

DESARROLLO DE TECNOLOGIA PARA DETERMINACION DE CALIDAD NIXTAMALERA DE MAIZ *Zea mays* L.

María Elena García Hernández¹

RESUMEN

La principal manera de preparar el maíz para su consumo, en México, es en forma de tortilla, y para su elaboración se requiere el proceso de nixtamalización, en el cual inciden una serie de factores que determinan la calidad del producto.

Desde el punto de vista de mejoramiento genético, al tratar de formar materiales para este fin, no existe una metodología específica para evaluar dichos materiales. En base a lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo, detectar parámetros que permitan determinar la calidad del grano, requerida para dicho proceso.

Este estudio fue realizado en el Instituto Mexicano del Maíz, con sede en esta Universidad, durante los años 1982-1983, y se utilizaron 27 materiales de diverso origen genético, tales como: razas, variedades criollas, variedades mejoradas e híbridos.

Para su desarrollo se consideraron las siguientes etapas: recepción de la muestra, que incluye la caracterización taxonómica y morfológica, así como la determinación de especificaciones físicas del grano; condiciones termoalcalinas durante la nixtamalización; evaluación de parámetros como sedimentación y extensibilidad en la masa; en harina nixtamalizada: pruebas de

¹ Ing. M.C. Maestro Investigador del Depto. de Fitomejoramiento, Div. de Agronomía. UAAAN

granulometría y en tortilla características organolépticas, rendimiento y vida de anaquel.

Los diferentes parámetros se analizaron individualmente en diseño completamente al azar y las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey; se estudió la correlación simple entre las variables, y se encontraron diferencias significativas en los parámetros gasto de agua y tiempo de cocción, así como una tendencia a asociar características que con componentes de textura con características propias del proceso de nixtamalización.

INTRODUCCION

En México, el maíz constituye más del 60% de la dieta popular, y se consume a razón de 127 kg por habitante, por año, en forma de tamales, atoles, etc., pero, principalmente en forma de tortilla.

Por lo que se refiere a la producción total de maíz, se estima que el 55% queda en manos de los productores para el autoconsumo; de esto se desprende que el producto final se prepara con cierto cuidado; el resto de la producción es destinada a la población que no participa directamente en ella y a otros fines, como el pecuario y el industrial.

Para que la población pueda consumirlo, se requiere de un largo proceso que parte del cultivo de las semillas, pasa a su transformación en masa de nixtamal y en harina nixtamalizada, para terminar con la manufactura de la tortilla; en este proceso inciden una serie de factores que determinan la calidad final del producto.

Por otra parte, desde el punto de vista de mejoramiento genético, al tratar de formar materiales que sean propios para elaborar tortillas, surge el inconveniente de que no existe una metodología específica para evaluarlos.

De acuerdo a lo anterior, se elaboró este trabajo con el objetivo de detectar parámetros que permitan evaluar la calidad del grano requerida para el proceso de nixtamalización; el estudio se desarrolló en el Instituto Mexicano del Maíz, con sede en esta Universidad, durante los años de 1982 y 1983, como parte de un proyecto realizado en cooperación con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; en este estudio se presentan los resultados preliminares, ya que actualmente el trabajo se encuentra en proceso.

REVISION DE LITERATURA

El maíz es uno de los principales cultivos de México, y la superficie sembrada abarca el 51% del área total del país destinada a la agricultura;

la superficie sembrada con maíz, se considera 8 veces mayor que la que se destina al cultivo del trigo y existen 40 veces más productores de maíz que de trigo, Robles (1981). De lo anterior se desprende que es un cultivo al que se da gran importancia y al que se dedican muchos recursos. La razón de esto estriba en la relación cultural que esta planta tiene para el pueblo mexicano, existen evidencias que lo sitúa en este país anterior a 5 000 años A.C., y se considera como centro de origen primario. Vavilov (1936) citado por Robles (1981). Actualmente se tiene una gran diversidad morfológica y genética de la planta cultivada.

Por lo que se refiere a su clasificación taxonómica, es una planta que pertenece a la familia gramineae, a la tribu maydeae, género *Zea*, especie *mays* y subdividido en las siguientes subespecies: a) *indurata* (cristalino); b) *amylacea* (amiláceo) harinoso; c) *everta* (maíz reventador o palomero); d) *saccharata* (dulce); e) *tunicata* (tunicado); f) *indentata* (uentado) y g) *cerrea* (céreo), Robles (1981).

Las diferencias entre las subespecies mencionadas, radica principalmente en el grano, el cual muestra variabilidad en textura, peso, tamaño, color y forma. En base a cada uno de estos aspectos, se señala lo siguiente:

En relación a la textura, Cano (1973), realizó un estudio morfológico comparado del fruto de 9 razas mexicanas de maíz, para observar los siguientes rasgos: a) grosor del pericarpio; b) relación embrión/grano; y c) estructura, desarrollo y comportamiento del endospermo, dando mayor énfasis a esta parte del fruto por su significación fisiológica, bromatológica y genética, dado que constituye el punto sobre el cual se aplican denominaciones del término textura. Ya que la clasificación para subespecies dada alude al aspecto y en algunos casos a la consistencia del endospermo, queda en pie la cuestión de, cuáles factores anatómicos y/o químicos determinan una textura dada. Para lo anterior realizó un análisis subcelular, conceptualizando este término sobre una base anatómica y concluyó que existen 2 texturas básicas diferentes: amilífera, con o sin meatos y canalículos aéreos; y aporreticular, enteramente sólida pero sin matriz protéica reticulada.

De acuerdo a lo anterior, sitúa en la textura amilífera a los tipos endospérmicos conocidos como cristalino, everta y harinoso y, en la textura aporreticular, el tipo dulce; menciona que la textura dentada es una combinación cristalino-harinosa.

Por lo que se refiere al peso, Sturtevant, citado por Cano (1973), señala que 100 frutos de una variedad pueden pesar sólo 3 gramos, mientras que igual cantidad de frutos de otra variedad, pueden alcanzar un peso de

100 gr; en la misma obra se cita que el tamaño de los frutos también es variable, y que los hay hasta de 25 mm de longitud de la variedad chilena Cuzco. Sturtevant (1984), citado por Robles (1981) y Wellhausen *et al.* (1951), citan a Chapalote y Reventador con 7.2 y 7.3 mm de largo, como las razas mexicanas de granos más pequeños. ▲

Los granos también asumen diversas formas tales como: oblonga, aplana-
nada, cónica, ovoide, cóncava, triangular, rectangular, etc., Wellhausen *et al.* (1951).

El color también es variable, durante las 2 primeras semanas, después de la fertilización, el grano se ve blanco y aparecen en seguida los colores típicos de cada variedad, que pueden ser dados por la capa de aleuronía: rojo púrpura; el parénquima endospérmico: amarillo, blanco; o el pericarpio: anaranjado, rojo, pardo, abigarrado; (Kiesselbach (1949), Anderson y Emerson, (1923), citados por Cano en 1973).

Esta variación existente se pudo cuantificar en un trabajo realizado por Wellhausen *et al.* (1951), citado por Robles (1981), en el cual se clasificaron las razas de maíz en México basándose en: 1) Caracteres vegetativos de la planta; 2) Caracteres de la espiga; 3) Caracteres de la mazorca; y 4) Caracteres fisiológicos, estudios genéticos y citológicos. Hasta 1972 fueron descritos en México, 18 razas de tipo dentado, 22 del cristalino, 7 de everta, 2 del tipo dulce y 5 del tipo harinoso; algunas razas presentaron varias texturas diferentes, Hernández (1972).

Esta variación es amplia en cada región y tiene significado para el agricultor, y principalmente para su mujer, quien tiene una idea precisa de cual es el mejor tipo de maíz para cada forma específica de consumo, Hernández (1972).

La elaboración de tortillas requiere del proceso de nixtamalización, éste es un método que se atribuye a los Olmecas, los cuales obtenían la cal de la concha del ostión; se estima que hace 2 300 años se empezaron a hacer las tortillas en México. Como lo usamos (1982). Este proceso se ha mantenido en el tiempo sin variantes y se muestra en la Figura 1.

Este proceso, a pesar del tiempo que se ha utilizado, no ha sido debidamente estudiado, los primeros reportes sobre la teoría química de la formulación del nixtamal fueron dados por Illescas (1943). Este autor describe el proceso en detalle, y señala que la cubierta del grano está compuesta de 20.3% a 21.9% de celulosa, 2.6% a 4.9% de lignina y 73.2% a 77.1% de hemicelulosa; menciona también lo siguiente: la lechada de cal diluida

con que se hace el nixtamal, actúa sobre las hemicelulosas, que pueden hidrolizarse totalmente por tratamiento más prolongado, pero en la práctica sólo se hidroliza la mitad; la celulosa y la lignina quedan prácticamente inatacadas.

La pérdida de nutrientes del maíz, en la preparación de tortillas, puede ser debido a cambios químicos y físicos. Los cambios físicos son debido a la completa o parcial separación de algunos de los constituyentes del grano del maíz, por lo consiguiente se remueven los componentes que se encuentran en ellos. Los cambios químicos pueden ser en el lavado con agua, o en la destrucción de los nutrientes por los diferentes tratamientos, aunque éstos son mínimos, a pesar de que parece existir una tendencia hacia una mejor calidad para las tortillas, Santos (1980).

Lo que es importante de la tortilla, es el proceso a que se somete el maíz para elaborarla, ya que si se prepara con un simple cocimiento con agua, conduce al desarrollo de la pelagra o deficiencia de niacina; este pro-

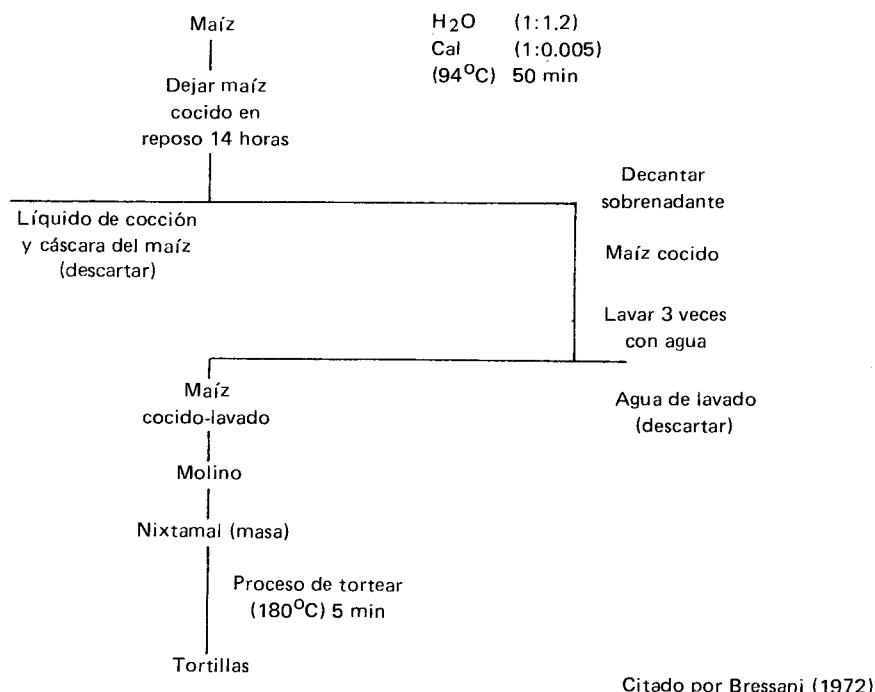


Figura 1. Proceso tradicional para la elaboración de tortilla.

ceso reduce también el contenido de fibra cruda, para hacer un alimento con textura más suave y, además, como se lleva a cabo con hidróxido de calcio, representa una buena fuente de calcio, y su absorción es tan alta como el de la leche, Santos (1980).

Por lo que se refiere a los efectos propios del proceso y de la experiencia al respecto que tienen los molineros, se les presentan problemas para nixtamalizar algunos maíces, esto puede ocasionarles pérdidas económicas y dificultades para manejo posterior de la masa y al elaborar la tortilla, lo que repercute también en el consumidor al verse obligado a consumir tortillas de baja calidad organoléptica y nutritiva, Ochoa (1982).

De los diversos estudios realizados, se ha sacado en claro que las condiciones adecuadas de nixtamalización (tiempo de cocimiento, tiempo de reposo, etc.) son diferentes para cada variedad de maíz, por lo que es importante la determinación de estas condiciones, no sólo para el control de la calidad del producto, sino también para la mejor utilización de materiales mejorados que, en algunos casos, presentan dificultades para su procesamiento, Ochoa (1982).

Al conocer los factores que intervienen en la nixtamalización y al saber qué niveles óptimos de estos factores son función de la variedad de maíz, se tienen 2 posibilidades: a) Estudiar cada variedad de maíz para determinar sus condiciones óptimas, y b) Determinar una o varias características que definen estas condiciones, estudiar maíces que difieran en estas características y posteriormente generalizar las condiciones determinadas a todas las variedades semejantes, Ochoa (1982). En el presente trabajo se optó por la segunda posibilidad.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Nixtamalización del Instituto Mexicano del Maíz con sede en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Para el desarrollo del presente trabajo se propusieron las siguientes actividades:

- a. Colección de diferentes variedades de maíz de diversas áreas geográficas
- b. Pruebas preliminares de técnicas generales
- c. Desarrollo de técnicas específicas para el proceso de nixtamalización
- d. Evaluación de las técnicas

- e. Utilización de técnicas específicas en forma masiva
- f. Pruebas en serie

Estas actividades se realizaron de la siguiente manera:

a. La colección de materiales se hizo a través del Instituto Mexicano del Maíz; fueron 27 materiales de diverso origen genético, que incluían razas, variedades criollas, variedades mejoradas e híbridos, los cuales fueron agrupados como se muestra en el cuadro 1.

Lo anterior se hizo con el fin de tener materiales que representen la diversidad de esta planta en el territorio mexicano y se incluyeron los que por tradición son utilizados para hacer tortillas como las razas Pepitilla y Celaya.

b. Por lo que se refiere a las pruebas preliminares de técnicas generales se trabajó en base al esquema que se muestra en la Figura 2.

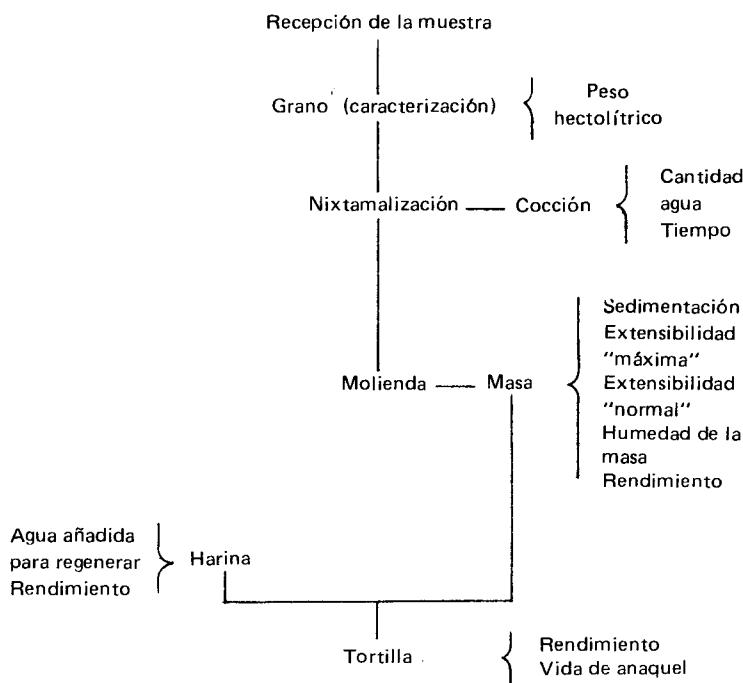


Figura 2. Esquema que ilustra las diferentes determinaciones a que fueron sometidas las muestras.

Cuadro 1. Caracterización de los materiales.

| No. | Nombre | Procedencia | Raza | Color | Textura |
|-----|---------------------|--------------|---------------------|--------------------|------------|
| 1 | Pepitilla | Tep. Morelos | Pepitilla | Rojo | Dentado |
| 2 | Pepitilla | Tep. Morelos | Pepitilla | Rojo 1/4 opaco | Dentado |
| 3 | Pepitilla | Tep. Morelos | Pepitilla | Rojo opaco total | Harinoso |
| 4 | Pepitilla | Durango | Pepitilla x cónico | Variegado | Dentado |
| 5 | Zapalote chico | Oaxaca | Zapalote chico | Blanco | Dentado |
| 6 | Zapalote chico | Oaxaca | Zapalote chico | Blanco opaco total | Harinoso |
| 7 | Tuxpeño | Cardel, Ver. | Tuxpeño | Blanco | Dentado |
| 8 | Tuxpeño | Coahuila | Tuxpeño | Blanco | Dentado |
| 9 | Cónico norteño | Coahuila | Cónico norteño | Variegado | Cristalino |
| 10 | Bolita | Coahuila | Bolita | Blanco | Dentado |
| 11 | Olotes occidentales | Coahuila | Olotes occidentales | Morado | Harinoso |
| 12 | Cónico | Coahuila | Cónico | Blanco | Cristalino |
| 13 | Harinoso de ocho | Coahuila | Harinoso de ocho | Morado | Harinoso |
| 14 | Celaya | Nuevo León | Celaya | Blanco | Dentado |
| 15 | Criollo | Puebla | | Blanco | Cristalino |
| 16 | Criollo | Puebla | | Blanco | Harinoso |
| 17 | NEPO | UAAAN | | Blanco | Dentado |
| 18 | NEPO | UAAAN | | Blanco opaco total | Harinoso |
| 19 | AN-462 | UAAAN | | Blanco | Dentado |
| 20 | Norteño | Tamaulipas | | Blanco | Cristalino |
| 21 | Comercial (testigo) | | | Blanco | Cristalino |
| 22 | AN-360 | UAAAN | | Blanco | Dentado |
| 23 | VAN-361 | UAAAN | | Blanco | Dentado |
| 24 | VAN-361 | UAAAN | | Blanco opaco total | Harinoso |
| 25 | Celaya | Nuevo León | Celaya | Blanco opaco total | Harinoso |
| 26 | Tuxpeño | Coahuila | Tuxpeño | Blanco opaco total | Harinoso |
| 27 | Bolita | Durango | Bolita | Blanco opaco total | Harinoso |

La caracterización de los materiales se hizo en base a aspectos morfológicos tales como: color, estrías, depresiones, etc., la clasificación para raza fue de acuerdo a la descripción para grano hecha por Wellhausen (1951), y la determinación de la textura de acuerdo a tinciones de los granos por una solución denominada IKI que contiene 1 g de ioduro de potasio y 1 g de lodo en 100 ml de agua, la cual permite una diferenciación clara del almidón suave con el almidón cárneo; se utilizó también una lámpara que, a través del paso de luz por los granos, permite la clasificación de los materiales considerados como opaco total (Cuadro 1). El peso hectolítico fue determinado en balanza marca Ohaus No. 4004 y se obtuvo por lectura directa kilogramo/hectolitro.

c. La nixtamalización se realizó de acuerdo al método casero citado por Bressani (1972), utilizando en todas las pruebas lechada de cal (CaOH) al 2%; durante la cocción fue medido el volumen de agua y el tiempo que requirió cada material. El tiempo de reposo, en todas las pruebas, fue de 14 horas; la molienda se hizo en húmedo con un molino de piedra tipo laboratorio, con motor de 1 HP en 8 polos y 850 RPM. En la masa obtenida se determinó: sedimentación por método gravimétrico y extensibilidad, la cual se obtuvo al aplicar una fuerza sobre la masa hasta romper su límite, a lo cual se le denominó extensibilidad máxima, y para extensibilidad normal se aplicó una fuerza menor, para obtener, de esta manera, la tortilla que permite su manejo; en ambos casos se midió el diámetro. El rendimiento de la masa fue calculado sobre la base seca del grano; se consideró, además, el agua utilizada durante la molienda. La humedad de la masa fue determinada en estufa, hasta peso constante.

Para la obtención de harina, la masa fue secada en estufa, molida en seco pasada a través de mallas. Al producto así obtenido se le hicieron las siguientes determinaciones: pruebas de granulometría para determinar el tamaño de las partículas, debiendo pasar mínimo el 75% de harina por un tamiz No. 24 M-60 U.S. (abertura de malla de 250 micrones), según Norma Oficial Mexicana NOM B - 231; enseguida se cuantificó el agua necesaria para regenerar la masa a partir de la harina y se calculó el rendimiento de harina, tomando como base seca el grano limpio. Por lo que se refiere a la tortilla, ésta se elaboró tanto a partir de la masa como de la harina nixtamalizada, y se obtuvo el rendimiento y la vida de anaquel, o sea la capacidad de conservación del producto, tomando en cuenta para ésta sus características organolépticas, a través de la prueba del doblado, la cual consiste en calentar el producto y enrrollarlo sin que éste se rompa.

d. Los diferentes parámetros que se consideran fueron analizados individualmente en diseño completamente al azar y las medias fueron compara-

das mediante la prueba de Tukey, para obtener las diferencias entre variedades. En seguida se estudiaron las correlaciones simples entre las 12 variables.

e y f. En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se realizan actualmente pruebas en materiales genéticos de interés para IMM, de los parámetros que mostraron asociación con la calidad para nixtamalización.

RESULTADOS

Al agrupar los materiales en estudio (Cuadro 1) se puede observar que hay una gran diversidad entre los materiales, y existen materiales de una misma raza que difieren en textura.

A continuación se muestran los Análisis de Varianza de los parámetros que tuvieron diferencias significativas. (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Análisis de varianza para gasto de agua y tiempo de cocción durante la nixtamalización

| F.V. | Gasto de agua | | F.V. | Tiempo de cocción | |
|--------------|---------------|----------|--------------|-------------------|------|
| | G.L. | C.M. | | G.L. | C.M. |
| Tratamientos | 26 | 22440.1* | Tratamientos | 26 | .3** |
| Error | 46 | 11548.9 | Error | 51 | .1 |
| Total | 72 | | Total | 77 | |

Cuadro 3. Análisis de varianza para extensibilidad máxima y extensibilidad normal de la masa

| F.V. | Extensibilidad máxima | | F.V. | Extensibilidad normal | |
|--------------|-----------------------|------|--------------|-----------------------|-------|
| Tratamientos | 26 | 1.0* | Tratamientos | 26 | 7.7** |
| Error | 46 | .5 | Error | 46 | 1.3 |
| Total | 72 | | Total | 72 | |

Los materiales que requirieron menor cantidad de agua fueron de texturas harinosa y dentado principalmente. Por lo que se refiere al tiempo necesario para la cocción, solamente fueron de texturas harinosa y dentado, de acuerdo a la prueba de Tukey (Cuadro 4). En ambos casos se tuvo mayor número de materiales de textura harinosa.

Cuadro 4. Pruebas de Tukey para gasto de agua y tiempo para la cocción durante la nixtamalización

| Var. | Gasto de agua en ml | Var. | Tiempo en horas |
|------|---------------------|------|-----------------|
| 26 | 600 | 5 | 2.19 |
| 13 | 550 | 6 | 2.18 |
| 20 | 500 | 7 | 2.16 |
| 22 | 470 | 1 | 2.15 |
| 5 | 460 | 2 | 2.10 |
| 21 | 450 | 8 | 2.09 |
| 25 | 450 | 9 | 2.09 |
| 4 | 450 | 3 | 2.08 |
| 8 | 433 | 4 | 2.05 |
| 1 | 420 | 10 | 1.53 |
| 11 | 400 | 11 | 1.51 |
| 23 | 385 | 12 | 1.50 |
| 14 | 350 | 13 | 1.49 |
| 9 | 350 | 14 | 1.46 |
| 10 | 350 | 15 | 1.42 |
| 2 | 350 | 16 | 1.32 |
| 7 | 340 | 17 | 1.31 |
| 6 | 330 | 18 | 1.30 |
| 19 | 325 | 19 | 1.30 |
| 24 | 310 | 20 | 1.30 |
| 17 | 300 | 21 | 1.30 |
| 18 | 300 | 27 | 1.28 |
| 3 | 300 | 22 | 1.25 |
| 27 | 270 | 23 | 1.20 |
| 12 | 250 | 24 | 1.14 |
| 15 | 233 | 25 | 1.08 |
| 16 | 216 | 26 | 1.00 |

Al comparar los materiales por la prueba de Tukey en relación a la textura, ésta fue, en ambos casos, en mayor proporción del tipo dentado (Cuadro 5).

Cuadro 5. Pruebas de Tukey para extensibilidad máxima y extensibilidad normal de la masa

| Var. | Diámetro en centímetros para extensibilidad máxima | Var. | Diámetro en centímetros para extensibilidad normal |
|------|--|------|--|
| 2 | 14.50 | 1 | 10.00 |
| 4 | 14.25 | 5 | 9.20 |
| 3 | 13.50 | 22 | 9.00 |
| 14 | 13.38 | 23 | 8.96 |
| 13 | 13.13 | 20 | 8.90 |
| 24 | 12.82 | 7 | 8.74 |
| 19 | 12.70 | 17 | 8.70 |
| 8 | 12.37 | 18 | 8.70 |
| 10 | 12.30 | 15 | 8.70 |
| 25 | 12.30 | 10 | 8.50 |
| 12 | 12.00 | 11 | 8.40 |
| 17 | 12.00 | 16 | 8.40 |
| 26 | 12.00 | 27 | 8.30 |
| 9 | 11.70 | 6 | 8.20 |
| 15 | 11.70 | 9 | 8.10 |
| 16 | 11.63 | 14 | 8.05 |
| 27 | 11.08 | 8 | 8.03 |
| 6 | 11.00 | 2 | 8.00 |
| 11 | 11.00 | 3 | 8.00 |
| 18 | 11.00 | 4 | 8.00 |
| 21 | 10.50 | 12 | 8.00 |
| 7 | 10.34 | 21 | 8.00 |
| 20 | 9.30 | 24 | 8.00 |
| 22 | 9.25 | 25 | 7.90 |
| 23 | 9.22 | 26 | 7.70 |
| 1 | 8.88 | 19 | 7.63 |
| 5 | 8.58 | 13 | 7.58 |

Por lo que se refiere a la vida de anaquel de la tortilla, se muestran a continuación los materiales que se conservaron por más tiempo y que resistieron la prueba del doblado (Cuadro 6).

Las correlaciones entre las variables se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 6. Vida de anaquel para tortilla

| Material | No. de días |
|------------------------|-------------|
| VAN-361 ⁽²⁾ | 16 |
| VAN-361 ⁽¹⁾ | 15 |
| Zapalote chico | 14 |
| Criollo Puebla | 14 |
| Pepitilla rojo | 12 |
| NEPO | 12 |
| AN-360 | 12 |
| Comercial (T) | 12 |

T = Testigo

2 = Harinoso

1 = Dentado

DISCUSIÓN

Los parámetros que al ser analizados mostraron diferencias significativas entre los materiales, fueron para características que, desde el punto de vista práctico, son importantes para el proceso. Por lo que se refiere a la comparación entre ellos, considerando la textura, es de interés el que sean principalmente de los tipos harinoso y dentado que también, desde el punto de vista práctico, son de los más utilizados para hacer tortillas.

En el Cuadro 7 se puede observar que a mayor peso hectolítrico se obtiene mayor extensibilidad normal, lo cual es explicable al considerar el tipo de almidón cárneo que poseen los materiales más pesados, ya que la cohesión necesaria existirá entre los residuos celulósicos y el almidón.

El peso hectolítrico muestra una correlación negativa con el rendimiento de tortilla, que puede estar también determinada por el tipo de almidón que se transforma en harina.

Por lo que se refiere a las condiciones de cocción, se presenta una asociación positiva entre la cantidad de agua adicionada durante la cocción y el tiempo que requiere el material para cocerse; se observa que los materiales que requieren menor tiempo de cocción son de textura harinosa, la cual permite la introducción del agua más rápidamente.

Cuadro 7. Correlaciones entre las características estudiadas

| | PH | RH | AC | TC | SM | EM | EN | HM | AH | RM | RT | VA |
|----|----|--------|--------|---------|--------|---------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|
| PH | 1 | -0.763 | 0.290 | 0.121 | 0.365 | 0.425 | -0.588** | 0.293 | 0.045 | -0.442 | -0.850** | 0.195 |
| RH | | 1 | -0.494 | -0.536 | -0.231 | 0.336 | 0.446 | -0.532 | -0.016 | 0.353* | -0.263 | -0.974 |
| AC | | | 1 | 0.567** | 0.040 | -0.191 | -0.053 | 0.141 | 0.173 | 0.179 | -0.334 | -0.458 |
| TC | | | | 1 | 0.027 | -0.476* | 0.247 | -0.230 | 0.069 | 0.033 | -0.133 | -0.531 |
| SM | | | | | 1 | 0.129 | -0.105 | 0.521** | -0.095 | -0.365 | -0.544** | 0.451 |
| EM | | | | | | 1 | -0.774** | -0.197 | 0.050 | -0.140 | -0.078 | 0.519 |
| EN | | | | | | | 1 | 0.017 | -0.190 | 0.058 | 0.091 | -0.551 |
| HM | | | | | | | | 1 | 0.034 | -0.550** | -0.157 | -0.134 |
| AH | | | | | | | | | 1 | 0.280 | -0.010 | -0.492 |
| RM | | | | | | | | | | 1 | 0.215 | -0.346 |
| RT | | | | | | | | | | | 1 | 0.168 |
| VA | | | | | | | | | | | | 1 |

PH Peso Hectolítico
RH Rendimiento de harina
AC Agua para cocción
TC Tiempo para cocción
SM Sedimentación masa
EM Extensibilidad máxima
EN Ex tensibilidad normal
HM Humedad de masa
AH Agua añadida harina
RM Rendimiento de masa
RT Rendimiento de tortilla
VA Vida de amasuel

* Significativo al 5%
** Altamente significativa al 1%

En la asociación negativa que muestra el tiempo de cocción y la extensibilidad máxima, podría estar dada por la mezcla óptima de zeína y glutenina formada durante la cocción, la cual actúa como material de liga.

En la correlación positiva que se observa entre la sedimentación de la masa y la humedad de la misma, pudiera estar dada por el tamaño de las partículas de la masa, ya que éstas tenderán a sedimentarse; por lo que se refiere a la mayor cantidad de agua en la masa, ésta pudiera estar contenida entre las partículas y no dentro de ellas. Eso explicaría también, la asociación negativa que muestra la sedimentación con el rendimiento de tortilla, ya que en el caso, por ejemplo, de harina nixtamalizada, en el que se requiere un determinado tamaño de las partículas, las de mayor sedimentación mermarán su rendimiento.

En la correlación negativa que se observa en las 2 extensibilidades, parece estar dada por la clase de almidón que posee el grano, ya que la mezcla de liga estará actuando sobre los residuos celulósicos y el almidón, pudiendo ser variable la gelatinización de este último.

En el caso de asociación negativa, entre la humedad de la masa y el rendimiento de la misma, puede atribuirse a que al efectuar los cálculos de rendimiento fue además considerada el agua que se le adicionó durante la molienda.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. Hay diferencias significativas en parámetros tales como gasto de agua y tiempo de cocción, que son de importancia para el molinero, así como para extensibilidad, lo cual es de interés para elaborar la tortilla.
2. Estas diferencias, al agruparse por texturas, tuvieron tendencias para ciertos tipos, pero no puede considerarse en el presente trabajo que esto sea general.
3. Al observar las correlaciones obtenidas, también existe una tendencia a asociar características que son definidas como componentes de la textura, tales como: peso hectolítrico y clase y proporción de los almidones dentro del grano con características propias del proceso, tales como: gasto de agua y tiempo de cocción, así como extensibilidad y rendimiento.

BIBLIOGRAFIA

- Bressani, R. 1972. Evaluación nutricional del maíz opaco-2 en niños y adultos. In: Memoria del Simposio sobre Desarrollo y Utilización de Maíces de Alto Valor Nutritivo. México, Junio 18-22. 226 p.
- Cano, C.G. 1973. Estudio morfológico comparado del fruto de nuevas razas mexicanas de maíz (*Zea mays L.*). Tesis M.C. Chapingo, México. Escuela Nacional de Agricultura. 60 p. (mimeografiada).
- Como lo usamos. 1982. México. Arbol Editorial, p. 226. Los libros del maíz.
- Hernández, X.E. 1972. Consumo humano de maíz y el aprovechamiento de tipos con alto valor nutritivo. In: Memoria del Simposio Sobre Desarrollo y Utilización de Maíces de Alto Valor Nutritivo. México, Junio 18-22. 226 p.
- Illescas, R. 1943. La teoría química de la formación de nixtamal. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. México. Universidad de México. 4(34):129.
- Ochoa, C.J. y G.H. Cejudo. 1982. Estudio de 3 factores (aureza, tiempo y temperatura) en la nixtamalización del maíz (*Zea mays L.*) México. Anuario de Investigaciones. Universidad Autónoma de Chapingo. Industrias Agrícolas. 176 p.
- Robles, S.R. 1981. Cultivo del maíz (*Zea mays L.*). En Producción de Granos y Forrajes. 2a. reimpresión. 2 ed. México. Limusa, pp. 9-22
- Santos, M.A. 1980. Bioquímica de Cereales y sus productos. México, Universidad Autónoma de Chapingo. Industriales Agrícolas. 75 p.
- Wellhausen E.J., L.M. Roberts y X.E. Hernández, en colaboración con P.C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. México. Programa de Agricultura Cooperativa de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de México. p. 237.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece el apoyo financiero para el desarrollo del presente trabajo al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.