

CARACTERIZACIÓN DE HARINAS COMERCIALES DE MAÍZ NIXTAMALIZADO

CHARACTERIZATION OF COMMERCIAL NIXTAMALIZED MAIZE FLOURS

Rivelino Flores-Farías¹, Fernando Martínez-Bustos¹, Yolanda Salinas-Moreno² y Elvira Ríos³

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Querétaro. Apartado Postal 1-798. 76001. Querétaro, Querétaro. ²Laboratorio Nacional de Maíz. INIFAP. Apartado Postal 10. 56230. Chapingo, Estado de México. (yolysamx@yahoo.com). ³Departamento de Biotecnología y Bioingeniería CINVESTAV del Instituto Politécnico Nacional. Colonia San Pedro Zacatenco Núm. 2508. México, D. F.

RESUMEN

En el presente estudio se analizaron tres harinas comerciales de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado (HCMN) producidas en México a las que se denominó HI-A, HI-B y HI-C. Cada una de estas harinas provino siempre de la misma planta procesadora y los análisis se realizaron con intervalos de un mes, durante cuatro meses consecutivos. Los resultados mostraron una amplia variación en las características físicas y composición de las harinas. En todas las muestras se detectó la presencia de aditivos y conservadores. Entre los aditivos se encontró goma guar en las harinas HI-A (0.38%) y HI-B (0.32%), en la harina HI-C se halló goma guar (0.20%) y goma xantana (0.18%). Los emulsificantes encontrados fueron monoglicérido amidan en HI-B y estearil-lactato en HI-A. De los conservadores se encontró ácido propiónico (0.17%) en la harina HI-A, en la HI-B (0.20%) y en HI-C (0.35%); el sorbato de potasio sólo se detectó en la HI-A, en tanto que el ácido fumárico se halló en HI-C. Las mayores variaciones en composición química de las harinas entre muestreos se presentaron en el contenido de amilosa en HI-B, extracto etéreo y cenizas en HI-A, y calcio en HI-C. Las tres harinas presentaron diferencias significativas entre muestreos en humedad, color, pH, distribución de tamaño de partícula, capacidad de absorción de agua subjetiva, capacidad de hidratación e índice de solubilidad en agua. Las tres harinas mostraron diferencias en relación con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana (NOM) para harina nixtamalizada, principalmente en lo relativo al uso de aditivos y conservadores.

Palabras clave: *Zea mays*, calidad, evaluación, harina nixtamalizada.

INTRODUCCIÓN

La industria de harina de maíz nixtamalizado en el país data de 1949, año en que inició sus actividades el grupo industrial Molinos Azteca, S. A.; en 1951 Maíz Industrializado, S. A. (MINS A) registró la primera patente para la producción de esta harina, la cual fue desarrollada por el Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas (IMIT) (Sánchez-Armas, 1996).

Recibido: Enero, 2001. Aprobado: Junio, 2002.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 36: 557-567. 2002.

ABSTRACT

Three commercial Mexican nixtamalized maize (*Zea mays* L.) flours (CMNMF) denominated HI-A, HI-B, and HI-C were evaluated. Each flour was sampled from the same mill; analyses were performed at intervals of one month for four consecutive months. The results showed a wide variation in physical characteristics and composition of the flours. In all samples of the three maize flours additives and preservatives were detected. Among the additives were found guar gum in HI-A (0.38%), HI-B (0.32%), and HI-C (0.20%). HI-C also contained xanthan gum (0.18%). Emulsifiers found were amidan monoglyceride in HI-B and steryl lactate in HI-A. Preservatives found were propionic acid in was detected only HI-A (0.17%, HI-B (0.20%), and HI-C (0.35%); potassium sorbate in HI-A; and fumaric acid in HI-C. The main variations in the chemical composition of flours among samplings were found in the content of amylose in HI-3, ether extract and ashes in HI-A, and calcium in HI-C. There were significant differences among the samples in moisture, color, pH, particle size distribution, subjective water absorption capacity, water solubility index, and swelling capacity. The three CMNMF were different in terms of the specifications established in the current Official Mexican Quality Standard (NOM) for nixtamalized flours, especially in the use of additives and preservatives.

Key words: *Zea mays*, quality, evaluation, nixtamalized flour.

INTRODUCTION

The industry of nixtamalized corn flour in México dates from 1949, the year in which the industrial group Molinos Azteca, S. A., began operation. In 1951 Maíz Industrializado, S. A., (MINS A) registered the first patent for the production of this flour, which was developed by the Mexican Institute of Technological Research (Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas-IMIT) (Sánchez-Armas, 1996).

Nowadays, of the annual domestic production of tortillas (11 million t), 22.75% are made from nixtamalized maize flour, 40.37% from nixtamal dough, and 36.44% with domestic materials (INEGI, 1992). Although the quality of tortillas made from fresh dough is better than that of tortillas made from nixtamalized flour (Gómez *et al.*,

De la producción nacional anual de tortillas (11 millones t), 22.75% se elabora con harina nixtamalizada, 40.37% con masa de nixtamal y 36.64% con material doméstico (INEGI, 1992). Aunque la calidad de la tortilla preparada a partir de masa fresca es superior a la obtenida de harina nixtamalizada (Gomez *et al.*, 1987), esta última ha ganado popularidad entre la población urbana porque elimina las labores intensivas y tediosas del proceso tradicional.

La producción industrial de harina nixtamalizada está basada en el método tradicional de nixtamalización, sistematizado a una producción a gran escala. El proceso incluye básicamente las etapas de recepción, selección, limpieza, almacenamiento del grano, cocimiento alcalino, molienda del grano cocido y la obtención de la masa que es deshidratada, cernida, clasificada y envasada (Rooney y Suhendro, 1999).

El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar física y químicamente harinas comerciales de maíz nixtamalizado producidas durante cuatro meses consecutivos en una misma fábrica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Se analizaron muestras de harina comercial de maíz nixtamalizado provenientes de tres industrias: HI-A (Maseca), HI-B (Minsa) y HI-C (Agroinsa), obtenidas de una misma planta procesadora. La HI-A analizada en este trabajo provino siempre de la misma planta, y cada mes se recibía en el laboratorio una muestra de 10 paquetes (de un kg cada uno). Esto se hizo durante cuatro meses consecutivos.

El trabajo se realizó en el Laboratorio de maíz del INIFAP, ubicado en Chapingo, México y en el de Materiales del CINVESTAV, unidad Querétaro, localizado en la ciudad de Querétaro.

Métodos analíticos

La harina de los paquetes de cada marca fue pesada en una balanza granataria Ohaus, colocada dentro de un homogeneizador para granos, y mezclada para tomar muestras homogéneas de 2.5 kg cada una. También se determinó la densidad (densidad = peso/volumen) mediante el pesado de 1 L de harina en una balanza Ohaus para peso hectolítrico.

En las harinas se determinó humedad, proteína total (N x 6.25), cenizas y pH utilizando, respectivamente, los métodos 44-15A, 46-10, 08-01, y 02-52 de la AACC (1962). La fibra cruda y grasa (extracto etéreo) se evaluaron de acuerdo con los métodos 7.054 y 7.044 de la AOAC (1984). El calcio en las cenizas de las harinas se analizó de acuerdo con el método de espectroscopía de emisión de plasma (Spectro Analytical Instruments, modelo Spectro Flame, Núm. de serie 1665/88). El almidón se obtuvo usando el método enzimático descrito por Herrera y Hubert (1989), hidrolizando el almidón con las enzimas Taka-Therm L-340 y Diazyme L-200. La glucosa se cuantificó con la enzima glucosa oxidasa (Sigma Kit Trinder 500 de Sigma Diagnostics).

1987), the latter has won popularity among the urban population because it eliminates the intensive, tedious labor of the traditional process.

The industrial production of nixtamalized flour is based on the traditional method of nixtamalization, which has been systemized for large-scale production. The process includes, basically, the steps of reception, selection, cleaning, storage, cooking with lye, and grinding the cooked grain to produce the dough, which is dehydrated, sifted, classified and packaged (Rooney and Suhendro, 1999).

This study had the objective of physically and chemically characterizing commercial nixtamalized maize flours produced during four consecutive months in the same factory.

MATERIALS AND METHODS

Raw material

Samples of commercial nixtamalized maize flour from three enterprises: HI-A (Maseca), HI-B (Minsa), and HI-C (Agroinsa), each obtained from a single processing plant, were analyzed. The HI-A analyzed in this work always came from the same plant, and each month a sample of 10 packages (1 kg each) was received in the laboratory. This was done for four consecutive months.

The work was conducted in the Maize Laboratory of INIFAP, located in Chapingo, México, and in the Materials Laboratory of CINVESTAV, Querétaro Unit, located in the city of Querétaro.

Methods of analysis

Flour from the packages of each brand was weighed in an Ohaus grain scale, placed inside a grain homogenizer and mixed to take homogeneous samples of 2.5 kg each. Also, density (density=weight/volume) was determined using the weight of 1 L of flour in an Ohaus scale to obtain the weight of a hectoliter.

Moisture, total protein (N X 6.25), ash, and pH in the flours were determined using, respectively, the methods 44-15A, 46-10, 08-01 and 02-52 of AACC (1962). Crude fiber and fat (ether extract) were determined following the methods 7.054 and 7.044 of AOAC (1984). Calcium in flour ash was analyzed using the method of plasma emission spectroscopy (Spectro Analytical Instruments, model Spectro Flame, Series Num.1665/88). Starch was measured with the enzymatic method described by Herrera and Hubert (1989), in which the starch is hydrolyzed with the enzymes Taka-Therm L-340 and Diazyme L-200. Glucose was quantified with the enzyme glucose oxidase (Sigma Kit Trinder 500 of Sigma Diagnostics). Amylose was determined using the colorimetric method proposed by Juliano (1971).

Analysis of additives

Gums

For the analysis of additives, a single sample of flour was used. This sample was prepared by mixing the four 2.5 kg samples of each brand.

La amilosa se determinó usando el método colorimétrico propuesto por Juliano (1971).

Análisis de aditivos

Gomas

En el análisis de aditivos se empleó únicamente una muestra de cada harina. Ésta se preparó mezclando las cuatro muestras de 2.5 kg de cada marca.

La separación y análisis de las gomas se efectuó de acuerdo con los métodos de la AOAC (1984) con algunas modificaciones. La hidrólisis se realizó con ácido trifluoroacético 0.1 M y la extracción con éter/amberlita. Se usó cromatografía de líquidos de alta resolución, utilizando un detector de UV a 90nm, columna Hypersil 5 APS-2, empleando como una fase móvil acetonitrilo agua (80:20). Para la cuantificación, los monosacáridos obtenidos por la hidrólisis de las diferentes gomas se compararon con estándares de azúcares.

Ácidos grasos

Se midió ácidos grasos en el extracto etéreo de las harinas, de acuerdo con el método 28.060, (AOAC, 1984), con un cromatógrafo de gases con detector de ionización de flama y una columna FFAP (22.4 mm x 1.8 mm). La fase móvil fue gas nitrógeno, a una velocidad de flujo de 2.8 mL min⁻¹. Como referencia se emplearon los glicéridos comerciales: amidan, panodan, lactipol y monoestearato de glicerilo.

Conservadores

Se determinó el contenido de sorbato de potasio, metil parabeno, propil parabeno y los ácidos fumárico y propiónico. Estos dos últimos compuestos se usan comúnmente para reducir el pH del alimento y favorecer la actividad de los conservadores. Para su análisis se usó cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), empleando un detector UV con arreglo de diodos, a una longitud de onda de 210 nm. La columna analítica fue una Rezex (250 mm x 4.6 mm) para ácidos orgánicos y como fase móvil se usó ácido sulfúrico 5 mM, a una velocidad de flujo de 5 mL min⁻¹.

Capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS)

La CAAS es la cantidad de agua que absorbe la harina para obtener una masa de consistencia apropiada para la preparación de tortillas. Se determinó pesando 100 g de harina, se adicionó agua de forma gradual, realizando un amasado manual suave hasta obtener una masa de buena consistencia. La cantidad de agua adicionada se registró como la capacidad de absorción de agua de la harina.

Capacidad de hidratación (CH)

Se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Leach *et al.*, (1959), con algunas modificaciones que consistieron en usar tres temperaturas (60, 70 y 80 °C), para abarcar parte del intervalo donde

Separation and analysis of the gums was performed following the methods of AOAC (1984), with a few modifications. Hydrolysis was done with 0.1 M trifluoroacetic acid and extraction with ether/amberlite. High-resolution liquid chromatography was used with a UV detector at 90 nm, Hypersil 5 APS-2 column, and acetonitrile water (80:20) as a mobile phase. For quantification, the monosaccharides obtained from the different gums by hydrolysis were compared with sugar standards.

Fatty acids

Fatty acids were measured in the ether extract of the flours, following the method 28.060 (AOAC, 1984), with a gas chromatograph with a flame ionization detector and an FFAP column (22.4 mm x 1.8 mm). The mobile phase was nitrogen gas, at a flow velocity of 2.8 mL min⁻¹. As referents, commercial glycerides: amidan, panodan, lactipol, and glyceryl monostearate were used.

Preservatives

The content of potassium sorbate, methyl parabene, propyl parabene, and fumaric and propionic acids was determined. The last two compounds are commonly used to reduce pH in food and facilitate the action of the preservatives. Analysis was performed with high-resolution liquid chromatography (HRLC) using a UV detector with diode array at a wavelength of 210 nm. The analytical column was a Rezex (250 mm x 4.6 mm) for organic acids and, as the mobile phase, 5 mM sulfuric acid was used at a flow velocity of 5 mL min⁻¹.

Subjective water absorption capacity (CAAS)

CAAS is the amount of water the flour absorbs to obtain dough with a consistency suitable for preparing tortillas. To determine CAAS 100 g of flour was weighed and water was added gradually while manually kneading slowly, until a dough of good consistency was obtained. The amount of water added was recorded as the water absorption capacity of the flour.

Swelling capacity (CH)

Swelling capacity was measured following the methodology described by Leach *et al.*, (1959), with some modifications: the use of three temperatures (60, 70, and 80 °C) to cover part of the range in which starch gelatinization occurs. Each flour sample of 2.5 g (dry base) was placed in previously calibrated 50 mL propylene tubes and distilled water was added. The tubes were then placed in a water bath. The suspension was maintained in constant agitation and temperature for 30 min and later centrifuged at 3000 g for 10 min. The supernatant was separated carefully and the weight of the solid residue was recorded. The supernatant was evaporated in an oven at a temperature of 105 °C to constant weight and was later weighed. The swelling capacity (CH) was calculated as the relation between the weight of the

ocurre la gelatinización del almidón. Cada muestra de harina de 2.5 g (base seca) se colocó en tubos de propileno de 50 mL previamente tarados y se adicionó 40 mL de agua destilada; luego los tubos se colocaron en baño María. La suspensión se mantuvo en agitación y temperatura constantes durante 30 min; posteriormente se centrifugó a 3000 g durante 10 min. El sobrenadante se separó cuidadosamente y se registró el peso del residuo sólido. El sobrenadante se evaporó en estufa a una temperatura de 105 °C hasta peso constante y luego se pesó. La capacidad de hidratación (CH) se calculó mediante la relación del peso del residuo de centrifugación y el peso seco de la muestra en cada temperatura probada.

Índice de solubilidad en agua (ISA)

Esta variable se midió de acuerdo con la metodología descrita por Anderson *et al.*, (1969), empleando para el cálculo el mismo criterio descrito para la capacidad de hidratación.

Distribución del tamaño de partícula

Una muestra de 100 g de harina se colocó en el equipo Planchester con las mallas: Núm. 75 (243 mm), 8XX (193 mm), 10XX (137 mm), 11XX (124 mm) y charola. Después de someter a agitación durante 20 min, se separaron y pesaron las fracciones retenidas en las diferentes mallas.

Color

El color de las harinas (reflectancia) fue medido utilizando un colorímetro Agtron modelo M-500A.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, donde los muestreos (tiempo) fueron considerados como bloques. Las variables de respuesta fueron los análisis físicos, químicos y propiedades reológicas de las harinas. Se realizó análisis de varianza y pruebas de comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$) (SAS, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de aditivos

Gomas

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de gomas en las harinas comerciales evaluadas. En las tres harinas se encontró goma guar en diferentes concentraciones, y la más alta fue en HI-A (0.38%); en HI-C se detectó goma xantana (0.18%). No se encontró goma arábica en ninguna. La concentración de las gomas guar y xantana en las harinas es similar a la usada por Yau *et*

centrifuged residue and the dry weight of the sample at each of the tested temperatures.

Index of solubility in water (ISA)

This variable was measured following the methodology described by Anderson *et al.* (1969), using for calculation the same criterion described for swelling capacity.

Distribution of particle size

A 100 g sample of flour was placed in Planchester equipment with screens No. 75 (243 mm), 8XX (193 mm), 10XX (137 mm), 11XX (124 mm) and tray. After agitation for 20 min, the fractions retained in each of the different screens were separated and weighed.

Color

Color of the flours (reflectance) was measured using an Agtron colormeter, model M-500A.

Statistical analysis

A randomized complete blocks design with three replications was used; the samples (time) were considered blocks. The response variables were the physical and chemical analyses, and the rheological properties of the flours. An analysis of variance and a test of comparison of means were performed, using the Tukey test ($p < 0.05$) (SAS, 1985).

RESULTS AND DISCUSSION

Analysis of additives

Gums

Table 1 presents the results of the analysis of gums in the commercial flours evaluated. In the three flours guar gum was found in different concentrations; the highest concentration was found in HI-A (0.38%). In HI-C xanthan gum was found (0.18%). There was no Arabic gum found in any of them. The concentration of guar and xanthan gums is similar to that used by Yau *et al.*

Cuadro 1. Análisis de gomas en harinas comerciales de maíz nixtamalizado.

Table 1. Analysis of gums in commercial nixtamalized maize flours.

| Gomas | Muestras (%) | | |
|---------|--------------|------|------|
| | HI-A | HI-B | HI-C |
| Arábica | † | † | † |
| Guar | 0.38 | 0.32 | 0.20 |
| Xantana | † | † | 0.18 |

† No se detectó.

al., (1994) en tortilla de maíz y coincide con los valores en tortillas de trigo.

La adición de gomas a las harinas nixtamalizadas tiene como fin mejorar las propiedades de textura de la masa y tortilla y favorecen la retención de humedad, por lo que la tortilla se endurece más lentamente (Yau *et al.*, 1994).

Ácidos grasos

La composición relativa de ácidos grasos de las harinas comerciales no correspondió al de la harina testigo (Cuadro 2). Comparando con los glicéridos comerciales usados como referencia (Cuadro 3), se infiere que las harinas contienen glicéridos.

Por la composición de ácidos grasos se puede deducir que la harina HI-C tiene un aditivo que aumenta el contenido de ácido linolénico. Ninguno de los glicéridos de referencia presentó alto contenido de este ácido, por lo que probablemente se le adicionó aceite de soya.

En la harina HI-B el contenido de ácido oleico fue alto y el de ácido linoléico bajo, en relación con la harina de maíz sin aditivos. De acuerdo con la composición de los glicéridos de referencia, la harina HI-B puede tener amidán.

La harina HI-A tuvo un contenido alto de los ácidos palmítico y esteárico y ligeramente bajo de los ácidos oléico y linoléico, en relación con la harina de maíz, por lo que probablemente se le adicionó monoestearato.

La adición de glicéridos a las harinas de maíz nixtamalizado tiene como propósito retardar el proceso de envejecimiento de la tortilla, a través de la interacción de estos compuestos con la amilosa (Twillman y White, 1988).

Cuadro 2. Ácidos grasos en harinas comerciales de maíz nixtamalizado.

Table 2. Fatty acids in commercial nixtamalized maize flours.

| Ácidos grasos | Muestras (%) | | | |
|---------------------------|----------------|-------|-------|-------|
| | Harina testigo | HI-A | HI-B | HI-C |
| Ácido C 14 láurico | 0.10 | 0.48 | 0.10 | 0.53 |
| Ácido C 16 palmítico | 12.34 | 13.79 | 13.96 | 11.71 |
| Ácido C 16:1 palmitoleico | 0.30 | 0.18 | 0.30 | 0.70 |
| Ácido C 18 esteárico | 1.70 | 2.60 | 2.10 | 1.90 |
| Ácido C 18:1 oleico | 29.60 | 28.36 | 33.83 | 24.75 |
| Ácido C 18:2 linoleico | 54.59 | 53.53 | 48.83 | 59.62 |
| Ácido C 18:3 linolénico | 1.39 | 1.25 | 1.16 | 1.47 |

(1994) in maize tortilla and coincides with the concentrations found in wheat flour tortillas.

Gums are added to nixtamalized flours to improve the texture of the dough and tortilla. They help to retain moisture so that the tortilla hardens more slowly (Yau *et al.*, 1994).

Fatty acids

The relative composition of fatty acids in the commercial flours did not correspond to that of the control flour (Table 2). Compared with the commercial glycerides used as referents (Table 3), it can be inferred that the flours contain glycerides.

By the composition of fatty acids, it can be deduced that the flour HI-C contains an additive that increases the content of linolenic acid. None of the referent glycerides had a high content of this acid, and it is therefore probable that soy oil was added.

In flour HI-B, the content of oleic acid was high and that of linoleic acid was low, compared with the maize flour without additives. According to the composition of the referent glycerides, HI-B could contain amidan.

The HI-A flour had high contents of palmitic and stearic acids, and slightly low of oleic and linoleic acids, relative to maize flour, and therefore it is probable that monostearate had been added.

Glycerides are added to nixtamalized maize flours to delay the aging process of tortillas through the interaction of these compounds with amylose (Twillman and White, 1988).

Preservatives

Propionic acid was detected in all three of the flours in different concentrations, while fumaric acid was present

Cuadro 3. Ácidos grasos en los glicéridos de referencia.

Table 3. Fatty acids in referent glycerides

| Ácidos grasos | Aditivos (%) | | | |
|---------------|--------------|---------|----------|---------------|
| | Amidán | Panodan | Lactipol | Monoestearato |
| Ácido C 12 | † | † | † | 0.72 |
| Ácido C 14 | † | 0.18 | 0.65 | 1.97 |
| Ácido C 16 | 12.97 | 11.87 | 55.96 | 53.82 |
| Ácido C 16:1 | 0.16 | 1.66 | * | 0.69 |
| Ácido C 18 | 53.47 | 74.64 | 42.47 | 39.05 |
| Ácido C 18:1 | 33.60 | 9.86 | † | 1.10 |
| Ácido C 18:2 | † | 0.42 | † | 3.53 |
| Ácido C 18:3 | † | † | † | 0.65 |

† No se detectó.

Conservadores

En las tres harinas se detectó ácido propiónico en diferentes concentraciones, en tanto que el ácido fumárico estuvo presente sólo en HI-C (Cuadro 4). El ácido propiónico previene el desarrollo de hongos y levaduras, microorganismos comunes en alimentos amiláceos con alta actividad acuosa. La ventaja de este conservador es que no se acumula en el organismo, ya que se elimina por la orina (Smith, 1990).

Se detectó sorbato de potasio únicamente en HI-A, (0.4%); éste se usa para inhibir el desarrollo de hongos y levaduras. En ninguna harina se encontró metil parabeno o propil parabeno, que son conservadores más restringidos, ya que se permite sólo 0.1% como máximo en alimentos para consumo humano (Smith, 1990).

En las tres harinas, la concentración de los conservadores está dentro del intervalo permitido, excepto en HI-A donde el sorbato de potasio es ligeramente superior al máximo (0.3%) recomendado (Smith, 1990).

Índice de solubilidad en agua y capacidad de hidratación de las harinas

Las harinas estudiadas presentaron diferencias significativas en sus índices de solubilidad en agua entre los cuatro muestreos evaluados; estas diferencias fueron mayores al aumentar la temperatura (Figura 1).

El índice de solubilidad en agua indica la cantidad de sólidos disueltos por el agua cuando una muestra de harina se somete a un exceso de este líquido; indica también el grado de cocción que ha tenido el grano con que se preparó la harina (González *et al.*, 1991).

Para una misma harina, la capacidad de hidratación presentó diferencias significativas entre muestreos (Figura 2). Estas diferencias se pueden atribuir a variaciones en el grado de cocimiento del grano durante la nixtamalización o bien a diferencias en la dureza del grano usado como materia prima.

Cuadro 4. Análisis de conservadores en harinas comerciales de maíz nixtamalizado.

Table 4. Analysis of preservatives in commercial nixtamalized maize flours.

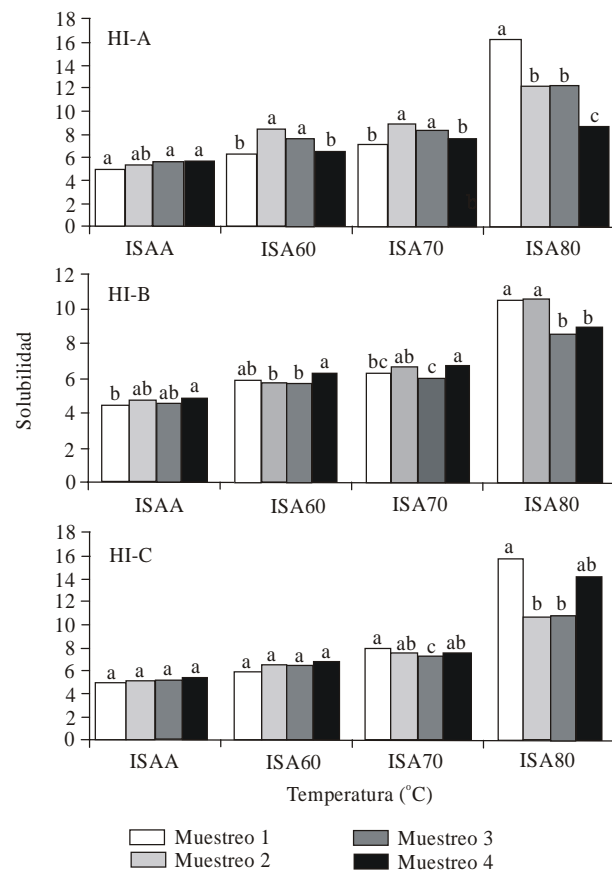
| Conservadores | Muestras (%) | | |
|--------------------|--------------|------|------|
| | HI-A | HI-B | HI-C |
| Sorbato de potasio | 0.40 | † | † |
| Metil parabeno | † | † | † |
| Propil parabeno | † | † | † |
| Acido propiónico | 0.17 | 0.20 | 0.35 |
| Acido fumárico | † | † | 0.12 |

† No se detectó.

only in HI-C (Table 4). Propionic acid acts against fungi and yeasts development, which are common microorganisms in amylaceous foods with a high degree of aqueous activity. The advantage to this preservative is that it does not accumulate in the body since it is eliminated in urine (Smith, 1990).

Potassium sorbate was detected only in HI-A (0.4%). This compound is used to inhibit the growth of fungi and yeasts. Neither methyl parabene nor propyl parabene were found in any of the flours; these compounds are more restricted preservatives, since only 0.1% is the maximum permitted concentration in human food (Smith, 1990).

In the three flours, the concentration of preservatives is within the permitted range, except in HI-A, which has a potassium sorbate concentration slightly higher than the recommended limit (0.3%) (Smith, 1990).



* Las letras sobre las barras indican las medias de los valores ♦ Letters above bars denote mean values.

** Medias con la misma letra en el mismo grupo de barras no son significativamente distintas (Tukey, $p \leq 0.05$) ♦ Means with the same letter are not significantly different (Tukey, $p \leq 0.05$).

Figura 1. Índice de solubilidad en agua de harinas de maíz nixtamalizado.

Figure 1. Water solubility index in nixtamalized maize flours.

La capacidad de hidratación presentó también una respuesta dependiente de la temperatura (Figura 2), pues el grado de gelatinización se relaciona positivamente con la cantidad de agua que hidrata a los gránulos de almidón (Gomez *et al.*, 1991).

Tamaño medio de partícula en las harinas

Las tres harinas reúnen las condiciones de granulometría que la NOM establece, en el sentido de que 75% de la harina debe pasar a través de una malla # 60 (250 μm). La malla # 75 empleada para el análisis en este trabajo es ligeramente más cerrada (243 μm) y sólo la harina HI-B presentó porcentajes de material retenido superiores a lo establecido en dicha norma (Figura 3). En esta harina también se apreció un menor porcentaje de muestra en la charola, que corresponde a la fracción más fina.

Los factores que inciden en el tamaño medio de partículas de la harina son la dureza del grano, el tiempo de nixtamalización, la cantidad de álcali empleada, el tiempo de reposo, el ajuste en la velocidad de los molinos y el cribado de la harina.

La granulometría de la harina determina el uso al cual se destina. Una harina para tostadas y tamales requiere una granulometría más gruesa que la destinada a tortillas (Gómez *et al.*, 1987).

Características físicas de las harinas de maíz nixtamalizadas

Se encontró una amplia variabilidad en las variables físicas (Cuadro 5). El genotipo de maíz (textura y tipo de endospermo), las condiciones de secado, almacenamiento y procesamiento del maíz, afectan substancialmente las propiedades de las harinas (Bedolla y Rooney, 1984).

La densidad presentó diferencias estadísticas entre los diferentes muestreos. Esta variable tiene relación con el tamaño medio de partícula de las harinas; una mayor presencia de partículas finas se asocia con densidad más baja (Bedolla y Rooney, 1984). En cuanto al color, las harinas HI-C fueron menos blancas que las otras; en las muestras 1 y 2 las harinas HI-B presentaron los colores más blancos, mientras que en las muestras 3 y 4 fueron más blancas las harinas HI-A.

El contenido de humedad de las harinas mostró variaciones tanto entre muestreos como entre harinas; sin embargo, en todos los casos los valores fueron menores al máximo permitido para este producto en la NOM, excepto en el muestreo tres de la harina HI-C, que tuvo 11.7% de humedad, ligeramente superior al máximo permitido (11%).

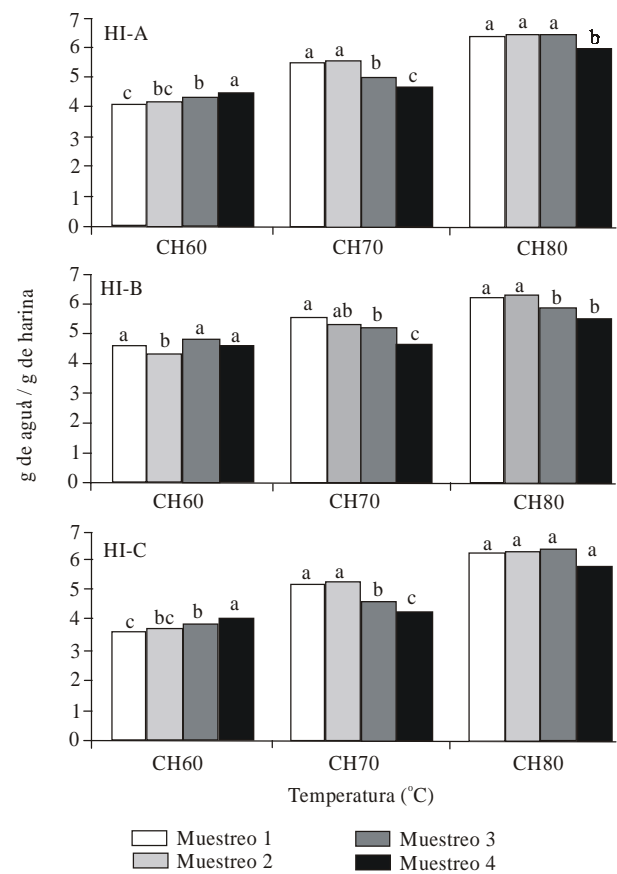
En los cuatro muestreos las harinas presentaron diferencias significativas en pH. Las harinas de HI-C

Water solubility index and swelling capacity of the flours

There were significant differences in water solubility indexes among the four samples of the flours studied. These differences were greater as the temperature increased (Figure 1).

The water solubility index indicates the quantity of solids dissolved by water when a sample of flour is subjected to an excess of the liquid; it also indicates the degree to which the grain with which the flour was prepared was cooked (González *et al.*, 1991).

There were significant differences in swelling capacity among samples of the same brand of flour (Figure 2). These differences can be attributed to variations in the degree of cooking of the grain during nixtamalization, or to differences in hardness of the grain used as raw material.



* Las letras arriba de las barras indican las medias de los valores ♦ Letters above bars denote mean values.

** Medias con la misma letra en el mismo grupo de barras no son significativamente distintas (Tukey, $p \leq 0.05$) ♦ Means with the same letter are not significantly different (Tukey, $p \leq 0.05$).

Figura 2. Capacidad de hidratación en harinas de maíz nixtamalizado.

Figure 2. Swelling capacity of nixtamalized maize flours.

presentaron el más alto, mientras que las harinas HI-B el más bajo; estas diferencias pueden ser consecuencia de diferencias en los procesos industriales de las empresas productoras, ya que el pH de la harina nixtamalizada está relacionado con la cantidad de álcali usado durante la nixtamalización, y con la intensidad del lavado del nixtamal.

El pH promedio de las harinas nixtamalizadas mexicanas ha decrecido: en el trabajo de Bedolla y Rooney (1984), el valor promedio era de 7.4, en tanto que en el presente trabajo es de 6.5.

En todos los muestreos las harinas HI-B presentaron la mayor capacidad de absorción de agua y las harinas HI-C la menor. También se presentaron diferencias significativas entre los muestreos de cada harina. Los resultados para el índice de absorción de agua (IAA) presentaron un comportamiento similar al de la CAAS.

Características químicas de harinas de maíz nixtamalizado

En el Cuadro 6 se presenta la composición química de las harinas. Las tres satisfacen los requerimientos estipulados en la NOM y sus valores de composición proximal corresponden con lo informado por Saldana y Brown (1984), excepto en lo que se refiere al contenido de calcio, el cual resultó inferior.

Durante la nixtamalización, gran parte del calcio proveniente del álcali usado se queda en el pericarpio del grano, el cual se elimina durante el lavado del nixtamal. Si éste es excesivo, a fin de eliminar la mayor cantidad de pericarpio y tener harinas y tortillas más blancas, también

Swelling capacity was dependent on temperature (Figure 2); the degree of gelatinization is positively related to the amount of water that hydrates starch granules (Gómez *et al.*, 1991).

Mean particle size of the flours

The three flours comply with the granulometry conditions set by the NOM, in the sense that 75% of the flour must pass through a #60 (250 μm) screen. The #75 screen used for the analysis in this study is slightly more closed (243 μm), and only HI-B had retained material in percentages above those established by the norms (Figure 3). In this flour, also, a lower percentage of the sample in the tray was observed; this fraction is the finest portion.

The factor that affect mean flour particle size are grain hardness, alkaline cooking time, amount of alkaline used, steeping time, adjustment of mill speed, and flour sifting.

The granulometry of the flour determines the use for which the flour is destined. A flour for tostadas and tamales requires a coarser granulometry than that for flour destined for tortillas.

Physical characteristics of nixtamalized maize flours

Wide variability was found in the physical variables (Table 5). The maize genotype (texture and endosperm type), drying conditions, storage, and processing all substantially affect flour properties (Bedolla and Rooney, 1984).

There were statistical differences in density among the samples collected at different times. This variable is

Cuadro 5. Características físicas de harinas de maíz nixtamalizado.
Table 5. Physical characteristics of nixtamalized maize flours.

| | Peso de Paquetes (kg) | Densidad (g mL ⁻¹) | Color [†] (%) | Humedad (%) | pH | CAAS | IAA |
|------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------|-------------|------|--------|--------|
| Muestreo 1 | | | | | | | |
| HI-A | 0.98f | 0.40f | 74.0c | 9.4f | 6.3i | 130.0b | 3.56bc |
| HI-B | 0.99bc | 0.45a | 75.0b | 10.1de | 6.2j | 130.0b | 3.70ab |
| HI-C | 0.98de | 0.44b | 59.0k | 9.7ef | 6.7d | 122.5d | 2.79e |
| Muestreo 2 | | | | | | | |
| HI-A | 0.99bc | 0.41e | 71.0f | 9.6ef | 6.5f | 125.0c | 3.32d |
| HI-B | 0.99cd | 0.43b | 73.0d | 10.1de | 6.1l | 130.0b | 3.64ab |
| HI-C | 0.99cd | 0.44a | 61.0i | 10.5cd | 6.7c | 125.8c | 2.70e |
| Muestreo 3 | | | | | | | |
| HI-A | 1.0ab | 0.40f | 77.0a | 10.5cd | 6.5e | 122.5d | 3.37d |
| HI-B | 0.99bc | 0.44a | 66.0g | 10.9bc | 6.2k | 130.0b | 3.69ab |
| HI-C | 0.98ef | 0.45a | 56.0l | 11.7a | 7.1a | 122.5d | 2.73 e |
| Muestreo 4 | | | | | | | |
| HI-A | 1.0abc | 0.38g | 72.0e | 10.6cd | 6.4g | 129.8b | 3.45cd |
| HI-B | 1.0b | 0.44b | 64.0h | 9.8ef | 6.3h | 135.0a | 3.80a |
| HI-C | 1.0a | 0.43d | 60.0j | 11.3ab | 7.1b | 120.0e | 2.85e |

CAAS: Capacidad de absorción de agua subjetiva; IAA: Índice de absorción de agua.

Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

[†] El color está expresado en % de reflectancia.

se elimina gran parte del calcio, con el consecuente impacto nutricional. La tortilla es una fuente importante de calcio para la población de escasos recursos, y no debe reducirse ese elemento para obtener harinas y tortillas más blancas.

La harina HI-B tuvo más proteína, cuya concentración está asociada de manera directa con la dureza del grano (Salinas *et al.*, 1992); es posible que el maíz usado para obtener la harina HI-B haya sido más duro que el empleado para las otras. El tamaño medio de partícula en la harina se ve afectado por la dureza del grano; de manera que al ser más duro el grano, también es mayor el tamaño de la partícula. La harina HI-B presentó un tamaño medio de partícula superior al observado en las harinas HI-A y HI-C (Figura 3).

Durante el proceso de elaboración de tortilla el contenido de fósforo, hierro y calcio se incrementa 15, 37 y 20%, respectivamente; aumenta la disponibilidad de niacina (vitamina importante para evitar la pelagra), que de manera natural no se encuentra disponible y, por lo tanto, no puede aprovecharse (Khan *et al.*, 1980). Considerando la importancia de la tortilla en la dieta del pueblo mexicano, debe aumentarse el valor nutricional de las harinas nixtamalizadas, lo cual podría realizarse mediante diferentes procedimientos: 1) Utilización de harinas elaboradas con maíz integral; 2) enriqueciendo o fortificando estas harinas con minerales, vitaminas y proteínas, principalmente y 3) utilización de mezclas de maíz con leguminosas, oleaginosas, y otros cereales (amaranto) que complementen las deficiencias presentes en el maíz.

related to the mean flour particle size; a larger proportion of small particles is associated with lower density (Bedolla and Rooney, 1984). As for color, the HI-C flours were less white than the others; samples 1 and 2 of the HI-B flours were whiter, while samples 3 and 4 of the HI-A flours were whiter.

The moisture content of the flours showed variations among both samples and flours. However, in all of the cases the values were below the allowed maximum for this product, according to the NOM, except in sample three of HI-C, which had 11.7% moisture, slightly higher than the allowed maximum (11%).

In the four samplings, the flours had significantly different pH. The HI-C flours had the highest, while the HI-B flours had the lowest. These differences can be the consequence of the differences in industrial processes of the enterprises that produce them since the pH of nixtamalized flour is related to the quantity of alkali used during nixtamalization and to the intensity with which the nixtamal is washed.

The average pH of Mexican nixtamalized flours has decreased: in the work of Bedolla and Rooney (1984), the average value was 7.4, while in the present study it is 6.5.

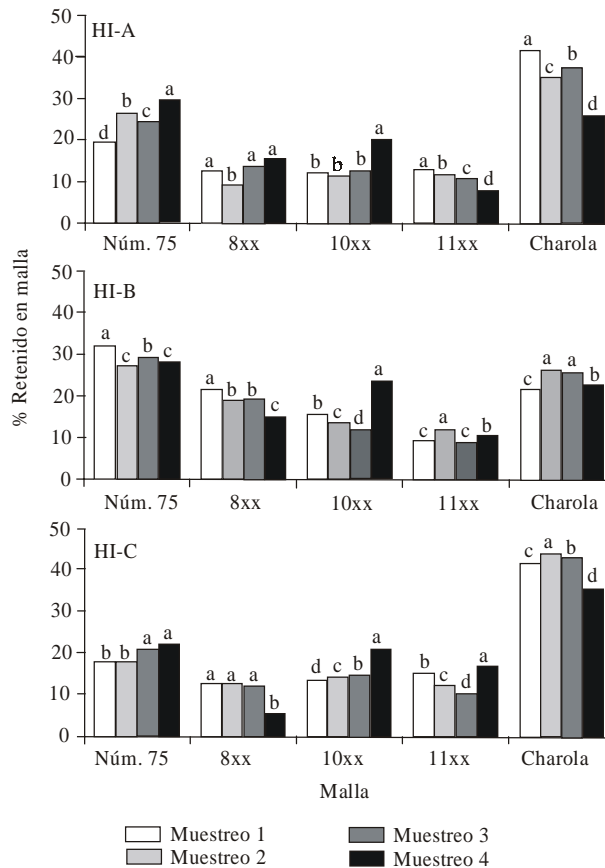
In all of the samplings, the HI-B flours had the highest water absorption capacity, and the HI-C flours the lowest. There were also significant differences among the samples of each flour. The results for the water absorption index (IAA) were similar to those of CAAS.

Cuadro 6. Análisis proximal de harinas de maíz nixtamalizado.
Table 6. Proximal analysis of nixtamalized maize flours.

| | Componente | | | | | | |
|------------|-------------|-------------------|---------------------|-------------|------------|-------------------|-----------------------|
| | Almidón (%) | Amilosa (%) | Extracto etéreo (%) | Cenizas (%) | Calcio (%) | Fibra cruda (%) | Proteína (Nx6.25) (%) |
| Muestreo 1 | | | | | | | |
| HI-A | 68.4a | 30.3ab | 3.9b | 1.4bc | 0.125d | 1.57 a | 9.67c |
| HI-B | 66.7a | 28.7cd | 4.6ab | 1.2e | 0.099e | 1.49 ^a | 10.49a |
| HI-C | 69.4a | 27.9d | 4.0b | 1.3cde | 0.155c | 1.57 a | 9.00f |
| Muestreo 2 | | | | | | | |
| HI-A | 68.8a | 30.9 ^a | 4.5ab | 1.4b | 0.134d | 1.63 a | 9.73c |
| HI-B | 66.5a | 30.1ab | 4.5ab | 1.3bcde | 0.124d | 1.33 a | 10.32 ab |
| HI-C | 67.0a | 29.5bc | 4.0b | 1.4bcd | 0.159c | 1.60 ^a | 9.25def |
| Muestreo 3 | | | | | | | |
| HI-A | 66.4a | 30.4ab | 4.9a | 1.3de | 0.108e | 1.28 a | 9.79c |
| HI-B | 66.8a | 29.4bc | 4.0b | 1.2e | 0.133d | 1.56 a | 10.09b |
| HI-C | 68.3a | 30.2ab | 3.9b | 1.4b | 0.189b | 1.33 a | 9.32 de |
| Muestreo 4 | | | | | | | |
| HI-A | 68.3a | 30.4ab | 5.1 a | 1.3de | 0.100e | 1.55 a | 9.54d |
| HI-B | 67.0a | 31.0a | 4.1b | 1.2e | 0.135d | 1.41 a | 10.16b |
| HI-C | 66.5a | 30.7ab | 4.8 a | 1.5 a | 0.225a | 1.26 a | 9.20ef |

Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$) ♦ Means with the same letter in the same column are not statistically different (Tukey, $p \leq 0.05$)

Los valores son promedio de al menos dos observaciones ♦ Values are averages of at least two observations.



* Las letras arriba de las barras indican las medias de los valores
 ** Medias con la misma letra en el mismo grupo de barras no son significativamente distintas (Tukey, $p < 0.05$).

Figura 3. Distribución de tamaño de partícula en harinas de maíz nixtamalizado.
Figure 3. Distribution of particle size in nixtamalized maize flours.

CONCLUSIONES

Las harinas de maíz nixtamalizado analizadas satisfacen los requerimientos físicos y químicos estipulados en la Norma Oficial Mexicana para este producto. Sin embargo presentan aditivos y conservadores, sustancias cuyo uso no está legislado en dicha Norma.

De las tres harinas evaluadas, la HI-B fue la más consistente a través de los diferentes muestreos, presentó las mejores características de absorción de agua y mayor contenido de proteína, además de un menor contenido de aditivos y conservadores.

LITERATURA CITADA

- AACC (American Association of Cereal Chemists). 1962. Approved Methods of the American Association of Cereal. St. Paul, MN.
 Anderson, R. A., H. F. Conway, V. F. Pfeifer and E. L. Griffin, 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Sci. Today* 14: 4, 11, 12.

Chemical characteristics of nixtamalized maize flours

Table 6 presents the chemical composition of the flours. The three flours comply with the requirements stipulated in the NOM, and their proximal composition values coincide with those reported by Saldana and Brown (1984), except in calcium content, which was lower.

During nixtamalization, a large part of the calcium from the alkali used remains in the pericarp of the grain, which is eliminated when the nixtamal is washed. If this is excessive, to eliminate a larger quantity of pericarp and have whiter flour and tortillas, much of the calcium is also eliminated, with the consequent nutritional impact. Tortillas are an important source of calcium for the population of low resources, and it is not recommendable to reduce this element only for the sake of whiter flour and tortillas.

HI-B flour contained more protein, which concentration is directly associated with grain hardness (Salinas et al., 1992). It is possible that the maize used to obtain HI-B flour was harder than that used for the others. The mean particle size of the flour is affected by grain hardness: the harder the grain, the larger the particle size. HI-B flour had a larger mean particle size than HI-A and HI-C flours (Figure 3).

During the process of tortilla making, the content of phosphorus, iron, and calcium increases 15, 37, and 20%, respectively, and the availability of niacin (vitamin that is important in prevention of pellagra) also increases; niacin is not available in its natural form and thus cannot be used (Khan et al., 1980). Considering the importance of tortillas in the diet of the Mexican people, the nutritional value of nixtamalized flours should be augmented. This can be done with different procedures: 1) Using flours made from whole grain maize, 2) enriching or fortifying these flours with minerals, vitamins, and proteins, mainly, and 3) using mixtures of maize with legumes, oilseeds, and other cereals (amaranth) that complement the deficiencies of maize.

CONCLUSIONS

The nixtamalized maize flours analyzed satisfy the physical and chemical requirements stipulated in the Official Mexican Quality Standard (NOM) for this product. However, they contain additives and preservatives, substances that are not legislated in this standard.

Of the three flours evaluated, HI-B was the most consistent throughout samplings and had the best characteristics of water absorption, the highest protein content, and a low content of additives and preservatives.

—End of the English version—



- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 1984. Official Methods of Analysis. 14a. Ed. St. Paul, MN.
- Bedolla, S. and L.W. Rooney. 1984. Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World* 29: 732-735.
- Gómez, M. H., L. W. Rooney, R. D. Waniska and R. L. Pflugfelder. 1987. Dry corn masa flours for tortilla and snack production. *Cereal Foods World*. 32:372.
- Gómez, M. H., R. D. Waniska and L. W. Rooney. 1991. Starch characterization of nixtamalized corn flour. *Cereal Chem.* 68: 578-582.
- González, R. J., R. L. Torres, D. M. De Greef, N. A. Gordon and M. E. Veloci. 1991. Influencia de las condiciones de extrusión en las características de la harina de maíz para elaborar sopas instantáneas. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. 31/1.
- Herrera, R. and J. T. Hubert. 1989. Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72: 1477-1483.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1992. Abasto y comercialización de productos básicos. México.
- Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Sci. Today* 16: 334.
- Khan, M. N., L. W. Rooney, D. T. Rosenow and F. R. Miller. 1980. Sorghums with improved tortilla making characteristics. *J. Food Sci.* 45: 720-725.
- Leach, W. H., L. D. McCowen and T. J. Schoch. 1959. Structure of starch granule; I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chemistry* 36:534-544.
- Rooney, L. W. and E. L. Suhendro. 1999. Perspectives on nixtamalization (alkaline cooking) of maize for tortilla and snacks. *Cereal Foods World* 44(7) 466-470.
- Saldana, G. and H. W. Brown. 1984. Nutritional composition of corn and flour tortillas. *J. Food Sci.* 49: 1202-1205.
- Salinas M, Y., J. L. Arellano V. y F. Martínez B. 1992. Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para Valles Altos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 42: 161-167.
- Sánchez-Armas, A. 1996. La tecnología en la industria de la masa y la tortilla. *In: La Industria de la Masa y la Tortilla*. Torres F., E. Moreno, I. Chong, y J. Quintanilla (eds.). UNAM-PUAL. pp:163-166.
- SAS. 1985. Statistical Analysis System. User's guide. Version 5^a. edition. The Institute Cary NC.
- Smith, B. L. 1990. "Codex Alimentario". Abridged version. FAO, WHO.
- 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: 253-257.
- Yau, Y.C., R. D. Waniska, and L.W. Rooney. 1994. Effects of food additives on storage stability of corn tortillas. *Cereal Foods World* 39: 396-402.