

CARACTERÍSTICAS DEL GRANO Y TORTILLA DE MAÍCES NATIVOS DE LA REGIÓN TRINITARIA, CHIAPAS, MÉXICO

CHARACTERISTICS OF THE GRAIN AND TORTILLA FROM MAIZE NATIVE TO THE TRINITARIA REGION, CHIAPAS, MÉXICO

Yolanda Salinas-Moreno¹ y Leonel Hernández-Santiago^{2*}

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, PREGEP-Genética, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia (hernandez.leonel@colpos.mx)

RESUMEN

El estado de Chiapas, México posee una gran riqueza genética de maíz nativo, misma que no está totalmente documentada, especialmente en aspectos que se refieren a su utilización como alimento. Se utilizaron granos de nueve variedades nativas de maíz de la raza Comiteco colectadas en la región Trinitaria, Chiapas, México con el objetivo de determinar las propiedades físicas del grano, y características de nixtamalización y de tortilla. El peso de cien semillas (P100S) mostró variación de 32.9 a 52.2 g. El peso hectolítrico (PH) se ubicó entre 75.7 y 80.3 kg hL⁻¹ y los valores del índice de flotación (IF) variaron desde 16 hasta 44 %, clasificando a los granos como de tamaño grande y de textura dura a intermedia. La humedad del nixtamal (HN) exhibió valores entre 42.3 y 49.6 %, con la mayoría de las muestras inferiores a 45 %, mientras que la humedad de la masa (HM) y la tortilla (HT) presentaron valores en promedio inferiores a 58 y 45 % respectivamente, mismos que se encuentran por debajo del mínimo requerido por la industria de la masa y tortilla. El color blanco de las tortillas estuvo determinado por una mayor proporción del parámetro L* con valores, entre 72.2 y 78.5, el color amarillo estuvo determinado por una mayor proporción en el parámetro b* (36.6 a 39.9), mientras que el color azul estuvo determinado por el valor negativo -1.1 en el parámetro a*. Los valores de los fenoles solubles totales (FST) en la tortilla variaron entre 673.5 y 1101.7 mg EAG kg de MS⁻¹. Las características del grano influyeron en las variables de nixtamalización y de tortilla, al presentar el nixtamal humedades más bajas de las esperadas en maíces destinados al proceso de elaboración de tortillas.

Palabras clave: *Zea mays*, grano, raza Comiteco, tortilla, variedad nativa.

SUMMARY

The state of Chiapas, México possesses a large genetic richness of native maize, which is not fully documented, especially in aspects related to its use as food. Grains from nine maize landraces of the Comiteco race, collected in the Trinitaria region, Chiapas, Mexico were used to determine physical properties of the grain, as well as characteristics of nixtamalization and tortilla. The 100-seed weight (HSW) varied from 32.9 to 52.2 g. The test weight (TW) ranged between 75.7 and 80.3 kg hL⁻¹, and the flotation index (FI) values varied from 16 to 44 %, classifying the grains as large-sized with hard to intermediate texture. Nixtamal moisture (NM) showed values between 42.3 and 49.6 %, with most samples below 45 %, while the dough moisture (DM) and tortilla moisture (TM) presented values on average below 58 and 45%, respectively, which are below the minimum required by the dough and tortilla industry.

The white color of tortillas was determined by a higher proportion of the parameter L* with values between 72.2 and 78.5, while the yellow color was determined by a higher proportion of parameter b* (36.6-39.9), and the blue color was determined by the negative value -1.1 in parameter a*. Total soluble phenols (TSP) values in tortilla ranged from 673.5 to 1101.7 mg GAE kg DM⁻¹. Characteristics of the grain influenced the variables of nixtamalization and tortilla, as nixtamal presented lower moisture levels than expected in maize intended for the process of making tortillas.

Index words: *Zea mays*, Comiteco race, grain, landrace, tortilla.

INTRODUCCIÓN

El grano de maíz transformado en tortilla es el principal alimento incluido en la dieta de los mexicanos, se estima que cada persona en las zonas rurales de México consume 79.5 kg por año (CONEVAL, 2018). Según Morales y García (2017), las tortillas elaboradas con masa de maíz nixtamalizado aportan aproximadamente 223 kJ de energía por cada 100 g de tortilla fresca.

En el caso de maíz, el término raza se utiliza para agrupar individuos o poblaciones que comparten características en común, de orden morfológico, ecológico, genético y de historia de cultivo, que permiten diferenciarlas como grupo (CONABIO, 2020). La raza Comiteco, propia de la Meseta Comiteca ubicada en Chiapas, México, se caracteriza por su ciclo de maduración tardío, plantas de hasta 4 o 5 m en su hábitat nativo, es una de las razas con mazorcas más largas, tiene grano semicristalino a dentado, de color blanco, amarillo, azul, negro y rojo (CONABIO, 2020).

El municipio de La Trinitaria dentro de la Meseta Comiteca, durante 2023 produjo alrededor de 41 mil toneladas de grano de maíz (SIAP, 2025). Cabe destacar que la mayor parte de esta producción proviene de maíces nativos, ya que la adopción de semilla mejorada no supera el 40 % (González *et al.*, 2018).

Tradicionalmente, el estudio de las características del grano y la tortilla se ha enfocado en variedades mejoradas, que presentan homogeneidad fenotípica, con fines agroindustriales. Estas evaluaciones suelen realizarse en la etapa final del proceso de mejoramiento; sin embargo, en los últimos años ha surgido un creciente interés por evaluar estos atributos en poblaciones nativas de maíz (Broa *et al.*, 2019; López-Morales *et al.*, 2023), con el propósito de conocer el valor intrínseco de estas variedades y fomentar su conservación. El objetivo de este trabajo fue determinar las características físicas del grano y la calidad para nixtamalización y tortillas de variedades nativas de maíz raza Comiteco colectadas en La Trinitaria, Chiapas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

Se evaluaron nueve accesiones de maíz nativo raza Comiteco, colectadas en febrero de 2023 en el municipio de La Trinitaria, Chiapas, México. Las muestras fueron proporcionadas por agricultores locales (Cuadro 1).

Características físicas del grano

Se determinaron mediante las variables: humedad (H), peso de 100 semillas (P100S), peso hectolítrico (PH) y dureza de grano por medio del índice de flotación (IF). Estas variables se evaluaron de acuerdo con los métodos descritos por Salinas y Vázquez (2006).

Características de nixtamalización y tortilla

La nixtamalización se realizó con el método tradicional, que implica cocimiento en medio alcalino, reposo del grano cocido en álcali (nixtamal) por 14-16 horas y la molienda del nixtamal, previo enjuague, en molino de piedras. Las tortillas se moldearon en una prensa manual, y su cocimiento se realizó en una placa metálica calentada con gas butano. Las variables medidas incluyeron volumen de nejayote (VN, mL) (agua de cocimiento alcalino), peso de nixtamal (PN, g), humedad de nixtamal (HN, %), humedad de masa (HM, %) y de tortilla (HT, %), las cuales se determinaron de acuerdo con lo descrito por Salinas y Vázquez (2006). En la evaluación de las variables de nixtamalización y calidad de la tortilla se incorporó un testigo comercial que se cultiva ampliamente en la región Altos de Jalisco, y que corresponde al híbrido de grano blanco NB21 (Novasem).

Se midió el color de las tortillas con un colorímetro (Hunter-Lab, Reston, Virginia, EUA) en dos tortillas. Se realizaron cuatro lecturas en distintos puntos de la superficie de la tortilla, en la cara contraria a la formación de la ampolla; además, se cuantificó el contenido de fenoles solubles totales, como un indicador del contenido de antioxidantes de este producto. La determinación se efectuó mediante el método de Folin-Ciocalteu, según lo señalado por Singleton y Rossi (1965).

Los resultados se analizaron con el modelo de un diseño completamente al azar con dos repeticiones. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Cuadro 1. Sitios de colecta, nombre local y color de grano de nueve poblaciones de maíz nativo raza Comiteco.

| Clave | Localidad | Nombre local | Color del grano | Raza |
|---------|-----------------------|------------------------|-----------------|---------------------|
| MPA-001 | El Porvenir Agrarista | Amarillo olote grueso | Amarillo | Comiteco |
| MPA-002 | El Porvenir Agrarista | Blanco olote delgado | Blanco | Comiteco |
| MPA-003 | El Porvenir Agrarista | Chapingo amarillo | Amarillo | Comiteco |
| MPA-004 | El Porvenir Agrarista | Amarillo olote delgado | Amarillo | Comiteco |
| MPA-005 | El Porvenir Agrarista | Breve blanco | Blanco | Comiteco |
| MPA-006 | El Porvenir Agrarista | Breve amarillo | Amarillo | Comiteco |
| MPA-007 | Ángel Albino Corzo | Grano de oro | Amarillo | Comiteco + Vandefío |
| MPA-008 | El Porvenir Agrarista | Maíz morado | Azul morado | Comiteco |
| MPA-009 | El Porvenir Agrarista | Chapingo blanco | Blanco | Comiteco |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas del grano

La humedad del grano varió entre 12.5 y 14.1 %, por lo que la comparación de las variables físicas entre muestras es válida. Algunas variables físicas, como el PH y el IF, son sensibles al contenido de humedad del grano (Salinas *et al.*, 1992), de tal manera que la comparación entre muestras debe efectuarse con una variación del contenido de humedad no mayor de 2 %. El P100S mostró variación de 32.9 a 52.2 g, con los valores extremos en las muestras MPA-001 y MPA-002. Al respecto, Coutiño *et al.* (2008) analizaron las características físicas de dos variedades de maíz raza Comiteco, y reportaron valores de P100S de 37.4 y 43.5 g para las variantes de grano blanco y amarillo, respectivamente. Los valores de P100S mostrados corresponden a la categoría de grano de tamaño grande.

El PH de las muestras se ubicó entre 75.7 y 80.3 kg hL⁻¹, valores que se asocian con maíces de grano duro. En correspondencia con los valores de esta variable, los de la dureza del grano, medida con el índice de flotación (IF), variaron desde 16 hasta 44 %, lo que ubica a las muestras como de grano duro a intermedio (Cuadro 2). La dureza del grano ofrece una ventaja para su conservación, ya que limita el ataque de insectos durante el almacenamiento. Esta característica reduce la penetración y alimentación de plagas (López-López *et al.*, 2023).

Características de nixtamalización y tortillas

El volumen de nejayote (VN) mostró una variación de 87.5 a 113.5 mL, valores que correspondieron a las muestras NB21 y MPA-001, respectivamente. Dado que durante el proceso de nixtamalización, se agregó un volumen de 200 mL de agua para realizar el cocimiento alcalino del grano, la variable VN mide de manera indirecta la absorción de agua por parte del grano, que está determinada por la dureza y tamaño del grano (Cuadro 3).

El peso de nixtamal (PN) exhibió valores entre 175.5 y 196.2 g, que corresponden a las muestras MPA-001 y el testigo comercial NB21. El aumento en la absorción de agua del grano durante la cocción y el reposo disminuye el VN y aumenta el PN. En la Figura 1 se puede apreciar que la asociación entre estas dos variables es elevada ($R^2 = 0.9173$) y altamente significativa para las muestras analizadas.

Cuando el grano absorbe más agua durante el cocimiento y reposo, éste se transforma en un nixtamal más blando, facilitando su molienda y permitiendo que la masa resultante retenga más agua, aumentando su rendimiento. Un VN superior a 100 mL, como el observado en más del 50 % de las muestras, sugiere una absorción de agua limitada durante el proceso de nixtamalización, lo que se refleja en pesos de nixtamal bajos.

Los valores de HN oscilaron entre 42.3 y 49.6 %, con la mayoría de las muestras con valores inferiores a 45 %. Una baja HN se asocia con maíces de grano duro, tamaño

Cuadro 2. Características físicas del grano en muestras de maíz de la raza Comiteco.

| Muestras | H | P100S | PH | IF |
|----------|---------|--------|--------|--------|
| MPA-001 | 12.7cd | 52.2a | 77.4d | 19.5f |
| MPA-002 | 13.5b | 32.9f | 80.3a | 16.0f |
| MPA-003 | 13.2bc | 48.2bc | 76.3e | 44.0ab |
| MPA-004 | 13.0bcd | 39.1e | 76.3e | 44.5a |
| MPA-005 | 13.2bc | 45.7cd | 78.4bc | 39.0bc |
| MPA-006 | 13.3bc | 43.4d | 79.1b | 29.5e |
| MPA-007 | 12.5d | 39.6e | 79.3b | 31.5de |
| MPA-008 | 13.1bc | 49.4ab | 78.1cd | 38.5c |
| MPA-009 | 14.1a | 44.8d | 75.7e | 36.0cd |

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). H: humedad de grano (%), P100S: peso de cien semillas (g), PH: peso hectolítrico (kg hL⁻¹), IF: índice de flotación (%).

de grano grande y baja retención de pericarpio tras el enjuague del nixtamal. Las muestras de maíz Comiteco exhibieron estas características, lo que explica su baja HN. Los maíces de grano duro y tamaño grande requieren tiempos de cocimiento más largos comparados con los granos menos duros y de tamaño medio, por lo que el consumo de combustible para su procesamiento puede representar una desventaja.

Se considera que un nixtamal con 50 % de humedad es óptimo para obtener masa de calidad y tortillas con características favorables; sin embargo, las muestras

analizadas no alcanzaron esta condición, a pesar de seguir los tiempos de cocción adecuados, según la dureza del grano, y respetar las 14-16 horas de reposo del proceso tradicional de nixtamalización.

Debido a la baja HN de las muestras, los valores de HM también resultaron inferiores al 58% comúnmente observado en la masa. La reducida humedad de la masa se tradujo en tortillas con niveles de humedad por debajo del 45%, valor deseable para alcanzar un rendimiento de 1.5 kg de tortilla por kg de grano procesado (Salinas-Moreno y Aguilar-Modesto, 2010). No obstante, la muestra MPA-006

Cuadro 3. Variables de nixtamalización y parámetros de color en la tortilla de las muestras de maíz raza Comiteco.

| Muestras | VN | PN | HN | HM | HT | PSN | L* | a* | b* |
|----------|-------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| MPA-001 | 113.5 | 175.5 | 43.6 ± 0.6 | 51.2 ± 0.1 | 39.5 ± 1.2 | 4.4 ± 0.04 | 69.1 ± 1.6 | 7.3 ± 0.6 | 38.6 ± 0.8 |
| MPA-002 | 93.0 | 190.8 | 44.4 ± 1.2 | 56.6 ± 0.0 | 43.8 ± 0.4 | 4.8 ± 0.04 | 73.8 ± 1.2 | 0.8 ± 0.1 | 19.9 ± 0.7 |
| MPA-003 | 109.8 | 178.5 | 43.7 ± 1.1 | 54.5 ± 0.2 | 41.1 ± 0.3 | 3.8 ± 0.01 | 69.8 ± 0.6 | 6.7 ± 0.1 | 39.0 ± 0.7 |
| MPA-004 | 89.5 | 190.0 | 43.1 ± 0.8 | 55.2 ± 0.1 | 44.1 ± 0.0 | 3.8 ± 0.04 | 70.2 ± 0.4 | 6.7 ± 0.4 | 39.3 ± 0.8 |
| MPA-005 | 104.0 | 183.2 | 42.7 ± 0.4 | 54.1 ± 0.1 | 43.8 ± 0.6 | 4.4 ± 0.02 | 75.3 ± 1.9 | 0.6 ± 0.2 | 19.6 ± 0.7 |
| MPA-006 | 100.5 | 184.8 | 45.7 ± 1.0 | 55.6 ± 0.2 | 45.3 ± 0.6 | 4.4 ± 0.02 | 69.4 ± 0.8 | 7.6 ± 0.3 | 39.9 ± 1.4 |
| MPA-007 | 95.0 | 189.9 | 43.4 ± 0.9 | 55.0 ± 0.0 | 42.0 ± 0.2 | 3.8 ± 0.02 | 64.8 ± 1.4 | 9.3 ± 0.5 | 36.6 ± 0.8 |
| MPA-008 | 98.0 | 186.8 | 49.6 ± 1.8 | 52.7 ± 0.1 | 41.7 ± 0.7 | 4.0 ± 0.03 | 50.4 ± 1.3 | -1.1 ± 0.1 | 2.7 ± 0.3 |
| MPA-009 | 100.0 | 188.4 | 42.3 ± 1.1 | 58.9 ± 0.3 | 44.3 ± 2.4 | 4.4 ± 0.02 | 75.8 ± 1.1 | 1.1 ± 0.4 | 20.0 ± 1.3 |
| Testigo | 87.5 | 196.2 | ND | 57.8 ± 0.1 | 46. ± 0.7 | 3.6 ± 0.08 | 72.2 ± 1.9 | 1.4 ± 0.33 | 20.3 ± 0.5 |

VN: volumen de nejayote (mL), PN: peso de nixtamal (g), HN: humedad de nixtamal (%), HM: humedad de masa (%), HT: humedad de tortilla (%), PSN: pérdida de sólidos en el nejayote (%), L*: luminosidad (%), a* y b*: parámetros de color HunterLab. Testgo: Híbrido NB21.

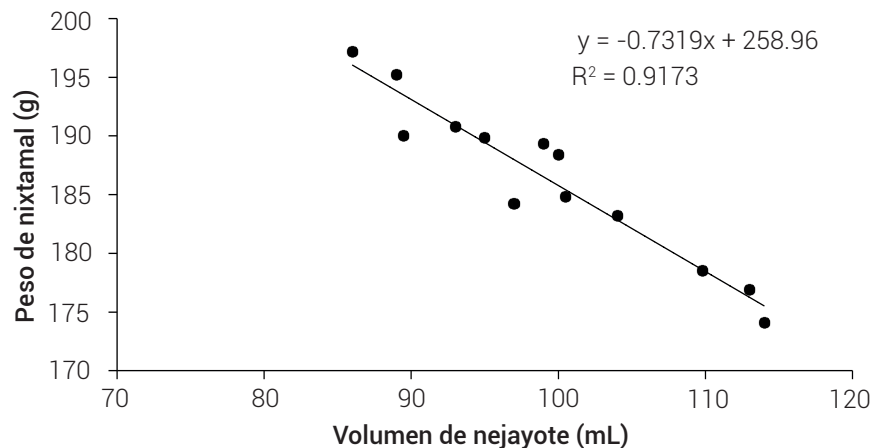


Figura 1. Relación entre el volumen de nejayote y el peso del nixtamal de muestras de maíces raza Comiteco de la Trinitaria, Chiapas, México.

y el testigo comercial mostraron valores de HT iguales o superiores a este valor de referencia. Coutiño *et al.* (2008) reportaron valores de HT cercanos al 41% en tortillas elaboradas con dos variedades mejoradas derivadas de la raza Comiteco, una de grano blanco y otra de grano amarillo; además, evaluaron la calidad de botanas tipo "doritos" producidas con estas variedades, y obtuvieron resultados considerados como muy buenos.

Según el estudio de Mauricio *et al.* (2004) sobre la calidad del grano y tortilla de diversas razas de maíz en México, las accesiones de maíz Comiteco analizadas se destinan a la elaboración de botanas. Esta aplicación concuerda con las características físicas observadas en el grano, como su dureza y gran tamaño. Para la producción de botanas se requiere que el grano absorba poca agua durante la cocción y el reposo, lo que se traduce en bajos valores de HN, condición que se confirmó en el presente estudio.

Los valores de PSN en las muestras analizadas (3.8 a 4.8 %) fueron inferiores al 5 %, límite máximo establecido en la NMX-FF-034/1-SCFI-2020 (SE, 2021) para la calidad del grano de maíz destinado a la elaboración de tortillas. El testigo comercial mostró el valor de PSN más bajo (3.6 %). Los maíces Comitecos analizados presentaron valores de PSN superiores al intervalo de 2.4 a 4.4 % reportado por Vázquez *et al.* (2010) para maíces nativos del Altiplano de México.

Los resultados sobre la medición del color en las tortillas se presentan en el Cuadro 3. Los valores de L* representan la luminosidad de la muestra, este parámetro de color varía de 0 (negro) a 100 (blanco). Los valores de L* más elevados correspondieron a las tortillas de grano blanco, en tanto que el menor se presentó en las tortillas de maíz azul-morado.

Las tortillas más blancas se obtuvieron de las muestras MPA-005 y MPA-009. El testigo presentó una tortilla ligeramente menos blanca. Los valores de a*, asociados con el tinte rojo (valores positivos) o verde (valores negativos) fueron los más bajos en las tortillas blancas, lo que indica una mínima presencia de tinte rojizo.

Aunque las tortillas blancas se describen como tales, en realidad presentan un ligero tono cremoso, atribuido al valor del parámetro b*, que osciló entre 19.6 y 20.3 para las tortillas elaboradas con maíz de grano blanco. Este parámetro se asocia con un tinte amarillo en valores positivos y azul en valores negativos.

Las tortillas elaboradas con maíces de grano amarillo presentaron valores de L* entre 64.8 y 70.2, inferiores a los de las tortillas blancas. Los valores de a* en estas

muestras fueron superiores a los de las tortillas blancas, oscilando entre 6.7 y 9.3. Los valores más altos de a* se observaron en las tortillas de los maíces MPA-001 y MPA-007, caracterizados por granos anaranjado-rojizos mezclados con granos amarillos. El parámetro b* varió de 36.6 a 39.9, en concordancia con el color amarillo de las tortillas. Finalmente, las tortillas elaboradas con maíz de grano azul-morado presentaron el valor de L* más bajo, debido a su color grisáceo, con un ligero tinte verdoso (-1.1) y una muy baja intensidad de tinte amarillo.

El color de la tortilla es muy importante para el consumidor, en un estudio realizado por Espejel-García *et al.* (2016) en el Estado de México encontraron que todos los consumidores con ingreso medio prefieren las tortillas de color blanco y que estén elaboradas con maíz nixtamalizado.

Fenoles solubles totales en las tortillas

Los fenoles solubles totales (FST) de las tortillas, extraídos con metanol 80 %, representan el conjunto de compuestos fenólicos presentes que son solubilizados en el disolvente empleado. Esta variable está relacionada con la capacidad antioxidante (Ramírez-García *et al.*, 2022), y valores elevados de FST sugieren mayor capacidad antioxidante. Los valores de FST en las tortillas analizadas variaron entre 673.5 y 1101.7 mg EAG kg de MS⁻¹, con los datos extremos observados en las muestras MPA-005 y MPA-008, respectivamente (Figura 2).

En promedio, las tortillas elaboradas con maíces de grano amarillo presentaron FST más elevados que las tortillas de grano blanco. No se observó elevado contenido de FST en las tortillas del maíz de grano azul-morado con respecto a las tortillas de color amarillo y blanco, no obstante que diversos trabajos señalan que las tortillas de maíces de grano azul-morado poseen mayor contenido de FST (Colín-Chávez *et al.*, 2020) y con ellos mayor capacidad antioxidante. Es posible que la muestra de grano azul-morado procesada en el presente trabajo haya retenido muy pocas antocianinas, insuficientes para hacer una diferencia en los FST. Los valores de FST obtenidos en las muestras de tortilla elaboradas con maíces Comitecos son más elevados que los informados por De la Parra *et al.* (2007) en tortillas de maíces comerciales, aunque parecidos a los reportados por Colín-Chávez *et al.* (2020) para tortillas artesanales de maíz nativo blanco (744 mg kg⁻¹ base seca) y de maíz nativo azul-morado (1208 mg kg⁻¹ base seca).

Los FST del grano de maíz blanco son en promedio 25 % menores que los de la tortilla debido a que, con la nixtamalización, los compuestos fenólicos esterificados a

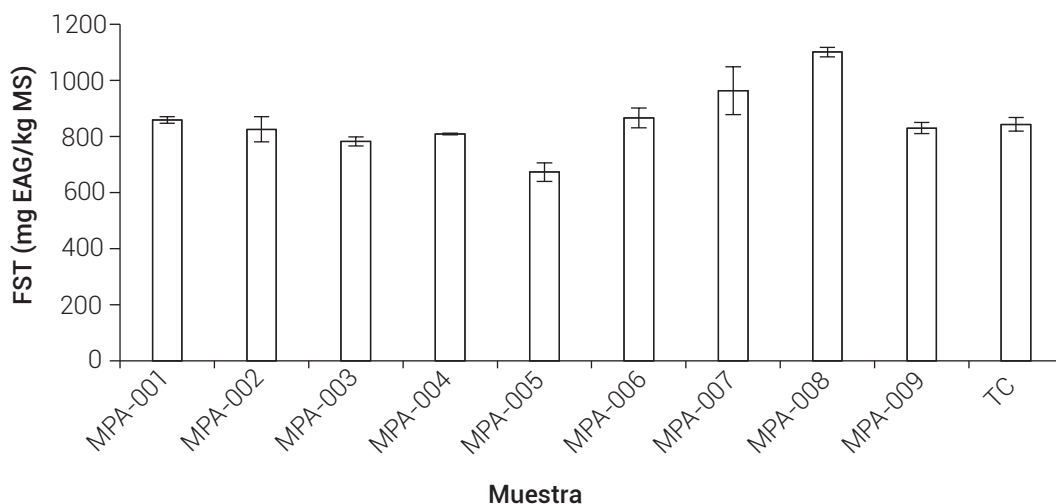


Figura 2. Fenoles solubles totales (FST) en la tortilla elaborada con maíces raza Comiteco producidos en La Trinitaria, Chiapas, México. TC: tortilla de un maíz híbrido NB21 de grano blanco.

componentes de la pared celular son liberados, por lo que pueden ser extraídos durante el análisis y cuantificados dentro de los FST. Algo similar ocurre con los maíces de grano amarillo, aunque en este caso la diferencia a favor de la tortilla es cercana a 15 % (De la Parra *et al.*, 2007). En los maíces de grano azul-morado, los FST del grano son mayores que los de la tortilla debido a que las antocianinas, los pigmentos responsables de la coloración del grano, son inestables bajo las condiciones alcalinas del cocimiento del grano durante la nixtamalización. La nixtamalización del maíz azul-morado resulta en una pérdida de antocianinas que oscila entre el 31.5 y 50.2 % (Salinas-Moreno *et al.*, 2003).

A manera de conclusión, se puede decir que las muestras analizadas de maíz nativo raza Comiteco fueron de grano grande, y textura dura a intermedia. Estas características influyeron en las variables de nixtamalización y de tortilla, al presentar el nixtamal humedades más bajas de las esperadas en maíces destinados al proceso de elaboración de tortillas, lo que afectó la humedad de la masa y las tortillas obtenidas. Las tortillas elaboradas con grano de color azul-morado exhibieron mayor contenido de fenoles solubles totales seguidas por las tortillas de maíz amarillo y blanco.

BIBLIOGRAFÍA

- Broa R. E., M. G. Vázquez C., N. G. Estrella C., J. H. Hernández S., B. Ramírez V. y G. Bahena D. (2019) Características fisicoquímicas y calidad de la proteína de maíces nativos pigmentados de Morelos en dos años de cultivo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10:683-697, <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.481>
- Colín-Chávez C., J. J. Virgen-Ortiz, L. E. Serrano-Rubio, M. A. Martínez-Téllez and M. Astier (2020) Comparison of nutritional properties and bioactive compounds between industrial and artisan fresh

- tortillas from maize landraces. *Current Research in Food Science* 3:189-194, <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2020.05.004>
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2020) Razas de maíz de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz> (Marzo 2025).
- CONSEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2018) Evolución de la canasta alimentaria. Consulta del valor de las líneas de bienestar. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Ciudad de México. <https://www.conseval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Lineas-de-bienestar-y-canasta-basica.aspx> (Febrero, 2025).
- Coutiño E. B., G. Vázquez C., B. Torres M. y Y. Salinas M. (2008) Calidad de grano, tortilla y botanas de dos variedades de maíz de la raza Comiteco. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31:9-14, https://doi.org/10.35196/rfm.2008.Especial_3.9
- De la Parra C., S. O. Serna S. and R. H. Liu (2007) Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55:4177-4183, <https://doi.org/10.1021/jf063487p>
- Espejel-García M. V., J. S. Mora-Flores, J. A. García-Slazar, S. Pérez-Elizalde y R. García-Mata (2016) Caracterización del consumidor de tortilla en el Estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 13:371-384.
- González F. S., L. G. Guajardo H., S. X. Almeraya-Quintero, L. M. Pérez-Hernández y D. M. Sangerman-Jarquín (2018) Tipología de productores de maíz en los municipios de Villaflores y La Trinitaria, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9:1763-1776, <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1722>
- López-Morales F., M. G. Vázquez-Carrillo, A. Aragón-García, B. C. Pérez-Torres, M. L. Marrufo-Díaz, G. Hernández-Salinas y A. Ibáñez-Martínez (2023) Caracterización del grano y tortilla de razas de maíz nativas del estado de Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 46:357-366, <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.4.357>
- López-López H., J. de Santiago-Meza, E. Hernández-Alonso, J. C. Delgado-Ortiz, E. Castro-del Ángel y A. Hernández-Juárez (2023) Mecanismos de resistencia de poblaciones de maíz originarias de México al ataque del picudo *Sitophilus zeamais*. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 119:196-210, <https://doi.org/10.12706/itea.2023.003>
- Mauricio S. R. A., J. D. Figueroa C., S. Taba, M. L. Reyes V., F. Rincón S. y A. Mendoza G. (2004) Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:213-222, <https://doi.org/10.35196/rfm.2004.3.213>

- Morales J. C. and R. A. García Z. (2017) Effect of different corn processing techniques in the nutritional composition of nixtamalized corn tortillas. *Journal of Nutrition & Food Science* 7:1000580, <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000580>
- Ramirez-García O., Y. Salinas-Moreno, A. Santillan-Fernández and M. T. Sumaya-Martínez (2022) Screening antioxidant capacity of Mexican maize (*Zea mays* L.) landraces with colored grain using ABTS, DPPH and FRAP methods. *Cereal Research Communications* 50:1075-1083, <https://doi.org/10.1007/s42976-021-00221-6>
- Salinas M. Y. y M. G. Vázquez C. (2006) Metodologías de análisis de la calidad nixtamalera-tortillera en maíz. Folleto Técnico No. 24. Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Chapingo, Estado de México, México. 91 p.
- Salinas M. Y., F. Martínez B. y J. Gómez H. (1992) Comparación de métodos para medir dureza del maíz (*Zea mays* L.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 42:59-63.
- Salinas-Moreno Y., F. Martínez-Bustos, M. Soto-Hernández, R. Ortega-Paczka y J. L. Arellano-Vázquez (2003) Efecto de la nixtamalización sobre las antocianinas del grano de maíces pigmentados. *Agrociencia* 37:617-628.
- Salinas-Moreno Y. y L. Aguilar-Modesto (2010) Efecto de la dureza del grano de maíz (*Zea mays* L.) sobre el rendimiento y calidad de la tortilla. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* 2:5-11, <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2010.08.009>
- SE, Secretaría de Economía (2021) NMX-FF-034/1-SCFI-2020 Productos alimenticios para uso humano no industrializados - cereales – maíz – parte 1: Granos para tortillas y productos nixtamalizados - Especificaciones y métodos de prueba (Cancela a la NMX-FF-034/1-2002). Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México. Edición 16 de junio de 2021.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2025) Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. http://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/ (Marzo 2025)
- Singleton V. L. and J. A. Rossi (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16:144-158, <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Vázquez C. M. G., J. P. Pérez C., J. M. Hernández C., M. L. Marrufo D. y E. Martínez R. (2010) Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del Altiplano y Valle del Mezquital, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:49-56, https://doi.org/10.35196/rfm.2010.Especial_4.49

