

## Evaluación de una metodología para determinar características de textura de tortilla de maíz (*Zea mays L.*)

Gerónimo Arámbula-Villa<sup>1</sup>, J. Abraham Méndez-Albores<sup>1</sup>, Jesús González-Hernández<sup>1</sup>, Edmundo Gutiérrez-Arias<sup>1</sup> y Ernesto Moreno-Martínez<sup>2</sup>

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Unidad Querétaro. Querétaro, Qro. México<sup>1</sup>  
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México<sup>2</sup>

**RESUMEN.** La tortilla de maíz (*Zea mays L.*), es el principal alimento de la población Mexicana, con un consumo anual de 12 millones de toneladas. A pesar de su alto consumo, existe una gran variabilidad en las características de calidad de la tortilla producida comercialmente, principalmente las de textura. Para evaluar la textura de las tortillas se han reportado algunos métodos, pero los parámetros y valores obtenidos han sido muy variados y no comparten una base adecuada para su comparación. Además, la confiabilidad de los parámetros reportados, utilizando un texturómetro, tampoco ha sido evaluada. En este estudio se seleccionaron dos formas de la muestra, rectangular y probeta, así como la de varios parámetros de calidad obtenidos con el texturómetro (fuerza máxima, área total, área hasta fuerza máxima, elasticidad y elongación) y se evaluó su confiabilidad con base a su repetibilidad. De acuerdo a los resultados, la forma de "probeta" fue la más adecuada para las pruebas de tensión y elasticidad. Para la fuerza al corte, las dos formas resultaron con buena repetibilidad. La fuerza máxima fue el parámetro de mayor confiabilidad para las pruebas de tensión y corte, con una repetibilidad de 0.95 y 0.99 respectivamente. La elasticidad resultó con buena repetibilidad cuando la prueba se realizó con la forma de probeta (0.94). Utilizando el texturómetro y la forma de muestra tipo probeta, los parámetros determinados muestran alto grado de confiabilidad y facilitan la comparación de datos de textura para tortillas de maíz. **Palabras clave:** Parámetros de calidad, confiabilidad, nixtamalización, repetibilidad.

**SUMMARY.** Evaluation of a methodology to determine texture characteristics of maize (*Zea mays L.*) tortilla. Maize (*Zea mays L.*) tortilla is the primary staple food of the Mexican people, with annual consumption estimated at 12 millions tons. Despite this huge volume of consumption, tortillas are commercially produced with inconsistent quality, mainly in terms of texture characteristics. Different methods to evaluate the texture of maize tortillas have been reported, but the values obtained and their parameters have not yielded reliable results, largely because the methods used do not reflect homogeneous elements for comparison. In addition, evaluation of the reliability of methods for comparing tortilla texture as well as the equipment used has been difficult, as such information perhaps remains largely unpublished. In this study, the reliability of two tortilla sample shapes (rectangle and briquet) and some of the quality parameters (maximum force, total area under curve, area to reach maximum force, elasticity and elongation) from tensile and cut force tested with a texture meter were evaluated. According to the results, the briquet shape of the tortilla samples was better (than the rectangle shape) for determining tensile and elasticity. In regard to cutting force, both the rectangle and the briquet shape presented good repeatability. For tensile and cutting force curves, the maximum force was the parameter with the highest reliability, 0.95 and 0.99, respectively. The elasticity showed an adequate reliability with the tortilla briquet shape (0.94). The evaluated parameters with the texture meter and the sample shape type briquet, showed a high reliability degree what makes possible the comparison of maize tortilla texture data.

**Key words:** Quality parameters, reliability, nixtamalization, repeatability.

### INTRODUCCION

La tortilla de maíz es el alimento más consumido en México, y este se ha incrementado en los Estados Unidos de América y en parte de América Central. En zonas rurales de México, la tortilla provee aproximadamente el 50% de las proteínas, 70% de las calorías y 49% del calcio consumido por la población (1,2). En México la tortilla forma parte de la dieta de todos los estratos sociales, con un consumo anual aproximado de 12 millones de toneladas (3).

Aunque el consumo de este producto es alto, no existe homogeneidad en las características de calidad finales de las tortillas producidas comercialmente. Esta variabilidad se debe, en parte, a la falta de control de calidad, a la baja calidad del grano, a la utilización de equipo de proceso obsoleto y a la deficiencia en equipos/métodos/técnicas probadas, para determinar objetivamente las características de textura de las tortillas.

Algunos investigadores (4) reportaron la textura de la tortilla como la fuerza máxima y el área total de la curva de

tensión obtenida con el equipo Instron Universal, utilizando como muestra una tortilla completa, pero las conclusiones fueron hechas con base a un análisis sensorial desarrollado paralelamente. Bedolla y Rooney (5) utilizaron el término "rolabilidad", como una forma subjetiva de evaluar la textura de la tortilla. Esta prueba consistió en enrollar una tortilla, en forma de taco, y medir el grado de rompimiento de acuerdo a una escala hedónica de 3 puntos. Estos autores reportaron además la fuerza máxima a la tensión (ruptura) utilizando el equipo Instron Universal empleando una tortilla completa. Twillman y White (6) realizaron mediciones en masa y tortilla con el mismo tipo de equipo, utilizando la celda de corte de cuchillas múltiples Ag Canadá, reportando valores de fuerza máxima al corte. Reyes et al. (7) utilizaron un accesorio similar empleando tres tortillas juntas, y reportaron la fuerza máxima como una medida de textura.

Otros autores (8,9,10) propusieron algunos métodos y accesorios para medir textura de tortilla utilizando el texturómetro TA-XT2. Estos determinaron el trabajo requerido para romper la tortilla completa aplicando una fuerza de tensión, reportando el área bajo la curva, la fuerza máxima requerida y la distancia hasta la ruptura. Flores-Farías et al. (2) reportaron valores de fuerza máxima a la tensión y al corte, para medir la textura de tortillas, utilizando el mismo instrumento con muestras de tortillas con forma rectangular.

Aunque se encuentran publicadas investigaciones de mediciones de textura de tortillas, utilizando texturómetros (Instron Universal y Texture Analyzer), no se han reportado las evaluaciones de los métodos utilizados, así como tampoco de los parámetros de las curvas obtenidas, que demuestren el grado de confiabilidad y/o repetibilidad de las mediciones de calidad realizadas. Pruebas de calidad confiables, son aquellas que tienen exactitud, precisión y reproducibilidad para los propósitos de la medición. La exactitud es el grado de aproximación de la medición al valor verdadero, que en el caso de los texturómetros está determinada por la sensibilidad propia del equipo. La precisión o repetibilidad puede determinarse como una estimación de la correlación entre los valores verdaderos de las muestras y los valores observados (11). Tanto la exactitud como la precisión son afectadas principalmente por los procedimientos de prueba, la homogeneidad de la muestra y por el tipo de equipo utilizado para la prueba. La evaluación de la confiabilidad de pruebas de calidad ha sido utilizada principalmente en la determinación de métodos y técnicas para evaluar los parámetros de calidad en granos y semillas de cereales (12-14), aunque su potencial de utilización ha sido comprobado en otros campos donde se realizan mediciones de este tipo.

Para las tortillas de maíz no se han reportado pruebas de calidad que estandaricen los valores reportados, ya que las mediciones que se han recomendado en la literatura (fuerza

máxima, área bajo la curva, distancia, etc.), son determinaciones realizadas con diferentes equipos, accesorios y condiciones, por lo que los resultados son muy variables. Se tiene reportado (2) la inexistencia de parámetros de procesamiento y de calidad estandarizados, de las harinas instantáneas para producir tortillas, entre las diferentes marcas comerciales existentes en México, por lo que las características de las tortillas producidas presentan también alta variabilidad en su calidad. Además, tampoco se tiene homogeneidad en los valores de los parámetros de calidad de la tortilla reportados, medidos con texturómetros, debido a que no se cuenta con métodos oficiales de medición de la textura de las tortillas, que son necesarios para producir tortillas de buena calidad y especialmente de una calidad estándar.

Con base a lo anterior, se consideró importante realizar esta investigación tendiente a obtener información que permita definir la metodología adecuada en términos de precisión y repetibilidad, para estandarizar algunas determinaciones de las características de textura de las tortillas de maíz.

## MATERIALES Y METODOS

### Materiales

Se utilizaron lotes de 2kg de tortillas de maíz nixtamalizado, recién elaboradas, producidas comercialmente a partir de harinas instantáneas comerciales solas o combinadas con masa fresca de nixtamal casero, de 40 tortillerías de ciudades de la región centro de México, recolectadas en días diferentes.

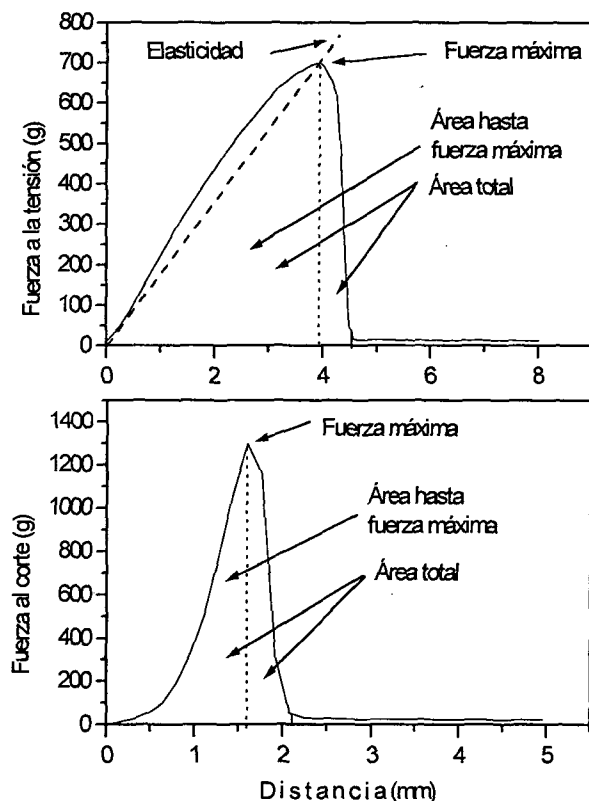
### Métodos

Gráficos de fuerza de tensión y de corte obtenidas con el Texture Analyzer

En la Figura 1 se presentan las formas de las curvas que se obtienen al realizar pruebas de fuerza a la tensión y de corte con el equipo Texture Analyzer (modelo TA-XT2; Texture Technologies, Corp., Scarsdale, N.Y., USA./Stable Micro System, Godalming, Surrey, UK). De las dos gráficas se pueden determinar los siguientes parámetros: fuerza máxima a la tensión o al corte, área total bajo la curva, área bajo la curva desde el punto cero hasta el punto máximo ó de ruptura (área hasta fuerza máxima), pendiente de la curva de tensión, desde el inicio hasta el punto de ruptura, la cual nos representa la elasticidad, y la elongación, que es la distancia de estiramiento de la tortilla (curva de tensión) desde cero hasta el punto de ruptura o de fuerza máxima.

FIGURA 1

Curvas típicas de fuerza a la tensión y al corte de tortillas de maíz, obtenidas con texturómetro



#### Determinación y evaluación de la forma de la muestra

Se evaluaron dos formas de muestra de tortilla, rectangular y "probeta", para realizar las determinaciones de fuerza a la tensión y al corte utilizando el equipo Texture Analyzer TA-XT2, con las dimensiones señaladas en la Figura 2. Las formas, rectangular (3,75 x 8,7 cm), y de "probeta" (3,75 cm en los extremos, 1,5 cm en la parte central y 8,7 de largo), fueron cortadas de la parte central de la tortilla, evitando los bordes.

#### Pruebas de textura de tortillas

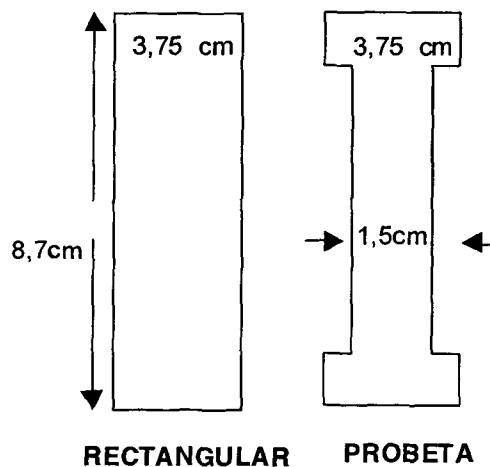
##### Rolabilidad

La rolabilidad de las tortillas se determinó usando el método propuesto por Bedolla y Rooney (5). La tortilla completa se enrolló alrededor de una varilla de vidrio de 2 cm de diámetro, 30 min después de elaborada y se midió el grado de rompimiento. El grado de rompimiento de las tortillas se evaluó en forma subjetiva utilizando una escala del 1 al 5, donde 1 correspondió a un rompimiento de 0%, 2, a un rompimiento de 1 a 25%, 3, de 26 a 50%, 4, de 51 a

75% y 5 desde 76 a 100% de rompimiento de la longitud de la tortilla. Se realizaron tres mediciones de cada lote de tortillas. Para el resto de las mediciones, las tortillas se guardaron, a temperatura ambiente, dentro de bolsas de polietileno selladas hasta su utilización.

FIGURA 2

Formas de las muestras para determinar fuerza a la tensión y corte de tortillas de maíz



#### Fuerza a la tensión

Para determinar la fuerza a la tensión se cortó una pieza, con cada forma a evaluar (rectangular y probeta), de la parte central de la tortilla, evitando los bordes. Las dimensiones de la pieza son las señaladas en la Figura 2. La prueba de tensión se obtuvo utilizando el equipo Texture Analyzer TA-XT2, con el accesorio TA-65. Este accesorio consiste en unas pinzas de retención en las que se colocó la pieza de tortilla y se sometió a tensión hasta lograr el rompimiento. De la curva resultante se determinó la fuerza máxima a la ruptura, el área total bajo la curva, y el área bajo la curva hasta el punto de ruptura de la tortilla. Las condiciones de prueba fueron: velocidad 2 mm/s, distancia de tensión, 15 mm. Atendiendo a las dimensiones de las formas de las muestras y de las tortillas se realizaron dos mediciones de cada tortilla. Se evaluaron cinco tortillas, tomadas al azar, de cada lote.

#### Elasticidad y elongación

La pendiente de la curva de fuerza a la tensión, desde el inicio hasta el punto de ruptura de la tortilla fue considerada como la elasticidad de la misma (Figura 1). La elongación de la tortilla fue considerada como la distancia desde el inicio de la prueba hasta el punto de rompimiento de la tortilla. Las condiciones de prueba fueron: velocidad 2 mm/s, distancia de tensión, 15 mm. Se realizaron dos mediciones de cada tortilla. De cada lote en estudio, se evaluaron cinco tortillas con cada forma propuesta.

### Fuerza al corte

Para las determinaciones de fuerza al corte se utilizó el mismo equipo utilizado para determinar la fuerza a la tensión, con el accesorio TA-34, el cual es una cuchilla plana de 10 cm de largo por 4 mm de ancho. Para esta prueba se utilizaron las mismas piezas de tortillas utilizadas en las pruebas de tensión, realizando el corte en forma transversal, en la parte central de la tortilla. De la curva resultante se determinó la fuerza máxima a la ruptura, el área total bajo la curva y el área bajo la curva hasta el punto de ruptura (ver Figura 1). Las condiciones para esta prueba fueron: velocidad 2 mm/s, distancia de compresión, 15 mm. De cada lote se evaluaron cinco tortillas, tomadas en forma aleatoria, y se realizaron cuatro mediciones en cada tortilla (dos de cada forma utilizada para fuerza a la tensión).

### Repetibilidad de los parámetros de las curvas de fuerza de tensión y de corte

El estudio de la repetibilidad de las pruebas de calidad se hizo utilizando el método reportado por De la Roche y Fowler (12). Este método se basa en estimaciones de varianza (Repetibilidad = varianza de la variable / varianza de la variable + varianza del error experimental), estableciendo que valores

superiores a 0.90 son adecuados para una prueba confiable.

### Análisis estadístico

Para el presente estudio se utilizó un sistema de una vía. El análisis de datos para obtener las medias, desviaciones estándar y para la selección de los parámetros de textura para las tortillas, se realizó utilizando el paquete estadístico SAS (15).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Evaluación y selección de las formas de la muestra

Al someter a tensión una pieza de tortilla con forma rectangular (Figura 2), utilizando el texturómetro, ésta se sujetó por cada extremo con dos placas (pinzas de retención, accesorio TA-65) que la presionaron. Estas partes presionadas tendieron a debilitarse, y al someterlas a tensión se cortaron generalmente al nivel de las orillas de las placas de presión, originando una gran variabilidad en las mediciones. Este comportamiento se observó al comparar el valor de la desviación estándar de todos los parámetros en la Tabla 1. Los valores de los parámetros de la forma rectangular presentaron mayores valores de desviación estándar que los obtenidos con la forma de probeta.

TABLA 1  
Repetibilidad de parámetros de tensión de tortillas utilizando diferentes formas de muestra

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	D.S. <sup>a</sup>	C.V. <sup>b</sup>	R <sup>2c</sup>	Repeti-bilidad
<b>Forma rectangular</b>							
Fuerza máxima (g)	99	638	311	145	16,43	0,91	0,8897
Área total (g-mm)	506	8.146	2.198	1.820	34,73	0,88	0,8500
Área hasta fuerza máxima (g-mm)	282	5.726	1.686	1.394	34,69	0,88	0,8501
<b>Forma probeta</b>							
Fuerza máxima(g)	52	356	152	77	21,08	87,93	0,9511
Área total (g-mm)	244	3.446	968	770	28,80	90,98	0,9844
Área hasta fuerza máxima (g-mm)	150	2.818	742	618	33,24	88,98	0,9623

Valores obtenidos de 2 mediciones/tortilla, 5 tortillas/ lote, 40 lotes y 1 repetición/lote.

<sup>a</sup> D.S. Desviación estándar. <sup>b</sup> C.V. Coeficiente de variación. <sup>c</sup> R<sup>2</sup> Proporción de la variabilidad de los datos.

Para solucionar este problema y obtener mediciones confiables se seleccionó la forma denominada "probeta" (I), ya que en esta forma, los extremos, que están sometidos a presión, tienen mayor resistencia. La forma de probeta tiene en los extremos 2,5 veces el ancho que la parte media. Al utilizar esta forma (probeta), el material siempre se cortó por la parte más delgada al someterla a tensión, por lo que la medición se realizó de una manera repetible. Lo anterior se puede observar al analizar las Tablas 1 y 2, donde se tienen los valores para las mismas pruebas utilizando las dos formas estudiadas. En general la repetibilidad fue más alta para las mediciones realizadas con las muestras con forma de probeta.

### Repetibilidad de pruebas y parámetros

Todas las tortillas presentaron buena rolabilidad (valores no mostrados por ser iguales) con calificación de 1, no se rompen, por lo que la repetibilidad fue máxima para este parámetro. Aunque la rolabilidad presentó la máxima repetibilidad, esta prueba no resultó adecuada para expresar la textura de la tortilla, ya que no se detectaron diferencias, las cuales sí fueron determinadas al utilizar el texturómetro como se demuestra en las Tablas 1 a 3, aquí reportados. Este parámetro de rolabilidad es demasiado subjetivo, y no es adecuado para medir características de textura de las tortillas.

TABLA 2  
Repetibilidad de parámetros de corte de tortillas utilizando diferentes formas de muestra

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	D.S. <sup>a</sup>	C.V. <sup>b</sup>	R <sup>2c</sup>	Repetibilidad
<b>Forma rectangular</b>							
Fuerza máxima (g)	689	3.370	1.751	844	16,64	0,92	0,9934
Área total (g/mm)	794	3.284	1.840	814	17,75	0,89	0,9616
Área hasta fuerza máxima (g/mm)	476	2.140	1.122	524	16,14	0,92	0,9036
<b>Forma probeta</b>							
Fuerza máxima (g)	337	1.749	881	424	16,49	0,92	0,9952
Área total (g/mm)	376	1.652	870	370	17,15	0,89	0,9604
Área hasta fuerza máxima (g/mm)	230	1.848	614	430	33,99	0,84	0,9087

Valores obtenidos de 4 mediciones/tortilla, 5 tortillas/lote, 40 lotes y 1 repetición/lote. <sup>a</sup> D.S. Desviación estándar.

<sup>b</sup> C.V. Coeficiente de variación. <sup>c</sup> R<sup>2</sup> Proporción de la variabilidad de los datos.

TABLA 3  
Repetibilidad de elasticidad y elongación de tortillas utilizando diferentes formas de muestra

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	D.S. <sup>a</sup>	C.V. <sup>b</sup>	R <sup>2c</sup>	Repetibilidad
<b>Forma rectangular</b>							
Elasticidad(g/mm)	15	108	041	21	23,05	0,85	0,8223
Elongación (mm)	2,93	10,1	5,4	2,182	18,02	0,86	0,8251
<b>Forma probeta</b>							
Elasticidad(g/mm)	39	140	76	33	9,82	0,96	0,9493
Elongación (mm)	3,3	10,9	5,8	2,232	14,71	0,90	0,9417

Valores obtenidos de 2 mediciones/tortilla, 5 tortillas/lote, 40 lotes y 1 repetición/lote.

<sup>a</sup> D.S. Desviación estándar. <sup>b</sup> C.V. Coeficiente de variación. <sup>c</sup> R<sup>2</sup> Proporción de la variabilidad de los datos.

En la Tabla 1 se muestra la estadística simple y los valores de repetibilidad de las evaluaciones de tensión de tortillas comerciales, hechas con el Texture Analyzer. En general las determinaciones presentaron una mayor repetibilidad para todos los parámetros obtenidos con la forma de probeta de las muestras evaluadas. La forma de la muestra influyó en la repetibilidad de las mediciones. En la práctica, cuando se utilizó la forma rectangular, la tortilla se rompió, en muchas ocasiones, al nivel de las orillas de las pinzas de retención, debido al debilitamiento del material causado por la presión de las pinzas de retención.

En la misma Tabla 1 se muestra que los tres parámetros de tensión evaluados con la forma de probeta, presentaron muy buena repetibilidad (> 0,95). Para evaluar la tensión de las tortillas, cualquiera de los tres parámetros obtenidos pueden ser utilizados. Por simplicidad y facilidad para la toma de datos, la fuerza máxima fue considerada como el parámetro más adecuado para evaluar esta característica de textura de la tortilla.

Respecto a los parámetros de fuerza al corte, la Tabla 2 muestra que la fuerza máxima al corte resultó el parámetro de mayor repetibilidad para las formas rectangular y probeta, con valores de 0,996 y 0,993 respectivamente. Con valores

igualmente altos resultó el área total para ambas formas evaluadas. Con base a estos resultados, y considerando la simplicidad y facilidad para determinar la fuerza al corte se consideró a la fuerza máxima como el parámetro más adecuado para evaluar la fuerza al corte de las tortillas. Aunque los valores absolutos varían ligeramente entre las formas de la muestra, la repetibilidad se conserva debido a que el área de corte es similar entre las muestras de cada forma.

Respecto a la elongación (Tabla 3), este parámetro resultó en general, con menor repetibilidad que la elasticidad. Los parámetros de las muestras en forma de probeta resultaron más repetibles que los de la forma rectangular, 0,94 y 0,82 respectivamente.

En general, al analizar el rango de valores de fuerza máxima a la tensión encontrado (Tabla 1), desde 52 hasta 638g, este resultó similar a los encontrados por Flores-Farías et al. (2), quienes reportaron valores desde 199 hasta 278g para tortillas elaboradas con harinas instantáneas comerciales hechas industrialmente y en el laboratorio. Estos autores utilizaron un equipo texturómetro, y una forma y tamaño de muestra similares (rectangular) a los aquí utilizados. Otros investigadores (7-10) reportaron valores absolutos de textura

de tortillas diferentes, pero al ser analizados por unidad (tortilla), en algunos casos (10), sus valores resultan similares a los que aquí se reportan. Para los casos donde los valores reportados son diferentes, se debe fundamentalmente a que el equipo utilizado, el tamaño y la forma de la muestra, fueron diferentes y por ende los resultados obtenidos. En el caso de la fuerza máxima al corte los valores aquí encontrados oscilaron entre 337 y 3.370g. Al igual que la fuerza a la tensión estos resultados fueron, en algunos casos, similares (2) a los reportados por Flores-Farías et al. (2) quienes reportaron valores desde 1.930 hasta 2.220g; y diferentes a los reportados por otros investigadores, ya que las metodologías utilizadas fueron diferentes. Así, por ejemplo, Bedolla et al. (16) reportaron valores de textura para la tortilla de alrededor de 20,4kg utilizando accesorios de punción, y Vazquez et al. (17) desde 0,354 hasta 0,497kg para tortillas de maíz amarillo utilizando el mismo equipo texturómetro. En el caso de Méndez-Albores et al. (18), estos reportaron valores muy similares a los aquí encontrados debido a que utilizaron esta metodología (aunque sin comprobar su repetibilidad). Finalmente se observó que tanto para tensión como para corte, utilizando las dos formas de muestra y analizando la fuerza máxima, los rangos de valores encontrados fueron amplios, con desviación estándar entre 77 y 145g para tensión, 424 y 844g para corte, 21 y 33 para elasticidad y 2.182 y 2.232mm para elongación). Aunque existe una gran variabilidad en los valores encontrados, éstos están dentro de los rangos reportados para la tortilla mexicana comercial. Esta amplitud en los rangos de valores, son debido principalmente a una gran heterogeneidad que existe en la producción de las tortillas que se comercializan en México, desde la elaboración del nixtamal y harinas instantáneas, hasta el cocimiento de la tortilla en las tortillerías, además de una falta de control de calidad en la elaboración de las mismas.

### CONCLUSIONES

Para determinar o evaluar la textura de la tortilla de maíz, el equipo texturómetro, Texture Analyzer TA-XT2, resultó adecuado. La forma de muestra tipo "probeta", resultó la de mayor repetibilidad para realizar las determinaciones de tensión y de corte con este equipo. El parámetro con mayor confiabilidad fue la fuerza máxima, tanto para la fuerza a la tensión como para el corte. La elasticidad resultó ser más confiable al realizarse las pruebas con la muestra con forma de probeta. Con la utilización de la forma de muestra tipo probeta, y determinando los parámetros de las gráficas del texturómetro de la manera aquí evaluados, se facilitó la comparación de los datos de textura de las tortillas de maíz y se pudieron utilizar con la certeza de que se pueden repetir con alto grado de confiabilidad.

### AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a J. J. Vélez, R., M. Gaytán M. y G. Sánchez H. por su asistencia técnica en este trabajo.

### REFERENCIAS

1. Serna-Saldívar SO, Gómez MH & Rooney LW. Technology, chemistry and nutritional value of alkaline-cooked corn products. Cap. 4. In : Advances in Cereal Science and Technology. Vol X., Y. Pomeranz (Ed.). American Association of Cereal Chemists. St. Paul MN. 1990. p.243-307.
2. Flores-Farías R, Martínez-Bustos F, Salinas-Moreno Y, Kil-Chang Y, González-Hernández J & Rios E. Physicochemical and rheological characteristics of commercial nixtamalised Mexican maize flours for tortilla. *J Sci Food Agric.* 2000;80:657-664.
3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Abasto y comercialización de productos básicos. 2000. INEGI, México.
4. Khan MN, Desrosiers MC, Rooney LW, Morgan RC & Sweat VE. Corn tortillas: evaluations of cooking procedures. *Cereal Chem.* 1982;59(9):274-284.
5. Bedolla S. & Rooney LW. Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World* 1984;29(11):732-735.
6. Twillman, T. J. & White PJ. Influence of monoglycerides on the textural shelf life and dough rheology of corn tortillas. *Cereal Chem.* 1988;46:397-400.
7. Reyes HS, Reyes CR & López RF. Estudio de texturógenos primarios en nixtamal, masa y tortilla como base para determinación de calidad tortillera del maíz. Reporte interno. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. 1992. México, D. F.
8. Suhendro EL, Almeida-Domínguez HD, Rooney L & Waniska RD. Objective rollability method for corn tortilla texture measurement. *Cereal Chem.* 1998a. 75(3):320-324.
9. Suhendro EL, Almeida-Domínguez HD, Rooney LW, Waniska RD & Moreira RG. Tortilla bending technique: an objective method for corn tortilla texture measurement. *Cereal Chem.* 1998b;75(6):854-858.
10. Suhendro EL, Almeida-Domínguez HD, Rooney LW, Waniska R & Moreira RG. Use of extensibility to measure corn tortilla texture. *Cereal Chem.* 1999;76(4):536-540.
11. Baker RJ & Campbell AB. Evaluation of screening tests for quality of bread wheat. Research Station, Canada. Dep. of Agriculture. *Can J Plant Sci* 1971;51:449-455.
12. De la Roche YA & Fowler DB. Wheat Quality Evaluation. 1. Accuracy and precision of prediction tests. *Can J Plant Sci.* 1975;55:241-249.
13. Fowler DB & De la Roche IA. Wheat Quality Evaluation. 2. Relationships among prediction tests.. *Can J Plant Sci.* 1975;55:251-262.
14. Figueroa CJD. Determinación del grado de confiabilidad del grano flotante como indicador de calidad en cebada. *Agric Tec Mex.* 1983;2:115-125.

15. Statistical Analysis System (SAS). SAS User's guide. Version 6.12. 1989. The Institute Cary NC.
16. Bedolla S, Palacios MG, Rooney LW, Diehl KC & Khan MN. Cooking characteristics of sorghum and corn for tortilla preparation by several cooking methods. *Cereal Chem.* 1983;60:263-268.
17. Vazquez CMG, Márquez SRA & Márquez SF. Evaluación física, química y tortillera del compuesto pepitilla de maíz. *Rev Fitotecnia Mexicana* Vol. 1990;13:10-13.
18. Méndez-Albores JA, Arámbula VG, Vázquez BME, Mendoza EM, Preciado ORE & Moreno-Martínez E. Effect of high moisture Maize storage on tortilla quality. *J Food Sci.* 2003;68(5):1878-1881.

Recibido:04-09-2003

Aceptado: 22-04-2004