

NIXTAMALIZACIÓN, ELABORACIÓN Y CALIDAD DE TORTILLA DE MAÍCES DE ECATLÁN, PUEBLA, MÉXICO

ALKALINE COOKING, PREPARATION AND QUALITY OF CORN TORTILLA FROM ECATLÁN, PUEBLA, MÉXICO

Elva Rangel-Meza¹, Abel Muñoz Orozco¹, Griselda Vázquez-Carrillo², Jesús Cuevas-Sánchez³, Jorge Merino-Castillo⁴ y Salvador Miranda-Colín¹

¹Programa en Genética. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (elvarm@hotmail.com). ²Laboratorio de Maíz. INIFAP-Campo Experimental El Horno. Apartado Postal 10. 56230. Chapingo, Estado de México. ³Departamento de Fitotecnia, ⁴Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo, Estado de México.

RESUMEN

Las variedades mejoradas de maíz son, en general, inapropiadas para las condiciones de cultivo de los campesinos, quienes prefieren los maíces criollos; los cuales están organizados en grupos genéticos (componentes) llamados patrones varietales en concordancia con las condiciones ambientales y con los usos. El conocimiento de los criterios de calidad usados en la obtención de los criollos ayuda a encontrar variedades con aceptación para la preparación de la tortilla. Por ello se estudió la nixtamalización y la elaboración de la tortilla en relación con la calidad, en una comunidad del Estado de Puebla, México. Se recolectó un grupo de variedades criollas y se invitó a un grupo de amas de casa a elaborar nixtamal y tortillas con su propia variedad (estilo-variedad). Hubo amplia variación en la mayoría de las variables estudiadas. Se detectó relación entre los componentes del patrón varietal con la magnitud de la dureza y adhesividad de la masa; con la reflectancia, tiempo de extensión y de cocción de la tortilla. Las variedades de grano blanco mostraron magnitudes altas, el maíz azul bajas y los amarillos intermedias.

Palabras clave: *Zea mays*, criollos, nixtamal, nixtamalización tradicional, patrones varietales, tortilla.

INTRODUCCIÓN

Los campesinos que no compran semilla híbrida, generalmente seleccionan su semilla de la cosecha del año anterior con base en diversos caracteres (Muñoz y Cuevas, 2000), los cuales están asociados a características de calidad. Mediante esos procesos de selección han generado grupos de variedades (componentes de un patrón) específicas para cada nicho ecológico o microregión, y para los diferentes usos (López y Muñoz, 1984; Gil *et al.*, 1995; Romero y Muñoz, 1996). A estos sistemas de variedades se les ha denominado Patrones

ABSTRACT

The varieties of maize obtained by breeding are generally inappropriate for peasants crop conditions; they prefer native breed of maize, organized in genetic groups (components), called varietal patterns, according to environmental conditions and uses. The knowledge of quality criteria used for obtaining native breed contributes to finding varieties acceptable for tortilla preparation. For those reasons, nixtamalization (cooking of maize with lime) and the processing of tortilla were studied with respect to quality in a community in the State of Puebla, México. Samples of native varieties were collected, and a group of local housewives was invited to prepare nixtamal (cooked maize) and make tortillas with their own maize variety (style-variety). There was great variation in most of the studied variables. Relationships between the components of the varietal pattern and the proportion of hardness and dough adhesiveness, as well as reflectance, and extending and cooking time of the tortilla were detected. The maize varieties of white grain showed high magnitudes, those of blue grain low, and the yellow ones had intermediate values.

Key words: *Zea mays*, native breed maize, nixtamal, traditional nixtamalization (maize cooking), varietal patterns, tortilla.

INTRODUCTION

The farmers who do not buy hybrid seeds, generally select their seed from the previous harvest, based on several characteristics (Muñoz and Cuevas, 2000) associated to quality. Through these selection processes they have generated variety groups (components of a pattern) specific for each ecological niche or microregion, and for different uses (López and Muñoz, 1984; Gil *et al.*, 1995; Romero and Muñoz, 1996). These variety systems have been called Ethnophytogenetic Patterns (Muñoz, 1988), or simply: Varietal Patterns.

The varieties of maize improved by breeding are inadequate for the producers because in their obtaining process, the varietal patterns and quality characteristics

Recibido: Julio, 2002. Aprobado: Diciembre, 2003.

Publicado como ENSAYO en *Agrociencia* 38: 53-61. 2004.

Etnofitogénicos (Muñoz, 1988) o, simplemente, Patrones Varietales.

Las variedades de maíz mejoradas son inadecuadas para los productores porque en su proceso de obtención se ignoran los patrones varietales y las características de calidad de los criollos tales como: fácil nixtamalización, dureza y adhesividad de la masa, extensividad, tiempo de cocción, perfiles nutricionales, suavidad, sabor y durabilidad de la tortilla. Pocos de los atributos importantes para los campesinos han sido estudiados (Cuevas *et al.*, 1998), entre ellos están los relativos a la calidad de la tortilla.

La importancia de la nixtamalización y la calidad de la tortilla ha sido tratada por varios autores (Katz *et al.*, 1974; Bedolla y Rooney, 1982; Bressani, 1990), pero utilizando variedades que no tienen relación con la diversidad presente en las microregiones o en los nichos ecológicos de México.

En la evaluación de calidad de los alimentos no hay un consenso sobre el tipo de pruebas a utilizar, sean sensoriales u objetivas (Cole, 1991). Sin embargo, se ha considerado que las tortillas de buena calidad se obtienen a partir de masas cuya dureza se encuentra entre 8.7×10^{-4} a 1×10^{-5} N/m², adhesividad entre 0.01 y 0.03 N-m y Factor de tensión-compresión (FCT) entre 2.4 y 2.7 (Ramírez-Wong *et al.*, 1993). Las relaciones entre las características del grano y la tecnología empleada para la elaboración y el manejo de la tortilla han sido estudiadas por Rooney y Serna-Saldívar (1987), Ramírez-Wong *et al.* (1993) y Salinas *et al.* (1995). La calidad de la tortilla es influida por las características del grano y condiciones de elaboración (Bourne, 1982); por el manejo del grano (Bedolla y Rooney, 1982), que inciden en las características nutricionales (Bressani, 1990).

En este trabajo se planteó estudiar, en un nicho de la Sierra de Puebla, diversas variables relacionadas con la calidad de tortilla, determinadas en diferentes variedades criollas del patrón varietal de maíz, asociando diferentes estilos de elaboración (estilo-recolecta); para estudiar su efecto sobre las variables de calidad. La hipótesis fue que las variedades criollas exhiben variaciones asociadas a las características del grano de las componentes de un patrón varietal, y que los estilos generan diferencias asociadas al manejo que cada ama de casa hace con su variedad criolla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en Ecatlán, Jonotla, en la Sierra Norte de Puebla; una población relativamente aislada, localidad que habitan alrededor de 210 familias pertenecientes a la etnia totonaca, con 840 habitantes (INEGI, 1992). Las coordenadas son 20° 03' 10" N, 97° 33' 33" O. La altitud media es 620 m; la temperatura media anual es 21.2 °C, la

of native breed such as: easy nixtamalization, hardness and adhesiveness of dough, extensibility, cooking time, nutritious profiles, softness, flavor, and durability of the tortilla, are ignored. Few of the attributes, important for peasants, have been studied (Cuevas *et al.*, 1998), among them are those related to tortilla quality.

The importance of nixtamalization and tortilla quality has been dealt with by several authors (Katz *et al.*, 1974; Bedolla and Rooney, 1982; Bressani, 1990), but with varieties without relation to the diversity present in the micro-regions or ecological niches of México.

In the evaluation of food quality, there is no consensus about the type of tests to be applied, neither sensory, nor objective (Cole, 1991). Nevertheless, it has been considered that tortillas of good quality are obtained from a dough whose hardness is between 8.7×10^{-4} to 1×10^{-5} N/m², adhesiveness between 0.01 and 0.03 N-m, and tension-compression factor (TCF) between 2.4 and 2.7 (Ramírez-Wong *et al.*, 1993). The relationship between grain characteristics and the technology employed for processing and handling tortilla have been studied by Rooney and Serna-Saldívar (1987), Ramírez-Wong *et al.* (1993), and Salinas *et al.* (1995). Tortilla quality is influenced by grain characteristics and elaboration conditions (Bourne, 1982); because of the grain handling (Bedolla and Rooney, 1982) which incide on nutrition characteristics (Bressani, 1990).

This research had as purpose to study several variables related to tortilla quality in a niche of the Sierra de Puebla, determined in different native varieties of varietal pattern of maize, associating different elaboration styles (style-collect) in order to find out their effect on the variables of quality. The hypothesis was that native breed varieties show variations associated to grain characteristics of components in a varietal pattern, and that the styles generate differences, according to the way each housewife handles her native breed variety.

MATERIALS AND METHODS

The work was carried out in Ecatlán, Jonotla, in the northern part of the Sierra de Puebla, a relatively isolated locality, inhabited by about 210 families belonging to a Totonaca ethnic group, with 840 inhabitants (INEGI, 1992). The coordinates are 20° 03' 10" N, 97° 33' 33" W; the average height is 620 m, and the annual mean temperature 21.2 °C. The site has an annual mean precipitation of 3928 mm, and the climate belongs to type AC m (w") (i') g.

Supply of the genetic material

An ethnophytogenetic exploration was made in the community, gathering 19 samples of native breed maize, which were from the harvest July-August, 2000. In addition, a sample of CONASUPO maize

precipitación media anual es 3928 mm; y el clima pertenece al tipo AC m (w") (i') g.

Acopio del material genético

Se realizó a una exploración etnofitogenética en la comunidad, reuniendo 19 muestras de maíces criollos, los cuales provinieron de la cosecha de julio-agosto de 2000; adicionalmente se colectó e incluyó como testigo un maíz de CONASUPO, que no tiene las características de los criollos.

Análisis físico del grano

La dureza del grano se obtuvo mediante el índice de flotación (Wichser, 1961). Su color se expresó en porcentaje de reflectancia usando un AGTRON Relative Spectral Reflectance, marca "Magnuson Engr. INC" de fabricación estadounidense, siguiendo el método 13.30 (AACC, 1983). Para el peso hectolítrico se siguió el método 81-10 de la AACC (1983). Para el tamaño de semilla se tomaron 10 granos al azar, a los que se les midió la longitud, anchura y espesor; para peso de 100 semillas, se escogieron y pesaron 100 granos, corrigiéndose a 14% de humedad; basándose en las técnicas de muestreo del laboratorio de calidad de tortilla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Vázquez *et al.*, 1990).

Nixtamalización y elaboración de tortilla

Se registró el proceso de nixtamalización y elaboración de tortilla a escala casera con nueve amas de casa, quienes usaron su propio maíz (estilo-variedad). La molienda del nixtamal fue mecanizada, en molinos dotados de dos piedras circulares de 35 cm de diámetro, de fabricación industrial. A la masa obtenida del molino sólo se le dio un repaso; el resto del acondicionamiento se efectuó en un metate.

Análisis de textura de masa y tortilla

La textura de la masa y la tortilla se determinaron en un texturómetro Universal (Instron, modelo 1120, de fabricación estadounidense), con dos repeticiones. Se siguió la técnica descrita por Salinas *et al.* (1995), con una celda de carga de 2 kg, velocidad de cabezal de 5 cm/min y del graficador de 10 cm/min. En masa, se evaluó dureza, adhesividad y factor de tensión-compresión (FCT) en tres puntos, con una esfera de 1/2". En tortilla se evaluó dureza y punto de ruptura en tres mediciones: una en el centro y dos en la orilla con un punzón punta de estrella, considerando que tres puntos repetidos en todas las tortillas permiten tener una buena estimación tanto del efecto lineal como del cuadrático.

Análisis físico de la tortilla

Se determinó diámetro, grosor y peso de tortilla una hora después de elaborada (4 repeticiones); tiempo de cocción y de elaboración de 10 a 20 tortillas. Se consideró como tiempo de elaboración el que

was included as control, which does not have the characteristics of the native breed.

Physical analysis of the grain

The hardness of grain was determined by means of the flotation index (Wichser, 1961). Its color was expressed in percentage of reflectance using a Relative Spectral Reflectance AGTRON, trademark "Magnuson Engr. INC", made in U.S.A., employing the 13.30 method (AACC, 1983). To determine the weight in hectoliters, the 81-10 method (AACC, 1983) was used. For seed size, 10 grains were picked at random and their length, width, and thickness measured. A hundred grains were taken and weighed to fix the weight of 100 seeds, correcting at 14% of humidity, based on the sampling techniques of the laboratory of tortilla quality of the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Vázquez *et al.*, 1990).

Nixtamalization and elaboration of tortilla

The process of nixtamalization and baking of tortilla was recorded, home scale, with nine housewives, who used their own maize (style-variety). The grinding of nixtamal (cooked maize) was mechanized, done in industrially made mills, equipped with two circular stones of about 35 cm diameter. The nixtamal, passed through the mill, had only one more grind, and the rest of the work was done manually on a metate (flat grindstone).

Analysis of dough and tortilla texture

The texture of dough and tortilla was determined in a Universal texturometer (Instron, model 1120, made in U.S.A.) with two repetitions, following the technique described by Salinas *et al.* (1995), with a load cell of 2 kg, headstock speed of 5 cm/min, and chronograph of 10 cm/min. Hardness, adhesiveness, and tension-compression factor (TCF) of the dough were evaluated at three points, using a sphere of 1/2". For tortilla, hardness and breaking point were measured at three points with a star-point awl, one in the center and two at the edge, considering that three points, repeated in every tortilla, allow a good estimation of the linear effect as well as of the quadratic one.

Physical analysis of the tortilla

Diameter, thickness, and weight per tortilla, as well as the cooking and elaboration time of 10 to 20 tortillas were determined one hour after their elaboration (four replications). The time from the beginning of preparing the dough until the moment the tortilla was placed on the comal (hotplate for cooking) was considered as time of elaboration, including the previous forming of the tortilla by hand and the final forming with the manual tortilla press. The cooking time was measured from the moment the tortilla was placed on the cooking plate until it was retired. The variables of the physical analysis of grain and tortilla, and of dough and tortilla texture were

tardaron en acondicionar la masa hasta el momento en que se colocó la tortilla en el comal, incluyendo el moldeo previo con la mano y el moldeo final con la tortilladora manual. El tiempo de cocción se midió desde el momento en que se colocó la tortilla sobre el comal hasta que fue retirada. Las variables del análisis físico de grano y tortilla y la textura de masa y de tortilla se analizaron bajo un diseño experimental completamente al azar. Se realizó análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey, 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físico del grano

Los maíces amarillos y la variedad ocho, que segregó maíces rojos, fueron de los más duros.

En reflectancia (color) (Cuadro 1) se distinguieron maíces blancos (80%), amarillos (10%), azules (5%) y pintos (5%) (pintos: mazorcas con granos blancos, salpicadas con granos de otro color). Los colores observados tienen correspondencia con el patrón varietal detectado en el altiplano central (López y Muñoz 1984).

El peso hectolítrico mostró que los maíces son relativamente densos aunque no tanto como la recolecta 22, maíz de CONASUPO. El índice de flotación, indicativo de dureza, fluctuó de 4.1 a 58.3. Estos extremos tienen relación con el tipo de almidón, que es de naturaleza

evaluated under a completely randomized experimental design. Analysis of variance and tests of means (Tukey, 0.05) were carried out.

RESULTS AND DISCUSSION

Physical analysis of grain

The yellow maize types and variety eight, which segregated red grains, were the hardest.

In reflectance (color) (Table 1), white (80%), yellow (10%), blue (5%), and pinto (5%) maize types were distinguished (pinto: cobs with white grains, dotted with grains of a different color). The colors observed correspond with the varietal pattern detected in the central high plain (López and Muñoz, 1984).

The weight in hectoliters showed that the maize types are relatively thick though not as much as sample 22, CONASUPO maize. The flotation index, indicative of hardness, fluctuated between 4.1 and 58.3. These extremes are related to the type of starch, being of corneous nature in the thickest or hardest kinds, and floury in the softest or lightest ones. In the first kinds, amylopectin molecules predominate, whereas in the light ones, those of amylose, with numerous variants and modifiers, are dominant (Boyer and Hannah, 1994).

Cuadro 1. Características físicas del grano de las 20 recolectas.

Table 1. Physical grain characteristics of the 20 samples.

Estilo	Número de recolecta	IF-Dureza de grano	R (%)	PH (kg/hl) [†]	A (mm)	L (mm)	G (mm)	P100 (g) [‡]	
	1	40.4	I	61.5 B	69.9efghi	9.2ab	11.4a	4.3ab	31.8hij
Rosa [¶]	2	38.2	I	61.5 B	69.7fghi	10.1ab	11.1a	4.9a	40.6ab
Rebeca [¶]	3	63.0	S	65.5 B	68.6i	10.6a	10.9a	4.3ab	39.4abc
	5	28.7	D	65.5 B	69.3ghi	9.7ab	11.3a	4.2ab	35.7def
	6	55.0	I	60.0 B	70.1defghi	9.2ab	10.3a	4.4ab	29.8ijk
	7	8.2	MD	61.5 B	72.5bcd	10.2ab	11.4a	4.5ab	38.3bcd
	8	14.9	D	52.0 SR	72.4bcde	9.6ab	11.4a	4.4ab	38.4bcd
	9	40.0	I	61.3 B	69.4ghi	9.6ab	12.2a	4.4ab	37.2cde
Estela [¶]	11	35.1	D	61.5 B	71.9bcdefg	9.5ab	11.3a	4.9a	34.8efg
Herminia [¶]	12	58.3	I	61.8 B	69.5ghi	8.9b	10.6a	4.4ab	30.9hijk
	13	34.5	D	61.0 B	70.1defghi	9.8ab	11.4a	4.1ab	35.9def
Isabel [¶]	14	52.0	I	0.0 Az	70.0defghi	9.6ab	10.4a	4.4ab	31.4hij
	16	4.1	MD	36.0 A	74.5b	9.0ab	11.9a	3.5b	32.0ghi
Ernestina [¶]	17	22.6	D	61.3 B	72.1bcdef	9.3ab	11.4a	3.8ab	29.6ijk
	18	42.2	I	66.8 B	69.2hi	9.3ab	12.2a	4.2ab	33.5fgh
Raquel [¶]	19	28.5	D	64.0 B	71.3cdefgh	9.9ab	11.5a	4.6ab	42.0a
	20	25.1	D	53.0 B	73.0bc	9.4ab	10.8a	4.3ab	28.3k
Francisca [¶]	21	20.6	D	43.5 A	72.5bcde	9.2ab	10.3a	4.3ab	28.9k
	22	54.7	I	61.0 B	78.4a	8.9b	10.8a	4.5ab	30.1ijk
Carmen [¶]	23	33.3	D	61.0 B	72.4bcde	9.7ab	11.4a	4.9a	37.7bcde

IF=Índice de flotación; S=Suave, I=Intermedio, D=Duro, MD= Muy duro; R= Reflectancia (color); A=Amarillo, Az=Azul, B=Blanco, SR=Segrega rojo; PH= Peso hectolítrico; P100= Peso de 100 semillas; A=Anchura; L=Longitud; G=Grosor. Promedios seguidos por la misma de letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). [†] = Corregido a 14 %. [¶] = Los nueve estilos que se estudiaron. IF=flotation index; S=soft; I=intermediate; D=hard; MD=very hard; R=reflectance (color); A=yellow; Az=blue; B=white; SR=segregates red; PH=weight in hectoliters; P100=weight of 100 seeds; A=width; L=length; G=thickness. Means followed by the same letter are statistically not different (Tukey, $p \leq 0.05$). [†] = Corrected at 14%; [¶] = The nine studied styles.

córnea en los más densos o duros y harinosa en los más blandos o ligeros; en los primeros predominan las moléculas de amilopectina y en los ligeros las de amilosa, con numerosas variantes y modificadores (Boyer y Hannah, 1994).

Destacó la poca variación del grano en peso de 100 semillas, así como en anchura, longitud y grosor (Cuadro 1).

Proceso de nixtamalización

En la comunidad de estudio todas las amas de casa nixtamalizaron siguiendo el proceso tradicional, con variantes en la concentración de cal y agua; el proceso no se diferenció considerablemente entre amas de casa (Figura 1).

Masa

La adhesividad tuvo un perfil parecido al de la dureza de masa ($r=0.86, p\leq 0.003$) (Figura 2), lo que se refleja en el paralelismo entre ambas líneas. En cambio en FCT el perfil fue diferente ($r=0.36, p\leq 0.35$), consecuentemente la tendencia de la línea discrepa de las de dureza y adhesividad.

En las líneas de dureza y de adhesividad, los maíces de colores ocupan la parte baja, en tanto que los blancos ocupan la alta; por otra parte, al calcular los contrastes de maíces azules vs. blancos y amarillos vs. blancos, para dureza de grano (Cuadro 1) y para las tres variables de la Figura 2 resultaron significativos, lo que indica que las variaciones se relacionan con los tipos de grano marcados con colores en los patrones varietales.

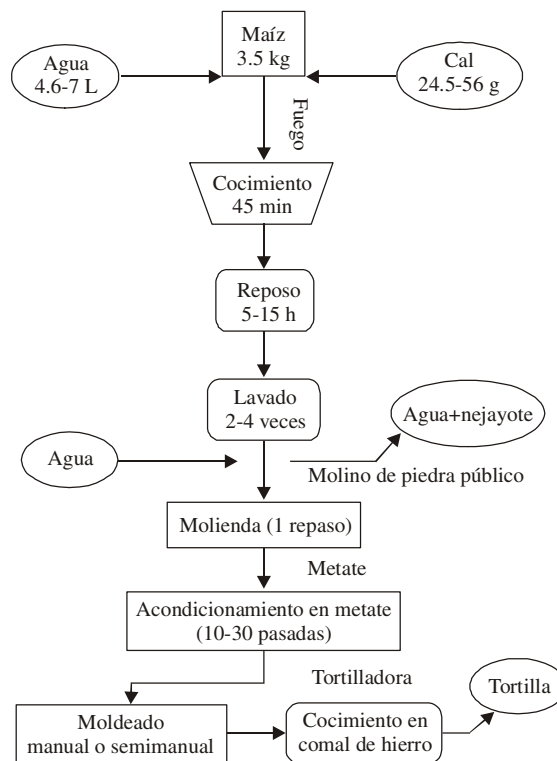


Figura 1. Diagrama de flujo y variaciones del proceso de nixtamalización en la comunidad de Ecatlán, Puebla.
Figure 1. Flow chart and variations of the nixtamalization process in the community of Ecatlán, Puebla.

Little variation of grain was notable in the weight of 100 seeds, as well as in width, length and thickness (Table 1).

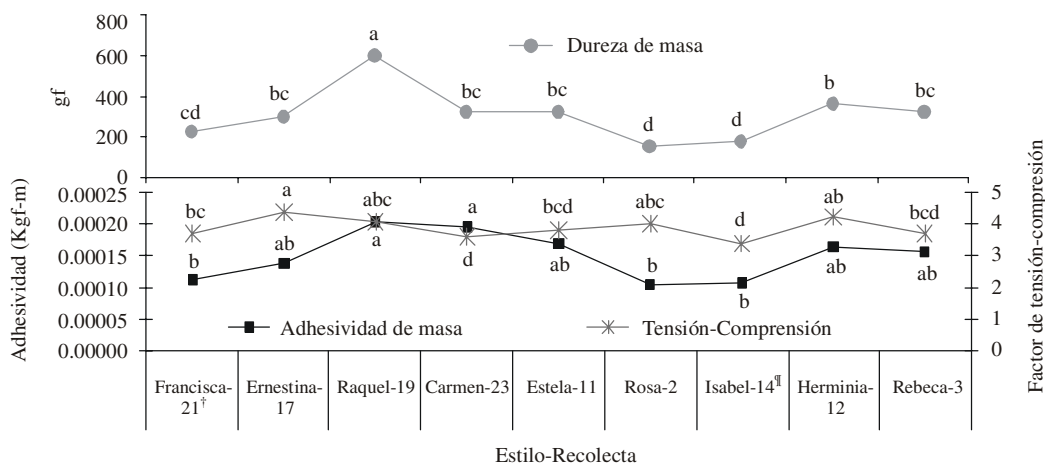


Figura 2. Textura promedio de masa por Estilo-Recolecta.
Figure 2. Mean texture of dough by style-collection.

Figura 2. Textura promedio de masa por Estilo-Recolecta.
Figure 2. Mean texture of dough by style-collection.

†Maíz amarillo; ‡Maíz azul. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes,

(Tukey, $p\leq 0.05$) ❖ †Yellow maize; ‡Blue maize. Means with the same letter are statistically not different (Tukey, $p\leq 0.05$).

Twillman y White (1988), en masa de gránulo grueso, encontraron una correlación positiva entre dureza y adhesividad similar a la observada en este trabajo; no así Ramírez-Wong y Ortega (1994) y Salinas *et al.* (1995) quienes usaron masa de granulo medio, discrepancias que pueden ser atribuidas a los tipos de maíz utilizados o incluso a diferencias en las metodologías.

Una dureza aceptable va de 209 a 530 gf, intervalo que incluyó a todas las masas, excepto las procesadas por la señora Raquel (Figura 2), que usó una variedad dura y densa (Cuadro 1) lo que, unido a su estilo de nixtamalización, genera una interacción estilo-variedad que se refleja en el alejamiento de ese punto (Figura 2) y afecta el paralelismo.

Tortilla

La dureza de la tortilla de Ernestina destaca del resto (Figura 3), lo que puede deberse en buena medida a un manejo un tanto extremo, ya que extendió las tortillas más rápido (Figura 4), elaboró las tortillas más pesadas, de mayor diámetro, y de menor reflectancia entre los maíces blancos (Figura 4); adicionalmente Ernestina aplicó más cal (1.7 en un intervalo de 0.68 a 2% respecto al peso de maíz nixtamalizado). El exceso de cal, puede provocar una sobregelatinización de almidones (Khan *et al.*, 1982; Almeida y Rooney, 1996), aumento de la adhesividad y resecamiento y endurecimiento más rápidos de la tortilla (Bedolla y Rooney, 1982); el mayor peso se refleja en el grosor (4 mm) que incluso, según Khan *et al.* (1982), amerita aplicar una corrección a la dureza; el color más oscuro (menor reflectancia) implica una cocción más severa en relación con los otros maíces blancos. Comparando el maíz de Ernestina con los otros maíces blancos (Cuadro 1) no se aprecia una diferenciación extrema, lo que sugiere que el comportamiento específico de la dureza de las tortillas de Ernestina puede ser atribuido más al manejo

Nixtamalization process

All the housewives in the community under study prepared nixtamal according to the traditional process, the concentration of lime and water varying; the process was not considerably different among housewives (Figure 1).

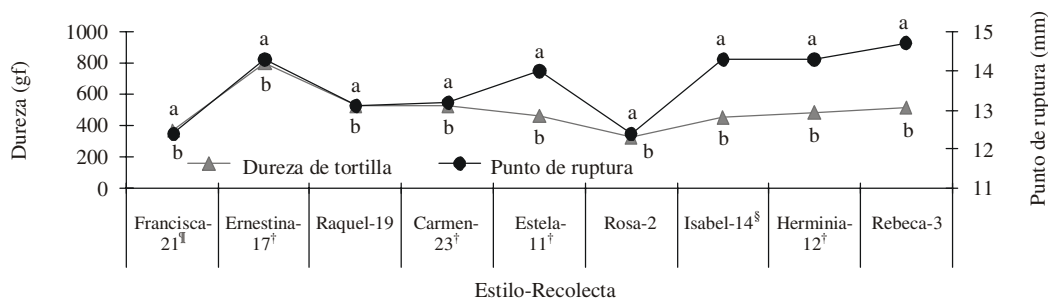
Dough

Adhesiveness had a profile similar to that of hardness of the dough ($r=0.86$, $p\leq 0.003$) (Figure 2), which shows in the parallelism of both lines. In TCF, however, the profile was different ($r=0.36$, $p\leq 0.35$), consequently, the tendency of the line differs from the lines of hardness and adhesiveness.

In the lines of hardness and adhesiveness, maizes of colors occupies the low part, whereas the white ones are in the high part; on the other hand, when calculating the contrasts of blue maize vs. white, and yellow vs. white, for hardness of grain (Table 1) and for the three variables of Figure 2, they turned out to be significant, which indicates that the variations are related to the types of grain marked with colors in the varietal patterns.

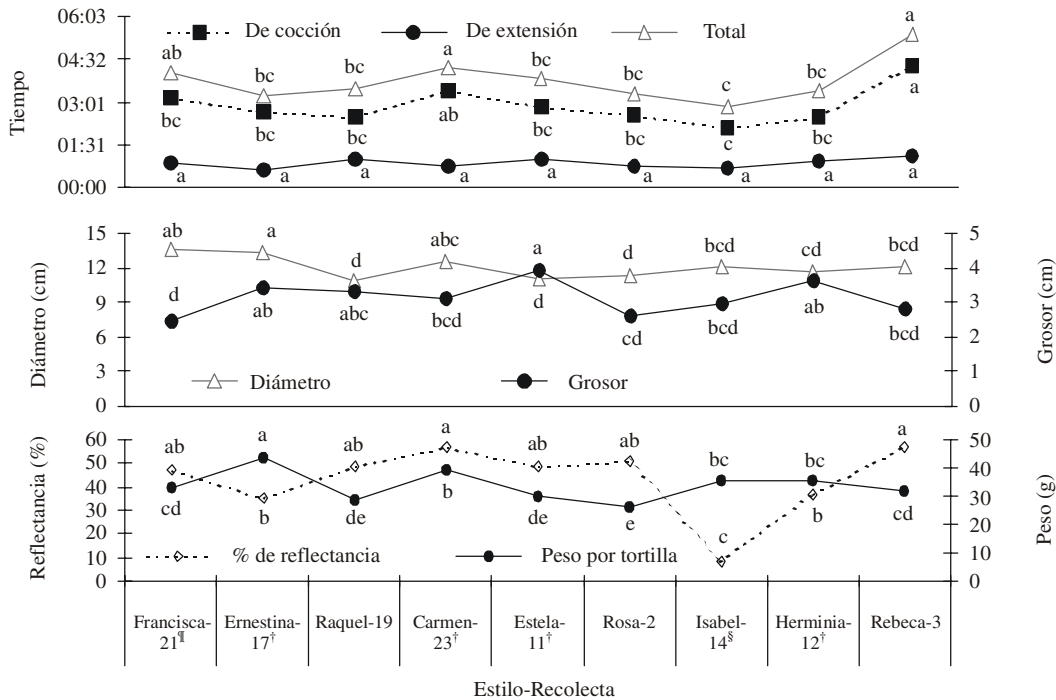
Twillman and White (1988) found, in thick-granule dough, positive correlation between hardness and adhesiveness, similar to the one observed in this work, unlike Ramírez-Wong and Ortega (1994) and Salinas *et al.* (1995), who used dough of intermediate granule; discrepancies may be attributed to the types of maize utilized, or even to differences in methodologies.

An acceptable hardness has a range from 209 to 530 gf, interval that included all types of dough, except the ones processed by Mrs. Raquel; which used a hard and dense variety (Table 1), which, together with style of nixtamalization, generates style-variety interaction, which is reflected in the separation of this point (Figure 2) and affects parallelism.



[†]Elaboradas sin tortilladora manual; [¶]Maíz amarillo; [§]Maíz azul. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($p<0.05$), según Tukey ✦ [†]Made without manual tortilla press. [¶]Yellow maize; [§]Blue maize. Means with the same letter are statistically not different ($p<0.05$) according to Tukey.

Figura 3. Textura promedio de tortilla por Estilo-Recolecta.
Figure 3. Mean texture of tortilla by style-collection.



[†]Elaboradas sin tortilladora manual; [‡]Maíz amarillo; [§]Maíz azul. Promedios con la misma combinación de letras no son estadísticamente diferentes, (Tukey, $p \leq 0.05$) * [†]Made without manual tortilla press; [‡]yellow maize, [§]blue maize. Means with the same combination of letters are statistically not different (Tukey, $p \leq 0.05$).

Figura 4. Características físicas de tortilla por Estilo-Recolecta.

Figure 4. Physical characteristics of tortilla by style-variety.

que a la genética de la variedad; de cualquier manera ilustra en qué medida el manejo puede diferenciar las expresiones de calidad, independientemente de la genética.

El tiempo de cocción estuvo asociado al de extensión ($r=0.69$, $p \leq 0.03$). El tiempo de cocción y la reflectancia (indicativa del color del grano) muestran asociación ($r=0.67$, $p \leq 0.05$), lo que se traduce en que los maíces blancos requirieron mayor tiempo que los de colores. La secuencia en términos de reflectancia es como sigue: blancas (49 a 57% de reflectancia), amarillas (47%) y azules (8%) (Figura 4). este valor está asociado con las componentes del patrón varietal del altiplano (López y Muñoz, 1984), e indica que los colores de dichas componentes llevan ligadas propiedades diferenciales de la calidad de la tortilla, en concordancia con el uso específico que les confieren los campesinos. En general el tipo de maíz introducido, como el de CONASUPO usado en este trabajo, es muy duro y carece de las propiedades de un maíz criollo; y es que el destino de esos maíces no es la alimentación del hombre sino de los animales (White 1994).

El tiempo de extensión sin usar tortilladora manual no se diferenció del tiempo empleado usando dicho instrumento, aun cuando se esperaría un menor tiempo en el segundo caso, lo que se debe a la destreza de las señoras.

Tortilla

The hardness of Ernestina's tortilla is outstanding among the others (Figure 3), which might be largely due to a somewhat extreme way of processing, as she extended the tortillas faster than the other women (Figure 4); she made the heaviest tortillas with the largest diameter and less reflectance among the white maize types. Additionally, Ernestina added more lime (1.7 in an interval of 0.68 to 2%, with respect to the weight of the nixtamal). This excess of lime may provoke a super-gelatinization of starches (Khan *et al.*, 1982; Almeida and Rooney, 1996), increase of adhesiveness, and faster drying up and hardening of the tortilla (Bedolla and Rooney, 1982). Higher weight shows in the thickness (4mm), which, according to Khan *et al.* (1982) even merits to apply a correction to hardness; the darker color (less reflectance) implies severer cooking in relation with the other types of white maize. Comparing Ernestina's maize with other white types (Table 1), an extreme difference cannot be noticed, which suggests that the specific hardness of Ernestina's tortillas can be attributed more to the processing than to genetics of the variety; anyway, it illustrates to what extent handling may differentiate expressions of quality, independently of genetics.

En diámetro no se apreció una tendencia por el uso o no de tortilladora (Figura 4). Las tortillas más gruesas variaron de 3.3 a 4.0 mm y fueron procesadas sin tortilladora manual, excepto las de la señora Raquel, que sí la utilizó (Figura 4).

CONCLUSIONES

El patrón varietal de la región central de Puebla, cuyas componentes o grupos de precocidad están marcados con los colores blanco amarillo y azul, mostraron extensión en el nicho de Ecatlán, en donde los maíces de esos colores exhibieron una gradación en las variables de calidad de masa y tortilla, congruente con la estructura genética y usos del patrón varietal. Los maíces blancos mostraron mayor dureza y adhesividad de masa, mayor reflectancia, tiempo de extensión y tiempo de cocción de tortilla; el maíz azul tuvo menor dureza y adhesividad de masa, menor reflectancia, tiempo de extensión y tiempo de cocción de la tortilla; en tanto que los amarillos mostraron un comportamiento intermedio entre los dos anteriores.

El manejo del proceso de elaboración tradicional de la tortilla, por parte de una ama de casa en particular, llegó a modificar sustancialmente los valores de calidad, independientemente de lo atribuible al efecto genético, lo que da idea del potencial que tiene el manejo sobre la calidad de la tortilla.

Los procesos de nixtamalización muestreados no tuvieron mucha variación, lo que indica cierto grado de especialización.

Las dimensiones del grano tuvieron poca variación, no así sus propiedades intrínsecas en términos de las variables de calidad usadas.

La tecnología usada tuvo suficiente sensibilidad para detectar las diferenciaciones generadas por los productores y expresadas a través de la estructura genética del patrón varietal.

LITERATURA CITADA

- Almeida, H. D., y L. W. Rooney. 1996. Avances en la manufactura y calidad de los productos de maíz nixtamalizado. *In: Exce-lencia en calidad de tortillas y botanas de maíz y trigo. Asociación americana de soya. United Soybean Board. México. pp: 14-19.*
- American Association of Cereal Chemists (AACC). 1983. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 7th Ed. The Association. Rev. St. Paul. Minn. 1020 p.
- Bedolla, S., and L. W. Rooney. 1982. Cooking maize for masa production. *Cereal Foods World* 27: 219-221.
- Bourne, M. C. 1982. Food texture analysis. *Food Technology* 32: 62-66.
- Boyer Ch. D., y L. C. Hannah. 1994. Kernel mutantes of corn. *In: A. R. Hallauer (ed). Specialty Corns. CRC. Boca Raton FL. pp:1-28.*
- Bressani, R. 1990. Chemistry, technology and nutritive value of maize tortilla. *Food Reviews International* 6: 225-264.

The cooking time was associated to the time of extension ($r=0.69$, $p\leq 0.03$). Cooking time and reflectance (indicative of grain color) show association ($r=0.67$, $p\leq 0.05$), resulting in longer cooking time required by the white maize types than by the colored ones. As for reflectance, the sequence is the following: white maize (49 to 57% of reflectance), yellow (47%), and blue maize (8%) (Figure 4). This value is related to the components of the varietal pattern of the high plain (López and Muñoz, 1984) and indicates that the colors of said components are linked to differential properties of tortilla quality, according to the specific use country people give them. In general, introduced maize as the one denominated CONASUPO in this work, is very hard and does not have the properties of native breed, since these maize types should not be used for human food, but for feeding animals (White, 1994).

Handmade tortillas required the same time of extension as the ones made with a manual tortilla press, even though the latter were expected to need less time; this is due to the women's skill.

The use of the tortilla press did not influence the diameter of the tortilla (Figure 4). The thickest tortillas varied from 3.3 to 4.0 mm and were made without using the manual press, except Mrs. Raquel's, who did use a tortilla press (Figure 4).

CONCLUSIONS

The varietal pattern of the central region of Puebla, whose components or groups of precociousness are marked with the colors white, yellow, and blue, occupied the niche of Ecatlán, where maize of these colors showed gradation in the variables of dough and tortilla quality, coherent with the genetic structure and the uses of the varietal pattern. The white maize types presented greater hardness and dough adhesiveness, greater reflectance and required more extension and cooking time for the tortilla. Blue maize had less hardness and dough adhesiveness, and tortillas had less reflectance and shorter extension and cooking time; whereas yellow maize presented an intermediate behavior between the aforementioned types.

Processing tortilla in the traditional way, one housewife in particular was able to modify substantially the values of quality, independently of what can be attributed to the genetic effect. This gives an idea of the potential and the effect of handling on tortilla quality.

The processes of nixtamalization sampled did not show much variation, which indicates a certain degree of specialization.

Grain dimensions varied little, unlike its intrinsic properties in terms of the used variables of quality.

The technology employed was sensitive enough to detect the differentiations generated by the producers and

- Cuevas S., J. A., S. Miranda C., y J. Sahagún C. 1998. Cotejo experimental de variables utilizadas por agricultores tradicionales en la selección de semilla de maíz. *In: Memorias del XVII Congreso de fitogenética*. 5-9 octubre 1997. Sociedad Mexicana de Fitogenética. pp: 267.
- Cole, M. E. 1991. Review: prediction and measurement of pasta quality. *Int. J. Food Sci. and Tech.* 25: 133-151.
- Gil M. A., A. Muñoz O., A. Carballo C., y A. Trinidad S. 1995. El patrón varietal de maíz en la región sureste de la sierra purépecha. I. Variables importantes empleadas en su definición. *Rev. Fitoec. Mex.* 18: 163-173.
- Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). 1992. XI Censo General de la Población y Vivienda. 1990. Puebla, Resultados Definitivos. Datos por localidad. México. p. 28.
- Katz, S. H., M. L. Hediger, and L. A. Vellero. 1974. Traditional maize processing techniques in the new world. *Science* 184: 765-773.
- Khan, M. N., M. D. Des Rosiers, L. W. Rooney, R. G. Morgan, and V. E. Sweat. 1982. Corn tortillas: Evaluation of corn cooking procedures. *Cereal Chemistry* 59: 279-284
- López H. A., y A. Muñoz O. 1984. Relación de la coloración del grano con la precocidad y la producción en maíces de valles altos. *Rev. Chapingo* 43.44: 31-37.
- Muñoz O., A. 1988. Resistencia a factores adversos y mejoramiento de los patrones etnofitogenéticos de la Mixteca. *In: Memoria del seminario Cómo aumentar la producción agropecuaria y forestal en la región Mixteca Oaxaqueña*. 13 a 14 de agosto de 1987, en Tliltepec Oax. Campus Puebla Colegio de Postgraduados. Tomo II. pp: 537-548.
- Muñoz O., A., y J. A. Cuevas S. 2000. Diversidad genética, su evolución y su sostenibilidad: maíz y cultivos contemporáneos. *In: Memorias del IV Simposio Internacional y V Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible*. 24 a 27 de octubre de 1999. Colegio de Postgraduados, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Fundación Produce Michoacán. pp: 341-348.
- Ramírez-Wong, B., y F. Ortega. 1994. Evaluación de las propiedades reológicas y texturales de masa y tortilla de maíz comercial. *Revista de Ciencias Alimentarias* 2(1): 1-8.
- expressed through the genetic structure of the varietal pattern.
- End of the English version—
- *—
- Ramírez-Wong, B., V. E. Sweat, P. I. Torres, and L. W. Rooney. 1993. Development of two instrumental methods for corn masa texture evaluation. *Cereal Chemistry*. 70: 286-290.
- Romero P. J., y A. Muñoz O. 1996. Patrón varietal y selección de variedades de maíz para los sistemas agrícolas en la región de Tierra Caliente. *Agrociencia* 30: 63-73.
- Rooney, L. W., and S. O. Serna-Saldívar. 1987. Food uses of whole corn and dry milled fractions. Chapter 13. *In: Corn chemistry and technology*. Watson, S. A. and P. E. Ramstad. (Eds). AACC. Inc. St. Paul Minnesota, USA. pp: 399-430.
- Salinas M., Y., J. Castillo M., y G. Vásquez C. 1995. Aspectos reológicos y de textura en masa y tortilla de maíz. *Alimentos* 20: 4-11.
- Twillman, T. J., and P. J. White. 1988. Influence of monoglycerides on the textural shelf life and dough rheology of corn tortillas. *Cereal Chemistry* 65(3): 253-257.
- Vázquez C. G., A. R. Márquez, y F. Márquez S. 1990. Evaluación física, química y tortillera del compuesto pepitilla de maíz. *Rev. Fitotecnica Mexicana* 13: 117-128.
- Wichser, W. R. 1961. The world of corn processing. *Am. Miller Process*. 89(3): 23-24; 29-31.
- White P. J. 1994. Properties of corn starch. *In: A. R. Hallauer (ed). Specialty Corns*. CRC. Boca Raton FL. pp: 31-54.