

CARACTERIZACIÓN DE POBLACIONES DE MEDIOS HERMANOS DE MAÍZ, DE LA REGIÓN DEL BAJÍO PARA SU USO EN LA INDUSTRIA TORTILLERA

Gutiérrez Tlahque Jorge^a, Sebastian Mar Luz Arely^a, Ramírez Pimentel Juan Gabriel^b,
Raya Pérez Juan Carlos^b.

a) Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, Carrera de Ingeniería en Procesos Alimentarios, Av. Universidad Tecnológica No. 1000, Colonia Tierra Negra, C.P. 73080, Xicotepec de Juárez, Puebla, México.

b) Departamento de Posgrado de Tecnología de Semillas, Km. 8 Carretera Celaya Juventino Rosas, C.P. 38100, Celaya, Guanajuato, México.

* jorgegutierrez111@hotmail.com

Resumen

El maíz, es el cultivo más importante del mundo en la categoría de los cereales rebasando actualmente al trigo y arroz. En México un derivado del maíz que tiene una gran importancia es la tortilla, dado que es un alimento básico en la dieta, de ahí la importancia de que la calidad de la misma se mantenga, lo cual a su vez depende de las características del grano. Así el objetivo del presente trabajo fue determinar la población de maíz que genere la mejor calidad grano y tortilla para la industria de 5 poblaciones propuestas para Guanajuato. El diseño experimental fue completamente al azar donde los tratamientos fueron las 5 poblaciones de maíz, con un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por la prueba de Tukey con un $P < 0.05$, donde las variables de respuesta en grano fueron peso hectolitro, índice de flotación y actividad antioxidante, mientras que en tortilla fueron inflado y roabilidad. Los resultados para los cinco tratamientos muestran que existen diferencias significativas en las variables de respuesta excepto para actividad antioxidante e inflado. Por lo tanto se puede decir que la población que presentó las mejores características en grano y tortilla fue Roque 2.

Abstract

Maize is the most important in the world in the category of cereals currently surpassing wheat and rice cultivation. In Mexico derived from corn that is very important is the tortilla, as it is a staple in the diet, hence the importance of the quality of it is maintained, which in turn depends on the characteristics of the grain. So the objective of this study was to determine the population of corn grain producing the best quality and tortilla industry proposals for populations of 5 Guanajuato. The experimental design was completely random where treatments were 5 maize populations, with an analysis of variance test for comparison of means by Tukey test with $P < 0.05$, where the response variables were hectolitro grain weight, flotation rate and antioxidant activity, whereas pancake were inflated and roabilidad. The results for the five treatments show that there are significant differences in the response variables except for antioxidant activity and inflation. Therefore we can say that people who presented the best features beans and tortillas was Roque 2.

Palabras clave: *Zea mays*, diversidad genética, nixtamalización

Área: Cereales, Leguminosas y Oleaginosas

INTRODUCCIÓN

México se considera como el centro de origen, domesticación y dispersión del maíz (*Zea mays* L.). A la fecha se han descrito 59 razas potencialmente diferentes (Ortega, 2003; Kato *et al.*, 2009). Mientras que en el continente americano se reportaron unas 300 razas, la variación en México representa 22.7 % de la diversidad del maíz en el continente (Serratos, 2009). El maíz es una de las gramíneas de mayor importancia no sólo por la superficie dedicada a su producción, sino también por el impacto social, político, industrial y económico que representa, por ser la base fundamental de la alimentación diaria en México. Este cultivo para 2012 ocupó el primer lugar en área cultivada con 7.7 millones de hectáreas y con un volumen de producción de 6.9 millones de toneladas. Mientras que Guanajuato en el mismo periodo dedicó una superficie de cultivo de 381 571 hectáreas, con una producción neta de 331393 toneladas. Así los datos anteriores denotan su preferencia en la alimentación humana y pecuaria de la sociedad mexicana (SIAP, 2014). La tortilla como producto derivado del maíz se considera como el alimento principal de los mexicanos dado que el consumo *per cápita* al año es de 80 kg con un aporte energético en la dieta de 45 % del total de calorías que un mexicano consume normalmente, este alimento provee energía por su contenido alto de carbohidratos; además aporta calcio, potasio, fósforo, fibra, proteínas y algunas vitaminas como tiamina, riboflavina y niacina (México Produce, 2014). Sin embargo se sabe que la calidad de la tortilla está influenciada por las características del grano y por las condiciones de su elaboración (Salinas *et al.*, 2012), de tal forma que para producir tortillas de calidad se requiere de un grano que produzca masa con alta humedad, buena cohesividad y adhesividad entre otras características (Arámbula *et al.*, 2004). Así el objetivo del presente trabajo fue determinar la población de maíz que genere la mejor calidad grano y tortilla para la industria de 5 poblaciones propuestas para Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de bioquímica de semillas del Instituto Tecnológico de Roque. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos que correspondieron a las 5 poblaciones de maíces (T1: Roque 1, T2: Roque 2, T3: Amarillo, T4: Pigmentado, T5: QPM) y tres repeticiones, donde se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por la prueba de Tukey con $P < 0.05$. Los resultados fueron analizados con el paquete estadístico SAS (versión 9.0). Para el proceso de nixtamalización se pesaron 1000 g de grano limpio sin impurezas o materia extraña de cada variedad en una balanza

granataria, después se preparó 2 L de solución de agua corriente con hidróxido de calcio con una relación de 1000 g de grano por 10 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, en un recipiente de peltre con una capacidad máxima 5 L, el cual se colocó en una parrilla agitadora, marca Wisd Laboratory Instruments, modelo SMH S-3, el grano se agregó a la solución alcalina una vez que presentó una temperatura de 91 °C. La nixtamalización completa se tomó en base al desprendimiento con facilidad del pericarpio del grano así como una textura blanda del grano (NMX-FF-034/1-SCFI-2002). La elaboración de tortilla se realizó de acuerdo a lo propuesto por Jiménez *et al.*, 2012, donde a la masa se le adicionó la cantidad necesaria de agua para la formación de esferas con un diámetro entre 8-10 cm, de ahí cada esfera se pasó por una prensa tortillera de madera manual marca Herrera, para la formación de la tortilla cuyas dimensiones fueron de 12 cm de diámetro y 1.58 mm de espesor, misma que se colocó en un disco de metal para la cocción de la tortilla a una temperatura de 260 ± 10 °C durante 4 min. Así las variables de respuesta que se analizaron en trabajo de investigación fueron las siguientes:

Peso hectolitrito: Se reportó en función del peso de los granos, mismos que se pesaron en una báscula analítica de la marca SETRA modelo SI-410S, donde se tomó como referencia un volumen total de 100 ml en una probeta de cristal, la masa del grano obtenida se reportó en kg/hl, (Antuna *et al.*, 2008). **Índice de flotación:** Se evaluó la dureza del grano indirectamente a través del índice de flotación, para la cual se utilizó una solución de nitrato de sodio, que se preparó a partir de 168.0 g de nitrato de sodio en 300 ml de agua destilada con una densidad de 1.250 g/ml; en donde se vertieron 100 g de granos limpios, enteros y libres de impurezas, separando los granos que se mantuvieron flotando en la solución por medio de un agitador de cristal y posteriormente se dejó reposar 1 min. Al término de este tiempo se contaron las semillas que permanecieron en la superficie y donde estas se tomaron como el índice de flotación, (Antuna *et al.*, 2008). **Actividad antioxidante:** Para la determinación de esta variable se molieron 150 g de maíz de cada variedad en una licuadora industrial marca TAPISA modelo T2L, después se realizó una nueva molienda en un molino marca KRUPS modelo GX2000 para la obtención de una harina fina, la cual se almacenó en bolsas de polipropileno bajo condiciones de refrigeración a una temperatura de 4 °C por 24 horas. Posteriormente se tomó 5 g de cada muestra de harina y se mezcló con 5 ml de metanol al 96% de pureza, en un mortero; se filtró a través de papel filtro y se aforó a 5 ml con metanol. De este extracto se tomó 5 ml y se mezcló con 1 ml de folin-ciocalteau (diluido 10 veces) y se le agregó 0.8 ml de NaCO_3 al 2 % y se aforó a un volumen de 10 ml con una mezcla de agua-metanol 4:6. Se dejó reposar 30 minutos en refrigeración y se le dio lectura a 740 nm en el espectrofotómetro marca VELAB utilizando una celda de 2 ml para la medición de la absorbancia, donde antes de realizar la medición correspondiente se calibró con un blanco de metanol al 96 % de pureza. La actividad antioxidante se expresó como porcentaje de cambio de absorbancia. **Rolabilidad de la tortilla:** La rolabilidad se determinó a partir de 10 muestras de cada población una vez que estas presentaron una cocción total, 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 del 100% o rompimiento completo, (Bedolla *et al.*, 1983). Inflado de la tortilla: El grado de inflado de las tortillas se evaluó durante el cocimiento a partir de 10 muestras de cada población, mediante el uso de la siguiente escala hedónica: a) tortilla con inflado completo, b) inflado intermedio y c) sin inflado o como ausente, (Jiménez *et al.*, 2012)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en el Tabla I, se encontraron diferencias significativas en índice de flotación y peso hectolitrico en las cinco poblaciones de maíces que se cultivan en el Bajío. El índice de flotación, indicativo de dureza osciló entre 69.50 a 311.50 granos flotantes, así la población QPM presento el mayor número de granos flotando en la superficie con respecto a las otras poblaciones. En un estudio de maíces procedentes de diferentes colectas (Antuna *et al.*, 2008), reportó un índice de flotación de 4.1 a 58.3 granos, así estos maíces se clasificaron como muy duros por los valores bajos que presentaron en el índice de flotación con respecto a los 5 materiales que en presente trabajo de investigación se estudiaron, los cuales a su vez pueden clasificarse como suaves a muy suaves. Lo anterior tiene relación con el tipo de almidón, que es de naturaleza cornea en los más duros y harinosa en los más blandos; así en los primeros predominan moléculas de amilopectina y en los ligeros las de amilosa, (Boyer and Hannah, 1994). Esta característica es importante en el proceso de nixtamalización, ya que el maíz de grano duro requiere más tiempo de cocción que los de grano intermedio y suave. Un indicador de calidad para el maíz destinado a la elaboración de productos nixtamalizados es la dureza de grano, propiedad que se estima indirectamente con los valores de peso hectolitrito e índice de flotación, variables que se correlacionan inversamente entre sí (Salinas *et al.*, 1992). De acuerdo con la NMX-FF-034/1-SCFI-2002 (SAGARPA, 2002), los granos de maíz aptos para la industria de productos nixtamalizados deben tener un peso hectolitrito mínimo de 74 kg/hL, sin embargo si se observa los resultados que se obtuvieron en la Tabla I, se encontraron valores entre 70.76 y 79.49 kg/ hl, el valor más alto fue del maíz Amarillo y el más bajo fue para Pigmentado con una media de 70.76 kg/hL, esto quiere decir que tres de los maíces cumplen con dicha norma. En actividad antioxidante se obtuvieron valores muy bajos que estadísticamente no fueron significativos para las poblaciones que se analizaron, tal y como se observa en la Tabla I. Donde los valores oscilaron entre 24.40 y 33.25 % que corresponden a las poblaciones QPM y Pigmentado respectivamente. Los maíces amarillos y blancos presentan pigmentos como los carotenos los cuales son responsables de la actividad antioxidante (Salinas *et al.*, 2008), especialmente en forma de luteína, zeaxantina α y β caroteno (Ruiz *et al.*, 2008). Mientras que para el maíz pigmentado se le atribuye su coloración roja a la presencia de antocianinas, (López *et al.*, 2009), en forma de pelargonidina, cianidina, malvidina y otras ciandinas no descritas (Jackman and Smith, 1996). (Salinas *et al.*, 2012), encontró que poblaciones de maíces pigmentados nativos de México (Tehua, Tuxpeño y Valdeño), presentaron una actividad antioxidante entre 89.5 y 66.5 % resultados que son muy superiores

a los que se encontraron en las poblaciones que se analizaron en el presente trabajo de investigación.

Tabla 1. Comparaciones de medias de características fisicoquímicas de 5 poblaciones. ^zValores con diferente letra dentro de la misma columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey, $P < 0.05$.

Población	Índice de flotación (granos)	Peso hectolitrito(kg/hL)	Actividad antioxidante (Porcentaje)
Roque 1	102.00 b ^z	74.765 c	31.250 a
Roque 2	73.50 b	77.520 b	28.950 a
Amarillo	69.50 b	79.490 a	29.350 a
Pigmentado	158.00 b	70.760 c	33.250 a
QPM	311.50 a	72.380 c	24.400 a

En la Tabla II se denota que las poblaciones que tuvieron un cierto grado de inflado fue Roque 2, con un valor de 9.0 y en segundo lugar fue Roque 1 con un valor de 7.5. Sin embargo si se observa en la misma tabla, el índice de inflado no mostró diferencia significativa en las tres categorías en las que se clasifico (completo, intermedio y ausente). No obstante en poblaciones de maíz tropical que se clasificaron como: mejorados (híbridos HS-3G y variedad VS-536), premejorados (variedades 22, 23, 25, 32, 43 y 49 del CIMMYT) y criollo (Mejen), el índice de inflado promedio oscilo entre 1.08 y 1.16 (Jiménez *et al.*, 2012), valores que están por debajo de los que se analizaron en el presente trabajo de investigación, donde la población que presento el menor índice inflado fue Amarillo. Así mismo en la misma Tabla se puede observar la variedad que presentó mejor comportamiento en rolabilidad fue Roque 2, con un valor de 9.0 y en segundo lugar fue Pigmentado con un valor de 7.5. En poblaciones de maíz tropical que se reportaron por (Jiménez *et al.*, 2012), se encontraron valores que están por debajo de las poblaciones que se analizaron. Mientras que la mayor rolabilidad de las tortillas está asociada con un mayor contenido de amilopectina dentro de las poblaciones de maíz (Salinas *et al.*, 2011).

CONCLUSIÓN

Por lo tanto se puede decir que la población que presentó las mejores características en grano y tortilla fue Roque 2 debido a que presenta el un peso hectolitrito dentro de la norma, alto nivel de antioxidantes, índice de inflado y rolabilidad adecuados, Mientras que la variedad que no se apta para su industrialización es QPM dado que el peso hectolitrito esta fuera de norma, asi como presenta el nivel más bajo de rolabilidad.

Tabla II: Comparación de medias para grado de inflado y rolabilidad en tortilla. ²Valores con diferente letra dentro de la misma columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey, $P < 0.05$.

Población	Inflado 100%	Inflado 50%	Inflado 0%	Rolable 100%	Rolable 75%	Rolable 50%	Rolable 25%	Rolable 0%
Roque 1	3.0 a ²	5.5 a	1.5 a	6.5 a ²	2.0 a	1.0 a	0.5 a	0.0 a
Roque 2	5.0 a	4.0 a	1.0 a	9.0 a	1.0 b	0.0 a	0.0 a	0.0 a
Amarillo	1.5 a	5.5 a	3.0 a	6.5 a	2.5 a	0.0 a	0.5 a	0.5 a
Pigmentado	3.0 a	5.0 a	2.0 a	7.5 a	2.0 b	0.5 a	0.0 a	0.0 a
QPM	5.0 a	3.0 a	2.0 a	5.0 a	4.0 a	1.0 a	0.0 a	0.0 a

BIBLIOGRAFÍA

- Antuna GO, Rodríguez SA, Arámbula VG, Palomo GA, Gutiérrez AE, Espinosa BA, Navarro EF, Andríó EE. 2008. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces criollos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31:23-27.
- Arámbula VG, Barrón AL, González HJ, Moreno ME, Luna BG. 2001. Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortilla de maíz. *Arch Latinoamer Nutr* 51(2): 39-50.
- 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.
- Boyer CD, Hannah L.C. 1994. Kernel mutants of corn In *Specialty Corns*, Hallauer A. (ed). CRC Press. Boca Ratón, pp. 1-28.
- Jackman CS, Smith SO. 1996. 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(10): 4177-4183.
- Jiménez JA, Arámbula VG, Cruz LE, Aparicio TM. 2012. Características del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. *Revista Universidad y Ciencia* 28 (2):145-152.
- Kato YTA, Mapes SC, Mera OLM, Serratos HJL, Bye RA. 2009. Origen y diversificación del maíz: Una revisión analítica. *Universidad Nacional Autónoma de México; México, D. F.*, pp. 90-95
- López MLX, Oliart RM, Valerio AG, Lee CH, Parkin KL, García HS. 2009. Antioxidant activity phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *Food Science Technology* 42:1187-1192.

- México Produce. 2014. La tortilla: Una tradición muy nutritiva. (online) Disponible en: <http://www.mexicoproduce.mx/articulos/tortilla.html>
- Ortega PR. 2003. La diversidad del maíz en México. In: Sin Maíz no Hay País. G Esteva, C Marielle (eds). Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas: México, D. F. pp.123-154.
- Ruiz NA, Rincón SF, Hernández LVM, Figueroa CJD, Loarca MGF. 2008. Determinación de compuestos fenólicos y su actividad antioxidante en granos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31: 29-31.
- Salinas MY, Cruz FJ, Díaz SA, Castillo GF. 2012. Granos de maíces pigmentados de Chiapas, características físicas, contenido de antocianinas y valor nutracéutico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:33-41.
- Salinas MY, Castillo LEB, Vázquez CMG, Buendía GMO. 2011. Mezclas de maíz normal con maíz ceroso y su efecto en la calidad de la tortilla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(51):pp. 689-702.
- Salinas MY, Saavedra AS, Soria RJ, Espinoza TE. 2008. Características fisicoquímicas y contenido de carotenoides en maíces (*Zea Mays L.*) amarillos cultivados en el estado de México. *Revista Agricultura Técnica en México* 34(3):357-364.
- Salinas MY, López RJ, González FGB, Vázquez CG. 2007. Compuestos Fenólicos del grano de maíz y su relación con el oscurecimiento de masa y tortilla. *Revista Agrociencia* 41(3):295-299.
- Salinas MY, Martínez BF, Gómez HJ. 1992. Comparación de métodos para medir dureza del maíz (*Zea mays L.*). *Arch. Latinoam. Nutr.* 42:59-63.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2002. Norma Mexicana NMX-FF-034/1-SCFI-2002. Dirección General de Normas. SAGARPA: México, D. F., pp.12-15.
- Serratos HJA. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Greenpeace; México D.F., pp. 21-24
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. Información agrícola nacional y por estado. (online) Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>