

Calidad de grano de los maíces criollos sobresalientes de la raza Zapalote Chico

CABRERA-TOLEDO, José Manuel, CARBALLO-CARBALLO, Aquiles, MEJÍA-CONTRERAS, J. Apolinar, GARCÍA-DE LOS SANTOS, Gabino y VAQUERA-HUERTA, Humberto

J. Cabrera, A. Carballo, A. Mejía, G. García y H. Vaquera

Instituto Tecnológico de Comitancillo, carretera Ixtaltepec-Comitancillo km 7.5, San Pedro Comitancillo, Oax.,
cabrera.josé@colpos.mx;

Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, carretera México-Texcoco km 36.5 Texcoco, Estado de México
cabrera.josé@colpos.mx

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez (eds.) Producción, Comercialización y Medio Ambiente. Handbook T-I. -
©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

Abstract

In Mexico is the greatest genetic diversity of maize. The quality of grain is mainly determined by their physical characteristics and structural composition. The physical ear properties to associated with quality dough, mass, tortilla and totopo the 18 outstanding of Zapalote chico race. Grain length ranged from 9.48 to 11.66 mm; and hardness is identified as mild to medium. For test weight and percent reflectance percentage, the 18 landraces meet the requirements of the quality standard. Of the 18 landraces tested, 61% were above the recommended germ rate; all had values of floury endosperm above the standard values. The grains were lower weight but have many attributes that can be exploited in food production.

7 Introducción

En México predomina un fuerte arraigo en el consumo de maíz, que lo distingue al poseer una gran tradición en este cultivo, constituyéndose en uno de los países más importantes en su cultivo, uso y aprovechamiento. En este contexto, sus razas nativas cumplen una función relevante al formar la materia prima para la elaboración de los diferentes preparados para el consumo humano.

Los maíces nativos, además de ser parte del patrimonio biocultural que México ha regalado al mundo, son el sustento de miles de familias en zonas rurales. Los usos especiales de las razas nativas de maíz en la alimentación, están relacionadas con características únicas que las hacen insustituibles para preparar una gran variedad de platillos tradicionales (Fernández *et al.*, 2013).

Predomina en México una gran diversidad de productos nixtamalizados, que forman parte de la alimentación humana, como: tortilla, pinole, atole, tostada, totopo, tamal y elote; de estos, la tortilla constituye el principal producto, cuyo consumo diario *per cápita* es de 155.4 g en zonas urbanas y 217.9 g en las zonas rurales, constituyendo de esa manera el segundo producto más importante en la canasta básica (SE.DGIB, 2012). Las razas nativas de maíz en México siguen siendo procesadas mediante la nixtamalización, lo cual conlleva a numerosos efectos positivos en la liberación de componentes nutraceuticos, pero también a la degradación y modificación química de otros (Serna *et al.*, 2013).

Entre los factores más importantes para que una tortilla sea aceptada por los consumidores esta la textura, ya que entre más blanda y suave sea una tortilla, el trabajo necesario para su masticación será menor (Gasga y Casas, 2007). Al respecto Antuna *et al.* (2008) citan que los atributos de una tortilla de buena calidad puede considerarse los siguientes: fácil enrollado, suavidad al tacto, olor, sabor, textura y plasticidad; tales atributos se obtienen mediante un procesamiento que considera concentraciones adecuadas de cal y tiempos apropiados de cocimiento. En la elaboración de tortillas se requiere un grano que produzca masa con alta humedad, buena extensibilidad y resistencia, entre otras características (Arámbula *et al.*, 2001).

Según Mauricio *et al.* (2004), entre las propiedades importantes para la clasificación del uso alimentario del maíz en México están el tamaño del grano, su gravedad específica y su dureza, así como su capacidad de absorción de agua y rendimiento de masa, rendimiento de tortilla, la pérdida de peso durante la cocción de la tortilla y la resistencia al corte de la tortilla. El color del grano de maíz varía ampliamente entre genotipos, y aunque no se considera una propiedad importante para su uso alimentario, influye considerablemente en la preferencia del consumidor (Aragón *et al.*, 2012).

La dureza del grano está relacionada con el peso hectolítrico e índice de flotación. Ambas se correlacionan de manera inversa, mientras mayor peso hectolítrico tenga un maíz, más duro será y su índice de flotación será menor (Salinas *et al.*, 2010). Figueroa *et al.* (2013) puntualizan que el endospermo es el componente principal del grano que contribuye de manera importante en la dureza del grano.

El estado de Oaxaca posee una alta variación genética en el cultivo del maíz, por su situación geográfica, abundante variación climática, topografía variada, diferentes tipos de suelos, facilidad de entrecruzamiento de esta especie y principalmente al gran número de grupos étnicos que han formado diferentes variedades criollas mediante selección a través de miles de años (Aragón *et al.*, 2006). El maíz Zapalote chico que cubre una extensa área de la planicie costera del Istmo de Tehuantepec, es de las razas que mejor definida tienen su área geográfica de distribución.

En el presente trabajo se compararon las propiedades físicas del grano de maíz de la raza Zapalote chico y la calidad de nixtamal, masa, tortilla y totopo de 18 criollos, bajo el supuesto que entre ellos existen diferencias en las propiedades evaluadas.

7.1 Metodología

Germoplasma

Las muestras en estudio (Tabla 2.1) se produjeron en el ciclo de cultivo primavera-verano 2012, en los terrenos experimentales del Instituto Tecnológico de Comitancillo Oax. En parcelas de 19 surcos de 7.5 m de largo y separados a 0.55 m, con un arreglo de 2 semillas por mata, cuya distancia fue de 0.5 m, con una densidad de población aproximada de 72 700 plantas por hectárea. La siembra se realizó el 13 de julio de 2012. La fertilización fue 92N-46P-00K (200 kg de urea y 100 kg de superfosfato de calcio triple); aplicando en la siembra la mitad del nitrógeno y todo el fósforo; el resto del nitrógeno se suministró en el aporque. El clima de este sitio es cálido sub-húmedo, el más seco de los sub-húmedos, temperatura media anual de 27 °C, precipitación media anual de 600 mm.

Toma de datos y variables

Las determinaciones y análisis de las características de calidad del grano y totopos se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Texcoco, Estado de México.

Caracterización física del grano

1. Índice de flotación (IF). Número de granos flotantes de un total de 100, colocados en una solución de nitrato de sodio ($IF = Nf/100$) a una densidad de 1.25 g ml⁻¹ (Salinas *et al.*, 1992).
2. Peso hectolítrico (densidad aparente). La prueba se desarrolló de acuerdo al método 84 -10 AACC (1976), empleando una balanza para peso hectolítrico. El resultado se expresa en kg hL⁻¹.
3. Tamaño de grano. La prueba se desarrolló de acuerdo al método descrito por Salinas y Vázquez (2006). De cada colecta se eligieron 10 granos al azar de una muestra homogenizada a los cuales se les midió el largo, ancho y espesor con la ayuda de un vernier milimétrico. Los resultados se expresaron en mm.

4. Color de grano, color de masa, color de tortilla y color de totopo. Se midió usando el colorímetro Mini Scan XE plus (Hunter Lab, modelo 45/0-L), que descompone el color en tres variables: L^* que representa la luminosidad y cuyos valores van del 100, que corresponde al blanco, hasta cero para el negro; la escala a^* que registra valores positivos cuando están presentes los tonos rojos y adquiere valores negativos cuando registra tonos verdes. La variable b^* califica los colores amarillos (+) a azul (-). Con las variables a^* y b^* se calculó el ángulo del tono hue o tinte ($\text{hue} = \arctan a/b$), que es un valor angular, el cual indica el cuadrante correspondiente al color de la muestra en un sistema cartesiano, donde el eje X corresponde a los valores de a y el eje Y a los de b , donde 0° = color rojo-púrpura; 90° = amarillo; 180° = verde; y 270° = azul (Mc Guire 1992).

Componentes estructurales del grano. Se llevó a cabo de acuerdo a lo descrito por Salinas y Vázquez (2006). Se eligieron 25 granos al azar para cada una de la colectas, los cuales se remojaron en agua ($70-80^\circ \text{ C}$) durante 15 minutos y con la ayuda de un bisturí se separaron cada uno de los componentes del grano (pedicelo, pericarpio, germen y endospermo), las cuales se colocaron en cajas de aluminio previamente llevadas a peso constante. Se tomó el peso de cada una de las fracciones y se registró. Las muestras se colocaron en una estufa a 130° C por una hora para determinar la humedad. Posteriormente se calcularon las fracciones, los resultados se expresan en porcentaje.

Proceso de nixtamalización. La nixtamalización consistió en la cocción de 100 g de maíz con 0.7 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y 200 mL de agua. Los granos de maíz y los solventes se mezclaron en un vaso de precipitados de 600 ml, se calentó en una parrilla para nixtamalización hasta alcanzar el punto de ebullición. El tiempo de nixtamalización se asignó de acuerdo con el IF: IF = 0-12 % 45 min, IF = 13-38 % 40 min, IF = 39-62 % 35 min, IF = 63-87 % 30 min, IF=88-100 % 25 min. Al finalizar el cocimiento el grano reposó 16 h, luego se lavó con 200 mL de agua y se molió en un molino de piedra hasta obtener una masa de textura fina (Salinas y Arellano, 1989; Vázquez *et al.*, 2011). La elaboración de las tortillas, la evaluación del porcentaje de sólidos en nejayote (agua de cocción) y el pericarpio retenido en el nixtamal se realizó de acuerdo con los métodos descritos por Salinas y Vázquez (2006).

Caracteres de nixtamalización. Las características asociadas al proceso de nixtamalización aquí determinadas fueron:

1. Humedad del nixtamal (HN). Expresada como porcentaje de agua por 100 g de nixtamal.
2. Pérdida de sólidos (PS). Estimada a partir del peso seco de los residuos de la nixtamalización y lavado, y expresada en porcentaje con respecto al peso total del grano en base seca.

Rendimiento de maíz-tortilla. Se determinó a partir de una muestra de 100 g de grano nixtamalizado, se registró el peso total de las tortillas obtenidas, tanto en tortilla caliente (recién hechas) como en fría (después de que la tortilla alcanza la temperatura ambiente) y los productos correspondientes fueron expresados como porcentajes con respecto a 1 kg de grano.

Las tortillas se moldearon en una prensa manual y se cocieron sobre una plancha metálica. Una vez cocidas, las tortillas se enfriaron a temperatura ambiente durante 30 min., tapadas con una manta de algodón. Después se empacaron en bloques de 20 tortillas por tratamiento, se colocaron en bolsas de polietileno tipo Ziploc, se envolvieron en una manta para evitar pérdidas de humedad y se almacenaron a $25^\circ \text{ C} \pm 2^\circ \text{ C}$ (ambiente).

Elaboración de totopos. Los totopos fueron hechos de manera artesanal en la población de San Pedro Comitancillo, Oax., por la señora Rosaura Toledo Santiago, edad 50 años, con una experiencia en elaboración y venta de totopos por más de 30 años. Se consideró un kilogramo de grano de cada variedad. Una vez elaborados los totopos se enviaron al laboratorio para su análisis físico. Las determinaciones fueron: rendimiento, peso, diámetro, humedad y color.

Análisis de datos. Las variables se analizaron bajo un diseño completamente al azar. Se realizó el análisis de varianza, pruebas de medias (Tukey 0.05) y con los datos promedio se hizo un análisis de componentes principales.

7.2 Resultados

Se observaron diferencias estadísticas significativas entre los 18 criollos (Tabla 3.1) en la mayoría de las características físicas de grano, nixtamalización, masa, tortilla y totopo; es decir, se presentó variabilidad genética entre ellos, por lo que se confirma, que esta variabilidad intraracial es un aspecto que se debe de valorar en las actividades de conservación in situ, con miras de implementar programas de mejoramiento genético para un mejor uso y aprovechamiento de estos recursos fitogenéticos.

Características físicas del grano

Los granos de las 18 poblaciones en estudio mostraron diferencias ($P \leq 0.05$) en las características físicas (Tabla 3.2). El contenido de humedad inicial del grano de todos los maíces estuvo entre 11.4 y 12.8 %. El peso y tamaño de grano influyen en el contenido de humedad. Todas las variedades evaluadas cumplieron con el requerimiento mínimo de peso hectolítrico establecido en la norma de calidad (74 kg mL⁻¹) para maíces destinados al proceso de nixtamalización. El índice de flotación que es un dato indirecto de la dureza del grano, determinada por la proporción de endospermo harinoso y córneo (Salinas y Vázquez, 2006), varió en los maíces en estudio desde 46.00 a 85.67 %, arrojando texturas, intermedias (50 %) y suaves (50 %). Estos valores son superiores a lo establecido en la norma NMX-034 (2002). Los granos duros presentan bajos índices de flotación, mientras que los maíces suaves presentan índices altos (Aragón et al., 2012). La dureza como una característica de la textura de los granos de maíz, debe ser considerada como resultado de varias características fisicoquímicas; las características físicas más importantes son densidad (gravedad específica), contenido de germen, porcentaje de endospermo y pericarpio, y tamaño del granulo de almidón (Figuerola et al., 2013).

Los granos de maíces evaluados al reportar porcentajes de reflectancia entre 70.41 y 74.05, se ubican por arriba de la norma de la industria (>55), determinándose como color blanco, tal como se reporta en los datos de origen (Tabla 2.1). Estos valores ofrecen la tendencia del color que se obtendrá en los productos posteriores (tortilla y totopo). En general, el color del grano tiende a ser más blanco a mayor proporción de endospermo harinoso (Salinas et al., 1992).

El procesamiento industrial del maíz para obtener sus diversos productos, requiere de materia prima con calidad específica de acuerdo con las características físicas y químicas del grano. En la industria de la molienda seca, la densidad del grano es importante debido a que una mayor densidad repercute en forma positiva en el rendimiento y calidad de las sémolas; la industria refinadora de almidón prefiere granos suaves o de baja densidad por requerir menor tiempo de remojo en la solución de dióxido de azufre, y presentar un mayor contenido de almidón y menor contenido de proteína, comparado con los de grano de textura vítrea (Serna, 1996).

Tamaño y componentes estructurales del grano

En las dimensiones de grano de los 18 criollos se detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$). El largo, ancho y espesor presentaron una media general de 10.31, 8.88 y 4.86 mm, respectivamente (Tabla 3.3). Estos valores no concuerdan con lo reportado por Mauricio et al., (2004) y Figueroa et al., (2013), quienes reportan cifras de 10, 9.2 y 5.4 mm en forma respectiva para las fracciones referidas del grano.

Calidad de nixtamal, masa y tortilla

El contenido de humedad de la masa del maíz OAX-834 (57 %) fue superior al resto de los maíces que presentaron un comportamiento similar con una media general de 55 %. Al respecto, Arámbula et al., (2000) puntualizan que en una masa de maíz de buena calidad para la elaboración de tortilla, la humedad debe oscilar entre 50 y 58 %, los 18 criollos de la raza Zapalote chico en estudio se sitúan en este rango. La humedad de la tortilla osciló de 40.63 a 45.54 %, que se asemejan con los encontrados en las tortillas hechas con diversos tipos de maíz. La suavización rápida del pericarpio, facilita la penetración del agua, y su eliminación durante el lavado del nixtamal. La pérdida excesiva de pericarpio puede disminuir las propiedades texturales de la masa y las tortillas debido a la eliminación de las gomas naturales (Martínez et al., 2001).

Los maíces estudiados se recomiendan para la industria tradicional de la masa y la tortilla, debido a que se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma NMX-034 (2002). La menor absorción de agua durante la nixtamalización se asoció con los menores valores de humedad en las tortillas (Tabla 3.4). La capacidad de absorción de agua está relacionada con la dureza del endospermo, pues cuando es duro, los gránulos de almidón se agrupan en una red proteica que restringe la absorción de agua (Salinas et al., 1992). La pérdida de sólidos en nejayote, osciló entre 2.40 a 3.90 %. Salinas et al., (2007) señalan que un mayor tiempo de cocimiento favorece la desintegración del pericarpio y con ello su liberación durante el enjuague del nixtamal.

En el rendimiento de tortilla en los 18 criollos de la raza Zapalote chico, hubo una variación de 1.23 a 1.46 kg, cifra inferior a lo reportado por Figueroa et al., (2013) y Gaytán et al., (2013). Los maíces con alta capacidad de agua, muestran un alto rendimiento de masa; sin embargo, para obtener un alto rendimiento de tortilla se requiere que el agua absorbida sea retenida durante la cocción (Mauricio et al., 2004).

El color de la tortilla fue diferente entre las variedades, lo cual se debió a diferencias iniciales en el color del grano. La tortilla elaborada con la COL-62 presentó el mayor L (81.74 %), siendo la más cercana al color blanco. Las elaboradas con maíz COL-29, cuyo L fue de 71.05 %, es el más alejado del blanco. Todas las variedades evaluadas tuvieron una reflectancia superior a 70 %, y las tortillas elaboradas con ellas fueron más blancas (81.1 a 84.42 %). Esto obedece a que el color de la tortilla no solo está determinado por el color del grano, sino por factores relacionados con el proceso de nixtamalización, composición química del grano y factores ambientales (Salinas et al., 2007)

Propiedades de tortilla

Los valores de dureza y extensibilidad de las tortillas producidas con los maíces criollos de la raza Zapalote chico se presentan en el Gráfico 3.1. La fuerza de tensión de las tortillas, presentaron un rango de 142.67 a 273.33 g para la fuerza extensiva, en donde se ubicaron las variedades COL-32 y ZAP-MOR, respectivamente. La distancia de extensibilidad fue similar ($P \leq 0.05$) para todas las variedades, no obstante se presentó una variación numérica de 5.65 a 12.24 mm.

Investigaciones realizadas por Vázquez et al., (2014) en genotipos de maíz con diferente contenido de aceite y diferente tiempo de almacenamiento de tortilla, mostraron valores de fuerza de ruptura en un rango de 300 a 720 g y distancia de ruptura de 2.5 a 8.4 mm.

En el presente estudio, las tortillas tuvieron menores fuerzas y mayor distancia de ruptura, indicando que son suaves y se extienden un poco más para romperse. Al respecto, Mauricio et al., (2004) apuntan que los maíces que poseen características para tortilla, deben tener valores altos de peso de grano, ancho de grano y rendimiento de tortilla, así como baja resistencia al corte de tortilla. La fuerza a la tensión y resistencia al corte son propiedades de textura de las tortillas, con que se evalúan la adhesividad y el grado de dureza del producto; la tortilla cuando más suave y blanda sea, requiere menos esfuerzo para su masticación y el producto obtenido será de mejor calidad (Antuna et al., 2008).

Propiedades de totopo

El totopo es el producto principal con que se identifica el maíz de la raza Zapalote chico. El análisis de varianza se realizó para 4 de las variables (Tabla 3.1). REN y PET no presentaron repeticiones. La producción de totopos osciló de 11 a 14 unidades, con un promedio de 12 a partir de un kg de grano de maíz, el testigo reportó 10 unidades. El PET totopos fue superior en la variedad COL-64 con un valor de 643.3 g y OAX-830 fue el de menor peso con 510.68 g (Tabla 3.5).

Sin embargo, para la comercialización de este producto, el peso no es un factor determinante, debido a su fabricación artesanal, en donde predomina la ausencia de uniformidad para la producción de este bien alimenticio, siendo relevantes otros factores como el tamaño, textura crujiente, sabor, olor, etc.

Hubo diferencias estadísticas en PUN, HUM y CTO. El diámetro de totopo fue similar para todos los genotipos, esto obedece a que los productos fueron hechos por una sola persona de gran experiencia en la elaboración. Este razonamiento, no es aplicable para el PUN y HUM, en donde se presentaron diferencias ($P \leq 0.05$). Un rango de 53.89 a 61.7 g fue para PUN y para HUM fue 6.28 a 9.45 %. Debido a lo crujiente que debe ser el totopo, con relación a la humedad de la tortilla, esta se reduce en forma general en un 36 %. Estudios realizados por León (1994) indican valores promedio de 21.6 cm en diámetro, 65.5 g en peso unitario y 5 a 6 % de humedad; datos que no concuerdan con lo reportado en este estudio.

Los totopos presentaron diferencias en los valores de reflectancia, los cuales fueron superiores a 77 %. Resultado del cocimiento que es objeto la masa de maíz en el “comezcal” (olla de barro sin tapa ni fondo), para la fabricación del totopo, así como la duración del proceso (8 a 12 minutos) y la adherencia al comezcal, el porcentaje de reflectancia de la masa es disminuida, por lo que los totopos tienden a ser menos blancos.

Estudio de la diversidad en las características físicas

La caracterización física de grano, nixtamal, masa, tortilla y totopos de los 18 criollos, se analizaron en conjunto mediante el análisis de componentes principales, el cual tiene la función de reducir la dimensionalidad de datos e interpretar con un reducido número de variables la variación total acumulada (Johnson y Wichern, 1992). Los cuatros primeros componentes explican 64.37 % de la variación (Tabla 3.6). En estos componentes, las características más sobresalientes están relacionadas con índice de flotación, peso hectolítrico, espesor y color de grano, proporción del pedicelo, peso y diámetro de totopos, humedad de grano y en masa su humedad y color.

La Figura 3.1 precisa la dispersión de tres grupos de maíces comprendido por los primeros componentes principales, relacionando lo más cercano los valores altitudinales que distingue cada una de las poblaciones evaluadas (Tabla 2.1). Con esta agrupación, se promedió en forma respectiva el desempeño que registraron las variables en cuestión. El grupo I (maíces de baja altura), integrado por el 17 % de las variedades, presentaron valores altos en: índice de flotación, espesor de grano, color de grano, proporción de embrión, humedad de nixtamal, rendimiento de tortilla y totopo. Los granos de estos materiales fueron menor peso, longitud, proporción de pedicelo, pericarpio y endospermo; sus tortillas se distinguieron por ser más suaves al rompimiento y sus totopos de menos peso.

Los maíces de altura intermedia (28 %), integraron el grupo II. Estas poblaciones tuvieron características superiores en humedad de grano, peso hectolítrico, longitud y ancho de grano, proporción en pedicelo y endospermo; sus totopos fueron más pesados y más blancos. Del grupo III identificado como de altura mayor, formado por el 55.5 % de los maíces, sus granos sobresalieron en peso y espesor; proporción de endospermo, porcentaje de sólidos; la masa y tortilla fueron más blancas, no así en totopos, valores altos de humedad de nixtamal, tortilla y totopos. Rendimiento menor de tortillas y que presentaron mayor distancia de extensibilidad en el rompimiento.

7.3 Conclusiones

1. Existe variación genética intraracial en las características de calidad de grano.
2. La mayoría de los maíces evaluados presentan características de calidad adecuadas para la industria tradicional de la masa tortilla y totopo.
3. No obstante que los granos de esta raza de maíz son de menor peso y por lo consiguiente su rendimiento de tortilla, poseen muchos atributos que se pueden aprovechar, tales como el color, la suavidad de sus tortillas y la producción artesanal de totopos.
4. Las características estudiadas se relacionan con el uso alimenticio al cual se emplean los granos de esta raza de maíz y pueden ser utilizados para definir la calidad industrial del grano.

7.4 Referencias

American Association of Cereal Chemists. (1976). Approved methods of the AACC. The Association 7th. Edition. St. Paul MN.

Antuna O., Rodríguez S. Arámbula G., Palomo A., Gutiérrez E., Espinoza A., Navarro E y Andrio E. (2008). Calidad nixtamalera y tortillera en maíces criollos de México. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 31(3):23-27.

Aragón C F, J D C Figueroa, M Flores Z, M Gaytán M, M J J Véles. (2012). Calidad Industrial de Maíces Nativos de la Sierra Sur de Oaxaca. Libro Técnico No. 15. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Santo Domingo Barrio Bajo, Etila, Oaxaca, México. 249 p.

Aragón, C. F., Taba S., Hernández C. J.M., Figueroa C. J de D. y Serrano A. V. (2006). Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002 México D. F.

Arámbula G., Mauricio R., Figueroa J.D; González J., Ordorica F.C. (2001). Physico chemical structural and textural properties of tortillas from extruded instant corn flour supplemented with various types of corn lipids. *J. Cereal Sci.* 33:245-252.

Arámbula V G, M Yáñez L, Y Vorobiev, J González H. (2000). Coeficiente efectivo de difusión de agua en masas de maíz nixtamalizado por extrusión. *Agrociencia* 34:717-727.

Fernández S. R., Morales C. L.A., y Amanda Gálvez M. A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 36:275-283.

Figueroa C., J., M. Acero G., N. Vasco M., A. Lozano G., M. Flores A. y J. González H. (2001). Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal. *Revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 51: 329-302.

Figueroa C.J.D., Narváez G. D.E., Mauricio S. A., Taba S., Gaytán M. M., Véles M. J.J, Rincón S. F. y Aragón C. F. (2013). Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 36: 305–314.

Gasca M. J. C., y N. B. Casas A. (2007). Adición de harina de maíz nixtamalizado a masa fresca de maíz nixtamalizado. Efecto en las propiedades texturales de masa y tortilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química.* Vol. 6: 317-328.

Gaytán M. M., Figueroa C. J. D., Reyes V.M L., Morales S. E. y Rincón S. F. (2013). Selección de maíces criollos para su aplicación en la industria con base en su valor agregado. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 36: 339 –346.

Johnson R A, and D W Wichern. (1992). *Applied Multivariate Statistical Analysis.* Third edition. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 642 p.

León T. J. E. (1994). Caracterización física, nutricional, sensorial y regional del totopo de la sociedad de solidaridad social “Tona Taati” del Istmo de Tehuantepec, Oax. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 88 p.

Martínez B. F., Martínez F. H. E., Sanmartín M. E., Sánchez S. F., Chang Y. K., Barrera A., and Ríos. E. (2001). Effect of the components of maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalisation process. *J. Sci. Food Agric.* 81: 1455-1462.

Mauricio R A S, J D C Figueroa, S Taba, M L V Reyes, F S Rincón, A G Mendoza. (2004) Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:213-222.

McGuire, G. (1992). Reporting objective color measurements. *Hort. Sci.* (27):1254-1255.

Norma Mexicana para Maíces Destinados al Proceso de Nixtamalización, NMX-FF-034-2002-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. Especificaciones y Métodos de Prueba. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Dirección General de Normas. México, D. F. 18 p.

Salinas M. Y., J. L. Arellano V., y F. Martínez B. (1992). Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para Valles Altos. *Revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición* Vol. 42: 161-167.

Salinas M. Y., López R. J.J., González F.G.B. y Vázquez C. G. (2007). Compuestos fenólicos del grano de maíz y su relación con el oscurecimiento de masa y tortilla. *Agrociencia* 41: 295-305.

Salinas M. Y., y J. L. Arellano V. (1989). Calidad nixtamalera y tortillera de híbridos de maíz con diferente tipo de endospermo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 12: 129-135.

Salinas M., Y., N. O. Gómez M., J. E. Cervantes M., M. Sierra M., A. Palafox C., E. Betanzos M., y 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 M., Y., y G. Vázquez C. (2006). Metodologías de análisis de calidad nixtamalera-tortillera en maíz. INIFAP. Campo Experimental Valle de México, Chapingo, México. Folleto Técnico No. 24. 91 p

SE-DGIB (Secretaría de Economía-Dirección General de Industrias Básicas). (2012). Análisis de la cadena de valor maíz-tortilla: situación actual y factores de competencia local. Secretaría de Economía-Dirección General de Industrias Básicas.
http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/20120411_analisis_cadena_valor_maiz-tortilla.pdf. (Consulta: julio, 2014).

Serna S. S.O., Gutiérrez U. J. A., Mora R. S., y García L. S. (2013). Potencial nutracéutico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 36: 295-304.

Serna, S. S. O. (1996). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. Departamento tecnología de alimentos. ITESM-Campus Monterrey. AGT Editor S. A. México, D. F. 521 p.

Vázquez C. G., García L.S., Salinas M. Y., Bergvinson D.J. and Palacios R.N. (2011). Grain and tortilla quality in landraces and improved maize grown in the highlands of Mexico. *Plant Foods for Human Nutr.* 66: 203-208.