

## EVALUACIÓN SENSORIAL DE TORTILLAS DE MAÍZ RECIÉN ELABORADAS Y EMPACADAS\*

### SENSORY EVALUATION OF FRESHLY MADE AND PACKED MAIZE TORTILLAS

María Gricelda Vázquez Carrillo<sup>1§</sup>, Graciela Ávila Uribe<sup>2</sup>, Arturo Hernández Montes<sup>2</sup>, Jorge Castillo Merino<sup>2</sup> y Ofelia Angulo Guerrero<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Carretera Los Reyes-Lechería, km 18.5. Chapingo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. A. P. 307 y 10. Tel. 01 595 9521500. Ext.5211. <sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. <sup>3</sup>Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos. Instituto Tecnológico de Veracruz. <sup>§</sup>Autora para correspondencia: gricelda\_vazquez@yahoo.com.

#### RESUMEN

La tortilla de maíz (*Zea mays* L.) es el alimento más importante para los mexicanos. Actualmente se comercializan diferentes tipos; no obstante, la tortilla recién elaborada sigue en la preferencia de los consumidores. Los objetivos de esta investigación fueron definir por medio del análisis descriptivo cuantitativo, los atributos sensoriales de tortillas de maíz recién elaboradas y empacadas. En el laboratorio de evaluación sensorial de la Universidad Autónoma Chapingo, cinco jueces entrenados evaluaron, mediante análisis descriptivo cuantitativo, tortillas recién elaboradas con una combinación de masa de nixtamal y harina nixtamalizada; tortillas de harina de maíz nixtamalizado; tortillas empacadas nacionales y empacadas provenientes de los Estados Unidos de América. Los atributos de las tortillas recién elaboradas fueron: aroma a nixtamal, astringencia, no grumosidad, con elevado pH (8.4-8.8), menor humedad (44 y 47.5%), menos brillantes (L= 76%) y tono amarillo (93.7 y 89.4°). Las empacadas tuvieron aroma a ácido acético, no fueron astringentes, fueron grumosas, con elevada humedad (48.6 y 49%), brillantez (L= 90%) y de tono crema (95.1-94.6°). Estos son aspectos relacionados con un pH ácido (5.3-5.8). Los atributos identificados en las tortillas recién elaboradas,

#### ABSTRACT

The maize (*Zea mays* L.) tortilla is the most important food for Mexicans. Several types are currently in the market, although freshly made tortillas are still what consumers prefer. The aims of this investigation were to describe the sensory attributes of freshly made and packed maize tortillas using a quantitative descriptive analysis. In the sensory evaluation lab in the Chapingo Autonomous University five trained judges, using a quantitative descriptive analysis, evaluated tortillas freshly with a combination of nixtamal dough and nixtamalized flour; nixtamalized maize flour tortillas; Mexican packaged tortillas and packed tortillas from the United States of America. The attributes of the freshly made tortillas were: smell of nixtamal, astringency, no lumpiness, high pH (8.4-8.8), lower moisture level (44 and 47.5%), lower glossiness (L= 76%) and a slight yellow color (93.7 and 89.4°). Packaged tortillas had a smell of acetic acid, had no astringency, were lumpy, had a higher moisture level (48.6 and 49%), glossiness (L= 90%) and were cream-colored (95.1-94.6°). These aspects are related to an acidic pH (5.3-5.8). The attributes identified in the freshly made tortillas are inherent to this food, whereas packaged tortillas displayed different sensory attributes to the traditional tortillas.

\* Recibido: junio de 2010  
Aceptado: febrero de 2011

son intrínsecos de este alimento, en tanto que las tortillas empacadas presentaron atributos sensoriales diferentes a las tortillas tradicionales.

**Palabras clave:** aroma a ácido acético, aroma a nixtamal, color, humedad, pH.

En México se prefiere consumir la tortilla tradicional; es decir, la recién elaborada con maíz nixtamalizado debido a su olor y sabor a maíz nixtamalizado, a su color crema brillante y por ser fácil al corte y al enrollado (Ordaz y Vázquez, 1997). Por supuesto, esas características de calidad y otras como tamaño, espesor y la textura varían según las regiones (Waliszewski *et al.*, 2002). En los años 90's aparecieron en el mercado mexicano las tortillas empacadas, su demanda ha sido reducida.

A propósito de ello, en la encuesta realizada entre consumidores de la tortilla tradicional, ocho de cada diez de ellos identificaron diferencias sensoriales entre la tortilla tradicional y la empacada, afirmando que las empacadas “no saben a maíz, más bien a papel, y son duras y quebradizas” (Lomelí, 1996). Inicialmente esas diferencias pueden ser explicadas considerando que los procesos de producción y los ingredientes son distintos en cada elaboración.

La tortilla tradicional se elabora con 100% de masa fresca o bien mezclando masa fresca con harina nixtamalizada. El uso adecuado de la cal en el proceso de nixtamalización del maíz determina casi todas las cualidades deseables de la tortilla tradicional, como son el sabor astringente, el aroma a maíz nixtamalizado, color, capacidad para retener agua, flexibilidad y frescura duradera de cuatro días en promedio. La tortilla empacada es fabricada principalmente con harina nixtamalizada, gracias a que esta es fácil de transportar, almacenar, rehidratar y de incorporarle aditivos para blanquear, retener humedad, dar flexibilidad y mayor vida de anaquel. Estos ingredientes acumulados impactan al olor, sabor, color y textura del producto, estableciéndose las diferencias.

El presente trabajo pretende identificar y cuantificar las propiedades sensoriales que resultan distintas entre los dos tipos de tortillas. Utilizando para ello el análisis descriptivo cuantitativo (quantitative descriptive analysis, QDA) (Stone y Sidel, 1993) y además correlacionar estos atributos con determinaciones de humedad, pH y color.

**Key words:** color, moisture, pH, smell of acetic acid, smell of nixtamal.

In Mexico the traditional tortilla, that is, the tortilla that is freshly made with nixtamalized maize, is preferred for consumption due to its smell and flavor of nixtamalized maize, its bright cream color and the ease with which it can be cut and rolled (Ordaz and Vázquez, 1997). Of course these characteristics of quality and of other types, such as size, thickness and texture vary with the region (Waliszewski *et al.*, 2002). In the 1990's, packaged tortillas entered the Mexican market, yet their demand has been lower.

Regarding this, in the survey amongst consumers of the traditional tortilla, eight out of every 10 people polled, pointed out sensory differences between traditional and packaged tortillas, stating that packaged ones “don't taste like corn, but more like paper, and they are soft and brittle” (Lomelí, 1996). Initially, these differences could be explained considering the production processes and the ingredients are different for the production of each.

The traditional tortilla is made with 100% fresh dough or by mixing fresh dough with nixtamalized flour. The appropriate use of calcium oxide in the process of the maize nixtamalization determines most of the desirable virtue of the traditional tortillas, such as the astringent taste, the smell of nixtamalized maize, its color, its capability to hold water, its flexibility and freshness that lasts an average of four days. Packaged tortillas are mainly produced with nixtamalized flour, since it is easy to transport, store, rehydrate and to include additives for whitening, holding humidity, giving flexibility and longer shelf life to the tortillas. These accumulated ingredients have an impact on the smell, flavor, color and texture of the product, and thus the differences.

This investigation intends to identify and quantify the sensory properties which result between both types of tortilla using the quantitative descriptive analysis (QDA) (Stone and Sidel, 1993), and to correlate these attributes with moisture, pH and color determinations.

The task was carried out in the sensory evaluation lab of the Department of Agroindustrial Engineering of the Chapingo Autonomous University (UACH) and in the maize quality lab of the National Forestry, Agriculture and

El trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de evaluación sensorial del departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) y en el laboratorio de calidad de maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Las tortillas investigadas fueron recién elaboradas con masa fresca 70% y harina nixtamalizada 30% (Reyes, 2009 com. pers.), se consiguieron en una tortillería tradicional de Texcoco, Estado de México, en este trabajo se les identifica como tortillas recién elaboradas con una combinación de masa de nixtamal y harina nixtamalizada (TM-HN) o recién elaboradas con harina nixtamalizada (THN).

Empaçadas nacionales Milpa Real fabricadas según la etiqueta, con harina de maíz blanco nixtamalizado, carboximetilcelulosa, goma guar, carragenina, goma xantana, ácidos propiónico, sórbico, láctico, metabisulfito de sodio, enzimas, amarillo número 5, rojo número 40 y etil maltol como colorantes y sal; éstas se denominaron tortillas empaçadas nacionales (TEN). Tortillas empaçadas en el extranjero (TEE), compradas en tiendas de autoservicio en Los Angeles California, USA; elaboradas en el Rancho Cucamonga y Fresno, CA, Mc, Minville. Según la etiqueta sus ingredientes fueron maíz tratado con cal, agua, goma celulosa y ácidos propiónico, fosfórico y benzoico.

Se midieron 11 atributos como la humedad para la cual se utilizó el método 14004 del AOAC (1984), el color con el colorímetro Hunter Lab, modelo 45/O-L (Voss, 1992) y el pH para el que se siguió el método 14.002 de la AOAC (1984); estos factores tienen importancia porque impactan directamente las cualidades sensoriales. En los otros ocho atributos se usaron los sentidos, ellos fueron: aroma a ácido ascético, olor a nixtamal caliente, nixtamal frío, enrollamiento, elasticidad, grumosidad, astringencia y la sequedad.

Para su medición se recurrió a un panel de cinco catadores que actuaron conforme a la técnica del QDA, luego de un entrenamiento de 12 sesiones que acumuló un total de 32 h y que consistió en familiarizarlos con las cualidades a evaluar, referenciarles la cualidad a una sustancia (Cuadro 1), contrastar la cualidad entre dos productos y en constatar la consistencia de sus juicios, mediante la ausencia de diferencia significativa en la interacción panelista-tratamiento en la técnica de componentes principales (SAS, 2004). Finalmente a cada panelista se le brindaron cuatro tortillas calientes, envueltas en servilleta de algodón y colocadas de manera aleatoria, correspondientes a los tratamientos TM-HN,

Livestock Research Institute (INIFAP). The investigated tortillas were freshly made with 70% fresh dough and 30% nixtamalized dough (Reyes, 2009 pers. com.), and acquired in a traditional tortilla shop in Texcoco, state of Mexico. In this investigation, they are identified as freshly made tortillas with a combination of nixtamal dough and nixtamalized flour (TM-HN), or freshly made with nixtamalized flour (THN).

According to their label, the local Milpa Real brand packaged tortillas contain nixtamalized white maize flour, carboxymethylcellulose, guar gum, carrageenan, xanthan gum, propanoic, sorbic and lactic acids, sodium metabisulfite, enzymes, yellow 5, red 40 and ethyl maltol as colorants and salt; these were named Mexican Packaged Tortillas (TEN). The Tortillas Packaged Abroad (TEE), purchased in supermarkets in Los Angeles California, USA; made in the Cucamonga Ranch and Fresno, CA, Mc, Minville. According to the label, the ingredients are corn treated with lime, water, cellulose gum and propanoic, phosphoric and benzoic acids.

A measurement was taken of 11 attributes such as humidity, using method 14004 of the AOAC (1984), color, using the color meter by Hunter Lab, model 45/O-L (Voss, 1992) and pH using method 14.002 of the AOAC (1984). These factors are important since they have a direct impact on the sensory qualities. For the other eight attributes, the senses were used, namely: smell of acetic acid, of hot or cold nixtamal, ease for rolling, elasticity, lumpiness, astringency and dryness.

For the measurements, five tasters were found, who followed the QDA technique after undergoing 12 training sessions in 32 hours, which consisted in familiarizing them with the virtues to be evaluated, referring them to the consistency of a substance (Table 1), contrasting the quality of two products and verifying the consistency of their judgments, by the lack of a significant difference in the judge-treatment interaction in the main components technique (SAS, 2004). Finally, each judge was given four warm tortillas, wrapped in handkerchiefs and placed randomly, corresponding to treatments TM-HN, THN, TEN and TEE. There were three repetitions, and the data were analyzed under a divided field design. The large field represented the judges and the small one was the treatments. The variance analyses were obtained, along with the Tukey comparison of averages ( $p \leq 0.05$ ) and Pearson's correlation matrix (SAS, 2004).

THN, TEN y TEE se obtuvieron tres repeticiones, los datos se analizaron bajo un diseño de parcelas divididas, la parcela grande correspondió a los panelistas y la pequeña a los tratamientos. Se obtuvieron los análisis de varianza, las pruebas de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) y la matriz de correlaciones de Pearson (SAS, 2004).

Siete de los ocho atributos sensoriales mostraron diferencia estadística significativa, entre las tortillas recién elaboradas y las empacadas y entre los cuatro tratamientos ( $p \leq 0.01$ ). Los atributos de aroma a ácido acético, a nixtamal caliente y a nixtamal frío, fueron los que claramente diferenciaron a las tortillas recién elaboradas de las empacadas. En las tortillas recién elaboradas (TM-HN y THN) los panelistas no percibieron el aroma a ácido acético y el de nixtamal en tortillas calientes y frías fue muy intenso especialmente en las tortillas calientes, observando en las frías una reducción (Cuadro 1).

Seven of the eight sensory attributes displayed a significant statistical difference between the freshly made tortillas and the packed ones and the four treatments ( $p \leq 0.01$ ). The attributes of smell of acetic acid, or hot nixtamal and cold nixtamal were the ones that clearly distinguished the freshly made tortillas from the packaged ones. In the freshly made tortillas (TM-HN and THN), the judges did not notice a smell of acetic acid, and the smell of nixtamal in the hot and cold tortillas was very intense, especially in hot tortillas, with a reduction in cold ones (Table 1).

The packaged tortillas (TEN and TEE) were distinguished by their intense smell of acetic acid, which was slightly lower than the reference value, and their reduced smell of nixtamal (hot and cold). These fluctuations give an accurate idea on the effect of the adequate use of lime in the nixtamalization and the lack of conservatives. The highest

**Cuadro 1. Terminología desarrollada para el QDA, por el panel de catadores de tortillas de maíz (escala lineal no estructurada de 0-15).**

**Table 1. Terminology developed for the QDA by the panel of tasters of maize tortillas (non-structured linear scale of 0 to 15).**

Atributo	Definición	Referencia	Valor de referencia <sup>e</sup>
Aroma a ácido acético	Olor característico del ácido acético	Solución de ácido acético al 1%	12
Olor de nixtamal caliente	Olor característico, del maíz nixtamalizado al concluir el cocimiento y que permanece en las tortillas	Nixtamal caliente	13
Olor de nixtamal frío	Olor característico del maíz sometido al tratamiento térmico-alcalino, después de 90 min de reposo.	Nixtamal frío	12
Enrollamiento	Facilidad con que una tortilla puede enrollarse o hacerse "taco", sin que se rompa	Tortilla de harina de trigo marca "Tía Rosa"	7
Elasticidad	Grado de recuperación de un alimento, después de aplicarle una fuerza de elongación sin llegar a romperla y que al suspenderla, regresa a su estado original quedando visiblemente sin deformación	Tortilla de harina de trigo marca "Tía Rosa"	8
Grumosidad	Sensación de pequeños grumos al momento de la masticación	Polvorón marca "Marinela"	13
Astringencia	Propiedad sensorial física de sustancias como los polifenoles, en especial taninos, que al estimular las terminaciones nerviosas de la cavidad bucal provocan una sensación de dolor, enjuntamiento, picor y sequedad, confundida a veces con el gusto amargo	Solución de cal (Ca(OH) <sub>2</sub> ) al 0.2 (%)	12
Sequedad	Capacidad de salivar para humedecer un alimento	Polvorón marca "Marinela"	12

<sup>e</sup>= valor 1 corresponde la menor intensidad del atributo y 15 la mayor intensidad.

Las tortillas empacadas (TEN y TEE) se caracterizaron por su intenso aroma a ácido acético, que fue ligeramente inferior al valor de la referencia, y su reducido aroma a nixtamal (caliente y frío), estas oscilaciones dan una idea precisa sobre el efecto del uso adecuado de cal en la nixtamalización y la ausencia de conservadores. El enrollamiento tuvo su mayor valor en el tratamiento THN, pero estadísticamente fue igual con TM-HN y TEN, el tratamiento de TEE tuvo el menor valor, ello confirma la ausencia de estabilizantes y texturizantes como declara su etiqueta, en TM-HN y THN esta característica se atribuye a la adecuada nixtamalización (Almeida-Domínguez *et al.*, 1997).

La elasticidad de THN superó el valor de referencia, esta cualidad se asocia a la calidad de cal y cantidad de calcio fijado durante el cocimiento y el reposo en el proceso de nixtamalización (Almeida-Domínguez *et al.*, 1997; Gutiérrez *et al.*, 2007). La grumosidad fue superior en las tortillas empacadas y menor en las recién elaboradas (Cuadro 2), esto se asoció al tamaño de partícula de la harina. La astringencia fue mayor en TM-HN y estadísticamente igual con THN, ello pudiera indicar la utilización de la misma proporción de cal en la nixtamalización, en TEN y TEE la astringencia fue mínima por la reducción en el pH. La sensación de sequedad fue mayor en TEN y TEE siendo que su humedad fue mayor, lo cual se atribuye al menor tamaño de la partícula de la harina (Bedolla y Rooney, 1984).

value for rolling was in treatment THN, yet it was equal in TM-HN and TEN; treatment TEE had the lowest value, which confirms the absence of stabilizers and texturizers, as the label claims, in TM-HN and THN. This characteristic can be attributed to the appropriate nixtamalization (Almeida-Domínguez *et al.*, 1997).

The elasticity of THN surpassed the reference value. This characteristic can be related to the quality of the lime amount of calcium fixated during the cooking and when left to stand in the process of nixtamalization (Almeida-Domínguez *et al.*, 1997; Gutiérrez *et al.*, 2007). Lumpiness was greater in the packaged tortillas and less in the freshly made ones (Table 2), which was related to the size of the flour particle. Astringency was greater in TM-HN and statistically equal in THN, which could indicate the use of the same proportion of lime in nixtamalization; in TEN and TEE, astringency was minimum, due to the reduction in pH. The sensation of dryness was greater in TEN and TEE, since its humidity was greater, which could be due to the size of the flour particles (Bedolla and Rooney, 1984).

The packaged tortillas had a lower pH, due to the use of acids which are crucial for the conservatives to be more effective. The highest moisture was found in TEE and

## Cuadro 2. Comparación de medias para atributos sensoriales de tortillas de maíz recién elaboradas y empacadas.

Table 2. Comparison of averages for sensory attributes of freshly made and packed maize tortillas.

Atributos	Tortillas recién elaboradas		Tortillas empacadas		Valor máximo de referencia
	TM-HN <sup>‡</sup>	THN	TEN	TEE	
Aroma a ácido acético	2.9 b <sup>‡</sup>	2.9 b	9.5 a	10.3 a	12
Aroma a nixtamal caliente	10.7 a	11.1 a	4 b	3.1 c	13
Aroma a nixtamal frío	8.6 a	8.9 a	2.9 b	2.4 b	13
Enrollamiento	10.7 ab	11.5 a	10.7 ab	9.9 b	7
Elasticidad	6.7 b	9 a	7.3 b	6.8 b	7
Brumosidad	5.7 bc	4.6 c	7 ab	8 a	13
Astringencia	6.6 a	6.3 a	4.4 b	4 b	12
Sequedad	6.1 b	5.3 b	7.4 a	7.4 a	12

<sup>‡</sup>= medias con la misma letra entre tratamientos (línea) son estadísticamente iguales (Tukey<sub>0.05</sub>); TM-HN<sup>‡</sup>= tortillas de masa fresca y harina de maíz nixtamalizada; THN= tortillas de harina nixtamalizada; TEN= tortillas empacadas nacionales; TEE= tortillas empacadas en el extranjero.

El menor pH correspondió a las tortillas empacadas, la causa es el uso de ácidos indispensables para que los conservadores sean más eficientes. La mayor humedad correspondió a TEE y TENN, y fue estadísticamente igual

TENN, and was statistically equal in both of these treatments. Glossiness was statistically different in the four treatments, where, TEE were the glossiest and THN the least glossy (Table 3).

entre estos dos tratamientos. La luminosidad fue diferente estadísticamente en los cuatro tratamientos, TEE fueron las más brillantes y THN las más opacas (Cuadro 3).

In the correlation analysis, the smell of nixtamal in hot tortillas was correlated to astringency ( $r=0.9^*$ ), ability to be rolled up ( $r=0.61$ ), and pH ( $0.97^{**}$ ). The smell of nixtamal in

**Cuadro 3. Prueba de comparación de medias para pH, humedad y color de tortillas de maíz recién elaboradas y empacadas.**  
**Table 3. Test for the comparison of averages for pH, moisture and color of freshly made and packed tortillas.**

Características	Tortillas recién elaboradas		Tortillas empacadas	
	TM-HN	THN	TEN	TEE
pH	8.8 a	8.4 b	5.8 c	5.3 d
Humedad (%)	47.5 b	44.1 c	49.2 a	48.6 a
Luminosidad (L*) (%)	79.8 c	74.6 d	88.2 b	91.9 a
Ángulo de tono (°)	93.7 b	89.4 c	95.1 a	94.6 ab

<sup>±</sup>= letras diferentes dentro de líneas indican diferencia estadística (Tukey, 0.05); pH= potencial de hidrogeno; TM-HN= tortillas de masa fresca combinada con harina de maíz nixtamalizada; THN= tortillas de harina nixtamalizada; TEN= tortillas empacadas nacionales; TEE= tortillas empacadas en el extranjero.

En el Análisis de correlación, el atributo de olor a nixtamal en tortilla caliente se correlacionaron con la astringencia ( $r=0.9^{**}$ ), enrollamiento ( $r=0.61^*$ ), y pH ( $0.97^{**}$ ). El aroma a nixtamal en frío se correlacionó positivamente con la variable astringencia ( $r=0.86^{**}$ ). Así, la mayor concentración de cal (astringencia), valor de pH y facilidad de enrollado fue para las tortillas recién elaboradas, por lo que aportan una mayor cantidad de calcio (Bressani *et al.*, 2004). El atributo de aroma a ácido acético se correlacionó con: grumosidad ( $r=0.7^{**}$ ), sequedad ( $r=0.84^{***}$ ) y humedad ( $r=0.75^{**}$ ) y esta última a su vez con la grumosidad ( $r=0.66^{**}$ ).

Los atributos sensoriales que caracterizaron a las tortillas recién elaboradas TM-HN y THN fueron: olor de maíz nixtamalizado, fácil enrollamiento y astringencia, sin la sensación de grumosidad en la boca, ni sequedad al masticarse, estos atributos se correlacionaron con valores de pH mayores y menor valor de humedad, luminosidad y ángulo de tono (Cuadro 3). Las tortillas empacadas investigadas no presentaron el olor característico a nixtamal, el aroma identificado fue ácido acético, fueron grumosas, no astringentes al paladar y secas, con reducido pH, con humedades de 49.2 y 48.6%, luminosidad de 88.2 y 91.9% y ángulo de tono de 95.1 y 94.6°.

cold tortillas was positively correlated to astringency ( $r=0.86^{**}$ ). In this way, the greatest concentration of lime (astringency), pH and ability to be rolled up was found in freshly made tortillas, therefore they contain larger amounts of calcium (Bressani *et al.*, 2004). The smell of acetic acid was correlated with lumpiness ( $r=0.7^{**}$ ), dryness ( $r=0.84^{***}$ ) and moisture ( $r=0.75^{**}$ ), and the latter with lumpiness ( $r=0.66^{**}$ ).

The sensory attributes that characterize freshly made tortillas TM-HN and THN were: smell of nixtamalized maize, easy rolling and astringency, without the feeling of lumpiness in the mouth of dryness when chewing. These attributes were correlated to higher pH values and lower humidity, glossiness and tone angle (Table 3). The packaged tortillas studied did not display the typical smell of nixtamal. The smell was of acetic acid; they were lumpy, non-astringent and dry, with a low pH, with a humidity of 49.2 and 48.6%, glossiness of 88.2 and 91.9% and a tone angle of 95.1 and 94.6°.

*End of the English version*



## LITERATURA CITADA

Almeida-Domínguez, H. D.; Suhendro, E. L. and Rooney, L. W. 1997. Corn alkaline cooking properties related to grain characteristics and viscosity. *J. Food Sci.* 62:372-377.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1984. Official methods of analysis. D. C. USA.  
Bedolla, S. and Rooney, L. W. 1984. Characteristics of U. S. Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World.* 29:732-735.

- Bressani, R.; Turcio, J. C.; Colmenares, A. S. and Palacios, P. P. 2004. Effect of processing conditions on phytic acid, calcium, iron, and zinc contents of lime-cooked maize. *J. Agric. Food Chem.* 52:1157-1162.
- Gutiérrez, E.; Rojas-Molina, I.; Pons-Hernández, J. L.; Guzmán, H.; Aguas-Angel, B.; Arenas, J.; Fernández, P.; Palacios-Fonseca, A.; Herrera, G. and Rodríguez M. E. 2007. Study of calcium ion diffusion in nixtamalized quality protein maize as a function of cooking temperature. *Cereal Chem.* 84(2):186-194.
- Lomelí, E. A. 1996. El consumidor ante la controversia sobre la tortilla. *In: la industria de la masa y la tortilla. Desarrollo y tecnología.* Torres, F.; Moreno, E.; Chong, I. y Quintanilla, J. (eds). UNAM. México. 81-96 pp.
- Ordaz, O. J. J. y Vázquez, C. M. G. 1997. Vida de anaquel y evaluación sensorial en tortillas de maíz elaboradas con conservadores y mejoradores. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 4:372-376.
- Statistical Analysis System (SAS). 2004. SAS/STAT® User's Guide; release 9.1 Editions. SAS Institute, Cary, N. C. USA. 512 p.
- Stone, H. and Sidel, J. L. 1993. Sensory evaluation practices. Academic Press. 216-235 pp.
- Voss, D. H. 1992. Relating colorimeter measurement of plant color to the Royal Horticultural Society Colour Chart. *HortScience.* 27(12):1256-1260.
- Waliszewski, K. N.; Pardo, V. and Carreón, E. 2002. Physicochemical and sensory properties of corn tortillas made from nixtamalized corn flour fortified with spent soymilk residue (okara). *J. Food Sci.* 67:3194-3197.