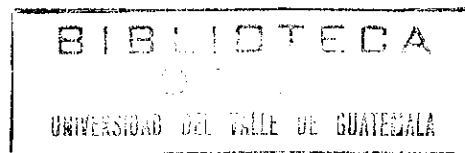


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

INFLUENCIA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE REMOJO SOBRE
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FUNCIONALES Y SENSORIALES DE LA
TORTILLA DE MASA DE MAIZ



VIVIAN NOHELIA LOPEZ RODRÍGUEZ

Trabajo de graduación presentado para optar el grado académico de Licenciada
en Ingeniería en Ciencia de los Alimentos

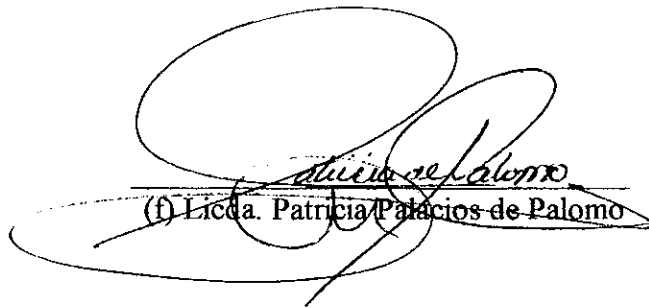
Guatemala
2000

Vo.Bo.:

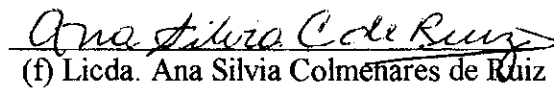


(f) Doctor Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal Examinador:



(f) Licda. Patricia Palacios de Palomo



(f) Licda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz



(f) Dr. Ricardo Bressani

Fecha de aprobación : 16 de Octubre del 2000.

INDICE

RESUMEN	i
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	
Generales	3
Específicos	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	
A. Grano de maíz	5
Origen	5
Clasificación	5
Composición	6
Propiedades físicas	6
Factores que afectan el maíz	8
B. Proceso de nixtamalización	
Proceso Tradicional	10
Proceso Industrial	12
C. Componentes químicos	
Calcio	16
Almidón	17
Absorción de agua	17
Cenizas	17
D. Cambios químicos y físicos durante el procesamiento del maíz	18
V. JUSTIFICACIÓN	19
VI. MATERIALES Y METODO	20
Análisis químico	21
Análisis funcional	21
Análisis sensorial	21
Análisis estadístico	22

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
VIII. CONCLUSIONES	36
IX. RECOMENDACIONES	38
XI. BIBLIOGRAFÍA	39

ANEXOS

APÉNDICE A:

RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO

APÉNDICE B:

RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

APÉNDICE C:

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FUNCIONAL

APÉNDICE D:

GRAFICAS DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO

APÉNDICE E:

GRAFICAS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS TORTILLAS

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se utilizó la variedad de maíz *HB-83*, y se estudió el efecto de los diferentes tiempos de remojo (0, 4, 8, 12 horas) sobre las características químicas, funcionales y sensoriales en la tortilla, así como el efecto del medio de remojo (agua y solución alcalina). Estas harinas obtenidas experimentalmente se compararon con dos harinas obtenidas por el medio industrial (harina A y B).

Todo este estudio se realizó con el fin de obtener las mejores características de las harinas tanto química como sensorialmente, para lo cual se relacionaron varios grupos de harinas: primero se tomó como constante el tiempo y medio de remojo (siendo éste de 0 horas); el siguiente grupo fue el que tomó como constante el medio de remojo (solución alcalina) y el tiempo de cocción (75 minutos), pero al variar el tiempo de remojo en esta solución (0, 4, 8, 12 horas). El último grupo fue el que tomó como constante el medio de remojo (agua) y el tiempo de cocción (75 minutos), pero varió el tiempo de remojo (0, 4, 8, 12 horas); todas estas harinas obtenidas experimentalmente fueron comparadas con las tomadas como control.

Se evaluaron las siguientes características químicas: pH, absorción de agua, sólidos solubles, calcio, cenizas y almidón dañado; de cada una de las muestras obtenidas y se trabajó en duplicado.

Los resultados indicaron que las mejores características químicas de las harinas obtenidas experimentalmente, para el tiempo de cocción, fueron las que se cocieron

por un tiempo de 95 minutos, para las que se remojaron en agua las de 12 horas de remojo, y las que se remojaron en solución alcalina las de 12 horas de remojo en este medio ; pero esto varió al depender de la característica química a evaluar con unas mejores que otras y al depender de la característica química analizada; al ser comparadas con las harinas obtenidas industrialmente, la harina A fue la de referencia que presentó mejores características químicas.

Al observar el análisis estadístico se observó que existió diferencia significativa en casi todas las muestras analizadas.

Se realizó una encuesta a varios panelistas que consumen a diario tortillas con el fin de saber el grado de aceptabilidad que tenían tanto las tortillas obtenidas experimentalmente como las obtenidas industrialmente y poder compararlas. Se pudo observar que las harinas que tuvieron mayor aceptación fueron las que se cocieron por un tiempo de 55 minutos; y las que fueron remojadas por 4 horas en agua y 12 horas en solución alcalina; y fue la harina A, que presentó las mejores características sensoriales del grupo de tortillas obtenidas de forma industrial.

Se encuestaron también las personas que realizaron las tortillas para saber las características funcionales de las tortillas al ser torteadas. Las mejores características funcionales de las harinas obtenidas experimentalmente, para las tortilleras fueron las de 55 minutos de cocción, 12 horas en agua y 12 horas en solución alcalina; y la harina A.

Se puede decir que el mejor tiempo de cocción para las tortillas es el de 55 minutos; el mejor medio para remojar el maíz para la harina de las tortillas es el alcalino y el mejor tiempo es el de 12 horas en este medio.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz constituye un alimento de gran importancia en la alimentación y nutrición de la población de América Latina. En algunos países su consumo es como tortilla, un alimento producido a nivel de hogar y a nivel industrial, a través de la cocción del grano de maíz que utiliza calcio, proceso que se conoce en la actualidad como nixtamalización.

En Guatemala, el maíz es el cereal de mayor consumo por parte de la población. Se ha indicado que este cereal ofrece entre 40 a 50% de las calorías y proteína a la dieta de la población rural. El consumo de maíz se hace al transformar el grano en productos procesados, entre los cuales el más importante es la tortilla.

La transformación del grano de maíz en masa, luego en tortilla y en otros alimentos producidos de la masa o de la harina, induce cambios tanto en el aspecto químico y físico del grano, como en aspectos nutricionales. Durante el período de cocción y de remojo ocurren pérdidas de sólidos que se han asociado a la calidad y el tipo del grano que se utiliza.

La tortilla es un producto relativamente barato que proporciona nutrientes que en el maíz como grano, no están disponibles. La tortilla es un alimento de alto valor nutricional adecuado para las personas que dependen de ella como su primordial fuente alimenticia.

Aunque se han realizado varios estudios del proceso de nixtamalización, tanto a nivel casero como a nivel industrial, no se ha realizado un estudio profundo en el que se vea

la influencia que tiene tanto el tipo como el tiempo de remojo y el medio del mismo; y pueda ser comparada con las harinas obtenidas a nivel industrial y consumidas por la mayoría de la población guatemalteca. En el presente estudio se realizó un análisis de la influencia que

tiene los diferentes tiempos de remojo, siendo éstos de 0, 4, 8, 12 horas sobre características tanto químicas como funcionales y sensoriales en la tortilla; de esta forma hay influencia de dos diferentes medios de remojo (agua y solución alcalina) sobre la aceptabilidad del producto.

Se analizaron las siguientes características químicas: calcio, pH, absorción de agua, sólidos solubles y almidón susceptible a enzimas de cada una de las muestras y se trabajó en duplicado. Además se evaluaron ciertas características sensoriales de la tortilla (textura, color y sabor), por medio de un panel de varias personas que consumen a diario tortillas lo cual se comparó con las harinas obtenidas industrialmente y tomadas como referencia.

II. OBJETIVOS

A. *Generales*

1. Obtener un conocimiento más profundo sobre el proceso de nixtamalización.
2. Ampliar nuestros conocimientos sobre el significado de la operación de remojo en el proceso de nixtamalización en la calidad química y funcional de la tortilla.

B. *Específicos*

1. Evaluar los efectos que tiene el medio de remojo sobre características químicas seleccionadas en harina de nixtamal.
2. Determinar el efecto del medio líquido de remojo y del tiempo de remojo sobre las características sensoriales de la harina en la elaboración de la tortilla.
3. Establecer el efecto del medio de remojo y el tiempo de remojo sobre la aceptabilidad de la tortilla.
4. Comparar los valores obtenidos de las variables experimentales con valores de las harinas industriales nixtamalizadas.
5. Examinar la influencia que tiene el calcio sobre las propiedades tanto químicas como sensoriales en la tortilla.

III. HIPÓTESIS

1. Algunas características químicas como la absorción de agua, el calcio, la gelatinización del almidón del nixtamal, aumentarán conforme el tiempo de remojo.
2. El tiempo de remojo del nixtamal influye sobre las características sensoriales de la tortilla.
3. Se tendrá una harina de maíz con mejores características tanto sensoriales como químicas en un tiempo mayor de remojo; al ser comparado con las harinas de el método industrial; el cual no emplea este tiempo de remojo.
4. Al realizar el remojo del maíz cocido tanto en solución alcalina como en agua, habrá diferencia en el contenido de calcio y en las características sensoriales de la tortilla.
5. Cambios en las condiciones de cocción (temperatura y tiempo), posiblemente sustituyen los efectos del tiempo de remojo, en las características químicas y sensoriales en la tortilla.

IV. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

A. Grano de maíz

Origen: El maíz (*Zea mays L.*) es originario del Hemisferio Occidental, fue el único cereal cultivado en forma sistemática por los indios americanos aunque cosechaban algunos otros granos en su estado silvestre (7).

Clasificación: El maíz pertenece a la familia Gramínea y las principales variedades cultivadas son: maíz de vaina, maíz duro, maíz dentado, maíz dulce, maíz palomero, maíz harinoso y maíz ceroso. La diferencia entre cada variedad radica en sus composiciones, tejido, semilla y técnicas de cosecha y post-cosecha. El grano cultivado en Centroamérica es principalmente el harinoso, los granos son grandes y blandos, y el endospermo se desmenuza con facilidad; estas características permiten que el grano se muele fácilmente, y forme harina, lo cual es ventajoso para servicios domésticos (7).

CUADRO # 1
Análisis aproximado de los granos de maíz

PROPIEDAD	PORCENTAJE (%)
Humedad	16.7
Almidón	71.5
Proteínas (N x 6.25)	9.91
Grasas	4.78
Cenizas (óxido)	1.42
Fibra (Cruda)	2.66
Azúcares, totales	2.58
Carotenoides totales, mg/kg	30.0

La diversidad en el tamaño y en la forma de los granos de maíz se debe a diferencias en sus antecedentes genéticos y a su localización en la mazorca. Los granos que se

encuentran localizados en la parte trasera de la mazorca son grandes y redondos, y aquellos en la punta son pequeños y redondos. Los granos que se encuentran en la parte central de la mazorca usualmente son aplanados debido a la presión ejercida por granos adyacentes durante el crecimiento. La variedad medio-ambiente también producen disparidad en tamaño y forma (18).

Composición: El grano de maíz es un fruto compuesto de tres partes principales que son: el pericarpio (6% en peso), el endospermo, que constituye la mayor parte del grano (82.4% en peso) y el germen (11.6% en peso) (4).

CUADRO #2
Composición química de las partes del grano de maíz

Componente químico	Pericarpio (%)	Endospermo (%)	Germen (%)
Proteína	3.7	8.0	18.4
Eter extraído	1.0	0.8	33.2
Fibra cruda	86.7	2.7	8.8
Cenizas	0.8	0.3	10.5
Almidón	7.3	87.6	8.3
Azúcar	0.34	0.62	10.8

En general, los principales componentes del grano son carbohidratos, proteínas y lípidos. La proteína es deficiente en los aminoácidos esenciales lisina y triptófano. El endospermo contiene del 76-79% de la proteína total, el germen de 15.1% al 20.5% y la cáscara del 2.9 al 5.3% (4). De los carbohidratos el almidón es el principal y contiene 27% de amilosa y 73% de amilopectina (4).

Propiedades físicas: Las propiedades físicas del grano de maíz varían de acuerdo al contenido de humedad, variedad, año y región de producción. Los cambios observados en las propiedades físicas de un grano debidos a variaciones en el

contenido de humedad se deben principalmente a la absorción o desorción de vapor de agua, en el cual produce cambios en la densidad y el volumen del grano. Aun a un mismo contenido de humedad, las propiedades físicas de los granos difieren de acuerdo a, si el grano alcanzo el contenido de humedad por desorción o absorción de agua debido al efecto de histéresis (18).

El maíz puede ser fácilmente procesado a altos rendimiento de masa y debe tener excelentes propiedades tanto para la molienda como para la cocción alcalina. Watson y Rooney señalan que el maíz ideal para procesos alcalinos es aquel que posee las siguientes características: a) tamaño uniforme del grano con una cantidad baja de grano roto y cuarteado, b) alta densidad, c) alto peso hectolítico (test), d) textura del endospermo dura o intermedia (facilidad de remoción del pericarpio), e) granos intactos, libres de fisuras o roturas por estrés, f) carencia de dientes prominentes en la corona (corona esférica), g) de color amarillo claro o blanco brillante y h) con facilidad de adsorción de agua, ya que el nivel de cocción estará afectado por el radio con que el grano se hidrate con agua y álcali dándole la capacidad de gelatinizar o no (13, 18).

CUADRO #3
Composición Nutricional de las tortillas de maíz y
Tortillas de harinas de maíz

ELEMENTO	<u>TORTILLAS DE MAIZ</u>			<u>TORTILLAS DE HARINA</u>		
	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media
H %	43	38.3	40.5	29.3	25.2	26.9
Ceniza %	1.1	0.9	1.1	2.9	1.7	2.1
Grasa %	1	0.8	0.9	10	3.6	7.7
Fibra %	1.7	1.3	1.4	1.6	0.4	1.3
Proteína %	6.1	5.4	5.8	8.1	7.0	7.3
Carbohidratos %	52.7	48	50.3	59	51.3	54.5
Calorías	235.7	217.1	226.3	313.4	282	296.3
Hierro (mg%)	1.8	1.2	1.5	1.9	1	1.5
Calcio (mg%)	210	87.3	163.6	103.4	27.2	60.7

Potasio (mg%)	154.7	104.5	125.7	110.5	89	99
Sodio (mg%)	26.5	16.7	19.3	700.5	371.2	574.4
P (mg%)	66.4	52.8	57.5	98.3	61	77
Vit C (mg%)	*	*	*	*	*	*
Caroteno	*	*	*	*	*	*
Tiamina	0.22	0.04	0.13	0.42	0.18	0.35
Riboflavina	0.12	0.06	0.08	0.32	0.07	0.22
Niacina	1.4	0.85	1.1	4.3	1.6	3.4

(Saldana y Brown 1984)

* Trazas, no detectable

** Valores promedio de 5 fábricas mexicanas

Almacenamiento del maíz

Factores que influyen sobre los cambios deteriorativos durante el almacenamiento

En todo grano almacenado continuamente ocurren cambios químicos que tienden a disminuir la calidad del producto. Uno de los objetivos primordiales del almacenamiento de los granos es controlar las condiciones de almacenamiento para mantener la calidad original del producto o bien minimizar los cambios deteriorativos (19). El grano de maíz compuesto principalmente de carbohidratos y asociado a una variedad de microflora e insecto, es vulnerable al ataque y deterioro. Su tasa de respiración depende de su contenido de humedad y temperatura y condición. La viabilidad de los organismos atacantes depende de la disponibilidad de nutrientes y de la temperatura, composición, humedad relativa y contenido de oxígeno de los gases que lo rodean (9, 12).

Los factores que más afectan al maíz son:

Humedad: De los factores que influyen sobre la tasa de deterioro la humedad es la más importante. Al aumentar el contenido de humedad y la temperatura del grano, crece la tasa de respiración, la producción de calor y agua y las pérdidas de materia seca (3). La actividad de la microflora es prevenida cuando la humedad relativa intersticial es mantenida abajo del rango de 65 - 70 % (9).

Temperatura: La respiración es acelerada por un aumento de la temperatura hasta ser limitada por la inactivación térmica de las enzimas involucradas, la desaparición del sustrato, el agotamiento del oxígeno o la acumulación de concentraciones inhibitorias de dióxido de carbono. El efecto de la temperatura sobre la tasa respiratoria depende también del contenido de humedad de los granos (12).

Condición del grano: las propiedades de almacenamiento de los granos son afectadas por las condiciones ambientales durante su crecimiento y maduración, por el grado de maduración a la hora de cosecha, por los métodos de cosecha y por el manejo que reciben hasta llegar al almacén (12).

B. Proceso de nixtamalización

Proceso Tradicional

Desde la antigüedad se aplicaban métodos de cocción alcalina, de tal forma de convertir el grano en un material útil para la preparación de distintos productos alimenticios característicos principalmente la tortilla (4,5, 10, 13,16,18).

Dicho proceso conocido como *nixtamalización*, ha sido descrito por varios autores, los cuales han mostrado que las principales variaciones del proceso radican en el nivel de cal agregado al grano y en el rango de tiempo y temperatura de cocción durante el proceso.

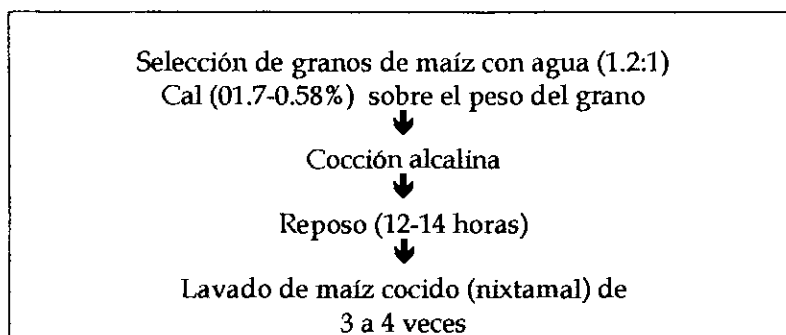
Bressani et al. (1990 a) describe que en Guatemala el proceso de nixtamalización casero consiste básicamente en la cocción del maíz en un agua alcalina, con una concentración de cal a un nivel que varía entre 0.4 a 1.3% del peso del grano; siendo la razón grano-agua de 1:1.2. Dicha mezcla se cocina a una temperatura de 94° C por un intervalo de tiempo de 46-47 min. Una vez cocido, el producto se deja reposar por un período de 12-14 horas. En este tiempo se reduce la temperatura de cocción a la del medio ambiente y el maíz permanece en un medio alcalino a un pH de 7.5 hasta 9.0 (5).

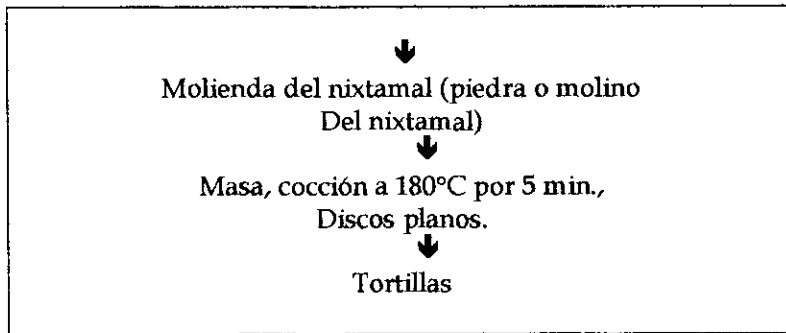
El producto cocido y reposado, es lavado tres a cuatro veces con agua, removiéndose el exceso de cal, e impurezas presentes . El nixtamal (maíz cocido y lavado), se convierte en una masa utilizando una piedra de moler o un molino de atrición adecuado (molino de piedra o de discos) (5, 20, 37). En el proceso de molienda se desarrollan las propiedades cohesivas de la masa. Los gránulos hinchados de almidón gelatinizado se rompen y se distribuye el almidón hidratado y la proteína, alrededor de

las porciones de maíz no gelatinizado, que forma una masa (17). La masa es moldeada en una forma circular plana y estos discos son cocinados en un comal a una temperatura alta (170° C en la orilla y 212° C en el centro) durante aproximadamente 3 min. Para obtener las características de las tortillas (4, 10).

En general, las condiciones del proceso (tiempo de cocción, nivel de cal, temperatura y tiempo de remojo) están íntimamente relacionadas con el producto final a obtenerse. Por otra parte, la variabilidad de cal empleada y la temperatura, que se dan a nivel familiar, aunque también se asocian con el tiempo de almacenamiento, tipo y calidad del maíz; y son en general los factores que influyen primordialmente en la calidad de los productos derivados de la masa; respecto de sabor, color, textura, biodisponibilidad u otros aspectos importantes (5). Para el maíz que se ha cosechado recientemente, se utiliza menos cal, y se disminuye el tiempo de cocimiento, mientras que al maíz viejo y seco se agrega más cal y el tiempo de cocimiento aumenta (Bressanni, 1990 a). Sin embargo, el tratamiento alcalino del grano da a un producto un sabor característico y una textura específica que no puede ser imitada por otro método simple de molido y cocción del maíz (17).

En el siguiente esquema se presenta la descripción del proceso de nixtamalización a nivel tradicional (casero o rural):





Proceso Industrial

Al aumentar la población urbana rápidamente durante los últimos años y con el consiguiente decremento de la población rural, el crecimiento y el avance tecnológico, han influido con el incremento de la demanda de tortillas o de harina precocida instantánea para fabricar tortillas. Esta necesidad provocó que en algunos países como México se desarrollara la tecnología y el equipo necesario para la producción industrial de harina de maíz. La producción mecanizada en México, adquirió mayor importancia poco después de la segunda guerra mundial, y en la actualidad se lleva a cabo en Costa Rica y Estados Unidos, en donde la tecnología está muy avanzada (6).

La tecnología alimenticia moderna ha hecho posible que alimentos como las tortillas, que antes sólo estaban al alcance de un grupo, estén ahora disponibles a todo consumidor en cualquier supermercado a través de tortillas ya hechas o bien de harina de maíz nixtamalizada instantánea para la preparación de éstas o de otros productos de similar origen. Por lo que a nivel industrial se ha desarrollado el proceso de producción de harinas instantáneas

como el de tortillas listas para comer y para ambos procesos se ha diseñado y construido un equipo especial. (4)

La tortilla lista para comer se elabora de masa proveniente de maíz entero tratado de forma similar al método alcalino casero; o bien se prepara a partir de harina instantánea. Dicha masa pasa a través de cilindros rotatorios que la aplanan formando una lámina de masa, la cual pasa por una máquina especial para ser cortada en forma circular. Los discos planos obtenidos circulan por una banda térmica o un fogón continuo de cocimiento a condiciones adecuadas para obtener las tortillas, las cuales se recolectan en un recipiente al final de la banda (4). Estas son empacadas de forma adecuada para su preservación.

La fabricación de harina instantánea para tortillas se hace comercialmente a partir de maíz entero y requiere un alto control de las condiciones de maceración, tratamiento con el álcali, proceso de molienda, proceso de secado, zarandeado y otras operaciones para obtener un proceso similar al casero (10). La base del proceso industrial es el método empleado tradicionalmente en las áreas rurales, sin embargo la variabilidad del nivel de cal agregado al maíz que se presenta en el método casero no se da a nivel industrial. El nivel utilizado se ha estandarizado al 1 % del peso en grano; y el tiempo de remojo (12 - 14 horas), por factores de tiempo y costo, no se aplica (4).

Inicialmente, el maíz empleado en el proceso seleccionado de acuerdo a diversos factores principales que son: el porcentaje de granos defectuosos en el lote, tipo y calidad del maíz, y cantidad de humedad presente en el grano (4). Si la humedad del grano fuera muy alta se recomienda acondicionarse por un secado de aire

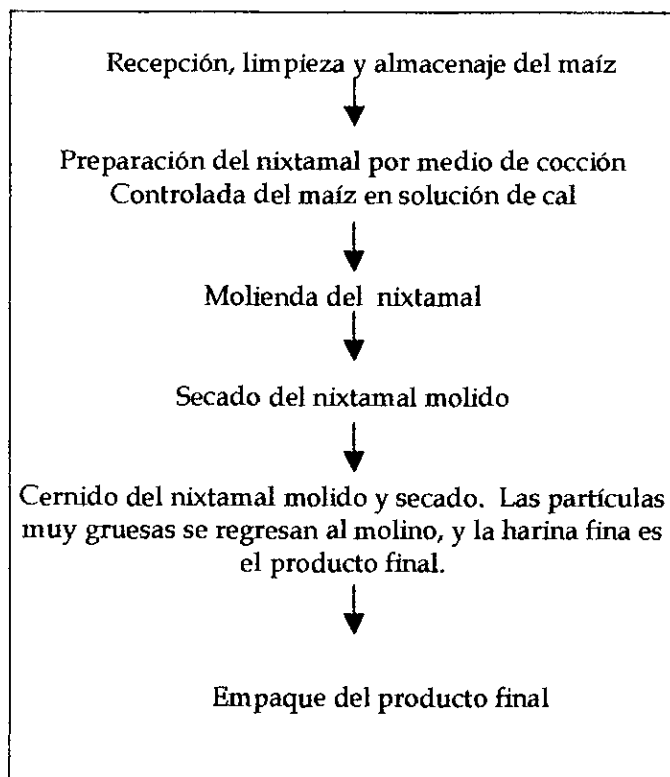
caliente con el fin de bajar la humedad del grano a un 12 a 15%. Una vez escogido el grano, éste es limpiado por tamizaje, separándose las partículas gruesas de las finas para eliminar así las impurezas presentes (17). El maíz es almacenado en silos que están comunicados con las unidades de tratamiento alcalino.

En la fabricación de la harina, el peso inicial es el cocimiento del maíz en agua alcalina por un proceso continuo o de batch (5). En esta operación, el vapor saturado es el medio de calentamiento del depósito y el maíz seco se adiciona al agua en proporción de 1:2 y la cal se adiciona en polvo al 1% en relación al peso del maíz y se utiliza como preservante dióxido de azufre (0.12 - 0.20%) (17). Una vez cocido y macerado, el nixtamal se lava con agua a presión para eliminar el exceso de cal, el pericarpio y parte del germen. Se realiza luego una molienda húmeda en un molino de atrición, de discos y martillos, para obtener una masa suave y pastosa que sale de los molinos para ser secada y obtener una harina de partículas relativamente gruesas. Esta harina se alimenta a diversas zarandas con el objeto de separar las partículas finas de las gruesas. Estas últimas son molidas de nuevo, de tal forma de obtener una harina fina, de partículas uniformes y seca, que para su comercialización y preservación se empaca en bolsas de papel (7, 10, 17). Para evitar problemas de rancidez es mejor no empacar la harina a temperaturas altas. (4)

El producto obtenido del proceso de nixtamalización industrial es un polvo amarillento o blanco, con una distribución de partículas finas (250 μ m, partículas pasan el mesh 60) (17), seco y de sabor y aroma característico de la masa de maíz; y que al hidratarse con agua provee una masa suave y adecuada para la elaboración de las tortillas; las cuales deben ser características organolépticas similares a las tortillas obtenidas de la nixtamalización tradicional (4, 10).

Asimismo, la harina debe tener una humedad final de aproximadamente un 10-12% para evitar deterioro por microorganismos y cumplir con ciertos requisitos fisicoquímicos que establecen su calidad (5).

La preparación de las tortillas por el método casero a través del tiempo disminuye y en su lugar se incrementa el consumo de tortillas listas para comer y la utilización de la harina instantánea para la elaboración de las mismas. Por consiguiente, aumenta la producción industrial y con ella se desarrollan nuevas tecnologías de un menor costo, con una mayor eficiencia y que buscan proveer un producto más nutritivo, más seguro, de mayor facilidad de consumo y a un costo accesible a todo consumidor. En el siguiente esquema se presenta la descripción del proceso industrial de producción de harina de maíz para tortilla:



C. COMPONENTES QUÍMICOS

En el proceso de cocción alcalina se lleva una serie de variaciones que se presentan en el producto tanto a nivel físico como químico (4, 5, 17). El maíz utilizado como materia prima, las operaciones unitarias en el proceso, así como los parámetros involucrados en cada una de las operaciones (temperatura, tiempo de remojo, agua) son factores que influyen significativamente en las transformaciones y cambios producidos en la nixtamalización (5).

En general, ambos procesos de nixtamalización producen pérdidas físicas entre un 8-25% con base del maíz procesado. Estas pérdidas se deben principalmente a los diferentes procesos de cocción, maceración, alcalinidad del medio. Esto se asocia porque dichos componentes del grano se encuentran primordialmente en las partes físicas que se hidrolizan por el medio alcalino y las condiciones del proceso y luego son lixiviadas por el agua. Por lo que la remoción casi total de éstas lleva a una pérdida significativa de ciertos nutrientes en el producto final. (4, 5).

Calcio: En el maíz crudo el contenido de calcio en relación a las necesidades diarias es escaso y su disponibilidad para ser absorbido es relativamente baja. En el proceso alcalino para convertir de maíz a tortilla aumenta significativamente el contenido de calcio (15,16) , hasta aproximadamente un 400% (4) y según estudios realizados un 85% de ese calcio es absorbible.

Las tortillas son un producto relativamente bueno y una fuente barata de calcio, principalmente para las personas que dependen de ésta como su primordial alimento (14).

En Latinoamérica se consume gran parte de Calcio a través del maíz nixtamalizado, ya que en su preparación se añade una cantidad considerable de este mineral en forma de cal (2)

Almidón: Este carbohidrato ha sido parte fundamental de la dieta del hombre desde los tiempos prehistóricos, además de que se le ha dado un gran número de usos industriales. Químicamente hablando, es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilasa y la amilopectina. En términos generales, los almidones contienen aproximadamente 17-27% de amilosa y el resto de amilopectina. Tanto la amilosa como la amilopectina influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y geológicas de los alimentos, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización (2).

El mayor componente químico del grano de maíz lo constituye el almidón, del cual proviene de un 72-73% en peso del grano. Otros carbohidratos presentes en los granos son azúcares simples como glucosa, sucrosa, fructosa (8).

Absorción de agua: el contenido de humedad en un alimento se refiere a todas las regiones microscópicas que debido a una alta acumulación de lípidos no permiten su presencia y la obligan a distribuirse en forma heterogénea (2).

Cenizas: Se cree que se obtiene un incremento en el contenido de cenizas al obtener tortillas a partir de maíz, debido a que se utiliza cal para la cocción. Al aumentar el contenido de cenizas también se obtiene un incremento significativo en el contenido de calcio (8).

D. Cambios químicos y físicos durante el procesamiento del maíz

La conversión de maíz en tortillas envuelve un proceso en el cual se utiliza agua, calor, e hidróxido de sodio. Son tres influencias que cambian tanto la composición química del maíz procesado como los nutrientes. Los cambios son causados por pérdidas tanto físicas como químicas en el grano. Los resultados son pérdidas en algunos nutrientes y la transformación química de otros. En la siguiente tabla se presenta la composición aproximada del maíz, tanto preparado a nivel casero como industrialmente.

CUADRO # 4
Composición aproximado de maíz crudo y de tortillas hechas a nivel casero e industrialmente

Producto	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Fibra Cruda (%)	Carbohidratos (%)	Calorías por 100 g
Maíz Blanco	15.9	8.1	4.8	1.3	1.1	70.0	356
Maíz amarillo	12.2	8.4	4.5	1.1	1.3	73.9	370
Maíz Blanco	13.8	8.3	-	1.2	-	-	-
Tortillas Blancas	47.8	5.4	1.0	0.8	0.7	44.5	204
Tortillas Amarillas	47.8	5.6	1.3	0.8	0.6	44.4	212
Tortillas Blancas	41.9	5.8	-	0.9	-	-	-
Industrial	40.5	5.8	0.9	1.1	1.4	50.3	226
Industrial	44.0	5.3	3.4	1.2	0.7	42.8	215
Industrial	45.2	5.2	3.1	1.4	1.1	41.1	206

(Saldana and Brown, 1984).

V. JUSTIFICACIÓN

Debido a que el maíz es un alimento primordial en la dieta básica de poblaciones de bajo nivel socioeconómico en Centroamérica y parte de México se realizó un estudio en el cual se verá la influencia que tiene el tiempo de remojo sobre las características tanto químicas como sensoriales en la tortilla.

El crecimiento rápido de la tecnología alimenticia moderna ha hecho posible que alimentos como las tortillas estén disponibles a todo consumidor no importa que ya estén hechas o bien harina de maíz nixtamalizada instantánea para la producción de éstas, por lo cual se realizó un estudio en el que se compararon las muestras de harina producida a diferentes tiempos de remojo con las obtenidas industrialmente.

Esta investigación es de gran importancia debido a que a la fecha no se han realizado estudios específicos de la influencia que tienen los diferentes tiempos de remojo sobre las características tanto químicas como sensoriales en la harina de maíz y posteriormente en la tortilla.

Con el presente estudio se espera poder beneficiar tanto a las personas que realizan tortillas como a las industrias productoras de harina de maíz, ya que al obtener los resultados de la presente investigación, se podrá realizar una comparación de las diferentes harinas obtenidas, con las utilizadas como referencia y así poder obtener una harina que presente mejores características tanto químicas como sensoriales.

VI. MATERIALES Y METODO

Materiales

1. Grano de maíz: Se trabajó con la variedad de maíz HB-83.
2. Cal: Se utiliza 1.2 % para cada muestra, nombre comercial cal viva.
3. Harina de maíz: Se utilizaron 2 harinas del medio industrial, para realizar la comparación entre las harinas obtenidas y las utilizadas industrialmente.

Método

Nixtamalización:

Se utilizaron muestras de 250 g cada una y se trabajó en duplicado.

1. Los granos de maíz fueron lavados y se seleccionó el maíz. Elimínándose todo el tipo de basura y grano dañado.
2. Se cocieron dos muestras por un tiempo de 55 min., y 95 min., respectivamente a 96-97 °C, se utilizó un tiempo de remojo de 0 horas. Estos tratamientos y los de 75 min. sirvieron de control; al carecer de tiempo de remojo.
3. Se cocieron 12 muestras de maíz, por un tiempo de 75 min., a 96-97 °C.
4. Luego se dejaron en remojo las 12 muestras anteriormente cocidas, se utilizó la relación 3:1 agua-cal para cada una de muestras, pero con variedad de tiempos de remojo 0, 4, 8, 12 horas y utilizando dos diferentes medios agua y sol. alcalina.
5. Se le cambio el agua a cada una de las muestras dependiendo del tiempo de remojo y se procedió a lavar el maíz cocido.
6. Se secó el maíz para luego molerlo.
7. Se molió el maíz para obtener la harina.
8. Se analizaron las características químicas de cada una de las muestras para comparar y observar las variables que existen entre los diferentes medios de remojo.
9. Se realizó la masa para tortillas de cada una de las muestras.
10. Se realizó un panel para el análisis sensorial de las tortillas.
11. Se compararon las diferentes muestras con 2 clases de harina obtenidas industrialmente.

Análisis químico:

Se analizaron las siguientes características químicas a las diferentes harinas.

- pH (por el método de la AOAC)
- Calcio (por el método de la AOAC)
- Cenizas (por el método de la AOAC)
- Absorción de agua (por el método de la AOAC)
- Sólidos solubles (por el método de la AOAC)
- Almidón susceptible a enzimas (por el método de la AOAC)

Análisis sensorial

Se prepararon diferentes harinas de acuerdo al tiempo y tipo de remojo del maíz; con lo que posteriormente 3 tortilleras realizaron las tortillas y evaluaron las características funcionales y sensoriales de las tortillas al ser torteadas.

Posteriormente se realizó un panel con 30 personas que consumen tortillas a diario, la encuesta presentada se puede observar en la sección de anexos; y se clasificaron las siguientes características:

- Textura
- Color
- Sabor

Análisis estadístico:

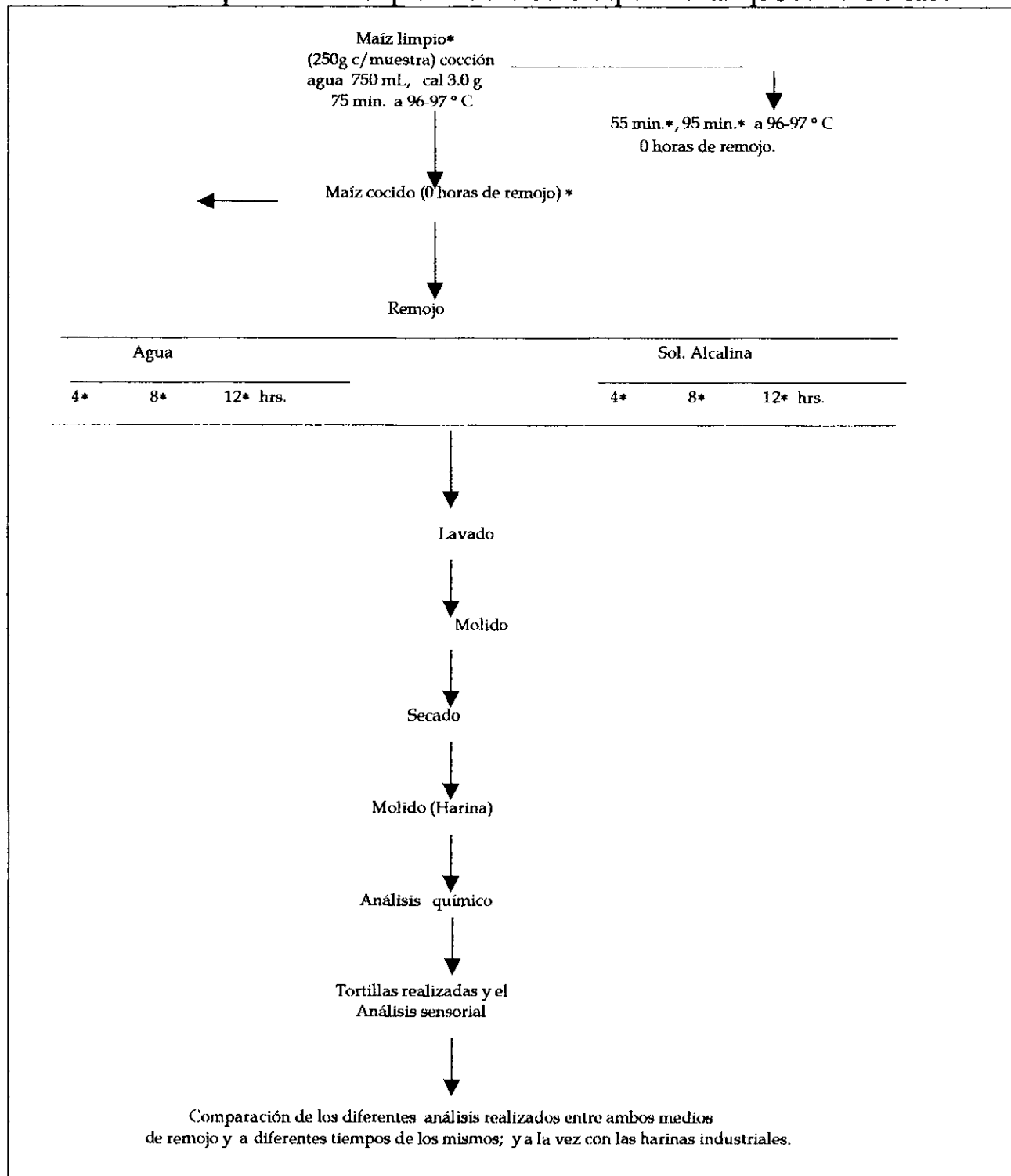
1. Análisis de regresión lineal: el método consistió en obtener una relación entre dos variables a través del principio de mínimos cuadrados, en la cual se utiliza la recta de mejor ajuste que es aquella que minimiza la suma de los cuadrados de las desviaciones de los valores observados de y , respecto a los valores predichos con el fin de obtener un modelo matemático determinístico que pueda ser útil para predecir el comportamiento de una variable en relación a otra independiente (Mendenhall, 1992).

2. Determinación del coeficiente de correlación: Este coeficiente se calculó con el fin de tener un indicador del grado de intensidad o fuerza de la relación lineal entre las dos variables analizadas en cada diferente tratamiento y en cada caso de relación, y que es independiente de las respectivas escalas de medición. El grado de cercanía del coeficiente de correlación lineal entre las dos variables debe tender a 1 para definir una buena relación lineal.

3. Análisis de varianza: Este método trata de analizar la variación de una respuesta y de asignar porciones de esa variación a cada variable de un conjunto de variables independientes. La respuesta, aun cuando parte o todas las variables independientes consideradas se mantengan constantes, presenta una variación aleatoria. Por lo que el método fue utilizado para observar si existió diferencia significativa entre los diferentes tiempos de cocción y las harinas utilizadas industrialmente, además de comparar la diferencia entre los diferentes tiempos de remojo y estas harinas, se compararon los diferentes tiempos de remojo agua y alcalino. El objetivo de este análisis es analizar la

variación de las respuestas como identificar las variables independientes importantes en el estudio y determinar cómo interactúan y afectan la respuesta. Si la estimación para la variable independiente es significativa mayor, la prueba F rechazará la hipótesis de que la variable independiente no tiene efecto y generará evidencia que indique una relación con la respuesta (Mendenhall, 1992).

A continuación se presenta un esquema del diseño experimental que se llevó a cabo



VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente estudio se realizó con el fin de evaluar el significado de algunas variables de procesamiento sobre la calidad química y sensorial de harinas nixtamalizadas de maíz. Se realizó una variación entre diferentes tiempos de cocción (55,75,95 min.), tiempos de remojo (0,4,8,12 horas) y medios de remojo (agua y solución alcalina).

Básicamente el estudio se dividió en tres fases. En la primera se llevó a cabo la comparación entre los diferentes tiempos de cocción (0, 55, 75, 95 min.); en la segunda se estudió el efecto de los diferentes tiempos de remojo (0, 4, 8, 12 horas) y en la tercera la variación estudiada fue entre los medios de remojo (agua y sol. alcalina). De cada tratamiento se obtuvo una harina que fue comparada con harinas obtenidas a nivel industrial y tomadas como referencia. Todas las harinas se evaluaron por el pH, el índice de absorción de agua, el índice de sólidos solubles, el contenido de cenizas, calcio, almidón dañado; y la calidad sensorial de las tortillas preparadas de las harinas experimentadas y de referencia.

Efecto del tiempo de cocción

Como se puede observar en la tabla #1, gráfica #1 el comportamiento del pH vs. los tiempos de cocción, aumentaron significativamente hasta llegar a un punto en el que el pH se volvió constante, que fue alrededor de 75 minutos. Esto se debe a que a mayor cocimiento del maíz se obtuvo una mayor alcalinidad, posiblemente debido a una mayor retención del calcio en el grano de maíz. Al comparar los resultados de los tiempos de cocción con las harinas tomadas como referencia, se ve que se obtuvo un acercamiento en cuanto acidez de la Harina B

(pH= 6.71) con las de 75 min. y 95 min. de cocción; mientras que para la Harina A (pH = 6.38), no se obtuvo ningún acercamiento a los diferentes tiempos de cocción, para este caso el tiempo de cocción podría estar un poco más debajo de la otra variable que no fue estudiada en este estudio que es la concentración de cal. Es probable que a mayor nivel de cal más alcalino el pH y en menos tiempo de cocción, tema que debe ser evaluado.

Para la absorción de agua de las harinas, tabla #1, grafica # 4 se observó un aumento significativo conforme aumentó el tiempo de cocción, lo cual quiere decir que a mayor tiempo de cocción absorbe más agua y se obtiene una mayor cantidad de masa para la preparación de tortillas. Las harinas tomadas como referencia absorbieron mayor cantidad de agua, que las harinas a diferentes tiempos de cocción, lo cual puede ser debido a la granulometría de las muestras, textura de las harinas; o a que la variedad de maíz que es empleada a nivel industrial no sea la misma que la utilizada en este estudio. Sin embargo no se puede descartar otra variable de procesamiento como nivel de cal y cocción bajo presión.

Los sólidos solubles disminuyeron conforme aumentaba el tiempo de cocción , como se puede observar en la tabla # 1, y en la gráfica # 7. Al aumentar los sólidos solubles se obtienen pérdidas en el rendimiento de la harina nixtamalizada. Estos sólidos se eliminan cuando el nixtamal se lava con agua . Las harinas de referencia mostraron un contenido de sólidos solubles entre 4.59 y 4.99 g% que se asemeja a los valores de las harinas cocidas por 95 minutos. Es probable que haya otra variable que afectara el WAI, WSI por lo que tal vez no es adecuado usar los valores de dos harinas industriales como referencia.

El Calcio al igual que las cenizas aumentaron significativamente conforme aumentaba el tiempo de cocción, tabla # 1, grafica #10 y # 13 . Esto se debe a que a un mayor tiempo de cocimiento del maíz éste absorbiera una mayor cantidad de Cal y penetrara éste dentro de los granos de maíz, al obtener de esta forma harinas de maíz con mayor alcalinidad y aumentar el tiempo de remojo.

Las harinas de referencia obtuvieron un porcentaje mayor de Calcio, casi el doble. Esto puede ser debido a que a estas harinas les agreguen un porcentaje mayor de cal para la cocción o no les dieran un tiempo de remojo.

Como se puede observar en los análisis estadísticos, entre cada tratamiento existió diferencia significativa; por lo que se puede decir que ningún tratamiento tuvo similitud a otro en cuanto al Calcio entre los diferentes tiempos de cocción y las harinas utilizadas como referencia.

El comportamiento que presentó el almidón dañado en las harinas de maíz, tabla #1, grafica # 16, fue de aumento conforme el tiempo de cocimiento. Esta afirmación puede ser debido a que a mayor tiempo de cocimiento los gránulos de almidón son dañados. Esto se debe a que a medida que se incrementa la temperatura, se retiene mas agua y el gránulo empieza a hincharse y a aumentar el volumen, hasta llegar a un punto en el que se rompe. Para las harinas industriales se obtuvo un menor porcentaje de almidón dañado, lo cual se debe a que estas harinas deben tener un cocimiento menor, o que al tener mayor cantidad de Calcio forman estructuras y esto hace que no se dañe el almidón. Al referirnos a los análisis estadísticos se vio que existió diferencia significativa entre casi todos los tratamientos.

Al observar la tabla # 9, se ve que en la mayoría de las muestras el F experimental fue mayor que el teórico, por lo cual se puede decir que sí existió diferencia significativa entre estas muestras a diferentes tiempos de cocción. Así mismo se realizó una regresión para cada una de las gráficas de las diferentes características químicas analizadas de acuerdo al tiempo de cocción, y la variable analizada; se puede observar que en la mayoría de rectas obtenidas mostraron un comportamiento polinomial, con coeficientes de correlación mayores a 0.927 .

Efecto del tiempo de remojo en solución alcalina

En esta serie el maíz fue cocinado como fue indicado en el diseño experimental, con 1.2% de cal y durante 75 minutos. Luego se dejó en remojo y finalmente se lavó. Como se puede observar en la tabla # 2, grafica # 2 , el pH en sol. alcalina disminuyó conforme aumentaba el tiempo de remojo volviéndose mas ácido. El análisis estadístico del total de las muestras comprobó que existió diferencia significativa entre todas las muestras. Al comparar las harinas de referencia con las harinas remojadas en solución alcalina, se ve que la harina B presentó un comportamiento muy similar al de la harina sin remojo, mientras que la harina A no presento ningún comportamiento similar al de alguna otra harina remojada en solución alcalina, ya que obtuvo un pH con mayor acidez; al hablar sobre el análisis estadístico de las muestras se comprobó lo que se dijo anteriormente que existió diferencia significativa entre las muestras.

Para la absorción de agua se obtuvo un comportamiento casi lineal, tabla #2, grafica #5 ya que al aumentar el tiempo de remojo aumentó la absorción de agua, o sea la cantidad de agua que absorbe el maíz. Las harinas de referencia presentaron mayor cantidad de absorción de agua lo cual se debe a que como se mencionó anteriormente la variedad de maíz utilizada a nivel industrial no sea la misma que se utilizó en esta

ocasión, variando de esta forma la textura y la granulosidad de la harina y los resultados obtenidos, así mismo es probable que la industria utilice otras condiciones de procesamiento que las que se han evaluado en el presente estudio.

Los sólidos solubles, tabla #2, grafica #9, disminuyeron conforme aumentó el tiempo de remojo, como era de esperarse para las harinas de referencia se obtuvo una menor cantidad de éstos debido a que se obtuvo una mayor cantidad de absorción de agua. Los resultados estadísticos indicaron que existió diferencia significativa entre el tiempo de cocción y esta variable; como se puede observar en la tabla # 9.

Al observar el comportamiento de las cenizas en la tabla #2, grafica # 11, y el del Calcio en la gráfica #14, se ve que al aumentar el tiempo de remojo en sol. alcalina aumentó el Calcio como se esperaba , lo cual se debió a que penetró mayor cantidad de calcio en los granos de maíz conforme las horas de remojo en sol. alcalina. Las harinas de referencia obtenían valores más altos de nivel de Calcio, que ni el tiempo de remojo de 12 horas en sol. alcalina fue mayor que el obtenido industrialmente; por lo que se cree que a nivel industrial le agregan mayor cantidad de calcio. Los resultados estadísticos obtenidos para el calcio indicaron que las muestras difieren significativamente.

El almidón dañado disminuyó conforme aumentó el tiempo de remojo en sol. alcalina, tabla # 2, gráfica #17, lo cual se pudo deber a que al estar un mayor tiempo en remojo en una sol. alcalina se protegieran los granos de maíz y no se dañaran debido a la absorción de agua o que formaran estructuras evitando el daño del almidón. En las harinas de referencia se obtuvo menor porcentaje de almidón

dañado.

Los resultados estadísticos indicaron que existió diferencia significativa entre las muestras debido a que se obtuvo un valor de F experimental mayor que el del F teórico, como se observa en la tabla # 9.

Las regresiones que se realizaron para cada tratamiento presentaron un coeficiente de correlación casi de 1 , al relacionar las variables del tiempo de remojo en solución alcalina y la variable química analizada. Presentándose en la sección de anexos, en gráficas.

Efecto del tiempo de remojo en agua

Al igual que en el caso anterior, después de la cocción por 75 minutos con 1.2% de cal, el nixtamal se dejó en remojo durante 12 horas.

Se puede observar en la tabla #3, gráfica # 3, que el pH disminuyó conforme aumentaba el tiempo de remojo. El pH era mas ácido conforme aumentaba el tiempo de remojo , lo cual se puede atribuir al cambio de medio, ya que el agua al ser un medio neutro influyó en la acidez de las harinas. Es de interés indicar que la reducción en el pH fue mayor en este medio (agua) que en el medio de remojo alcalino, lo cual era lo esperado.

El análisis estadístico indicó que existió diferencia significativa entre las muestras.

Al analizar la absorción de agua en los diferentes tiempos de remojo en este medio se vio un aumento significativo, a mayor tiempo de remojo mayor absorción de agua , como se observa en la grafica # 6. Esto se puede deber a que al dejar el maíz un mayor tiempo en remojo en este medio penetrara mayor cantidad de agua en los granos de maíz y obtener de esta forma mayor absorción de la misma, hasta llegar a la

saturación. Las harinas de referencia presentaron mayor cantidad de absorción de agua. Es de interés mencionar que el WAI de las muestras de remojo en solución alcalina fue muy parecido al WAI de las muestras de remojo en agua.

Al observar los resultados de los sólidos solubles, en la tabla # 3, gráfica # 9 se ve una disminución de éstos, conforme aumentaba el tiempo de remojo. Posiblemente el medio acuoso en pH ácidos no induce pérdidas en valores que son más solubles a mayores pH.

El comportamiento del Calcio que presentaron los diferentes tiempos de remojo en agua disminuyó conforme aumentaba el tiempo de remojo, según la tabla # 3, gráfica # 15, lo cual se puede deber al gradiente de concentración mayor en el grano que en el medio de remojo. El remojo en agua puede ser un medio que permitiera cambiar el pH y el Calcio en las harinas. Para las muestras existió diferencia significativa, como se observa en la tabla # 9.

El almidón dañado tabla # 3, disminuyó conforme aumentaba el tiempo de remojo en agua. Puede ser que sea consecuencia del menor pH, de la mayor absorción de agua.

Resultados estadísticos de la comparación de características químicas en dos medios de remojo (agua y alcalino); y tiempos de remojo (0 , 4 , 8, 12 horas)

Para el pH se obtuvo que existió diferencia significativa entre los medios y tiempos de remojo; lo cual indicó que hubo diferencia entre el medio alcalino y el agua, al igual que para los tiempos de remojo, como se observa en la tabla # 12.

La absorción de agua presentó un comportamiento muy similar en cuanto al tipo de remojo, ya que no hubo diferencia significativa para las muestras; mientras que para el tiempo de remojo sí existió tal diferencia. Esto puede ser porque a mayor tiempo

de remojo penetrara mayor cantidad de agua en las harinas difiriendo unas muestras de otras, lo cual no existió para los medios empleados agua y sol. alcalina.

Existió diferencia significativa para el tipo de remojo de los sólidos solubles, pero no existió tal diferencia en el tiempo de remojo empleado, lo cual quiere decir que para los sólidos solubles no influyó el tipo de remojo pero el tiempo en el que es remojado el maíz para obtener tortillas si influye en este aspecto.

Los resultados estadísticos indicaron que para el calcio existió diferencia significativa para el tipo de remojo empleado, pero no para el tiempo de remojo; lo cual se puede deber a que al encontrarse el maíz en un medio alcalino penetrara mayor cantidad de cal en los granos de maíz y obteniendo diferencia en este aspecto con el otro medio de remojo. No se obtuvo diferencia significativa para el tiempo de remojo, con lo cual se puede decir que no hay mayor penetración de calcio a un tiempo mayor de remojo.

Para el almidón dañado existió diferencia significativa tanto para el medio como para el tiempo de remojo empleado, con lo cual se puede decir que si existe diferencia tanto para el remojo en agua como en sol. alcalina.

Evaluación sensorial de las tortillas

Al observar la tabla de resultados #18 , y comparar los diferentes tiempos de cocción para realizar la masa de las tortillas, se ve que la masa que presento mejores características para ser torteada fue la que se obtuvo a 55 minutos de cocción y 0 horas de remojo.

Por lo que se puede decir que al comparar los tiempos de cocción en este grupo, este es el mejor tiempo de cocción ; ya que la masa obtenida a los 75 minutos de cocción no fue tan buena masa para ser torteada, y mucho menos la de 95 minutos; esta última era muy difícil de tortear debido a que se quebraban las tortillas al darle vuelta o las tortillas eran quebradizas. Esto se puede deber a que se recoció el maíz en este tiempo y al realizar la harina y luego las tortillas no presentara tan buenas características para ser torteada.

Del segundo grupo comparado de los diferentes tiempos de remojo en agua y teniendo como constante el tiempo de cocción (75 min.), se observó en la tabla # 18, que la masa que presentó mejores características dentro del grupo fue la de 0 horas de remojo; y le siguió la de 4 horas de remojo en agua, pero realmente casi no se podía tortear la masa debido a que se quebraban o se rompían muy fácilmente al darle la vuelta por lo que no es recomendable remojar en este medio debido a que deja la masa es muy espolvorosa y al observar la apariencia se observaban algo quebradizas.

Los resultados de la comparación de los diferentes tiempos de remojo en solución alcalina y a 75 min. de cocción, indicaron que el mejor tiempo fue el de 0 horas de remojo; luego el de 12 horas de remojo en medio alcalino, lo cual se puede deber a que al estar un tiempo mayor en sol. alcalina, el calcio penetre en el maíz remojado y al realizar la masa de las tortillas presente mejores características al ser torteada volviéndose más chiclosa a medida que esté mayor tiempo en remojo.

Al realizar la comparación entre las harinas de referencia se observó que la

que presentó mejores características para ser torteada fue la harina A, aunque la harina B también fue fácil de tortear y casi no existió diferencia entre ambas; pero al ser comparadas con las mejores de cada grupo de harinas obtenidas experimentalmente se observó diferencia debido a que ninguna de estas harinas presentó tan buenas características como la Harina A, la de 55 min. de cocción y 0 horas de remojo fue la que más parecido tuvo con esta harina, luego fue la de 4 horas de remojo en sol. alcalina y por último la de 12 horas de remojo en agua.

Se observó que la harina con mejor aceptación para los panelistas evaluados y que consumen a diario tortillas, de los diferentes tiempos de cocción fue la obtenida a 55 minutos de cocción y 0 horas de remojo, ya que al observar las características sensoriales evaluadas (color, sabor y textura) entre los panelistas esta fue la elegida por la mayoría; lo cual concuerda con lo que dijeron las personas que realizaron las tortillas.

Del grupo comparado a diferentes tiempos de remojo en agua, se observó que los panelistas prefirieron las tortillas sin remojo y a 75 min. de cocción; y entre los tiempos de remojo en agua el de 12 horas fue el que mayor preferencia tuvo en todas las características sensoriales evaluadas de color, textura y sabor.

Se puede decir que la harina que presentó mejores características fue la obtenida a 75 minutos de cocción y 0 horas de remojo, le siguió en cuanto a aceptación y al evaluar los tiempos de remojo en medio alcalino, la que fue remojada por 4 horas en esta solución.

Al observar los resultados presentados en la gráfica en el Apéndice E (en la

sección de Anexos), de la encuesta realizada para varios panelistas que consumen a diario tortillas, se observó que la harina de maíz con mayor aceptación fue la harina A, le siguió la harina obtenida experimentalmente a 55 minutos de cocción y 0 horas de remojo, la tercer harina que presentó aceptación entre los panelistas fue la obtenida a 4 horas de remojo en sol. alcalina, y por ultimo la de 12 horas de remojo en agua; obtenidos estos valores por grupos según la clasificación, ya sea por el tiempo o el tipo de remojo y al escoger los mejores de cada grupo.

La harina de referencia A, por ser una harina obtenida industrialmente puede ser que le agreguen mayor cantidad de cal al cocer el maíz y así obtener mejores características tanto sensoriales y químicas en la harina y luego en la tortilla. Al observar y comparar los resultados obtenidos se ve que el mejor tiempo para cocer el maíz fue el de 55 minutos, ya que a los 75 min. de cocción las harinas ya no presentaban tan buenas características, y mucho menos a los 95 minutos de cocción tiempo en que se recocía el maíz. El mejor medio para remojar el maíz para hacer tortillas es el alcalino, ya que debe penetrar mayor cantidad de calcio como se dijo anteriormente y puede ser que al penetrar éste se obtengan harinas de mejor calidad; que las obtenidas al ser remojadas en agua. Al remojar en agua el maíz para hacer tortillas, no se obtuvo muy buena calidad de éstas, debido a que se quebraban y casi no se les podía dar la vuelta.

No se puede decir que concordaron los resultados de las características químicas evaluadas de las harinas con los obtenidos sensorialmente, debido a que se obtuvieron valores muy diferentes para cada grupo de harinas evaluadas.

VIII. CONCLUSIONES

1. El pH de las diferentes harinas analizadas mostró comportamientos que difirieron entre sí. Al comparar los tiempos de cocción se observó un aumento significativo hasta que se hizo constante, a mayor cocimiento del maíz mayor alcalinidad. Al comparar las harinas de los diferentes tiempos de remojo en solución alcalina, el pH disminuyó al aumentar el tiempo de remojo, volviéndose el medio cada vez mas ácido; y al comparar las diferentes harinas de los tiempos de remojo en agua, el pH disminuye conforme aumenta el tiempo de remojo.

2. La absorción de agua de cada grupo evaluado muestra que casi todos presentaron un comportamiento lineal, así al aumentar el tiempo de cocción, el tiempo de remojo en solución alcalina y en agua aumentó esta variable. Lo cual es de gran beneficio ya que se puede obtener una mayor cantidad de masa para realizar tortillas. Al aumentar el tiempo de cocción disminuyeron los sólidos solubles, al igual que al aumentar el tiempo de remojo en solución alcalina y en agua.

3. El Calcio aumentó conforme aumentaba el tiempo de cocción; lo mismo que sucedió para el tiempo de remojo en solución alcalina, conforme aumentaba el tiempo de remojo aumentaba el nivel de calcio. Esto se debe a que penetró mayor cantidad de cal en los granos al ser tanto cocida como remojada un mayor tiempo. Pero al aumentar el tiempo de remojo en agua disminuyó el nivel de calcio, por el gradiente de concentración.

4. El almidón dañado aumentó al aumentar el tiempo de cocción, lo cual se debe a que a medida que se incrementa la temperatura se retiene más agua y el grano empieza a hinchar hasta romperse; y disminuyó al aumentar el tiempo de remojo en agua y en solución alcalina. Esto se debe a que al estar los granos de maíz un mayor tiempo en remojo puede ser que el calcio forme estructuras y no se dañe tan fácilmente como el de remojo en agua.

5. Existió diferencia significativa entre las harinas obtenidas experimentalmente con las obtenidas a nivel industrial de las características químicas evaluadas.

IX. RECOMENDACIONES

1. Evaluar diferentes niveles de cal a tiempos de cocción de 50 y 60 minutos.
2. Evaluar un remojo de poco tiempo pero a alta temperatura.
3. Estudiar con mayor detalle el remojo de maíz en agua, ya que puede ser útil para controlar el exceso del nivel de calcio y el pH de la harina.
4. Preparar harinas de nixtamal del área rural para medir parámetros de calidad funcional como WAI, WSI y otros.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14 th edition.
2. Badui, S. 1999. Química de los Alimentos. Cuarta Edición. Addison Wesley Longman. México. 197-200.
3. Bodholt, O. 1985. Construction of cribs for Drying and Storage of Maize. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome. 65-67.
4. Bressani, R. 1990. Chemestry, technology and nutritive value of Maize tortillas. Food Reviews International. 225- 264.
5. Bressani, R. 1990. El proceso de Nixtamalización. Avances en Alimentación y nutrición. 6-8.
6. Deschamps, A.I. 1985. Aprovechamiento Industrial del Maíz en la Manufactura de Productos alternos a la panificación, originados en el trigo . Congreso de Tecnología de Alimentos, Viña del Mar. Chile.
7. Desrosier, N.W. 1990. Elementos de Tecnología de Alimentos. Editorial Continental, S.A. México. 155-161 .
8. FAO. 1992. Post-harvest losses in quality of food grains. Food and Nutrition paper 29. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome. 101- 103.
9. Herum, F. 1987. Harvesting and Postharvest Management. Corn: In Chemistry and technology.SA: Watson and P.E. Ramstad, eds. American Association of Cereal Chemistry, USA.
10. Inglett, G.E. 1970. Corn: Culture, Processing, Products. AVI Publishing Co. Inc. U.S.A. 245-247.

11. Mendenhall, W.; 1992. Estadística Matemática con Aplicaciones. 3era. Edición. México, D.F. Grupo Editorial Iberoamerica S.A. de C.V. 750 pp.
12. Pomeranz, Y. et al. 1982. Aminoacid Composition of buckwheat. Journal of Agricultural Food Chemistry. 52: 479- 485.
13. Rooney, L.W. 1993. Tortillas y alimentos tipo botana de maíz Nixtamalizado. Noticias Oct-Dic: 1-8.
14. Sandberg A S, Carlsson N G, Svanberg U. 1989. Effects of Inositol tri, Tetra, penta and hexaphosphates on in vitro estimation of iron Availability. Food Science. 54 : 159-162.
15. Saldana G, Brown H.E. 1984. Nutrional composition of corn and fluor Tortillas. Food Science. 49: 1202-1204.
16. Serna- Saldivar, S.O. Rooney Li. W., Greene L.W. 1991. Effect of lime Treatment on the availability of calcium in diets of tortilla an Beans: rat growth an balance studies. Cereal Chem. 68: 565-570.
17. Valle- Vega, P. 1986. Toxicología de los alimentos. Centro Panamericano de Ecología y Salud, OPS México. 96-98.
18. Watson, K et. Al. 1991. Corn Chemistry and technology. Am. Ass. Of Cereal Chemistry . Segunda edición. USA. 605 pp.
19. Witting de Penna E. Evaluación sensorial: Una metodología actual para tecnología de alimentos.
20. Zeleny, L. 1954. Chemical, Physical, and Nutritive Changes during Storage. American Association of Cereal Chemists, USA. 46-47

APÉNDICE A
RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUIMICO

TABLA # 1

Resultados de la Influencia del Tiempo de Cocción sobre las Características Químicas

Tiempo de cocción (min)	pH	Absorción de agua WAI (g/g. gel)	Sólidos solubles (%g)	Cenizas (% g)	Calcio (% mg)	Almidón Dañado (mg maltosa x 100 g muestra)
0	6.11 ± 0.01	2.46 ± 0.05	6.71 ± 0.01	1.82 ± 0.05	27.33 ± 0.05	333 ± 0.1
0	6.15 ± 0.01	2.43 ± 0.05	6.66 ± 0.01	1.81 ± 0.05	27.08 ± 0.05	320 ± 0.1
55	6.62 ± 0.01	2.69 ± 0.05	6.03 ± 0.01	1.82 ± 0.05	38.59 ± 0.05	322 ± 0.1
55	6.62 ± 0.01	2.67 ± 0.05	6.0 ± 0.01	1.82 ± 0.05	38.92 ± 0.05	355 ± 0.1
75	6.69 ± 0.01	2.71 ± 0.05	5.79 ± 0.01	1.83 ± 0.05	60.12 ± 0.05	367 ± 0.1
75	6.71 ± 0.01	2.78 ± 0.05	5.90 ± 0.01	1.82 ± 0.05	59.91 ± 0.05	379 ± 0.1
95	6.69 ± 0.01	2.88 ± 0.05	4.89 ± 0.01	1.86 ± 0.05	62.85 ± 0.05	398 ± 0.1
95	6.71 ± 0.01	2.88 ± 0.05	5.19 ± 0.01	1.88 ± 0.05	61.77 ± 0.05	406 ± 0.1

TABLA # 2

Resultados de la Influencia del Tiempo de Remojo en medio alcalino sobre las Características Químicas

Tiempo de remojo (horas)	pH	Absorción de agua WAI (g/g. gel)	Sólidos solubles (%g)	Cenizas (% g)	Calcio (% mg)	Almidón Dañado (mg maltosa x 100 g muestra)
0	6.69 ± 0.01	2.71 ± 0.05	5.79 ± 0.01	1.83 ± 0.05	60.12 ± 0.05	367 ± 0.1
0	6.71 ± 0.01	2.78 ± 0.05	5.90 ± 0.01	1.82 ± 0.05	59.91 ± 0.05	379 ± 0.1
4	6.63 ± 0.01	2.85 ± 0.05	5.24 ± 0.01	1.81 ± 0.05	64.43 ± 0.05	302 ± 0.1
4	6.62 ± 0.01	2.78 ± 0.05	5.49 ± 0.01	1.87 ± 0.05	66.96 ± 0.05	328 ± 0.1
8	6.56 ± 0.01	2.88 ± 0.05	5.03 ± 0.01	1.85 ± 0.05	67.62 ± 0.05	257 ± 0.1
8	6.57 ± 0.01	2.85 ± 0.05	5.39 ± 0.01	1.90 ± 0.05	66.80 ± 0.05	225 ± 0.1
12	6.46 ± 0.01	2.92 ± 0.05	5.29 ± 0.01	1.92 ± 0.05	78.50 ± 0.05	225 ± 0.1
12	6.47 ± 0.01	2.92 ± 0.05	5.12 ± 0.01	1.90 ± 0.05	79.71 ± 0.05	207 ± 0.1

TABLA # 3

Resultados de la Influencia del Tiempo de Remojo en agua sobre las Características Químicas

Tiempo de remojo (horas)	pH	Absorción de agua WAI (g/g. gel)	Sólidos solubles (%g)	Cenizas (% g)	Calcio (% mg)	Almidón Dañado (mg maltosa x 100 g muestra)
0	6.69 ± 0.01	2.71 ± 0.05	5.79 ± 0.01	1.83 ± 0.05	60.12 ± 0.05	367 ± 0.1
0	6.71 ± 0.01	2.78 ± 0.05	5.9 ± 0.01	1.82 ± 0.05	59.91 ± 0.05	379 ± 0.1
4	6.65 ± 0.01	2.75 ± 0.05	4.73 ± 0.01	1.82 ± 0.05	62.40 ± 0.05	321 ± 0.1
4	6.65 ± 0.01	2.78 ± 0.05	4.63 ± 0.01	1.84 ± 0.05	58.16 ± 0.05	318 ± 0.1

8	6.57 ± 0.01	2.86 ± 0.05	4.33 ± 0.01	1.85 ± 0.05	58.11 ± 0.05	320 ± 0.1
8	6.57 ± 0.01	2.75 ± 0.05	4.45 ± 0.01	1.86 ± 0.05	56.92 ± 0.05	322 ± 0.1
12	5.63 ± 0.01	2.99 ± 0.05	4.35 ± 0.01	1.88 ± 0.05	50.86 ± 0.05	288 ± 0.1
12	5.6 ± 0.01	2.94 ± 0.05	4.38 ± 0.01	1.85 ± 0.05	50.60 ± 0.05	288 ± 0.1

TABLA # 4

Resultados de las características químicas de las harinas utilizadas como referencia

Harina	pH	Absorción de agua WAI (g/g. gel)	Sólidos solubles (% g)	Cenizas (% g)	Calcio (% mg)	Almidón Dañado (mg maltosa x 100 g muestra)
Harina A	6.38 ± 0.01	3.24 ± 0.05	5.00 ± 0.01	1.8 ± 0.05	120.70 ± 0.05	257 ± 0.1
Harina A	6.37 ± 0.01	3.30 ± 0.05	4.98 ± 0.01	1.77 ± 0.05	120.25 ± 0.05	251 ± 0.1
Harina B	6.70 ± 0.01	2.98 ± 0.05	4.51 ± 0.01	1.79 ± 0.05	154.26 ± 0.05	278 ± 0.1
Harina B	6.71 ± 0.01	3.09 ± 0.05	4.66 ± 0.01	1.77 ± 0.05	153.76 ± 0.05	261 ± 0.1

TABLA # 5

Resultados Promedio de la Influencia de los Tiempos de cocción (0, 55, 75, 95 minutos), los Tiempos de Remojo (0, 4, 8, 12 horas) y de los Medios de Remojo (agua y sol. alcalina) sobre las Características Químicas en la harina de maíz

Tiempo de cocción (min)	Tiempo de remojo (horas)	Medio de remojo	pH	Absorción de agua WAI (g/g. gel)	Sólidos solubles (% g)	Cenizas (% g)	Calcio (% mg)	almidón Dañado (mg maltosa x 100 g muestra)
0	0		6.13 ± 0.01	2.44 ± 0.05	6.69 ± 0.01	1.82 ± 0.05	27.20 ± 0.05	326 ± 0.1
55	0		6.62 ± 0.01	2.68 ± 0.05	6.01 ± 0.01	1.82 ± 0.05	38.75 ± 0.05	338 ± 0.1
75	0		6.70 ± 0.01	2.74 ± 0.05	5.84 ± 0.01	1.83 ± 0.05	60.12 ± 0.05	373 ± 0.1
95	0		6.71 ± 0.01	2.88 ± 0.05	5.40 ± 0.01	1.86 ± 0.05	62.31 ± 0.05	402 ± 0.1
75	0	Alcalino	6.70 ± 0.01	2.69 ± 0.05	5.85 ± 0.01	1.82 ± 0.05	60.01 ± 0.05	373 ± 0.1
75	4	Alcalino	6.63 ± 0.01	2.75 ± 0.05	5.37 ± 0.01	1.84 ± 0.05	65.70 ± 0.05	315 ± 0.1
75	8	Alcalino	6.57 ± 0.01	2.87 ± 0.05	5.21 ± 0.01	1.87 ± 0.05	67.21 ± 0.05	241 ± 0.1
75	12	Alcalino	6.47 ± 0.01	2.92 ± 0.05	5.20 ± 0.01	1.91 ± 0.05	79.10 ± 0.05	216 ± 0.1
75	0	Agua	6.70 ± 0.01	2.75 ± 0.05	4.85 ± 0.01	1.82 ± 0.05	60.02 ± 0.05	373 ± 0.1
75	4	Agua	6.65 ± 0.01	2.77 ± 0.05	4.68 ± 0.01	1.83 ± 0.05	60.28 ± 0.05	320 ± 0.1
75	8	Agua	6.57 ± 0.01	2.81 ± 0.05	4.39 ± 0.01	1.86 ± 0.05	57.51 ± 0.05	321 ± 0.1
75	12	Agua	5.61 ± 0.01	2.97 ± 0.05	4.37 ± 0.01	1.87 ± 0.05	50.73 ± 0.05	288 ± 0.1

TABLA # 6

Resultados promedios de las características químicas de las harinas utilizadas como referencia

Harina	pH	Absorción de agua WAI (g/g. gel)	Sólidos solubles (%g)	Cenizas (% g)	Calcio (% mg)	Almidón Dañado (mg maltosa x 100 g muestra)
Harina A	6.38 ± 0.01	3.27 ± 0.05	4.99 ± 0.01	1.79 ± 0.05	120.48 ± 0.05	254 ± 0.1
Harina B	6.71 ± 0.01	3.03 ± 0.05	4.59 ± 0.01	1.78 ± 0.05	154.00 ± 0.05	260 ± 0.1

TABLA # 7

Resultados de las mejores características químicas de las harinas evaluadas en cada grupo analizado

Característica química analizada	Harina con mejores características	Valor de la característica evaluada
pH	Harina B	6.71 ± 0.01
	95 min. de cocción	6.71 ± 0.01
	0 horas en remojo alcalino	6.70 ± 0.01
	0 horas en remojo agua	6.70 ± 0.01
Absorción de agua (WAI)	95 min. de cocción	2.88 ± 0.05
	12 horas en remojo alcalino	2.92 ± 0.05
	12 horas en remojo agua	2.97 ± 0.05
	Harina A	3.27 ± 0.05
Sólidos solubles (WSI)	95 min. de cocción	5.40 ± 0.01
	12 horas en remojo alcalino	5.20 ± 0.01
	Harina A	4.99 ± 0.01
	12 horas en remojo agua	4.37 ± 0.01
Cenizas	Harina A	1.79 ± 0.05
	95 min. de cocción	1.86 ± 0.05
	12 horas en remojo alcalino	1.91 ± 0.05
	12 horas en remojo agua	1.87 ± 0.05
Calcio	Harina B	154.00 ± 0.05
	95 min. de cocción	62.31 ± 0.05
	12 horas en remojo alcalino	79.10 ± 0.05
	0 horas de remojo agua	60.02 ± 0.05
Almidón Dañado	12 horas en remojo alcalino	216 ± 0.1
	Harina A	254 ± 0.1
	12 horas en remojo agua	288 ± 0.1
	0 horas de remojo	326 ± 0.1

TABLA # 8

Desviación estándar de las características químicas evaluadas, a diferentes tiempos de cocción, diferentes tiempos de remojo y las harinas tomadas como referencia

Tiempo de cocción (min)	Tiempo de remojo (horas)	Medio de remojo	pH	Absorción de agua WAI (g/g. gel)	Sólidos solubles (%g)	Cenizas (% g)	Calcio (% mg)	almidón Dañado (mg maltosa x 100 g muestra)
0	0		± 0.02828	± 0.02121	± 0.03535	± 0.00070	± 0.17677	± 9.19238
55	0		0	± 0.01414	± 0.02121	0	± 0.23345	± 23.33452
75	0		± 0.01414	± 0.04949	± 0.07778	± 0.00070	± 0.14849	± 8.48528
95	0		± 0.01414	0	± 0.21213	± 0.01414	± 0.76367	± 5.65685
75	0	Alcalino	± 0.01414	± 0.04949	± 0.07781	± 0.00707	± 0.14849	± 8.48528
75	4	Alcalino	± 0.00707	± 0.04949	± 0.17677	± 0.04242	± 1.78898	± 18.38477
75	8	Alcalino	± 0.00707	± 0.02121	± 0.25455	± 0.03535	± 0.57982	± 22.62741
75	12	Alcalino	± 0.00707	0	± 0.12208	± 0.01414	± 0.85599	± 12.72792
75	0	Agua	± 0.01414	± 0.04949	± 0.07778	± 0.00707	± 0.43133	± 8.48528
75	4	Agua	0	± 0.02121	± 0.07071	± 0.01414	± 2.99813	± 2.12132
75	8	Agua	0	± 0.07778	± 0.08485	± 0.00707	± 0.84145	± 1.41421
75	12	Agua	± 0.02121	± 0.03535	± 0.02121	± 0.02121	± 0.18384	0
Harina A			± 0.00710	± 0.04242	± 0.01414	± 0.02123	± 0.31819	± 4.24264
Harina B			± 0.00707	± 0.77781	± 0.10606	± 0.01414	± 0.35355	± 12.02081

APÉNDICE B
RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANEXOS

TABLA # 9

Resultados del análisis de varianza de las diferentes características químicas evaluadas de los diferentes tiempos de cocción tomando como constante el tiempo y medio de remojo (0 horas)

Nivel de confianza utilizado: 0.05

Característica química evaluada	F Teórica	Relación	F Experimental	Resultado
PH	6.59	<	517.17	Existe diferencia significativa
Absorción de agua	6.59	<	90.99	Existe diferencia significativa
Sólidos solubles	6.59	<	115.63	Existe diferencia significativa
Cenizas	6.59	<	13.31	Existe diferencia significativa
Calcio	6.59	<	3191.4	Existe diferencia significativa
Almidón Dañado	6.59	<	44.24	Existe diferencia significativa

TABLA # 10

Resultados del análisis de varianza de los diferentes tiempos de remojo al tomar como constante el medio de remojo (solución alcalina) y el tiempo de cocción (75 minutos)

Nivel de confianza utilizado: 0.05

Característica química evaluada	F Teórica	Relación	F Experimental	Resultado
PH	6.59	<	465	Existe diferencia significativa
Absorción de agua	6.59	<	32.29	Existe diferencia significativa
Sólidos solubles	6.59	<	16.23	Existe diferencia significativa
Cenizas	6.59	<	7.82	Existe diferencia significativa
Calcio	6.59	<	3772.9	Existe diferencia significativa
Almidón Dañado	6.59	<	31.30	Existe diferencia significativa

TABLA # 11

Resultados del análisis de varianza de los diferentes tiempos de remojo si se toma como constante el medio de remojo (agua) y el tiempo de cocción (75 minutos)

Nivel de confianza utilizado: 0.05

Característica química evaluada	F Teórica	Relación	F Experimental	Resultado
PH	6.59	<	2827.42	Existe diferencia significativa
Absorción de agua	6.59	<	27.25	Existe diferencia significativa
Sólidos solubles	6.59	<	123.03	Existe diferencia significativa
Cenizas	6.59	<	10.51	Existe diferencia significativa
Calcio	6.59	<	2212.79	Existe diferencia significativa
Almidón Dañado	6.59	<	91.98	Existe diferencia significativa

TABLA # 12

Resultados del análisis de varianza del pH entre los dos medios de remojo (agua y sol. alcalina), y los diferentes tiempos de remojo al tomar como constante el tiempo de cocción (75 min.)

Nivel de confianza utilizado: 0.05

Tratamientos a comparar	F Teórica	Relación	F Experimental	Resultado
Tiempos de remojo	5.14	<	426.7	Existió diferencia significativa
Tipos de remojo	5.99	<	224.1	Existió diferencia significativa
Relación de las variables (tiempo y tipo de remojo)	5.14	<	249.5	Existió diferencia significativa

TABLA # 13

Resultados del análisis de varianza de la absorción de agua entre los dos medios de remojo (agua y sol. alcalina), y los diferentes tiempos de remojo tomando como constante el tiempo de cocción (75 min.)

Nivel de confianza utilizado: 0.05

Tratamientos a comparar	F Teórica	Relación	F Experimental	Resultado
Tiempos de remojo	5.14	<	13.83	Existió diferencia significativa
Tipos de remojo	5.99	>	0.79	No existio diferencia significativa
Relación de las variables (tiempo y tipo de remojo)	5.14	>	1.89	No existió diferencia significativa

TABLA # 14

Resultados del análisis de varianza de los sólidos solubles entre los dos medios de remojo (agua y sol. alcalina), y los diferentes tiempos de remojo al tomar como constante el tiempo de cocción (75 min.)

Nivel de confianza utilizado: 0.05

Tratamientos a comparar	F Teórica	Relación	F Experimental	Resultado
Tiempos de remojo	5.14	>	3.45	No existió diferencia significativa
Tipos de remojo	5.99	<	89.31	Existio diferencia significativa

Relación de las variables (tiempo y tipo de remojo)	5.14	>	0.35	No existió diferencia significativa
---	------	---	------	-------------------------------------

TABLA # 15

Resultados del análisis de varianza de las cenizas entre los dos medios de remojo (agua y sol. alcalina) , y los diferentes tiempos de remojo al tomar como constante el tiempo de cocción (75 min.)

Nivel de confianza utilizado: 0.05

Tratamientos a comparar	F Teórica	Relación	F Experimental	Resultado
Tiempos de remojo	5.14	>	4.21	No existió diferencia significativa
Tipos de remojo	5.99	>	2.85	No existio diferencia significativa
Relación de las variables (tiempo y tipo de remojo)	5.14	>	0.49	No existió diferencia significativa

TABLA # 16

Resultados del análisis de varianza del calcio entre los dos medios de remojo (agua y sol. alcalina) , y los diferentes tiempos de remojo al tomar como constante el tiempo de cocción (75 min.)

Nivel de confianza utilizado: 0.05

Tratamientos a comparar	F Teórica	Relación	F Experimental	Resultado
Tiempos de remojo	5.14	>	3.05	No existió diferencia significativa
Tipos de remojo	5.99	<	270.15	Existio diferencia significativa
Relación de las variables (tiempo y tipo de remojo)	5.14	<	63.86	Existió diferencia significativa

TABLA # 17

Resultados del análisis de varianza de el almidón dañado entre los dos medios de remojo (agua y sol. alcalina) , y los diferentes tiempos de remojo al tomar como constante el tiempo de cocción (75 min.)

Nivel de confianza utilizado: 0.05

Tratamientos a comparar	F Teórica	Relación	F Experimental	Resultado
Tiempos de remojo	5.14	<	25.18	Existió diferencia significativa
Tipos de remojo	5.99	<	48.09	Existió diferencia significativa
Relación de las variables (tiempo y tipo de remojo)	5.14	<	10.13	Existió diferencia significativa

APÉNDICE C
RESULTADOS DEL ANÁLISIS FUNCIONAL

TABLA # 18

Resultados de la comparación de los diferentes tiempos de cocción de las características funcionales de la tortilla al ser torteada

Tiempo de Cocción	Al tortear	En el comal	Apariencia
Maíz crudo	Masa muy aguada	No se infló y se rompen	Desagradable, quebradiza
55 minutos	Masa chiclosa	No se infló	Buen aspecto
75 minutos	Masa chiclosa	No se infló	Algo áspera
95 minutos	Un poco chiclosa, no es muy buena	No se infló	Áspera y se quebraron

TABLA # 19

Resultados de la comparación de los diferentes tiempos de remojo (agua) de las características funcionales de la tortilla al ser torteada

Tiempo de remojo	Al tortear	En el comal	Apariencia
0 horas	Masa chiclosa	No se infló	Algo áspera
4 horas	Quebradiza, espolvorosa, no se puede tortear	No se infló, se rompen al dar vuelta	Quebradiza
8 horas	Quebradiza	No se infló	Se quiebra
12 horas	Quebradiza	No se infló	Se quiebra

TABLA # 20

Resultados de la comparación de los diferentes tiempos de remojo (alcalino) de las características funcionales de la tortilla al ser torteada

Tiempo de Remojo	Al tortear	En el comal	Apariencia
0 horas	Masa chiclosa	No se infló	Algo áspera
4 horas	Espolvorosa	No se infló	Normal
8 horas	Masa chiclosa	No se infló	Buena, normal
12 horas	Masa chiclosa	No se infló	Buena

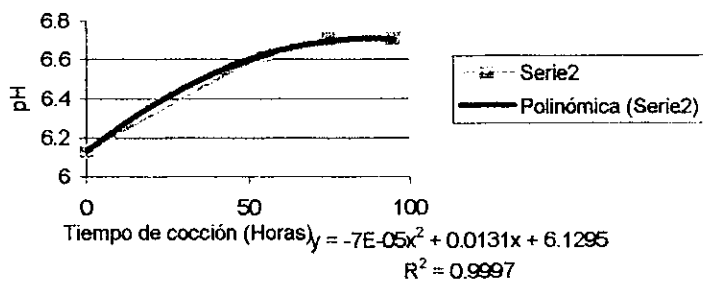
TABLA # 21

Resultados de las características sensoriales de las tortillas tomadas como referencia al ser torteada

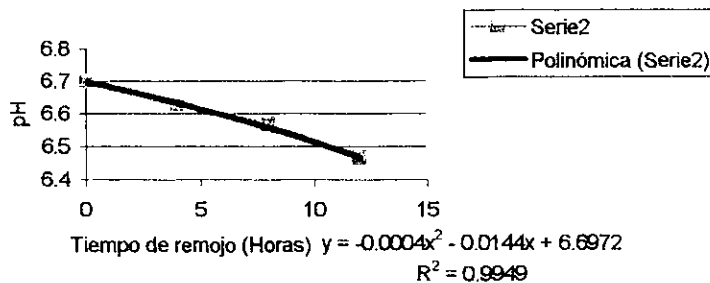
Harina de Maíz	Al tortear	En el comal	Apariencia
Harina A	Masa chiclosa	Se infló	Buena, normal
Harina B	Masa Chiclosa	Se infló	Buena, normal

APÉNDICE D
GRAFICAS DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO

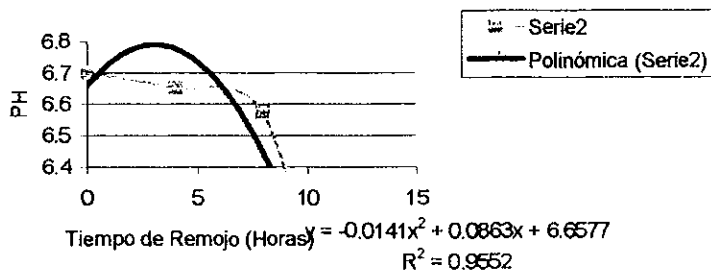
GRAFICA # 1: TIEMPOS DE COCCION Vrs. pH



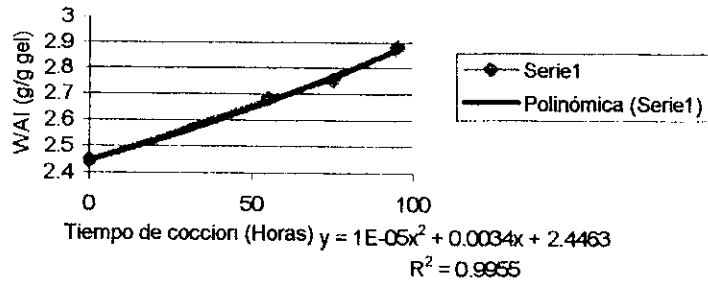
GRAFICA # 2: TIEMPOS DE REMOJO (ALCALINO) Vrs. pH



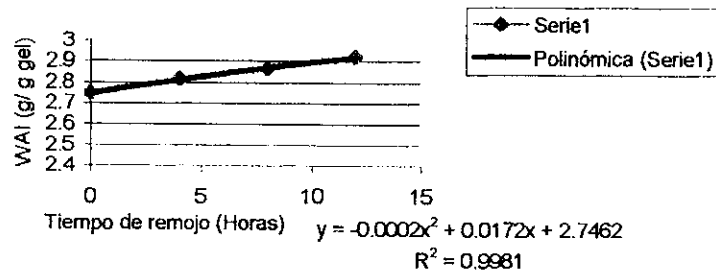
GRAFICA # 3: TIEMPOS DE REMOJO (AGUA) Vrs. pH



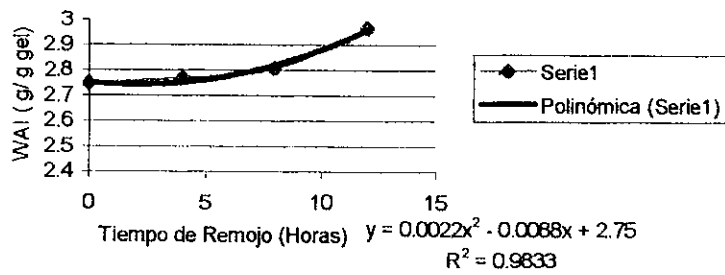
GRAFICA # 4: TIEMPOS DE COCCION Vrs. WAI



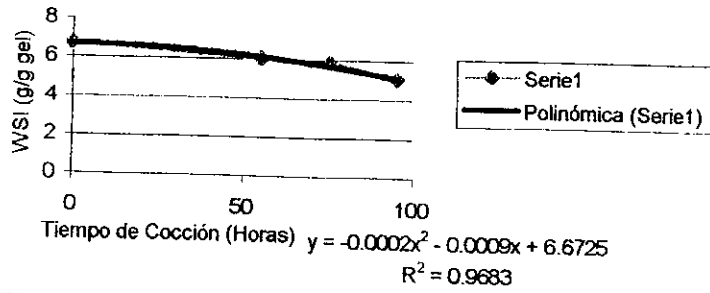
GRAFICA # 5: TIEMPOS DE REMOJO (ALCALINO) Vrs. WAI



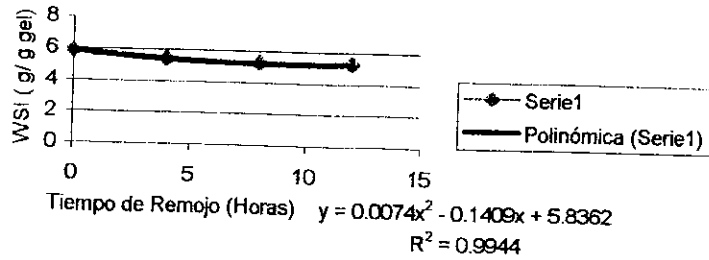
GRAFICA # 6: TIEMPOS DE REMOJO (AGUA) Vrs. WAI



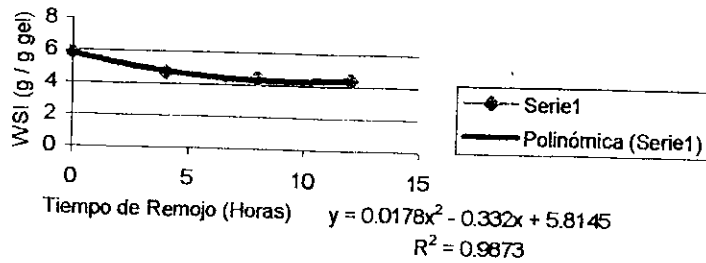
GRAFICA # 7: TIEMPOS DE COCCION Vrs. WSI



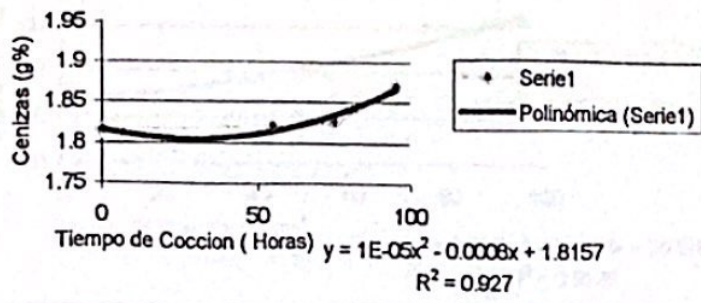
GRAFICA # 8: TIEMPOS DE REMOJO (ALCALINO) Vrs. WSI



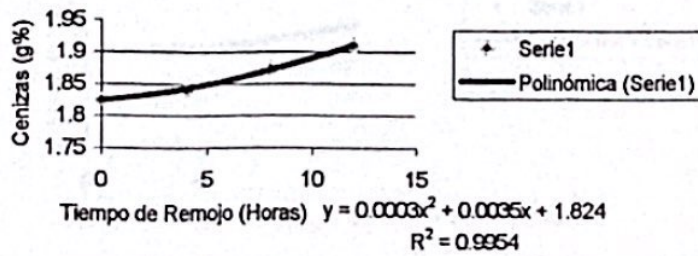
GRAFICA # 9: TIEMPOS DE REMOJO (AGUA) Vrs WSI



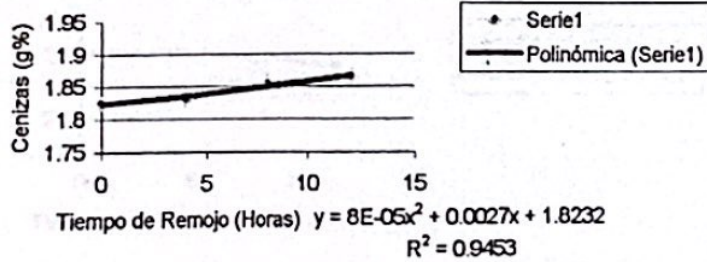
GRAFICA # 10: TIEMPOS DE COCCION Vrs. CENIZAS

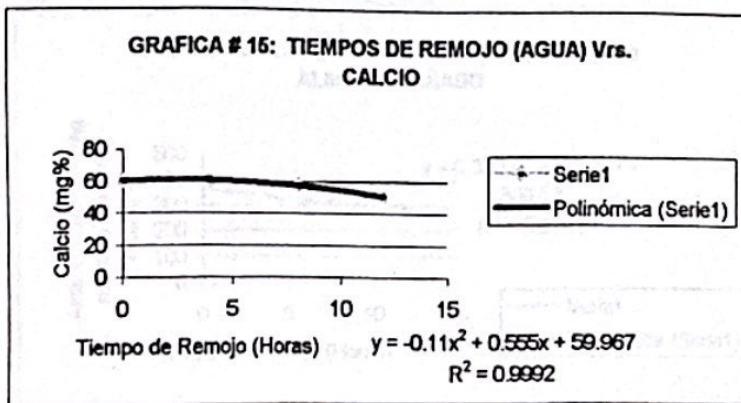
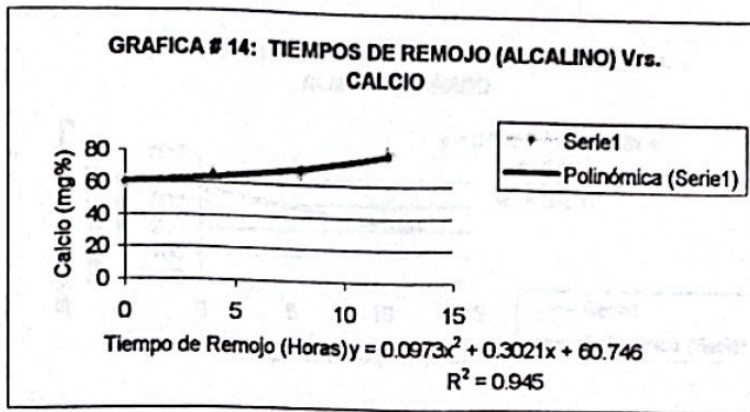
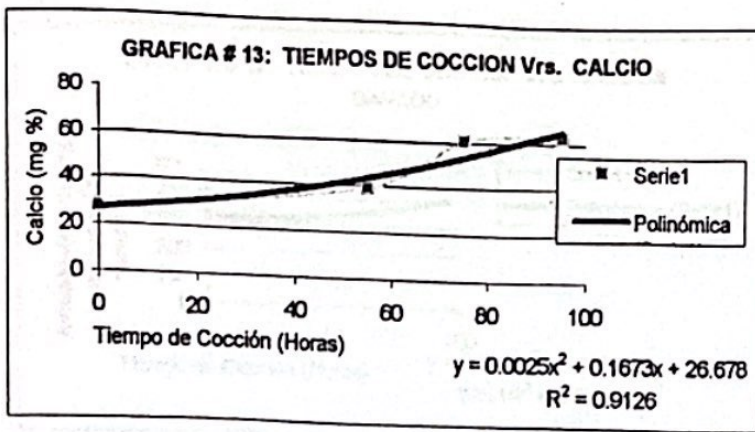


GRAFICA # 11: TIEMPOS DE REMOJO (ALCALINO) Vrs. CENIZAS

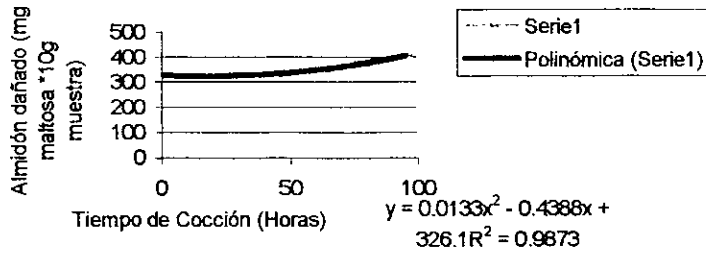


GRAFICA # 12: TIEMPOS DE REMOJO (AGUA) Vrs. CENIZAS

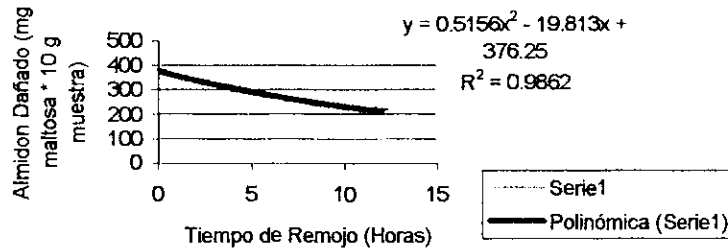




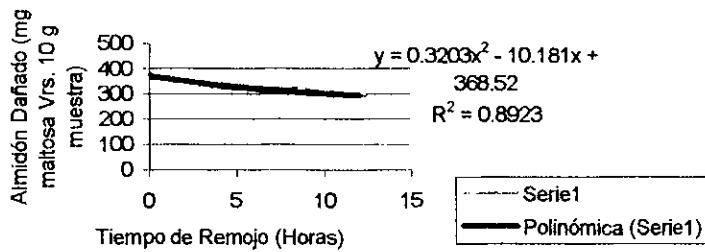
GRAFICA # 16: TIEMPOS DE COCCION Vrs. ALMIDON DAÑADO



GRAFICA # 17: TIEMPOS DE REMOJO (ALCALINO) Vrs. ALMIDON DAÑADO

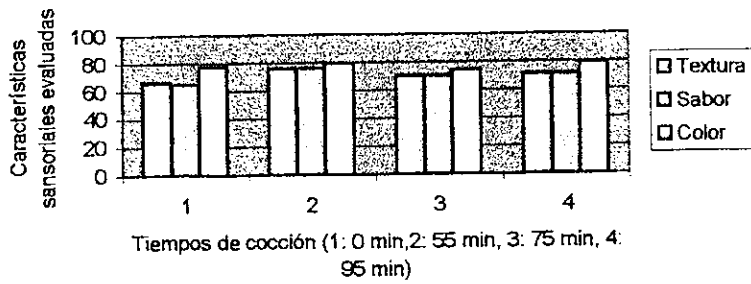


GRAFICA # 18: TIEMPOS DE REMOJO (AGUA) Vrs ALMIDON DAÑADO

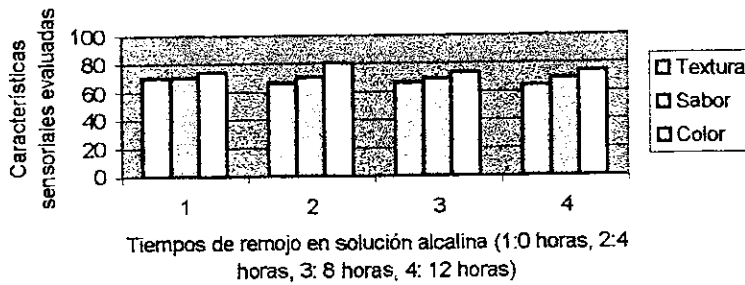


APÉNDICE E
GRAFICAS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS TORTILLAS

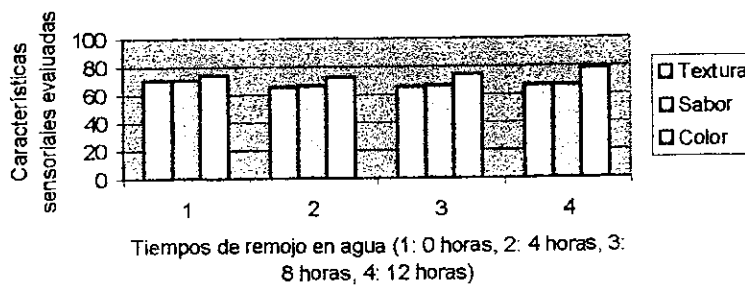
Resultados de la encuesta realizada para el análisis sensorial de las tortillas a diferentes tiempos de cocción

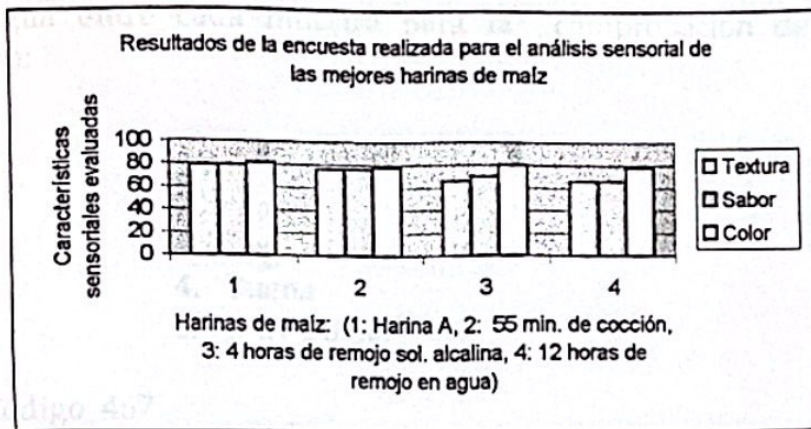
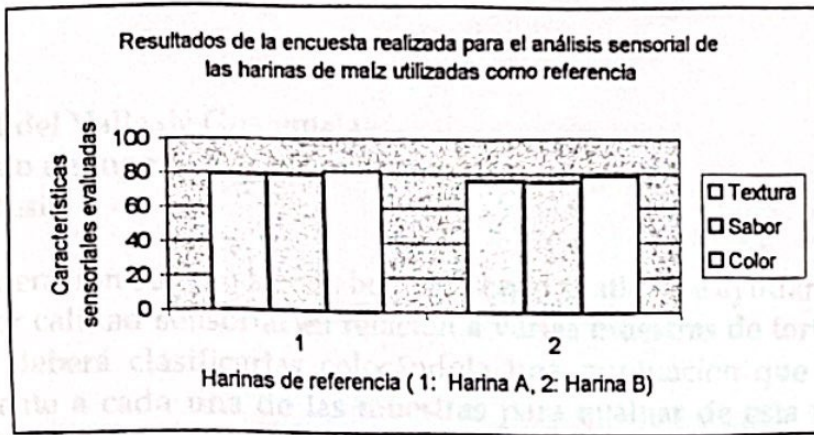


Resultados de la encuesta realizada para el análisis sensorial de las tortillas a diferentes tiempos de remojo en solución alcalina



Resultados de la encuesta realizada para el análisis sensorial de las tortillas a diferentes tiempos de remojo en agua





Código 4b7

Textura _____
 Sabor _____
 Color _____

Código 015

Textura _____
 Sabor _____
 Color _____

Código 623

Textura _____
 Sabor _____
 Color _____

Código 901

Textura _____
 Sabor _____
 Color _____

Universidad del Valle de Guatemala
Departamento de Ingeniería en Alimentos
Trabajo de Tesis

A su consideración solicito su colaboración en el sentido de ayudar a la encuesta a realizarse en buscar mejor calidad sensorial en relación a varias muestras de tortilla que le presento; para lo cual usted deberá clasificarlas colocándole una puntuación que oscile en lo que se indica posteriormente a cada una de las muestras para evaluar de esta forma, las características de textura, color y sabor. Primero debe comprobar la textura y el color de las tortillas, para lo cual deberá percibir la calidad del producto, luego deberá introducirse en la boca para comprobar con su paladar el sabor de la misma comiéndola. Más adelante deberá tomar un poco de agua entre cada muestra para la comprobación de los siguientes segmentos.
Clasificación:

1. Pésima
2. Mala
3. Regular
4. Buena
5. Muy Buena

Código 467

Textura _____
Sabor _____
Color _____

Código 015

Textura _____
Sabor _____
Color _____

Código 623

Textura _____
Sabor _____
Color _____

Código 902

Textura _____
Sabor _____
Color _____

