtamal, masa y tortilla

La nixtamalización se realizó de forma tradicional, he incluyó: limpieza del grano, cocimiento alcalino, molienda del grano y la obtención de la masa (Serna *et al.* 1990). Para la elaboración de la masa se separó el nejayote o agua de cocimiento del nixtamal; luego se lavo el nixtamal y se molió en un molino de piedras marca FUMASA, modelo US-25. A todos los genotipos se les adicionó la cantidad de agua necesaria para que la consistencia de la masa fuera adecuada durante el troquelado. La masa adecuada para la elaboración de tortillas se troquelo en una maquina tortilladora manual de rodillos marca Herrera, las características físicas de las tortillas fue-

ron: 12 cm de diámetro y 1.58 mm de espesor. Las tortillas se cocieron en un comal con temperatura entre 260 y 280 °C, con tiempos preestablecidos de 128 s⁻¹, para asegurar un buen inflado.

Características de las masas de maíz

Para medir la fuerza de adhesión y cohesión, se colocó una porción de masa de cada genotipo en un anillo de plástico de 7.5 cm de diámetro y 1.9 cm de altura; que se colocó en la plataforma de aluminio del aparato Texture Analyzer TA-XT2, equipado con el accesorio TA-18, obteniendo la fuerza máxima registrada en gramos fuerza (g-f).

Características de las tortillas producidas

Para determinar la fuerza a la tensión y al corte se utilizó el equipo Texture Analyzer TA-XT2, provisto con los accesorios TA-96 y TA-90, para la determinación de la textura se utilizó el primer accesorio, mientras que para la determinación de la fuerza al corte se utilizó el segundo accesorio. Ambas características se reportaron en kg-f y se determinaron en tres tortillas tomadas al azar de cada genotipo. El grado de inflado de las tortillas, se evaluó durante el cocimiento, mediante el uso de la siguiente escala hedónica: 1) tortilla con inflado completo, 2) inflado intermedio y 3) sin inflado. Mientras que la rolabilidad se determinó con el método descrito por Bedolla (1983), en el que se asignaron las siguientes calificaciones 1) tortilla sin ruptura, 2) con un rompimiento aproximado del 25 %, 3) con un rompimiento aproximado del 50 %, 4) con rompimiento aproximado del 75 % y 5) con rompimiento completo.

Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado para el análisis de datos fue un completamente al azar con tres repeticiones, para la comparación de medias entre genotipos y entre grupos se utilizó la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$). Los resultados se analizaron con el paquete estadísticos Statistical Analysis System (SAS, 1989).

RESULTADOS

Los granos de los nueve genotipos de maíz mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) en cinco de las seis características evaluadas (Tabla 1). El largo de grano osciló entre 9.26 y 11.02 mm, con diferencias estadísticas entre los genotipos de maíz, correspondiendo el menor largo de grano a la población 23, mientras que el mayor largo de grano lo tuvo la variedad VS-536 y la Población 22. Con respecto, al grosor del grano los valores fluctuaron entre 3.81 y 4.63 mm, con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre genotipos, siendo superior el grosor de grano de las poblaciones 32 y 23. Para peso de 1000 granos se encontraron valores entre 277.21 y 349.83 g, presentando el mayor grosor la población 22. Para peso hectolítrico se encontraron valores entre 82.20 y 89.02 kg hL⁻¹. Mientras que en dureza del grano, se detectaron valores entre 11.17 y 14.75 kg, presentando la mayor dureza el criollo mejen y la población 22.

Al realizar la comparación de medias agrupando los genotipos en los grupos de premejorados, mejorados y criollo (Tabla 1), se encontró que el mayor largo y grueso de grano lo tuvo el grupo de los maíces mejorados, seguido de los maíces premejorados. Mientras que en el peso de 1000 granos se encontró que el mayor peso lo presentaron los maíces premejorados, seguido del genotipo criollo. Mientras que el mayor peso hectolítrico lo tuvieron los maíces mejorados, en tanto que la mayor dureza la tuvo el genotipo criollo mejen.

La cohesión y adhesión de las masas, se presenta en la Tabla 2. Para cohesión se encontraron valores entre 184.50 y 215.62 g, detectando diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre genotipos de maíz, presentado los mayores valores las poblaciones 32, 43 y 23. La adhesión de la masa de los diferentes genotipos de maíz osciló entre 24.37 y 33.0 g, siendo los valores más bajos para el híbrido HS-3G, criollo mejen y la población 23. Al realizar la comparación de medias por grupo se encontró que la mayor cohesión y la menor adhesión la tuvo el maíz criollo. Las propiedades de textura de las tortillas de los diferentes genotipos de maíz utilizados, se presentan en Tabla 3. Para el grado de inflado y la

rolabilidad no se encontraron diferencias estadísticas en entre genotipos. Mientras que para tensión se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre las tortillas elaboradas con los diferentes genotipos de maíz, oscilando los valores entre 208.75 y 293.25 g, correspondiendo los mayores valores para el híbrido HS-3G, aunque fueron igual estadísticamente a los valores presentados por la población 22 y la variedad VS-536. Al hacer las comparaciones de medias entre grupos de maíz se encontró que las variables grado de inflado, rolabilidad y fuerza de corte no fueron diferentes estadísticamente entre grupos, mientras que en tensión se encontró que el valor mayor lo tuvo el grupo de los maíces mejorados, pero fue estadísticamente igual al valor presentado por los maíces premejorados, presentando el menor valor de tensión al corte el maíz criollo.

DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre genotipos en las características de grano evaluadas, excepto en el ancho de grano en donde no se detectaron diferencias estadísticas (Tabla 1). Efectos no significativos en ancho de grano fueron reportados por Mauricio *et al.* (2004) en accesiones de maíz evaluadas para calidad de grano y tortilla. El largo y grueso de grano oscilaron entre 9.26 y 11.02 mm, y de 3.81 a 4.60 mm, respectivamente. Al respecto Arámbula *et al.* (1999) reportan largos de grano de 8 a 12 mm para maíces semicristalinos, que son los más utilizados para producción de tortilla. Para peso de 1000 granos se encontraron valores entre 277 y 349.83. Al respecto, se sabe que el peso de 1000 granos es un indicador del tamaño y la densidad del grano, característica importante para los productores de harina porque los granos grandes contienen mayor proporción de endospermo que los granos pequeños, de modo que tienen mayor rendimiento de harina (Mauricio *et al.* 2004), por lo que sobresale la población 22, con los granos más pesados y grandes. El peso hectolítrico de todos los genotipos de maíz fue mayor al valor mínimo de 74 kg L⁻¹ demandado por la norma NMX-032-2002 (Anónimo 2002). La dureza del grano fue de 11.17 (Población 32) a 14.75 (criollo mejen), los términos

Tabla 1. Características físicas del grano de nueve genotipos de maíz.
Table 1. Physical characteristics of the grains of nine maize genotypes.

Genotipos	Largo (mm)	Ancho (mm)	Grueso (mm)	Peso de 1000 granos (g)	Peso hectolítrico (kg-hL ⁻¹)	Dureza (kg)
Población 22	11.02 ^a	8.85 ^a	4.38 ^{ab}	349.83 ^a	87.72 ^b	14.45 ^a
Población 23	9.26 ^c	8.94 ^a	4.60 ^a	318.68 ^b	89.02 ^a	12.24 ^c
Población 25	10.76 ^{ab}	8.58 ^a	4.40 ^{ab}	303.74 ^d	88.39 ^{ab}	11.28 ^c
Población 32	10.86 ^a	8.89 ^a	4.63 ^a	328.43 ^b	87.61 ^b	11.17 ^c
Población 43	10.68 ^{ab}	8.87 ^a	4.07 ^{bc}	327.53 ^b	84.67 ^d	12.31 ^{bc}
Población 49	10.86 ^a	8.76 ^a	3.81 ^c	277.21 ^f	82.20 ^e	13.81 ^{ab}
HS-3G	10.91 ^a	8.62 ^a	4.31 ^{ab}	307.52 ^d	88.53 ^{ab}	12.05 ^c
VS-536	11.02 ^a	8.87 ^a	4.13 ^{bc}	296.88 ^e	85.49 ^{cd}	12.51 ^{bc}
Criollo mejen	10.22 ^b	8.26 ^a	4.06 ^{bc}	312.30 ^{dc}	86.23 ^c	14.75 ^a
Tipos de maíz						
Premejorado	10.63 ^{ab}	8.79 ^a	4.31 ^a	317.57 ^a	86.88 ^b	12.54 ^b
Mejorado	10.96 ^a	8.74 ^a	4.20 ^a	302.20 ^b	87.01 ^a	12.28 ^b
Criollo	10.22 ^b	8.26 ^a	4.06 ^b	312.39 ^{ab}	86.23 ^b	14.75 ^a

Medias con diferente letra en columna son estadísticamente diferentes (Duncan, $p \leq 0.05$). Mean values with a different letter in each column are statistically different (Duncan, $p \leq 0.05$);

“duro” y “suave” se emplean para designar la relación de las áreas harinosa y cristalina, presentes en el endospermo del grano, característica que influye en la dureza del grano. En este caso el criollo mejen, la población 22 y la población 49 fueron los granos de mayor dureza de grano de los genotipos evaluados. También se sabe que la dureza del grano está relacionada con la capacidad de absorción de agua, en los granos con endospermo duro, los gránulos de almidón se agrupan en una red proteínica que restringe la absorción de agua; mientras que los granos con endospermo suave, tienen una mayor capacidad de absorción de agua, lo que ocasiona que tengan alto rendimiento de masa (Mauricio *et al.* 2004), por lo que las poblaciones 25 y 32 tendrían potencial de mayor rendimiento de masa. Al agrupar los genotipos de maíz en mejorados, premejorados y criollo se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre grupos, presentando los mejorados y premejorados el mayor grueso de grano, mientras que el mayor peso de grano lo tuvieron los maíces premejorados. Para peso hectolítrico se encontró que los granos de los genotipos de maíz mejorados tuvieron el mayor peso, mientras que la mayor dureza de grano la tuvo el genotipo de maíz criollo, por lo que este genotipo tiene características para la fabricación de harinas (Mauricio *et al.* 2004).

Los valores de adhesión y cohesión de las masas producidas con los genotipos de maíz evaluados se presentan en la Tabla 2. Donde se observa que todos los genotipos de maíz tuvieron valores adecuados para la producción de tortilla. En la masa de maíz nixtamalizado se requiere cierta fuerza de adhesividad para que la masa se pueda troquelar, ya que sin la adhesividad se carece de la consistencia necesaria para troquelar la tortilla; una masa demasiado adhesiva o chiclosa, no permite que se pueda formar la tortilla de forma adecuada (Antuna *et al.* 2008). Se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos evaluados para las variables de cohesión y adhesión, la mayor cohesión la tuvo la población 32 (215.62 g), valor que fue estadísticamente igual al que presentaron la población 43 (215.25 g) y la población 23 (211.50 g). Para adhesión también se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los genotipos evaluados, con valores entre 24.37 (híbrido HS-3G) y 33.00 g (Población 22), de los nueve genotipos evaluados seis se encuentran dentro del rango de 28 a 60 g reportado por Arámbula *et al.* (2001) como adecuados para la producción de tortillas. Al agrupar los genotipos de maíz se encontró que el maíz criollo presentó el mayor valor de cohesión y los menores valores de adhesión, valores que fueron estadísticamente dife-

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de la masa de nueve genotipos de maíz.
Table 2. Physicochemical properties of the dough of nine maize genotypes.

Genotipos	Cohesión (g)	Adhesión (g)
Población 22	200.37 ^{bc}	33.00 ^c
Población 23	211.50 ^{ab}	24.75 ^a
Población 25	190.75 ^c	30.37 ^{bc}
Población 32	215.62 ^a	28.87 ^b
Población 43	215.25 ^a	29.75 ^b
Población 49	184.50 ^d	32.87 ^c
HS-3G	199.87 ^{bc}	24.37 ^a
VS-536	193.12 ^c	31.12 ^{bc}
Criollo mejen	207.00 ^{bc}	24.62 ^a
Tipos de maíz		
Premejorado	202.99 ^b	29.93 ^c
Mejorado	196.49 ^c	27.74 ^b
Criollo	207.00 ^a	24.62 ^a

Medias con diferente letra en columna son estadísticamente diferentes (Duncan, $p \leq 0.05$). Mean values with a different letter in each column are statistically different (Duncan, $p \leq 0.05$);

Tabla 3. Propiedades de textura de tortillas elaboradas de nueve genotipos de maíz.
Table 3. Textural properties of tortillas prepared with nine maize genotypes.

Genotipos	Grado Inflado	Rolabilidad	Tensión (g)	Corte (g)
Población 22	1.13 ^a	1.05 ^a	293.25 ^a	1332.00 ^b
Población 23	1.12 ^a	1.03 ^a	208.75 ^b	1365.35 ^{ab}
Población 25	1.10 ^a	1.08 ^a	253.00 ^{ab}	1407.47 ^{ab}
Población 32	1.16 ^a	1.08 ^a	243.58 ^{ab}	1547.00 ^a
Población 43	1.13 ^a	1.12 ^a	223.33 ^b	1270.60 ^b
Población 49	1.10 ^a	1.00 ^a	250.42 ^{ab}	1397.47 ^{ab}
HS-3G	1.13 ^a	1.16 ^a	295.83 ^a	1458.75 ^{ab}
VS-536	1.12 ^a	1.08 ^a	277.92 ^a	1401.63 ^{ab}
Criollo mejen	1.11 ^a	1.08 ^a	225.58 ^b	1285.05 ^b
Tipos de maíz				
Premejorado	1.13 ^a	1.11 ^a	252.60 ^{ab}	1398.31 ^a
Mejorado	1.13 ^a	1.12 ^a	287.02 ^a	1430.19 ^a
Criollo	1.08 ^a	1.08 ^a	225.58 ^b	1285.05 ^a

Medias con diferente letra en columna son estadísticamente diferentes (Duncan, $p \leq 0.05$). Mean values with a different letter in each column are statistically different (Duncan, $p \leq 0.05$);

rentes a los maíces mejorados y premejorados.

En las propiedades de textura de las tortillas no se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) en el grado de inflado y rolabilidad, aunque los mayores valores de grado de inflado lo presentó la población 32 y el híbrido HS-3G. La fuerza a la tensión y la resistencia al corte son propiedades de la textura de tortillas con los que se evalúan la plasticidad

y el grado de dureza del producto; entre más suave y blanda sea una tortilla, se requiere menos trabajo para su masticación y el producto será de mejor calidad (Antuna *et al.* 2008). En estas características se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los genotipos de maíz (Tabla 3). La mayor fuerza al corte la tuvieron las tortillas elaboradas con la población 32 (1547 g), valor que fue estadísticamente

similar al obtenido con las tortillas elaboradas con la población 23, población 25, población 49, híbrido HS-3G y la variedad VS-536. Mientras que para tensión se encontraron valores entre 208.75 (Población 23) y 295.83 (híbrido HS-3G), valores que se encuentran dentro de los valores reportados por Antuna *et al.* (2008) para razas de maíz mexicano.

Los maíces que poseen características para tortilla se caracterizan por tener valores altos de peso de 1000 granos y ancho de gran, así como baja

resistencia al corte de tortilla (Mauricio *et al.* 2004). Al realizar la comparación de medias agrupando los genotipos de maíz se encontró que el grado de inflado, rolabilidad y fuerza no tuvieron diferencias estadísticas entre grupos, mientras que para la tensión al corte se encontró que el mayor valor fue para los maíces mejorados, aunque fue estadísticamente similar al valor que tuvieron las tortillas elaboradas con los maíces premejorados.

LITERATURA CITADA

- AACC (1998) Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA. 1200 p.
- Anónimo (1998) Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Maize germoplasm listing. Disponible en: <http://www.cimmyt.org/research/maize/germplamlist/htm/gerplamslist.htm>. Fecha de consulta: 2 de junio de 2009.
- Anónimo (2002) Norma Mexicana para Maíces Destinados al Proceso de Nixtamalización, NMX-FF034-2002-SCFI-Parte-1 (2002) Productos alimenticios no industrializados-para consumo humano-cereales-Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado- Especificaciones y métodos de prueba. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Dirección General de Normas. México, D.F. 18 p.
- Antuna GO, SA Rodríguez H, G Arámbula V, A Palomo G, E Gutiérrez A, A Espinoza B, EF Navarro O, E Andrio E (2008) Calidad nixtamalera y tortilla en maíces de México. Revista Fitotecnia Mexicana 31(Num. Especial 3): 23-27.
- Arámbula VG, L Barrón A, JE Moreno M, G Luna B (2001) Efecto del tiempo de cocimiento y reposo de grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano masa y tortilla de maíz. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 51: 187-194.
- Arámbula VG, SR Mauricio A, JD Figueroa C, J González H, FC Ordorica A (1999) Corn masa and tortillas from extruded instant corn flour containing hydrocolloids and lime. Journal Food Science 64: 120-124.
- Arámbula-Villa G, JA Méndez-Albores, J González- Hernández, E Gutiérrez-Aria, E Moreno- Martínez (2004) Evaluation of a methodology to determine texture characteristics of maize (*Zea mays* L.) tortilla. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 54: 216-222.
- Bedolla S, Palacios MG, Rooney LW, Diehl KC, Khan MN (1983) Cooking characteristics of sorghum and corn for tortilla preparation by several cooking methods. Cereal Chemists 60: 263-268.
- Luna MBM, MA Hinojosa R, OJ Ayala G, F Castillo G, JA Mejía C (2012) Perspectiva de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. Revista Fitotecnia Mexicana 35: 1-7.
- Mauricio SRA, JD Figueroa C, S Taba, ML Reyes V, F Rincón S, A Mendoza G (2004) Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. Revista Fitotecnia Mexicana 27: 213-222.
- Paliwal RL, G Granados, HR Lafitte, AD Violic (2001) El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. FAO, Roma. 376 p.

- Rangel-Meza E, O Muñoz, G Vázquez-Carrillo, J Cuevas-Sánchez, J Merino-Castillo, S Miranda-Colín (2004) Nixtamalización, Elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlan, Puebla, México. *Agrociencia* 38: 52-62.
- Salinas MY, NO Gómez M, JE Cervantes M, M Sierra M, A Palafox C, E Betanzos M, B Coutiño E (2010) Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico Húmedo y sub-húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1: 509-523.
- Salinas-Moreno Y, EB Castillo-Linares, MG Vázquez-Carrillo MG, MO Buendía-González (2011) Mezclas de maíz normal con maíz ceroso y su efecto en la calidad de la tortilla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2: 689-702.
- SAS (1998) Statistical Analysis System Institute. SAS/SAT User's Guide. Version 6. Fourth Edition. SAS Institute Inc. Cary, N.C. 943 p.
- Serna SO, M Gómez H, LW Rooney (1990) Technology, chemistry and nutritional value of alkaline-cooked corn products. In: *Advances in Cereal Sciences and Technology*, Vol. X. Y Pomeranz (Ed.). American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN. pp: 243-307.
- Sierra-Macías M, A Palafox-Caballero, G Vázquez-Carrillo G, F Rodríguez-Montalvo, A Espinosa-Calderón (2010) Caracterización Agronómica, Calidad industrial y Nutricional de maíz para el trópico mexicano. *Agronomía Mesoamericana* 21: 21-29.
- Vázquez CMG, L Guzmán B, JL Andrés G, F Márquez S (2003) Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26: 231-238.
- Vázquez CMG, JPM Pérez C, JM Hernández C, ML Marrufo D, E Martínez R (2010) Calidad de grano y de tortilla de maíces del altiplano y valle de mezquital, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33 (Num. Especial 4): 49-56.