

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería y Ciencia de Alimentos



***COMPARACIÓN DE LAS MASAS Y TORTILLAS OBTENIDAS DEL MAÍZ DEKALB 353
NIXTAMALIZADO CON IONES DE CALCIO Y DE POTASIO.***

Andrea María Batres Quintero

Guatemala

2011

***COMPARACIÓN DE LAS MASAS Y TORTILLAS OBTENIDAS DEL MAÍZ DEKALB 353
NIXTAMALIZADO CON IONES DE CALCIO Y DE POTASIO.***

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería y Ciencia de Alimentos



***COMPARACIÓN DE LAS MASAS Y TORTILLAS OBTENIDAS DEL MAÍZ DEKALB 353
NIXTAMALIZADO CON IONES DE CALCIO Y DE POTASIO.***

Trabajo de investigación presentado por Andrea María Batres Quintero para optar el grado
académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencia de Alimentos

Guatemala

2011

Vo. Bo. :

(f)

Dr. Ricardo Bressani

Tribunal Examinador:

(f)

Dr. Ricardo Bressani

(f)

Lda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f)

Lda. Patricia Palacios de Palomo

Fecha de aprobación: Guatemala, 24 de enero 2010

PREFACIO

La realización de esta tesis fue producto de una idea que se gestó a principios del año 2010. Inició con los resultados de una tesis que se había llevado a cabo años atrás, los cuales llamaron la atención del Doctor Bressani y posteriormente la mía. El tema de la nixtamalización se ha abordado en varios estudios realizados, sin embargo, hay pocos estudios sobre el impacto que podría causar la utilización de mezclas de hidróxido de calcio e hidróxido de potasio en la masa y tortilla obtenidas. En esta tesis se tratan los efectos del proceso de nixtamalización, al utilizar distintas mezclas de hidróxido de calcio e hidróxido de potasio, en las características funcionales y fisicoquímicas y poco en lo que se refiere a su valor nutritivo.

Esta tesis es el resultado del esfuerzo y apoyo de muchas personas e instituciones, agradezco a la Universidad del Valle de Guatemala por la excelencia integral que me fue otorgada y que me permitió realizar este estudio. Un agradecimiento muy especial al Dr. Ricardo Bressani por su ayuda en la delimitación del tema de esta tesis, porque en todo momento estuvo pendiente del proceso de su elaboración y quien con su paciencia y asesoría me guió durante la realización de la misma. Agradecimiento a la generosa aportación de Ricardo Antonio Bressani, quien me proporcionó el maíz Dekalb 353, cultivado en la Finca Magdalena en Retalhuleu. También la amable colaboración de Tomasa Panjoj en el proceso de molienda y elaboración de tortillas y de Gustavo Adolfo Batres, mi padre, quien organizó a 50 personas del Ministerio de Salud Pública para realizar el análisis sensorial. La ayuda incondicional de los miembros del Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala, en la enseñanza de la utilización de los equipos y la realización de algunos procedimientos de análisis. Agradezco al tribunal examinador que confió en mi proyecto de investigación y autorizó la realización del mismo. Por último, a mi familia y amigos por alentarme en la elaboración de mi tesis y facilitar mediante momentos de alegrías y positivismo el proceso de realización.

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
A. Estudios sobre cambios reportados en el maíz debidos a la nixtamalización.....	2
B. Estudios sobre efectos del proceso de cocción con cal en el maíz: Formación de Lisino-alanina.....	3
C. Estudios sobre la textura de la tortilla	3
D. Estudios sobre el potasio	5
III. MARCO TEÓRICO.....	7
A. Aspectos relacionados al maíz, su consumo y su procesamiento en la nixtamalización.....	7
1. Origen del maíz.	7
2. Descripción del grano.....	7
3. El maíz en la dieta de los latinoamericanos.....	9
4. Propiedades del grano de maíz y su calidad para el proceso de nixtamalización.....	9
5. Cambios generales en el maíz inducidos por el proceso de nixtamalización.	11
6. Cambios estructurales en el grano de maíz.	12
B. Nixtamalización.....	13
1. Proceso y propósito de la nixtamalización.	13
2. Descripción del proceso tradicional.	14
C. Maíz Dekalb 353	15
1. Maíz Dekalb y algunos de los híbridos más importantes.	15
2. DK- 353.....	15
D. Potasio	15
1. Potasio en el cuerpo.....	15
2. Cambios en el contenido de potasio durante la elaboración de la tortilla.	16
3. Potasio utilizado en frutas y vegetales.....	16
4. El potasio como nutriente vegetal.	17
5. El rol del potasio en la calidad del grano de maíz.	17
IV. JUSTIFICACIÓN	19

V.	OBJETIVOS	21
A.	Objetivo general	21
B.	Objetivos específicos.....	21
VI.	METODOLOGÍA	22
A.	Fuentes de materia prima	22
B.	Métodos.....	22
1.	Limpieza del grano.....	22
2.	Proceso de nixtamalización.....	22
3.	Características físicas del Maíz Dekalb 353.....	24
4.	Análisis proximal	25
5.	Análisis fisicoquímicos	25
6.	Análisis físicos	26
7.	Análisis sensorial.....	27
8.	Análisis estadístico.....	27
VII.	RESULTADOS.....	28
VIII.	DISCUSIÓN	44
IX.	CONCLUSIONES	54
X.	RECOMENDACIONES	56
XI.	BIBLIOGRAFÍA	57
XII.	ANEXOS	62
A.	Fotografías.....	62
B.	Boleta de evaluación sensorial	66

LISTA DE CUADROS

Cuadro No. 1 Análisis proximal aproximado del grano de maíz	7
Cuadro No. 2 Composición mineral del grano de maíz	7
Cuadro No. 3 Cambios en el contenido de potasio y calcio mg/100 g	15
Cuadro No. 4 Influencia del potasio en la calidad de las características del grano.....	16
Cuadro No. 5 Tratamientos utilizados de Hidróxido de Calcio e Hidróxido de Potasio.....	20
Cuadro No. 6 Análisis proximal y método utilizado.....	23
Cuadro No. 7 Análisis fisicoquímico y método utilizado	23
Cuadro No. 8 Análisis físico y método utilizado.....	24
Cuadro No. 9 Análisis sensorial y método utilizado	25
Cuadro No. 10 Caracterización física del grano de maíz Dekalb 353.....	26
Cuadro No. 11 Proceso nixtamalización	26
Cuadro No. 12 Porcentaje de sólidos disueltos en líquido de cocción y porcentaje de cáscara que permaneció en el grano después de lavado.....	27
Cuadro No. 13 Análisis proximal realizado al maíz Dekalb 353	27
Cuadro No. 14 Determinación del porcentaje de grasa de materia prima, sistemas, masa y tortillas	28
Cuadro No. 15 Determinación del porcentaje de proteína de materia prima, sistemas, masa y tortilla	28
Cuadro No. 16 Determinación del porcentaje de humedad de materia prima, sistemas, masa y tortillas.....	29
Cuadro No. 17 Determinación del porcentaje de cenizas de materia prima, sistemas, masa y tortilla	29
Cuadro No. 18 Determinación del porcentaje de fibra cruda de materia prima, sistemas, masa y tortillas.....	30
Cuadro No. 19 Pruebas físicas realizadas a masa y tortilla en texturómetro.....	30
Cuadro No. 20 Pruebas de color realizadas a masa y tortilla en colorímetro Hunter.....	31
Cuadro No. 21 Caracterización física de la tortilla y capacidad de enrollarse.....	31
Cuadro No. 22 Pérdida de humedad de la tortilla con el tiempo.....	32

Cuadro No. 23 Concentración de los minerales calcio y potasio en materia prima, sistemas, masa y tortilla	33
Cuadro No. 24 Aceptación de las distintas tortillas nixtamalizadas con las diferentes mezclas de hidróxido de calcio e hidróxido de potasio basado en una escala hedónica de 5	34
Cuadro No. 25 Preferencia de las distintas tortillas nixtamalizadas con las diferentes mezclas de hidróxido de calcio e hidróxido de potasio.....	35
Cuadro No. 26 Análisis de varianza del efecto sobre la aceptación de las mezclas debido a las proporciones de Hidróxido de Calcio e Hidróxido de Potasio utilizadas, basadas únicamente en color.	37
Cuadro No.27 Análisis de varianza del efecto sobre la aceptación de las mezclas debido a las proporciones de Hidróxido de Calcio e Hidróxido de Potasio utilizadas, basadas únicamente en olor	38
Cuadro No.28 Análisis de varianza del efecto sobre la aceptación de las mezclas debido a las proporciones de Hidróxido de Calcio e Hidróxido de Potasio utilizadas, basadas únicamente en sabor.....	38
Cuadro No.29 Análisis de varianza del efecto sobre la aceptación de las mezclas debido a las proporciones de Hidróxido de Calcio e Hidróxido de Potasio utilizadas, basadas únicamente en textura.	38
Cuadro No.30 Análisis de varianza del efecto sobre la preferencia de las mezclas debido a las proporciones de Hidróxido de Calcio e Hidróxido de Potasio utilizadas.....	39
Cuadro No. 31 Hipótesis planteadas así como su aceptabilidad o rechazo	39
Cuadro No. 32 Comentarios del porqué de la muestra escogida como preferida.	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1 Pérdida de humedad de la tortilla conforme el tiempo.....	32
Gráfico No. 2 Concentración de Calcio y Potasio en los distintos sistemas	34
Gráfico No. 3 Prueba de aceptación de las cuatro distintas tortillas	35
Gráfico No. 4 Prueba de preferencia de las cuatro distintas tortillas	36
Gráfica No. 5 Promedio de la preferencia de las cuatro distintas tortillas	37

RESUMEN

En este trabajo se investigó el efecto que tiene el uso de mezclas de ion potasio con ion calcio en la nixtamalización, sobre las características obtenidas en la masa y tortilla elaboradas. En general, se evaluó el efecto de la concentración de hidróxido de potasio sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales durante la nixtamalización tradicional. Se observó que el contenido de grasa, proteínas y fibra cruda disminuye luego de realizar el proceso de nixtamalización con las distintas mezclas. Esto ocurre básicamente por la saponificación de las grasas y por la pérdida de parte del grano respectivamente. Se encontró que el contenido de humedad se ve aumentado en la masa y tortilla ya que durante el proceso de nixtamalización, molienda y cocción se adiciona agua con el fin de obtener resultados deseados. La masa y tortilla de maíz nixtamalizado con un mayor contenido de hidróxido de potasio resultó ser más dura que aquellas que contenían una mayor cantidad de hidróxido de calcio. La extensibilidad biaxial de las tortillas de maíz fue mayor para aquellas tortillas que poseen únicamente hidróxido de calcio o una cantidad mínima, que la de las tortillas que ya cuentan con una concentración de hidróxido de potasio. Dicho resultado se confirma con la rolabilidad obtenida en las tortillas puesto que a mayor cantidad de hidróxido de calcio mayor extensibilidad. La pérdida de humedad con el tiempo reflejó que las tortillas de maíz nixtamalizadas con una menor cantidad de hidróxido de potasio o una cantidad nula del mismo pierden mayor contenido de humedad. Según el análisis sensorial realizado, las cuatro tortillas fueron aceptadas y no hubo diferencias significativas en cuanto a los atributos de color, olor, sabor y textura evaluados. Los resultados de la prueba de preferencia no fueron diferentes significativamente, por lo que ninguna muestra se escogió como preferida. Sin embargo, el maíz nixtamalizado con 1.0% de hidróxido de calcio y 0.2% de hidróxido de potasio, se consideró la opción más viable para elaborar las tortillas.

I. INTRODUCCIÓN

A pesar del tiempo transcurrido, la nixtamalización y el consumo de maíz en forma de tortillas sigue constituyendo un producto básico en la dieta alimenticia de la mayoría de la población guatemalteca y de muchos países latinoamericanos.

El proceso de nixtamalización realizado consistió en la cocción del maíz en distintos medios, los cuales fueron, agua (relación 3:1) que contenga 1.2% de hidróxido de calcio y 0% de hidróxido de potasio, 1.0 % de hidróxido de calcio y 0.2 % de hidróxido de potasio, 0.8% de hidróxido de calcio y 0.4% de hidróxido de potasio y 0.6% de hidróxido de calcio y 0.6% de hidróxido de potasio, a una temperatura menor a la de ebullición por 60 minutos. El grano se dejó reposar 14 horas en la solución y el nixtamal resultante se lavó cuatro veces para eliminar el exceso de potasio y cal. Los distintos productos se convirtieron en masa mediante la utilización de un molino y posteriormente se realizó la cocción para la obtención de tortillas.

Los cambios en composición química son el resultado de pérdidas de ciertas estructuras físicas del grano así como también de compuestos químicos, inducidos por el agua, el pH alcalino de cocción, el tiempo de cocción y remojo y las temperaturas aplicadas. Durante el cocimiento del grano se llevan a cabo reacciones bioquímicas, entrecruzamientos e interacciones moleculares que modifican tanto las características fisicoquímicas, estructurales y reológicas de la masa, como las propiedades estructurales y de textura de la tortilla producida (Bello PL, *et al.* 2002).

La cantidad de calcio y potasio incorporado al grano durante el proceso de nixtamalización, tanto en el pericarpio, endospermo y germen es muy importante porque la interacción entre el hidróxido de calcio, el hidróxido de potasio y los diferentes componentes del grano determinan las características fisicoquímicas y sensoriales de las tortillas elaboradas a partir de la masa del maíz.

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue investigar el efecto que tiene el uso de distintas mezclas de ion potasio e ion calcio en la nixtamalización del maíz Dekalb 353 sobre las características obtenidas en la masa y tortillas elaboradas, logrando así determinar si el ión potasio trae beneficios significativos y en qué concentración se recomienda su uso.

II. ANTECEDENTES

A. Estudios sobre cambios reportados en el maíz debidos a la nixtamalización

En un estudio sobre los cambios en la estructura, consistencia, propiedades fisicoquímicas y viscoelásticas del maíz bajo condiciones distintas de nixtamalización realizado por Quintanar Guzmán, Adriana., *et.al.* (2009) se observó a través de microfotografías tomadas al maíz que la nixtamalización modifica la forma de los gránulos de almidón y los cuerpos proteicos, esto, si el tiempo de cocción dura más de 30 minutos. Los gránulos de almidón de muestras nixtamalizadas, presentaban una forma circular, mientras que las muestras control presentaban una forma poligonal. Las proteínas de las muestras que fueron nixtamalizadas usualmente presentaban dos endotermas de transición mientras que las muestras control solo se observaba una transición, esto sugiere algún tipo de relación con el almidón gelatinizado. La nixtamalización acortó el tiempo de cocción del maíz para la obtención de una textura adecuada en la masa y la obtención de tortillas de buena calidad, como se observó en la consistencia obtenida. En general, se determinó que el proceso de nixtamalización afecta la estructura de almidón y proteínas del maíz y mejora la interacción entre la proteína y el almidón.

En un estudio realizado por Gutiérrez-Cortez, E., *et. al.* (2010) se reportaron los cambios microestructurales en el pericarpio de maíz durante la etapa crítica de cocimiento con cal. El pericarpio no es una estructura homogénea por lo que la difusión del agua y el calcio podría presentar distintos mecanismos de difusión. El tratamiento térmico-alcalino promueve la remoción de la capa cerosa delgada, la cual permite la entrada simultánea de agua y calcio en el pericarpio al inicio del proceso de nixtamalización. Los patrones de difracción de los rayos X del pericarpio nixtamalizado mostraron un aumento en el pico de intensidad de la fracción cristalina en comparación con el pericarpio nativo. El tiempo de cocción mínimo se observó a una temperatura de 92°C, comparado con los tiempos requeridos para las temperaturas de 72 y 82°C. De la misma manera, la potencia asociada con el consumo de energía obtenidas de los perfiles tiempo-temperatura fue menor en la temperatura de 92°C. Estos resultados son relevantes para la producción en la industria alimentaria, ya que podrían considerarse a fin de reducir los costos del proceso de nixtamalización.

B. Estudios sobre efectos del proceso de cocción con cal en el maíz: Formación de Lisino-alanina

De Groot y Slump (1969) demostraron que un tratamiento térmico alcalino severo a las proteínas inducía la formación de péptidos, como la lisino-alanina, lantoina y ornitina, las cuales tienen efectos negativos en animales experimentales, no son biológicamente disponibles y tienen efectos detrimentales en la calidad de la proteína. La lisino-alanina se forma por condensación de lisina con dehidro-alanina, el cual es un producto de degradación de cistina y serina bajo condiciones alcalinas. El efecto del proceso de cocción alcalina para convertir el maíz en tortilla ha recibido alguna atención por parte de varios investigadores.

Steinberg *et al* (1975) reportaron que muestras comerciales de harina de masa, tortillas y base para tacos, contenían 480, 200 y 170 mcg/g de lisino-alanina respectivamente. Sanderson *et al* (1978) demostraron que la lantoina y la orinitina se formaban durante la cocción alcalina del maíz, como productos de degradación de los aminoácidos cistina y arginina.

C. Estudios sobre la textura de la tortilla

Según un estudio sobre la evaluación de una metodología para determinar características de textura de tortilla de maíz realizado por Gerónimo Arámbula-Villa, *et al.* (2003) la tortilla de maíz, es el principal alimento de la población mexicana, con un consumo anual de 12 millones de toneladas. A pesar de su alto consumo, existe una gran variabilidad en las características de calidad de la tortilla producida comercialmente, principalmente las de textura. Es por esto que evaluaron dos formas de la muestra, rectangular (3,75 x 8,7 cm) y probeta (3,75 cm en los extremos, 1,5 cm en la parte central y 8,7 cm de largo), así como la de varios parámetros de calidad obtenidos con el texturómetro (fuerza máxima, área total, área hasta fuerza máxima, elasticidad y elongación) y se evaluó su confiabilidad con base a su repetibilidad. De acuerdo a los resultados, la forma de "probeta" fue la más adecuada para las pruebas de tensión y elasticidad. Para la fuerza al corte, las dos formas resultaron con buena repetibilidad. La fuerza máxima fue el parámetro de mayor confiabilidad para las pruebas de tensión y corte, con una repetibilidad de 0.95 y 0.99 respectivamente. La elasticidad resultó con buena repetibilidad cuando la prueba se realizó con la

forma de probeta (0.94). A través de dicho estudio se pudo definir que utilizando el texturómetro y la forma de muestra tipo probeta, los parámetros determinados muestran alto grado de confiabilidad y facilitan la comparación de datos de textura para tortillas de maíz.

Según B. Ramirez-Wong (2008) la industria de la tortilla de maíz y productos relacionados está teniendo un gran auge no únicamente en México y América Central, sino en países como Estados Unidos, y algunos países de Europa, América del Sur y Asia. Para lo anterior se han tenido que mejorar las tecnologías para incrementar la calidad y la producción de tortillas. Dentro de esas tecnologías incluye mejores variedades de maíz, equipo de proceso y métodos analíticos de laboratorio, entre otros. Uno de los pasos críticos del proceso de la tortilla es la textura de la masa, esto ya que la textura óptima de la tortilla dependerá en gran medida de la calidad de la masa. Los métodos que se utilizan para medir la textura de la masa son subjetivos o instrumentales. Los primeros métodos tienen sus desventajas, ya que dependen de personas o de la cantidad de masa. Dentro de la evaluación textural se encuentran los métodos reológicos instrumentales fundamentales. En el Departamento de investigación y Posgrado en Alimentos se han aplicado tres métodos reológicos fundamentales para evaluar las propiedades de las masas: Método de Compresión Uniaxial con Lubricación (MCUL), Método de Retroextrusión (MR) y el método dinámico (MD). El principio de cada uno de ellos es diferente y han sido útiles para caracterizar el comportamiento reológico de las masas.

En un estudio (Platt-Lucero, L.C., *et. al.* 2008) se elaboraron tortillas a partir de harina de maíz extruida con 0.3% (p/p) de cal y goma xantana. Las condiciones de operación del extrusor de tonillo simple fueron: temperatura de extrusión (T, 110-130 ° C), contenido de humedad (H, 25-35% del peso de maíz), y goma xantana (GX, 0.3 -0.7% del peso de maíz). En las harinas se determinó lo que es el índice de absorción de agua y capacidad de absorción de agua subjetiva. Las masas obtenidas fueron evaluados en sus propiedades viscoelásticas: módulo de almacenamiento (G'), módulo de pérdida (G'') y tangente del ángulo de fase ($\tan \delta$). Las tortillas fueron almacenadas por 2, 24 y 48 horas a temperatura ambiente (25°C). Su firmeza se determinó como fuerza máxima (MF) y la flexibilidad como rolabilidad. Se aplicó metodología de superficie de respuesta para determinar las condiciones óptimas del proceso, de acuerdo a las siguientes variables respuesta: índice de absorción de agua, G' , G'' , $\tan \delta$ y FM. En el estudio realizado la goma xantana mostró ser una

alternativa para la producción de tortillas a partir de harina de maíz extruida con características texturales similares a las comerciales realizados con el proceso tradicional de nixtamalización.

D. Estudios sobre el potasio

Se han realizado varios estudios (Feng J. He. *et al.* 2008) sobre los efectos benéficos del potasio en la salud humana. La evidencia recolectada de dichos estudios ha demostrado que el consumo de potasio posee un efecto significativo en la disminución de la presión sanguínea y por consiguiente en la reducción de enfermedades cardiovasculares. Asimismo, se ha observado que en la actualidad con el aumento del consumo de alimentos procesados, a los cuales se les ha removido el potasio, y con la reducción en el consumo de frutas y vegetales, se ha dado una disminución en la ingesta de potasio.

Sosa M , José Heriberto., *et. al* (1991) realizaron dos ensayos en suelos derivados de ceniza volcánica en Opico Quezaltepeque, El Salvador, para evaluar la respuesta de aplicar azufre (S), calcio (Ca) y (K) potasio en un sistema maíz-frijol (Maíz sembrado en mayo, frijol sembrado en relevo en agosto). Los tratamientos consistieron en varias combinaciones de sulfato de amonio y urea, con y sin S, Ca y K. Los rendimientos fueron mayores cuando se aplicó sulfato de amonio (100 kg N/ha) junto con formula (16-20-0,30 kg P₂O₅ / ha) en bandas en labranza cero. Comparando sulfato de amonio y urea aplicados juntos con el fósforo se notó una posible respuesta de azufre en estos suelos. Sin embargo, las aplicaciones de potasio realizadas no produjeron incremento en el rendimiento de maíz o frijol.

En un estudio realizado por López de León en 1974 sobre la respuesta del trigo a diferentes niveles de fertilización se informó que con 125 kg de nitrógeno por hectárea, 225 kg de fósforo por hectárea, 125 kg de potasio por hectárea y 15 kg de magnesio por hectárea, se obtuvo un alto rendimiento. El mismo autor observó un efecto lineal sobre el rendimiento del grano con aplicaciones de nitrógeno en combinación con dosis bajas de potasio y fósforo. Por el contrario, altas dosis de nitrógeno con altas de potasio y fósforo produjeron una sensible disminución. Además, encontró que el potasio fue el elemento que produjo mayor respuesta en cuanto a rendimiento, crecimiento en altura y en calidad del grano, también encontró que el potasio tuvo un

efecto lineal sobre los índices de calidad del grano. Al respecto del potasio, Ramírez Aldana (1979), encontró que no actúa en forma independiente sino en interacción con nitrógeno y fósforo, favoreciendo el rendimiento y el peso de 1000 granos.

III. MARCO TEÓRICO

A. Aspectos relacionados al maíz, su consumo y su procesamiento en la nixtamalización

1. **Origen del maíz.** Existe evidencia arqueológica que indica que el maíz existió como un precursor silvestre hace unos 7,000 años en la región central de México (MacNeish, 1967). Unos 2000 años más tarde el maíz se empezó a cultivar por el hombre, él cual fue utilizado diariamente como alimento durante el desarrollo de la gran civilización Mesoamericana. Una parte importante de la cultura de estas civilizaciones ha sido el cultivo del maíz y su transformación a productos comestibles. Es importante mencionar que la domesticación del maíz, por las antiguas civilizaciones mesoamericanas, es responsable en gran medida en la evolución de estas sociedades, siendo muy importante en proporcionar la energía que dicho alimento vino a brindar a la población.

2. **Descripción del grano.** El maíz es un cereal que es consumido en varias formas; en menor parte es consumido como vegetal en su forma húmeda y en mayor parte como una fracción específica o modificada del grano original, al someterse a diversos procesos como lo son la molienda, fermentación o fritura.

El maíz pertenece a la familia Graminae y las principales variedades cultivadas son: maíz de vaina, duro, dulce, palomero, harinoso y ceroso. La diferencia entre cada variedad radica en sus composiciones, tejidos, semilla y técnicas de cosecha y post-cosecha. El grano cultivado en Centroamérica es principalmente el harinoso. Este es un grano grande, blando y el endospermo se desmenuza con facilidad; lo que le permite molerse fácilmente, formando una harina, lo cual es ventajoso para los métodos domésticos (Desrosier, 1990).

El grano de maíz se compone de tres partes principales que son: el pericarpio (6% en peso); el endospermo, que constituye la fracción mayor del grano (82.4% en peso) y el germen (11.6% en peso). Watson, señala que la humedad del grano varía entre 16-20% y en el grano maduro oscila

entre 28-32% (Watson, K. 1991). En el Cuadro No. 1 se muestra un análisis proximal promedio del grano de maíz.

Cuadro No. 1 Análisis proximal aproximado del grano de maíz

Humedad (%)	16.7
Almidón (%)	71.5
Proteína (N + 6.27)	9.91
Grasa (%)	4.78
Ceniza (%)	1.42
Fibra (%)	2.66
Azúcares totales (%)	2.58
Carotenoides (ppm)	30

(Potter, 1973).

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 del 15.1 al 20.5% y la cáscara del 2.9 al 5.3%. De los carbohidratos, el almidón es el principal y contiene un 27% de amilosa y un 73% de amilopectina. La mayor parte de fibra cruda se encuentra en el pericarpio (Watson, K. 1991). En cuanto a minerales, vitaminas y otros compuestos orgánicos, el germen contiene alrededor de un 80% de minerales. En el Cuadro 2 se muestra los componentes minerales del grano. Además, todas las vitaminas hidrosolubles están presentes en el grano: la niacina está disponible luego de un tratamiento alcalino y se encuentra presente en 29.5 mg/kg; el ácido pantoténico en 4.4 mg/kg; riboflavina en 1.5 mg/kg y tiamina en 4mg/kg (Inglett, 1970).

Cuadro No. 2 Composición mineral del grano de maíz

Mineral	Rango (%)	Media (%)
Calcio	0.00-0.45	0.03
Fósforo	0.03-1.30	0.32
Potasio	0.03-0.92	0.35
Magnesio	0.02-0.92	0.17

Continuación Cuadro No. 2 Composición mineral del grano de
maíz

Mineral	Rango (%)	Media (%)
Hierro	0.001-0.01	0.003
Sodio	0.00-0.13	0.01
Azufre	0.01-0.19	0.12

(Inglett, 1970).

3. El maíz en la dieta de los latinoamericanos. El maíz representa uno de los cereales en grano más importantes para la nutrición de la población de Latinoamérica. Las cantidades consumidas, así como las formas de consumo, son bastante variables, dependiendo del país. En México y Centro América, donde el consumo de maíz es mayor, el grano es transformado en distintos productos, mediante un proceso llamado nixtamalización.

El consumo de maíz es menor en el área urbana que en el área rural. La población masculina la consume en mayor proporción que la población femenina (INE/SEGEPLAN/CADESCA 1991). El consumo del maíz se verá aumentado conforme la edad (Flores 1966, Flores *et al* 1970, Martorell *et al* 1979, Valverde *et al* 1979, García y Urrutia 1984, Urrutia y García 1984) y se asocia con los ingresos, siendo mayor a menor ingreso (Menchu *et al* 1973).

En la dieta del guatemalteco se presenta el maíz como uno de los alimentos de mayor consumo; la mayoría de la población tiene acceso a productos de maíz, principalmente las tortillas. Según el Instituto Nacional de Estadística (1991), el maíz es el cereal más consumido en Guatemala, ya que se consume en un 64.4% en el área urbana y un 85.3% en el área rural. De estos porcentajes se desprenden datos como que el consumo promedio en gramos diarios por persona es de 454 en el área rural y 251 en el área urbana. Según el INCAP (1969), el maíz aporta cantidades altas de proteína y calorías a la dieta del guatemalteco.

4. Propiedades del grano de maíz y su calidad para el proceso de nixtamalización. Tanto la genética como el ambiente afectan las propiedades del maíz. Se prefiere

trabajar con granos de tamaño uniforme, ya que una baja variabilidad en el tamaño ayuda a alcanzar un proceso de cocción más uniforme. También se requiere una alta proporción de endosperma duro y granos intactos, es decir, libres de fisuras o rajaduras por estrés. Esto ya que, granos rotos o con fisuras absorben más rápido el agua y álcali por lo que tienden a sobrecocerse. Una sobrecocción produce una pérdida excesiva de masa de materia seca y forma una masa con consistencia pegajosa. Aquellos granos con un alto contenido de pericarpio producen también una masa con consistencia pegajosa (Rooney and Serna-Salidvar 1987).

La calidad de la masa y tortilla obtenidas, los parámetros de cocción y remojo y el color del producto van a depender básicamente de las características que el grano de maíz (materia prima) presente. Las características de calidad del grano incluyen los que es el rendimiento, propiedades físicas, químicas y tecnológicas, además de características fitosanitarias-nutrimientales. Entre las propiedades tecnológicas se encuentran lo que son la estabilidad durante el almacenamiento, las características de aceptabilidad al consumidor, la eficiencia que presenta al convertirlo en producto y como el grano se ve afectado por las condiciones de procesamiento a las que se somete. Las características químicas y físicas que posea el grano determinan en un gran porcentaje los parámetros de procesamiento, la calidad que presente la masa y la tortilla, así como el sabor y color que se obtenga. En cuanto a las características fitosanitarias se refiere, éstas incluyen básicamente el poseer granos libres de insectos y de hongos (Universidad Autónoma de Querétaro, 2008).

Las características físicas del maíz son importantes en la preparación de masa y tortilla según los resultados informados por Bressani *et al* (1968), quienes demostraron que el rendimiento de masa como materia seca fue afectado por la variedad del maíz utilizada. Dichos autores mostraron, a través de estudios a nivel del hogar rural, que la pérdida promedio de materia seca en maíz blanco fue del 17.2% con una variabilidad de 9.5 a 21.3% con respecto al maíz amarillo, las pérdidas de materia seca promediaron 14.1% con un rango de 8.9 a 16.7%. Los resultados anteriormente mostrados indicaron que el tipo y calidad de maíz influyen el rendimiento de materia seca.

Bedolla y Rooney (1982) indicaron que la textura de la masa se ve afectada por la textura y tipo de endospermo de maíz, por el grado de secado, las condiciones de almacenamiento y calidad e integridad de los granos. Aquellos granos con diferente tipo de endospermo requieren diferentes

períodos de procesamiento para alcanzar el mismo grado de cocción, lo que se observa en la ruptura del pericarpio. Sin embargo, una rápida destrucción del pericarpio inducirá a mayores pérdidas de materia seca durante la cocción. Las pérdidas de materia seca resultantes de la cocción con cal, constituyen un buen indicativo de la calidad del maíz para la preparación de la tortilla.

No existe información definida sobre la relación entre el contenido de nutrientes en el maíz y su eficiencia en producir la masa y tortilla. Sin embargo, sí se ha indicado que maíces con endospermo duro contienen un poco más de proteína que aquellos que presentan un endospermo suave (Salinas *et al* 1982, Salinas y Arcelano 1989, Salinas *et al* 1992), por consiguiente, se puede deducir que un mayor contenido de proteína en el grano utilizado permite elaborar una masa y tortilla superior en calidad tecnológica que aquellas elaboradas con un grano con niveles menores de proteína.

Watson (1991) y Rooney (1993) señalan que el maíz ideal para proceso 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 endosperma dura o intermedia (facilita remoción del pericarpio) (e) granos intactos, libres de fisuras o roturas por stress (f) carencia de dientes prominentes en la corona (corona esférica) (g) de color amarillo claro o blanco brillante (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.

5. Cambios generales en el maíz inducidos por el proceso de nixtamalización. El proceso de la conversión del maíz en masa y posteriormente en tortillas involucra la adición de agua, hidróxido de calcio, tratamientos térmicos, períodos de remojo y la acción de la molienda. Los factores anteriormente mencionados inducen cambios en la estructura del grano, su composición química, en sus propiedades de funcionalidad y en su valor nutritivo.

Los cambios en composición química se dan debido a las pérdidas de ciertas estructuras físicas del grano así como también de compuestos químicos, inducidos por el agua, el pH alcalino de cocción, el tiempo utilizado para la cocción y el remojo y las temperaturas aplicadas en las

diferentes etapas del proceso. Los cambios en funcionalidad consisten principalmente en la pérdida de compuestos orgánicos que conforman la fibra, por la gelatinización parcial de los almidones y la desnaturalización de las proteínas. Los cambios en valor nutritivo son más complejos ya que incluye pérdidas de ciertos nutrientes, aumentos en otros y cambios en la biodisponibilidad de ellos. Otros efectos importantes son los de control de la actividad microbológica y los de sabor, color y aroma del producto (Universidad Autónoma de Querétaro, 2008).

6. Cambios estructurales en el grano de maíz. La cocción alcalina durante la nixtamalización causa un rompimiento parcial del pericarpio, el cual se elimina fácilmente con una simple frotación y lavado del grano. La eliminación del pericarpio facilita la absorción de agua y de calcio, esto ya que la misma representa la primera barrera ha dicho proceso. El pericarpio se encuentra formado por celulosa, hemicelulosa, lignina y proteína fijada en dichos compuestos. El pH alcalino utilizado en el proceso permite solubilizar y desintegrar el pericarpio, contribuyendo a darle a la masa características de suavidad y plasticidad.

Durante el proceso de nixtamalización la capa aleurónica y sus células quedan intactas y pegadas a la superficie del endospermo, sirviendo como una estructura de retención del mismo. Posiblemente debido a la característica de semipermeabilidad de la capa aleurónica, se reduce la pérdida de proteínas del endospermo y el nitrógeno que se pierde podría ser de proteínas de muy bajo peso molecular (Serna-Saldivar *et al* 1990, Paredes-López y Saharopulos 1982. Rojas-Molina 2008). La lamela media y paredes celulares del endospermo externo son parcialmente destruidas y solubilizadas. La mayor parte del germen se retiene durante la cocción alcalina, lo cual es importante puesto que con ello se retiene la calidad proteínica del grano de maíz (Bjarnason y Palmer 1972).

Los gránulos de almidón aumentan de tamaño en todo el endospermo y muestran una destrucción parcial por lo que las proteínas de esta estructura del grano se quedan asociadas a los gránulos de almidón. Se ha indicado que ocurren cambios en la apariencia física de los cuerpos proteicos (Serna-Saldivar *et al* 1990), en algunas regiones del endospermo y el almidón está parcialmente gelatinizado (Chang y Hsu 1985). De acuerdo a Robles *et al* (1988), la cocción alcalina y el remojo del maíz en agua induce aumentos significativos en viscosidad. Asimismo, encontraron

que la nixtamalización causa una gelatinización extensa del almidón y que el tiempo de cocción tiene efectos sobre las propiedades de engrudo de la masa.

B. Nixtamalización

1. Proceso y propósito de la nixtamalización. El maíz antes de ser consumido se somete a un proceso térmico-alcalino fuerte conocido como nixtamalización (palabra del náhuatl, derivada de *nextli* que significa cenizas o cenizas de cal y *tamalli*, masa de maíz) (Badui, 2006). En algunas áreas de México y Centro América la nixtamalización se lleva a cabo todavía a nivel del hogar. Este proceso, a pesar de ser simple, lleva tiempo y requiere de mucho trabajo y esfuerzo físico, usando cantidades altas de energía, agua y contaminando el ambiente. Sin embargo, actualmente las harinas nixtamalizadas de maíz se producen industrialmente, lo cual trae beneficios como la conveniencia, disponibilidad y cualidades más estables (Sustain, 1999).

Algunos de los cambios que suceden durante la nixtamalización ya han sido estudiados: se gelatiniza el almidón, se hidroliza la hemicelulosa del pericarpio y se destruyen algunos aminoácidos y vitaminas; por otra parte, en el nejayote se solubilizan minerales, grasas, vitaminas y algunas proteínas, como albúminas y las globulinas. A pesar de ser un tratamiento severo, la nixtamalización tiene beneficios, ya que mejora la calidad nutritiva del maíz, debido a las transformaciones ocurridas y mostradas a continuación: la biodisponibilidad de la lisina de la glutelina se incrementa considerablemente, así como la del triptófano y; lo mismo ocurre con la niacina, que originalmente se encuentra en forma no disponible biológicamente; la destrucción de leucina hace que la relación de este aminoácido con la isoleucina mejore considerablemente y se incrementa el aprovechamiento de ambos; la gelatinización del almidón propicia que éste sea utilizado por el organismo humano (Badui, 2006).

Las variables importantes del proceso son el tiempo de cocción, temperatura, el tipo y la concentración de cal utilizado, tipo y frecuencia de la agitación para mantener la cal suspendida y los procedimientos del lavado de nixtamal (Rooney and Serna-Salidvar 1987)

2. Descripción del proceso tradicional. Primero se hierve el maíz en agua en una proporción de 1:3 (peso:volumen) a la que se le ha añadido 1-3% de cal, logrando alcanzar un pH que varía de entre 11 a 13. El tiempo de cocimiento va desde 46 a 67 minutos, dependiendo de las variedades de maíz utilizadas, esto ya que las variedades de endospermo suave requieren un menor tiempo que las de endospermo duro. La dureza del grano está dada por la composición y grosor del pericarpio, y de la relación de concentración amilosa y amilopectina que se tenga. Después de la cocción, se deja reposar de 10 a 14 horas. El agua de cocción llamada “nejayote”, se elimina y después el maíz se lava con agua para eliminar el exceso de álcali y mejorar el sabor de la tortilla que de otra forma sería alcalino, en esta etapa también se elimina el pericarpio, la capsula y las impurezas que el grano pudiera tener. La dureza del grano está dada por la composición y grosor del pericarpio, y de la relación de concentración amilosa y amilopectina que se tenga. Después de la cocción, se deja reposar de 10 a 14 horas. El agua de cocción llamada “nejayote”, se elimina y después el maíz se lava con agua para eliminar el exceso de álcali y mejorar el sabor de la tortilla que de otra forma sería alcalino, en esta etapa también se elimina el pericarpio, la capsula y las impurezas que el grano pudiera tener. Es importante mencionar que el nejayote es un contaminante importante por su alta demanda biológica de oxígeno y su pH de aproximadamente 8.5. El maíz ya lavado se muele en un molino de piedras que, por la fricción, genera una gran cantidad de calor que incrementa considerablemente la temperatura de la masa obtenida. Finalmente, dicha masa sirve para preparar un gran número de alimentos, entre los que destaca notablemente la tortilla. La masa contiene aproximadamente 54-56% de agua y la tortilla 45-55%. Para la fabricación de la tortilla se requiere un cocimiento de la masa a 170-190°C durante 4 a 5 minutos, mismo que se lleva a cabo en planchas metálicas o de barro. Para ser aceptada, la tortilla debe reunir ciertas características de aroma y sabor. Además debe contar con buena flexibilidad y una textura adecuada para poderla doblar y enrollar sin que ésta se rompa (Badui, 2006) (Universidad Autónoma de Querétaro, 2008).

Además de las tortillas, de dicha masa pueden obtenerse, mediante otros procesos, productos como chuchitos, tamales, pishtones o tamalitos, o tortilla chip. Las características químicas, nutritivas y sensoriales que cada producto tendrá dependen del distinto efecto que la cocción alcalina tenga sobre el grano y del distinto proceso que se le aplique a la masa nixtamalizada. 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. Un nixtamal crudo es

difícil de moler y uno sobrecocido forma una masa pegajosa y con características de manejo pobres, como se mencionó con anterioridad. Por otra parte, la variabilidad de cal empleada y los distintos parámetros de cocción que se dan a nivel casero 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 (Urizar Hernandez, Ana Lucrecia. 1995).

C. Maíz Dekalb 353

1. Maíz Dekalb y algunos de los híbridos más importantes. El maíz Dekalb ofrece híbridos de maíz confiables y consistentes, los cuales se han probado en varias regiones durante años. Algunos de los híbridos más importantes de Dekalb son: DK-2020 Y, DK-2020, DK-2022, DK-2025, DK-2031, DK-357 Y DK- 353 (Monsanto, 2010).

2. DK- 353. El DK- 353 cuenta con un grano sano, grande, profundo y pesado. El mismo se adapta mejor en las regiones tropicales de México y Centro América. Una de las ventajas que posee es que puede cosechar más toneladas por hectárea en zonas tropicales. Entre los beneficios que ofrece dicho maíz se encuentra el que la venta del mismo se ve facilitada por la calidad del grano, asimismo, se mejora el nivel de vida de los agricultores debido a la mayor producción del híbrido (Monsanto, 2010).

D. Potasio

1. Potasio en el cuerpo. El potasio, es el catión mayor del líquido intracelular del organismo humano. Está involucrado en el mantenimiento del equilibrio normal del agua, el equilibrio osmótico entre las células y el fluido intersticial y el equilibrio ácido-base, determinado por el pH del organismo (Campbell, Neil 1987). El potasio también está involucrado en la contracción muscular y la regulación de la actividad neuromuscular, al participar en la transmisión del impulso nervioso a través de los potenciales de acción del organismo humano. El potasio promueve el desarrollo celular y en parte es almacenado a nivel muscular, por lo tanto, si el músculo

está siendo formado (periodos de crecimiento y desarrollo) un adecuado abastecimiento de potasio es esencial. Una disminución importante en los niveles de potasio sérico (inferior 3,5 meq/L) puede causar condiciones potencialmente fatales conocida como hipokalemia, con resultado a menudo de situaciones como diarrea, diuresis incrementada, vómitos y deshidratación. Los síntomas de deficiencia incluyen: debilidad muscular, fatiga, astenia, calambres, a nivel gastrointestinal: íleo, estreñimiento, anormalidades en el electrocardiograma, arritmias cardiacas, y en causas severas parálisis respiratorias y alcalosis (Aravena, César et al. 2001).

2. Cambios en el contenido de potasio durante la elaboración de la tortilla.

Puesto que los dos iones a utilizar serán ion calcio e ion potasio, se realizó una comparación del cambio en el contenido del calcio y potasio durante la elaboración de la tortilla. En el Cuadro 3 se puede observar que el contenido de potasio es mayor en el grano de maíz que en la tortilla, por lo que se concluye que el proceso de elaboración de tortillas disminuye el contenido de potasio. En el caso del calcio, por utilizarse en el proceso de nixtamalización, incrementa su contenido significativamente al momento de elaborar la tortilla, esto ya que el mismo es absorbido por el grano de maíz al momento de cocinarlo y dejarlo en remojo.

Cuadro No. 3 Cambios en el contenido de potasio y calcio mg/100 g

Mineral	Maíz	Tortilla	Cambio %
Potasio	324.8±33.9	272.9±16.0	-16.0
Calcio	48.3±12.3	216.6±41.5	+348.4

(Bressani *et. al.* 1989)

3. Potasio utilizado en frutas y vegetales. El potasio se utiliza básicamente para lograr una fertilización balanceada de las frutas y vegetales. El efecto del potasio en los factores de calidad de las frutas y vegetales puede estar relacionado con el ahorro de agua, el mantenimiento de la turgencia y el control del potencial osmótico de de las células de la planta. En la fertilización balanceada el potasio ha sido importante en el incremento de la eficiencia del uso de nitrógeno (Lazcano-Ferrat, Ignacio).

Dosis altas de nitrógeno producen mayor tonelaje de maíz cuando se utiliza potasio, esto muestra la interacción positiva (sinergismo) entre estos dos nutrientes. Asimismo, sin nitrógeno o utilizando dosis bajas de éste, el efecto de aplicaciones de potasio no se ve reflejado en el rendimiento de maíz (Lazcano-Ferrat, Ignacio).

4. El potasio como nutriente vegetal. En un amplio sentido de la palabra, se entiende como nutriente vegetal a todos aquellos minerales o sustancias que son requeridas por la planta para su crecimiento y formación de sustancias orgánicas. Luego de que dicha sustancia es asimilada por la planta, fomenta su desarrollo en cualquiera de sus fases de crecimiento, desde la germinación hasta la completa madurez, mejorando por lo consiguiente, el rendimiento de la planta (Franco Tobias, M.A. 1979)

El potasio es uno de los elementos esenciales en la nutrición de las plantas y uno de los tres que, por lo común, se encuentran en cantidades pequeñas en el suelo, limitando el rendimiento de los cultivos, razón por la cual necesita ser añadido regularmente al suelo con los fertilizantes.

El potasio forma parte importante donde la división celular y los procesos de crecimiento son más activos, su acción es como catalizador. Su poca abundancia produce trastornos en el crecimiento normal de las plantas causando un crecimiento inadecuado, decoloración amarillenta con manchas en las hojas y el fruto y semilla son pequeños en cantidad, tamaño y peso. Se cree también que la deficiencia de potasio puede causar baja en el peso específico de los cereales y calidad del grano planta (Franco Tobias, M.A. 1979).

5. El rol del potasio en la calidad del grano de maíz. La respuesta del maíz al potasio se caracteriza en general por una floración temprana, madurez uniforme, mejora en la calidad del tallo y un mayor peso del grano. La calidad del grano influenciada por el potasio fue estudiada por Keeney (1969). En dos de cuatro híbridos analizados, el potasio aumentó significativamente la proteína del grano a pesar de que no se midió la respuesta de la producción. El contenido de aminoácidos se mejoró con una fertilidad adecuada (Munson, Robert D. 1985).

Entre las características adicionales de la calidad del grano influenciadas por el potasio se encuentran el peso del grano, granos por mazorca, volumen de peso y el porcentaje de

descascarillado. La influencia de aplicar potasio en la calidad del grano se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 4 Influencia del potasio en la calidad de las características del grano

Medida de calidad	K (kg ha ⁻¹)		Aumento (%)
	0	93	
Porcentaje descascarillado % (g kg ⁻¹)	83.1 (831)	85.1 (851)	2.4
Peso del grano, g	0.203	0.269	32.5
Grano por mazorca ⁻¹	490	626	27.8
Volumen de peso, kg	24.8	26.0	4.8

(Munson, Robert D. 1985)

IV. JUSTIFICACIÓN

Las antiguas civilizaciones Azteca, Maya e Inca dependían ampliamente del consumo del maíz como un alimento primordial. Desde ese entonces ya realizaban con el maíz un proceso alcalino, como cocimiento con cal o cenizas, que les permitía convertir el grano en una forma apropiada de alimento. A pesar del tiempo transcurrido, la nixtamalización y el consumo de maíz en forma de tortillas sigue constituyendo un producto básico en la dieta alimenticia de la mayoría de la población guatemalteca y de muchos países latinoamericanos.

En la dieta del guatemalteco el maíz se presenta como uno de los alimentos de mayor consumo; la mayoría de la población tiene acceso a productos de maíz, siendo estos principalmente las tortillas. Según el Instituto Nacional de Estadística (1991), el maíz es el cereal más consumido en Guatemala, ya que se consume en un 64.4% en el área urbana y un 85.3% en el área rural. De estos porcentajes se desprenden datos como que el consumo promedio por persona es de 454 gramos diarios en el área rural y 251 gramos diarios en el área urbana. Según el INCAP (1969), el maíz aporta cantidades altas de proteína y calorías a la dieta del guatemalteco.

El hecho de que el maíz y el proceso de nixtamalización son bastante importantes en Guatemala me motivó a realizar un trabajo de investigación relacionado con este tema. Opte por investigar la posibilidad y viabilidad de realizar tortillas de maíz Dekalb 353 mediante la utilización del ion potasio en el proceso de nixtamalización, esto, ya que hasta la fecha no se han realizado estudios específicos de los efectos que el uso de un ion, distinto al ion calcio, tienen sobre las características obtenidas en la masa y tortilla. Como bien se sabe, el proceso de nixtamalización tradicional utiliza el ion calcio, sin embargo en este proyecto se utilizaron mezclas de ion calcio con el ion potasio para ver y comparar las características en la masa y tortilla obtenidas luego de realizado el proceso de nixtamalización.

Considero que proyectos como éste aportarán información útil que podrá tomarse como herramienta para la complementación con el ion calcio utilizado actualmente en el proceso de nixtamalización, ya que mediante el estudio realizado se determinará si las mezclas con ion potasio proveen mejores resultados que solamente el ion calcio.

Es importante conocer todos aquellos efectos positivos o negativos que puede llegar a presentar la masa y las tortillas obtenidas, debido a la utilización del ion potasio, puesto que la nixtamalización y el consumo de maíz básicamente en forma de tortilla sigue constituyendo un producto básico en la dieta alimenticia de la mayoría de la población guatemalteca, como se mencionó con anterioridad.

A través de dicho estudio se logrará ampliar los conocimientos del proceso de nixtamalización que se tienen, variando la utilización del ion utilizado. También se logrará comparar los efectos que el ion potasio e ion calcio tienen sobre las características químicas, funcionales y nutritivas de la masa de maíz Dekalb 353 obtenida y la tortilla, lo cual considero primordial para determinar la viabilidad de la utilización de dicho ion en el proceso de nixtamalización.

V. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Investigar el efecto que tiene el uso de distintas mezclas de ion potasio e ion calcio en la nixtamalización del maíz Dekalb 353 sobre las características obtenidas en la masa y tortillas elaboradas, logrando así determinar si el ión potasio trae beneficios significativos y en qué concentración se recomienda su uso.

B. Objetivos específicos

1. Determinar las características funcionales y químicas del maíz Dekalb 353 antes y después de la nixtamalización, controlando las variables del proceso, con el fin de trabajar bajo las mismas condiciones.

2. Comparar las características químicas, nutritivas y funcionales de las distintas masas y tortillas de maíz Dekalb 353 obtenidas mediante la nixtamalización con las cuatro distintas mezclas de ion calcio e ion potasio (1.2:0, 1.0:0.2, 0.8:0.4, 0.6:0.6), para determinar que mezcla podría ser la más viable a utilizar.

3. Realizar un análisis sensorial de las tortillas obtenidas de la nixtamalización con las distintas mezclas de ion potasio e ion calcio, para determinar qué tanta aceptabilidad presentan y cuál prefiere el consumidor.

VI. METODOLOGÍA

A. Fuentes de materia prima

Se utilizó el grano de maíz Dekalb 353 proporcionado por: Ricardo Antonio Bressani.

Se utilizó Hidróxido de calcio proporcionado por: Universidad del Valle de Guatemala.

Se utilizó Hidróxido de potasio proporcionado por: Universidad del Valle de Guatemala.

B. Métodos

1. Limpieza del grano. El grano se lava dos veces antes de su cocción con el fin de eliminar toda la basura, grano dañado y hueco y pedazos de mazorca que el mismo pueda traer y que puedan interferir con los resultados obtenidos.

2. Proceso de nixtamalización. Los cuatro tratamientos realizados se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro No. 5 Tratamientos utilizados de Hidróxido de Calcio e Hidróxido de Potasio

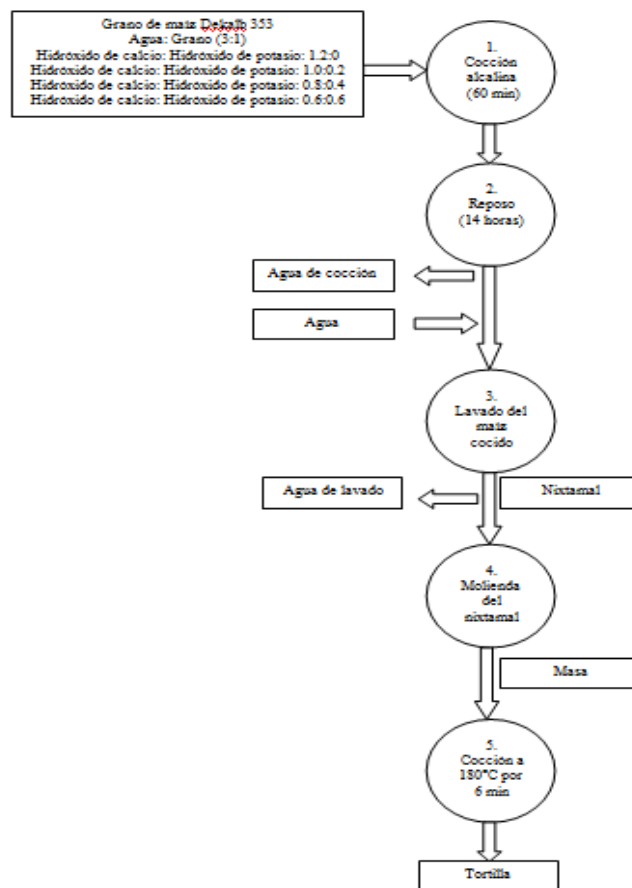
Tratamiento No.	Cantidad de Hidróxido de Calcio (%)	Cantidad de Hidróxido de potasio (%)
1	1.2	0
2	1.0	0.2
3	0.8	0.4
4	0.6	0.6

Se utilizaron 1,000 g de grano de maíz Dekalb 535. En la cocción la relación agua:maíz fue de 3:1. El tiempo de cocción fue de 60 minutos y el de remojo fue de 14 horas. El número de veces de lavado del nixtamal fue de cuatro veces para eliminar la mayor parte del pericarpio y limpiar el maíz del exceso de calcio y potasio que esté tuviera.

La temperatura de cocción a utilizar se encontró entre 87.4- 89.6 °C y el pH del medio fue alcalino y se encontró entre 11 y 12. Luego del lavado se procedió a la molienda del nixtamal para la obtención de la masa, a la cual se le analizaron sus características químicas, funcionales y nutritivas. Luego con la masa (aproximadamente entre 42 y 47 g) se realizaron las tortillas a través de una cocción a 180°C por aproximadamente 6 minutos, 3 minutos de un lado y 3 minutos del otro. A las tortillas obtenidas también se les analizaron las características químicas, funcionales y nutritivas. Todos los análisis realizados se trabajaron en duplicado. Se realizó un análisis sensorial de las tortillas producidas, para determinar si los panelistas percibían una diferencia significativa en cuanto color, olor, sabor y textura y cuál de las cuatro mezclas preferían.

A continuación se presenta un diagrama de flujo del proceso de nixtamalización para una mejor comprensión.

Diagrama No. 1: Diagrama de flujo del proceso de nixtamalización.



3. Características físicas del Maíz Dekalb 353

- Densidad: Pesar una muestra de 10 gramos, colocar la muestra en un cilindro que contenga 50 ml de etanol (V_1). Medir el aumento de volumen al agregar los 10 gramos de maíz (V_2). Expresar la densidad en g/ml de la siguiente manera:

$$Densidad (g / ml) = \frac{10 \text{ gramos}}{(V_2 - V_1) ml}$$

(Pappa, María Renée).

- Peso de 1000 granos: Pesar 50 gramos de maíz, contar el número de granos que se tiene. Calcular el peso de 1000 granos de la siguiente manera:

$$Peso \text{ de } 1000 \text{ granos} = \frac{50 \text{ gramos} * 1000}{No. \text{ de granos en } 50 \text{ gramos}}$$

(Pappa, María Renée).

- Porcentaje de flotadores: Preparar una solución de Nitrato de Sodio con una gravedad específica de 1.205, al disolver 402.5 g de Nitrato de Sodio en un litro de agua destilada. Colocar 100 granos de maíz en un beaker con la solución de Nitrato de Sodio, agitar la solución por 30 o 60 segundos. Esperar 60 segundos y sacar los granos que floten, contarlos y luego quitar el resto. Calcular el porcentaje de flotadores de la siguiente forma:

$$\% \text{ Flotadores} = \frac{No. \text{ de granos que flo tan}}{100 \text{ granos}} * 100$$

(Pappa, María Renée).

4. Análisis proximal

Cuadro No. 6 Análisis proximal y método utilizado

Análisis proximal	Método utilizado
Proteínas	Método oficial AOAC 979.09. Método Kjeldahl. Proteína (cruda) en Cereales y Oleaginosas - Para maíz se utiliza N *6.25
Cenizas	Método oficial AOAC 923.03. Cenizas en Harina. Método directo.
Grasa	Método oficial AOAC 920.85. Grasa cruda en Harina. Método Extracción-Sumersión en Hexano/Soxlet/Randall.
Fibra cruda	Método oficial AOAC 985.29. Método enzimático-gravimétrico.
Humedad	Método oficial de la AOAC 925.10, 2005. Sólidos (totales) y humedad en harinas- método de horno de convección.

(Official Methods of Analysis of AOAC, 2005).

5. Análisis fisicoquímicos

Cuadro No. 7 Análisis fisicoquímico y método utilizado

Análisis fisicoquímico	Método utilizado
Medición de pH	Método oficial AOAC 943.02, 2005. Método potenciométrico.
Calcio	Método oficial AOAC 944.03, 2005. Método de absorción atómica, espectrofotometría.
Potasio	Método oficial AOAC 973.53, 2005. Método de absorción atómica, espectrofotometría.

(Official Methods of Analysis of AOAC, 2005).

6. Análisis físicos

Cuadro No. 8 Análisis físico y método utilizado

Análisis físico	Método utilizado
Rolabilidad	<p>Esta característica se determinó por medio del enrollamiento de una tortilla en un cilindro de 1.0 cm de diámetro para observar si la misma resiste y no presenta rajadura y rompimiento alguno en las dos caras. La escala utilizada es la siguiente:</p> <p>1: No hay rajaduras.</p> <p>2: Signo de rajaduras pero no de rompimiento.</p> <p>3: Rajaduras y rompimiento son obvios en una cara.</p> <p>4: Rajaduras y rompimiento son obvios en las dos caras.</p> <p>5: No se puede enrollar.</p>
Diámetro y peso	Se determinó el diámetro mediante la medición con regla y el peso mediante una balanza.
Biaxial en tortilla	Se determinó mediante el texturómetro
Dureza de la masa y tortilla	Se determinó mediante el texturómetro.
Pegajosidad en masa	Se determinó mediante el texturómetro
Color de la masa y tortilla	Se determinó mediante el colorímetro.

(Pappa, María Renée).

7. Análisis sensorial

Cuadro No. 9 Análisis sensorial y método utilizado

Análisis sensorial	Método utilizado
Prueba de aceptabilidad y preferencia	Se realizó utilizando muestras recién preparadas con un panel de 50 personas, a las cuales se les explicó la forma de llenar la boleta. Las muestras fueron codificadas al azar para eliminar el error que se pudiera dar en las pruebas. Se utilizó una escala hedónica de aceptabilidad de 5 puntos en donde 5 era la mejor puntuación y 1 era la puntuación menor para cada parámetro evaluado. Los parámetros a evaluar fueron color, olor, sabor y textura. Se les brindó una tortilla con cada mezcla utilizada y éstas cuatro tortillas fueron evaluadas y luego se escogió la que preferían

8. Análisis estadístico

Todas las mediciones se realizaron en duplicado y los resultados fueron expresados en términos de promedio. Para ello se utilizó el Software Statistics Data de Microsoft Excel para analizar los datos obtenidos. Para el análisis sensorial se realizó un análisis de varianza, Anova de un solo factor, mediante la utilización del análisis de datos del Software de Microsoft Excel.

VII. RESULTADOS

Se determinó lo que era el peso de 1,000 granos, la densidad y el porcentaje de flotadores para obtener las características físicas del grano con el cual se trabajó. Mediante dichos resultados se observó que el maíz cuenta con un grano de dureza aceptable y de tamaño pequeño.

Cuadro No. 10 Caracterización física del grano de maíz Dekalb 353

Peso de 1,000 granos (g)	268.01±5.80
Densidad (g/ml)	1.22±0.07
Porcentaje flotadores (%)	15.33±1.53

Se definieron las variables durante el proceso para que éstas fueran lo más parecidas posibles y se lograra trabajar bajo las mismas condiciones. El pH siempre se mantuvo alcalino y la temperatura de cocción se mantuvo en un rango de 87°C a 89°C. La humedad encontrada en los granos de maíz cocidos con las distintas mezclas iba aumentando conforme la concentración del ion calcio disminuía y la del ion potasio aumentaba. . Para el maíz cocido y dejado en remojo, la humedad respecto del maíz cocido se vio incrementada.

Cuadro No. 11 Proceso nixtamalización

Tratamiento	pH solución	Temperatura de cocción (°C)	Porcentaje humedad maíz tras cocción (%)	Porcentaje humedad maíz tras remojo (%)
1.2/0	12.0	87.4	53.71±0.63	56.97±0.81
1.0/0.2	11.8	89.6	54.19±0.09	57.96±0.05
0.8/0.4	11.5	88.4	55.13±0.11	58.72±0.69
0.6/0.6	11.3	87.2	55.60±0.93	59.30±0.73

Las variaciones obtenidas del porcentaje de sólidos disueltos no presentan una relación proporcional o inversamente proporcional entre lo que es el porcentaje de sólidos disueltos y la concentración de hidróxido de calcio y potasio. En cuanto al porcentaje de cáscara prendida se observó que hubo un incremento a medida que aumentaba la concentración de hidróxido de potasio y disminuía la de hidróxido de calcio.

Cuadro No. 12 Porcentaje de sólidos disueltos en líquido de cocción y porcentaje de cáscara que permaneció en el grano después de lavado

Tratamiento	Porcentaje sólidos disueltos (%)	Porcentaje cáscara prendida (%)
1.2/0	2.32±0.04	0.64±0.01
1.0/0.2	2.27±0.37	0.65±0.01
0.8/0.4	3.01±0.17	0.67±0.00
0.6/0.6	2.67±0.08	0.73±0.02

El análisis proximal realizado al maíz Dekalb 353 fue el esperado, ya que los resultados obtenidos se asemejan al análisis proximal del grano de maíz en general. Dichos análisis fueron realizados con el fin de observar, por medio de la comparación de resultados, qué efecto ocasiona el proceso de nixtamalización en el grano, la masa y tortillas.

Cuadro No. 13 Análisis proximal realizado al maíz Dekalb 353

Variable determinada	Valor obtenido
Grasa (%)	4.23±0.32
Proteína (%)	10.67±0.71
Humedad (%)	11.56±0.06
Cenizas (%)	1.24±0.04
Fibra Cruda (%)	1.77±0.04
Calcio (mg/100g)	9.04±1.13
Potasio (mg/100g)	407.79±46.69

Al comparar el valor del porcentaje de grasa con el obtenido en la materia prima, se observa que el maíz nixtamalizado, la masa y las tortillas presentan una disminución del porcentaje de grasa con la aplicación del proceso de nixtamalización con las distintas mezclas. El contenido de grasa de las tortillas es menor que el de la masa y el de la masa es menor al del maíz nixtamalizado.

Cuadro No. 14 Determinación del porcentaje de grasa de materia prima, sistemas, masa y tortillas

Tratamiento	Maíz nixtamalizado (%)	Masa (%)	Tortilla (%)
1.2/0	3.36±0.50	3.02±0.08	2.46±0.05
1.0/0.2	4.00±0.01	3.28±0.05	2.47±0.23
0.8/0.4	3.96±0.14	3.12±0.01	2.20±0.09
0.6/0.6	3.93±0.02	3.07±0.13	2.29±0.08

Mediante los resultados del Cuadro No. 15 se puede observar que el contenido de proteínas de maíz crudo a maíz nixtamalizado, de maíz nixtamalizado a masa y de masa a tortilla presenta una disminución. Por lo que luego del proceso de nixtamalización, molienda y torteo se disminuye el contenido de proteínas. En cuanto menor cantidad de hidróxido de calcio y mayor cantidad de hidróxido de potasio ocurre una disminución mayor.

Cuadro No. 15 Determinación del porcentaje de proteína de materia prima, sistemas, masa y tortillas

Tratamiento	Maíz nixtamalizado (%)	Masa (%)	Tortilla (%)
1.2/0	9.97±0.38	9.71±0.21	8.49±0.12
1.0/0.2	9.89±0.03	9.45±0.21	8.36±0.28
0.8/0.4	9.77±0.26	9.27±0.00	8.35±0.33
0.6/0.6	9.73±0.29	8.52±0.08	7.86±0.00

Al determinar la humedad de la materia prima y la del maíz nixtamalizado, masa y tortillas, se observó un incremento en la misma. Con una mayor cantidad de hidróxido de potasio y menor de hidróxido de calcio se presenta una mayor humedad.

Cuadro No. 16 Determinación del porcentaje de humedad de materia prima, sistemas, masa y tortillas

Tratamiento	Maíz nixtamalizado (%)	Masa (%)	Tortilla (%)
1.2/0	50.00±0.81	56.92±0.67	51.42±0.54
1.0/0.2	50.68±0.20	58.57±0.05	53.64±0.90
0.8/0.4	51.61±0.47	59.80±0.41	54.41±0.22
0.6/0.6	52.75±0.98	61.56±0.28	55.76±0.35

En cuanto al contenido de cenizas encontrado se observó un incremento en los distintos maíces nixtamalizados, en la masa y en las tortillas, respecto del encontrado en el maíz crudo.

Cuadro No. 17 Determinación del porcentaje de cenizas de materia prima, sistemas, masa y tortillas

Tratamiento	Maíz nixtamalizado (%)	Masa (%)	Tortilla (%)
1.2/0	1.57±0.06	1.53±0.04	1.55±0.05
1.0/0.2	1.56±0.04	1.47±0.03	1.51±0.02
0.8/0.4	1.58±0.03	1.48±0.01	1.49±0.05
0.6/0.6	1.55±0.02	1.41±0.05	1.47±0.05

Los resultados obtenidos en la determinación de fibra cruda, demuestran que el contenido de la misma disminuye cuando se realiza el proceso de nixtamalización en los granos del maíz. En este caso se observa que la tortilla presenta un aumento del porcentaje de fibra cruda en relación con la masa.

Cuadro No. 18 Determinación del porcentaje de fibra cruda de materia prima, sistemas, masa y tortillas

Tratamiento	Maíz nixtamalizado (%)	Masa (%)	Tortilla (%)
1.2/0	1.65±0.19	1.62±0.01	1.68±0.03
1.0/0.2	1.57±0.10	1.50±0.04	1.60±0.02
0.8/0.4	1.50±0.13	1.47±0.01	1.53±0.01
0.6/0.6	1.38±0.08	1.36±0.01	1.45±0.01

Al analizar la dureza de la masa y tortilla se observó que conforme se iba aumentando el contenido de hidróxido de potasio en la mezcla la dureza iba aumentando directamente. En cuanto a la pegajosidad de las masas, se observa que no hay diferencia notable entre los valores obtenidos. En cuanto a la extensibilidad biaxial de las tortillas de maíz se observó que la elasticidad presentada en la tortilla que posee únicamente hidróxido de calcio es mayor que las que ya tienen una concentración de hidróxido de potasio.

Cuadro No. 19 Pruebas físicas realizadas a masa y tortilla en texturómetro

Tratamiento	Dureza de la masa (g)	Pegajosidad de la masa (g)	Dureza de la tortilla (g)	Extensibilidad biaxial de la tortilla (g)
1.2/0	113.70±6.22	18.20±0.42	1998.15±5.31	505.35±6.86
1.0/0.2	176.65±11.81	17.95±0.07	2044.75±7.43	423.15±4.03
0.8/0.4	194.20±11.88	17.10±1.13	2538.45±10.68	403.30±5.66
0.6/0.6	238.65±14.64	16.65±0.64	2816.80±5.52	346.45±1.49

Se pudo observar que todas las muestras se encuentran arriba de 60, indicando así que éstas se tornan arriba de 60% cercanas a ser blancas. Las tortillas presentan una luminosidad menor debido al proceso de cocción al cual fueron sometidas. Puesto que los valores de “a” obtenidos son pequeños, se determinó que el color apreciable por el ojo humano no es hacia tonalidades rojas o verdes. Al analizar los valores de “b”, se pudo determinar que las muestras evaluadas son percibidas por el ojo humano en tonalidades amarillas.

Cuadro No. 20 Pruebas de color realizadas a masa y tortilla en colorímetro Hunter

Tratamiento	L		a		b	
	Masa	Tortilla	Masa	Tortilla	Masa	Tortilla
1.2/0	69.23±0.65	61.01±0.09	-0.44±0.04	2.16±0.10	15.19±0.18	15.49±0.01
1.0/0.2	71.59±0.17	63.91±0.41	-0.43±0.19	1.72±0.50	13.32±0.56	15.93±0.25
0.8/0.4	72.20±0.24	61.40±0.06	-0.44±0.16	1.70±0.23	10.86±0.11	14.63±0.54
0.6/0.6	72.17±0.01	64.00±0.47	-0.36±0.06	1.38±0.24	10.18±0.71	12.90±0.00

La tortilla elaborada únicamente con hidróxido de calcio (tratamiento 1.2/0) era más pequeña y menos pesadas que aquella tortilla que ya poseía una cantidad de hidróxido de potasio. Al evaluar la rolabilidad de las tortillas se pudo observar que conforme la concentración de hidróxido de potasio iba aumentando, el número de rolabilidad también lo hacía, es decir, la capacidad de enrollar la tortilla se iba disminuyendo.

Cuadro No. 21 Caracterización física de la tortilla y capacidad de enrollarse

Tratamiento	Diámetro (cm)	Peso promedio (g)	Rolabilidad
1.2/0	10.73±0.18	42.61±0.77	2
1.0/0.2	10.83±0.11	43.87±0.77	3
0.8/0.4	10.90±0.14	46.38±0.90	3
0.6/0.6	11.33±0.11	47.41±1.15	4

La pérdida de humedad con el tiempo reflejó que las tortillas de maíz nixtamalizadas con una mayor cantidad de hidróxido de calcio pierden mayor contenido de humedad durante los 210 minutos que pasaron luego de ser elaboradas.

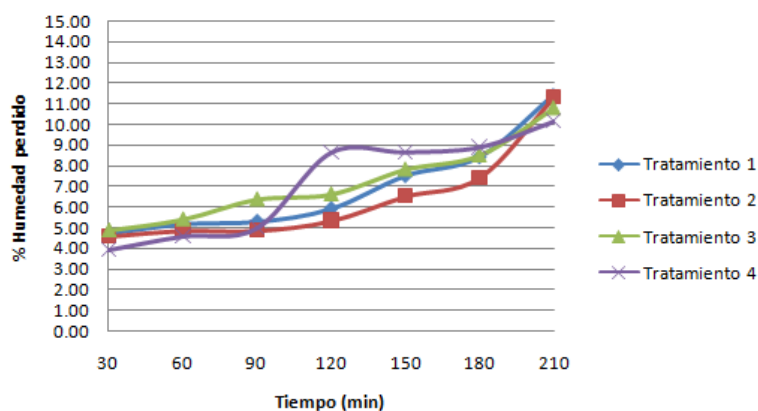
Cuadro No. 22 Pérdida de humedad de la tortilla con el tiempo

Tratamiento	Humedad inicial (%)	Humedad perdida en 30 min (%)	Humedad perdida en 60 min (%)	Humedad perdida en 90 min (%)	Humedad perdida en 120 min (%)	Humedad perdida en 150 min (%)	Humedad perdida en 180 min (%)	Humedad perdida en 210 min (%)
1.2/0	54.52±0.18	4.73±2.16	5.19±1.28	5.30±1.54	5.92±1.40	7.52±0.73	8.44±0.22	11.43±0.67
1.0/0.2	54.76±1.54	4.58±0.50	4.86±0.33	4.86±0.16	5.33±2.26	6.52±0.42	7.43±0.01	11.32±0.44
0.8/0.4	56.48±0.40	4.87±0.52	5.40±0.55	6.37±0.31	16.62±0.45	7.83±0.68	8.52±0.83	10.82±0.09
0.6/0.6	57.86±1.47	3.92±1.40	4.58±0.40	4.98±0.92	8.62±0.19	8.64±0.23	8.88±1.98	10.13±1.15

En el Gráfico No. 1 presentado en la página siguiente, se observa claramente como el porcentaje de humedad perdido para el tratamiento 4 es menor que el de los demás luego de los 210 minutos transcurridos, esto a pesar que en el rango de 90-180 min fue la que más humedad perdió. Se observa también que el tratamiento 1,2 y 3 tienen una tendencia a perder humedad bastante similar, esto ya que las líneas trazadas son bastante similares.

Gráfico No. 1 Pérdida de humedad de la tortilla conforme el tiempo

Pérdida de humedad de la tortilla en el tiempo



En cuanto a la concentración de minerales se observa que el maíz nixtamalizado como la masa y las tortillas contienen cantidades mayores de calcio que la contenida en la materia prima, asimismo, aquellos sistemas que poseían una mayor cantidad de hidróxido de calcio en la mezcla obtuvieron valores de calcio más elevados. A través de dichos resultados también se pudo determinar que el potasio se pierde durante el proceso de nixtamalización. Aquellas muestras que contenían más hidróxido de potasio si obtuvieron un valor mayor a las que tenían menor cantidad de hidróxido de potasio o incluso no tenían. En cuanto a la masa y tortillas, se observa que las tortillas presentaron una mayor concentración de calcio y potasio.

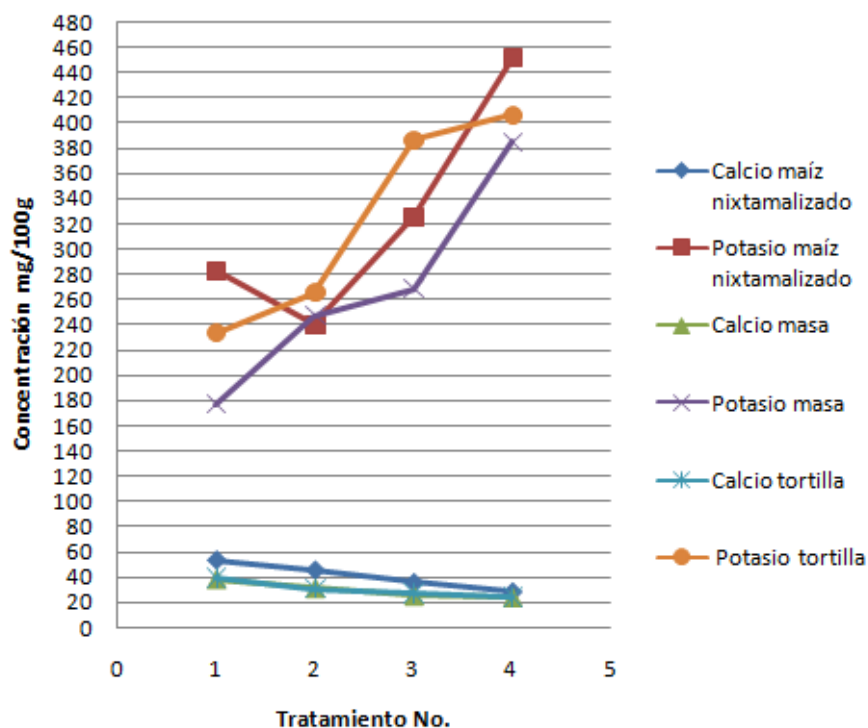
Cuadro No. 23 Concentración de los minerales calcio y potasio en materia prima, sistemas, masa y tortilla

Tratamiento No.	Maiz nixtamalizado		Masa		Tortilla	
	Calcio (mg/100g)	Potasio (mg/100g)	Calcio (mg/100g)	Potasio (mg/100g)	Calcio (mg/100g)	Potasio (mg/100g)
1	53.22±8.68	282.98±38.76	37.96±1.01	177.25±71.72	39.62±1.09	233.37±85.32
2	45.23±1.84	240.59±13.58	30.91±1.52	246.95±14.85	30.96±3.83	264.87±24.51
3	35.38±0.19	325.45±75.48	25.03±2.40	268.47±24.66	27.46±1.44	386.77±9.20
4	28.08±0.78	451.32±76.32	23.58±1.52	384.66±53.92	23.94±1.61	406.14±2.55

En el Gráfico No. 2 se puede observar claramente que la absorción de potasio presenta una correlación inversa en cuanto a la absorción de calcio. Esto, ya que a medida que la concentración de calcio va disminuyendo del tratamiento uno al cuatro, la concentración de potasio va aumentando.

Gráfico No. 2 Concentración de Calcio y Potasio en los distintos sistemas

Concentración Calcio/Potasio en los distintos tratamientos



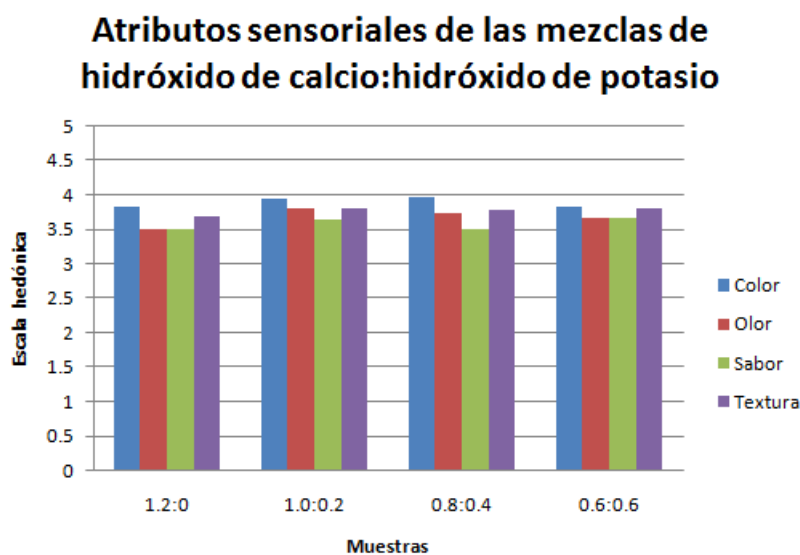
Las puntuaciones obtenidas para los distintos atributos evaluados se mantienen entre los rangos de 3.5 y 4 aproximadamente, indicando así que la tortilla fue de agrado en general al panel que evaluó las mismas.

Cuadro No. 24 Aceptación de las distintas tortillas nixtamalizadas con las diferentes mezclas de hidróxido de calcio e hidróxido de potasio basado en una escala hedónica de 5

Muestra	Color	Olor	Sabor	Textura
Mezcla 1.2:0	3.82 ±0.75	3.48 ±0.74	3.48 ±0.81	3.68 ±0.89
Mezcla 1.0:0.2	3.94 ±0.82	3.78 ±0.71	3.62 ±0.95	3.78 ±0.84
Mezcla 0.8:0.4	3.96 ±0.88	3.72 ±0.70	3.48 ±0.76	3.76 ±0.82
Mezcla 0.6:0.6	3.82 ±0.83	3.64 ±0.83	3.64 ±0.96	3.80 ±0.90

A través del Gráfico No. 3, se puede observar fácilmente que en los cuatro tratamientos evaluados el atributo sabor siempre fue el que obtuvo una menor puntuación seguido por el atributo olor, textura y color. El tratamiento 0.8/0.4 obtuvo una mayor puntuación en cuanto al color y el tratamiento 0.6/0.6 en cuanto al sabor. En cuanto a los atributos olor y textura la muestra que contenía el tratamiento 1.0/0.2 obtuvo la mayor puntuación.

Gráfico No. 3 Prueba de aceptación de las cuatro distintas tortillas

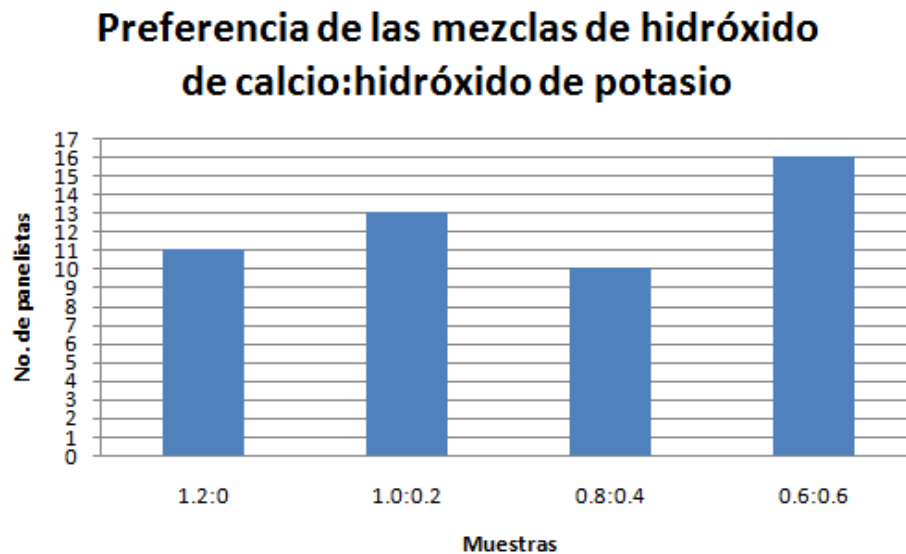


Cuadro No. 25 Preferencia de las distintas tortillas nixtamalizadas con las diferentes mezclas de hidróxido de calcio e hidróxido de potasio

Muestra	No. de panelistas que la prefirieron	Promedio de los panelistas que la prefirieron
Mezcla 1.2:0	11	0.22±0.18
Mezcla 1.0:0.2	13	0.26±0.20
Mezcla 0.8:0.4	10	0.20±0.16
Mezcla 0.6:0.6	16	0.32±0.22

A través del Gráfico No. 4 se observa claramente que la muestra cuyo tratamiento se basaba en 0.6% de hidróxido de calcio y 0.6% de hidróxido de potasio fue la que se tomó como preferida por el panel evaluador, seguida por la del tratamiento 1.0/0.2, 1.2/0 y por último 0.8/0.4. Esto indica que la mayoría, 16 personas, prefirieron aquella muestra que poseían una mayor cantidad de hidróxido de potasio. La muestra cuyo tratamiento fue de 1.0/0.2 fue escogida como preferida por 13 personas, la muestra cuyo tratamiento fue de 1.2/0 por 11 personas y por último la muestra de 0.8/0.4 fue escogida por 10 personas.

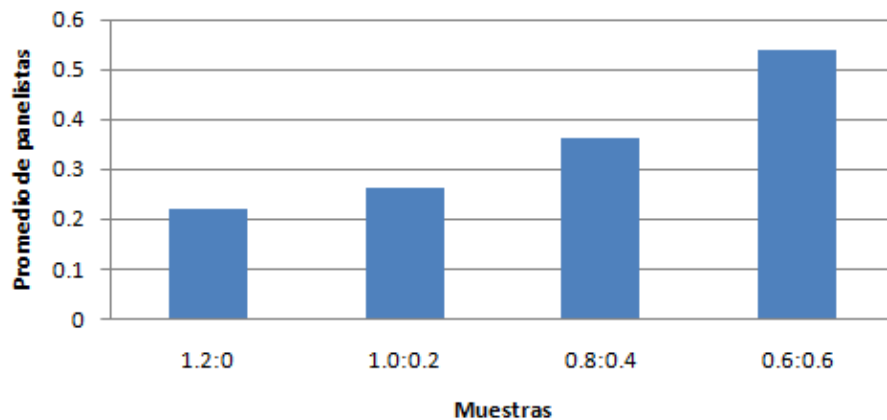
Gráfico No. 4 Prueba de preferencia de las cuatro distintas tortillas



A través del Gráfico No. 5 se observa claramente que al tomar el promedio de las muestra tomadas como preferidas por los 50 miembros del panel evaluador, la tortilla cuyo tratamiento se basaba en 0.6% de hidróxido de calcio y 0.6% de hidróxido de potasio fue la que se tomó como preferida por el panel evaluador, seguida por la del tratamiento 0.8/0.4, 1.0/0.2 y 1.2/0.

Gráfico No. 5 Promedio de la preferencia de las cuatro distintas tortillas

Promedio de resultados de preferencia de las mezclas de hidróxido de calcio:hidróxido de potasio



Al realizar el análisis de varianza para los atributos evaluados en la prueba de aceptación realizada se determinó que en todos los casos la probabilidad obtenida es mayor a 0.05, lo cual indica que no existe una diferencia significativa en las muestras en lo que concierne al atributo color, olor, sabor y textura. Los datos obtenidos se observan en los cuadros No. 25, 26, 27 y 28.

Cuadro No.26 Análisis de varianza del efecto sobre la aceptación de las mezclas debido a las proporciones de Hidróxido de Calcio e Hidróxido de Potasio utilizadas, basadas únicamente en color.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.86	3	0.29	0.43	0.74	2.65
Dentro de los grupos	131.50	196	0.67			
Total	132.36	199				

Cuadro No.27 Análisis de varianza del efecto sobre la aceptación de las mezclas debido a las proporciones de Hidróxido de Calcio e Hidróxido de Potasio utilizadas, basadas únicamente en olor.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.54	3	0.85	1.52	0.21	2.65
Dentro de los grupos	108.66	196	0.55			
Total	111.20	199				

Cuadro No.28 Análisis de varianza del efecto sobre la aceptación de las mezclas debido a las proporciones de Hidróxido de Calcio e Hidróxido de Potasio utilizadas, basadas únicamente en sabor

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.14	3	0.38	0.49	0.69	2.65
Dentro de los grupos	150.26	196	0.77			
Total	151.40	199				

Cuadro No.29 Análisis de varianza del efecto sobre la aceptación de las mezclas debido a las proporciones de Hidróxido de Calcio e Hidróxido de Potasio utilizadas, basadas únicamente en textura.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.42	3	0.14	0.19	0.91	2.65
Dentro de los grupos	146.58	196	0.75			
Total	147.00	199				

La probabilidad obtenida en el análisis de varianza realizado para la prueba de preferencia fue mayor a 0.05, lo cual indica que no existe una diferencia significativa en las muestras en lo que concierne a la preferencia entre las distintas cuatro muestras.

Cuadro No.30 Análisis de varianza del efecto sobre la preferencia de las mezclas debido a las proporciones de Hidróxido de Calcio e Hidróxido de Potasio utilizadas.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.42	3	0.14	0.74	0.53	2.65
Dentro de los grupos	37.08	196	0.19			
Total	37.50	199				

Puesto que en todos los casos la probabilidad siempre fue mayor a 0.05 se concluye que la hipótesis nula se acepta, es decir, no existe una diferencia significativa entre las muestras en lo que se refiere a color, olor, sabor, textura y preferencia.

Cuadro No. 31 Hipótesis planteadas así como su aceptabilidad o rechazo.

Hipótesis	Descripción	Se acepta o rechaza				
		Color	Olor	Sabor	Textura	Preferencia
Nula	No existe diferencia significativa entre las muestras	Acepta	Acepta	Acepta	Acepta	Acepta
Alternativa	Existe diferencia significativa entre las muestras	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza

En general, al analizar los comentarios que los panelistas escribieron en su boleta sobre la razón por la que prefirieron una cierta muestras sobre otra, se observó que la mayoría de los panelistas realizaron su selección en base al atributo sabor que presentaban las muestras dadas.

Cuadro No. 32 Comentarios del porqué de la muestra escogida como preferida

Panelista No.	Muestra preferida	Comentarios del porqué de su elección
1	708	Por su sabor
2	520	Llena todas las expectativas de una deliciosa tortilla de maíz
3	520	Mejor sabor y apariencia
4	520	El conjunto de los cuatro elementos es mejor
5	520	Buen color y buen sabor
6	708	Color y olor agradable
7	333	Por su sabor
8	333	Por su sabor y color
9	708	Mejor sabor, más natural
10	421	Más natural
11	333	Sabor agradable
12	520	Por textura y sabor
12	520	Apariencia agradable, sabor satisfactorio
14	421	Buen sabor
15	333	Por los cuatro atributos
16	421	Por su sabor y consistencia
17	708	Por textura y color
18	520	Mejor sabor
19	520	Por su buen sabor
20	421	Por su sabor, consistencia y olor
21	708	Tiene buena textura y color
22	333	Más normal

Continuación Cuadro No. 32

Panelista No.	Muestra preferida	Comentarios del porqué de su elección
23	333	Sabor agradable
24	421	Se adapta más a mi gusto
25	708	Sabor agradable
26	333	Sabor más concentrado y color más llamativo
27	520	Mayor agrado
28	520	Por su sabor
29	333	Tiene un mejor sabor
30	708	Se asemeja más a las tortillas que como
31	421	Me gusto el sabor y textura
32	708	Por su olor y textura
33	421	Mejor sabor y textura
34	421	Por su sabor
35	520	Color y sabor agradable
36	333	Por su textura
37	421	Por su buen sabor
38	421	Sabor similar al de una tortilla normal
39	421	Olor suave
40	421	Mejor consistencia
41	421	Por su color, textura y sabor
42	520	-----
43	333	Color, olor y sabor más agradables
44	421	Por su textura
45	421	Mejor sabor
46	708	Mejores atributos en general
47	333	Tiene mejor sabor
48	708	Sensación de mejor preparación
49	520	Más sabor y color, mejor textura
50	421	Por su sabor

VIII.DISCUSIÓN

A pesar del tiempo transcurrido, la nixtamalización y el consumo de maíz en forma de tortillas sigue constituyendo un producto básico en la dieta alimenticia de la mayoría de la población guatemalteca y de muchos países latinoamericanos. Según el Instituto Nacional de Estadística (1991), el maíz es el cereal más consumido en Guatemala, ya que se consume en un 64.4% en el área urbana y un 85.3% en el área rural. De estos porcentajes se desprenden datos como que el consumo promedio por persona es de 454 gramos diarios en el área rural y 251 gramos diarios en el área urbana. Según el INCAP (1969), el maíz aporta cantidades altas de proteína y calorías a la dieta del guatemalteco. El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto de las mezclas de hidróxido de calcio e hidróxido de potasio utilizadas en la nixtamalización del maíz, sobre las características funcionales y fisicoquímicas de la masa y tortilla.

Para tener una idea del tipo de maíz con el que se iba a realizar el trabajo de investigación se optó por determinar sus características físicas así como realizar un análisis proximal del mismo. En cuanto a las características físicas del grano de maíz Dekalb 353 observadas en el Cuadro No. 10 se demuestra que el maíz utilizado posee un peso de 1000 granos menor a 300 gramos, indicando esto que el mismo tiene un grano de tamaño pequeño. A pesar de que se tiene una mayor aceptabilidad y se prefiere un grano de tamaño grande el maíz Dekalb 353 si podría utilizarse para la elaboración de tortillas. La densidad del grano obtenida y el porcentaje de flotadores indican que los granos del maíz Dekalb 353 presentan una dureza aceptable y adecuada para la elaboración de tortillas. Según Billeb y Bressani, un índice de flotadores menor que 25%, indica granos muy duros.

En el proceso de nixtamalización se definieron las variables de relación de maíz y agua a utilizar, pH de la solución, la temperatura de cocción y el tiempo de cocción y remojo para que éstas fueran las mismas o lo más parecidas posible y se logrará trabajar bajo las mismas condiciones. Esto ya que no se desea que el factor tiempo de cocción y remojo, pH del medio, cantidad de agua utilizada o temperatura afectará significativamente

los resultados obtenidos. Como se observa en el cuadro No. 11 el pH de la solución se mantuvo entre 11.3 y 12, mientras que la temperatura fue de 87.2 °C a 89.4 °C. Es importante recalcar que el ingreso del agua al grano a una temperatura elevada (temperatura de cocción), es imprescindible, ya que de esta forma se obtienen las condiciones necesarias para lograr la gelatinización del almidón, proceso que influirá en el resultado de las propiedades físicas y organolépticas que presenten las tortillas. En el proceso de nixtamalización también se evaluó la absorción de agua en el maíz cocido y en el maíz que permaneció en remojo durante 14 horas. Al comparar los resultados obtenidos, se observa que la humedad encontrada en los granos de maíz cocidos con las distintas mezclas iba aumentando conforme la concentración del ion calcio disminuía y la del ion potasio aumentaba, sin embargo, el incremento entre un tratamiento y otro no fue significativo como para indicar que el contenido de minerales presentes en la solución provocarán una gran diferencia en la capacidad de absorción de agua por el grano durante el proceso de cocción. El ligero aumento de humedad pudo deberse a que la mezcla de iones calcio y potasio podrían poseer una mayor capacidad de transportar agua al interior del grano que la capacidad que poseen los iones calcio solos. Para el maíz cocido y dejado en remojo, la humedad respecto del maíz cocido incrementó en un 3.26% para el primer tratamiento, 3.77% para el segundo, 3.59% para el tercero y 3.70% para el cuarto; determinándose así, que la absorción de agua no dependerá significativamente de la cantidad de hidróxido de calcio e hidróxido de potasio que se tenga, sino del tiempo en que el grano permanezca en remojo. La absorción de agua por parte del grano se realiza de forma lenta y es por esto que durante el proceso de nixtamalización siempre se realiza una etapa de remojo que dura como mínimo 10 horas, asegurándose así, el que el grano absorba la mayor cantidad de agua posible. En esta etapa, el grano también absorbe lo que es el ion calcio y el ion potasio, aumentando así su valor nutricional.

Los sólidos solubilizados en el líquido de cocción representan el desprendimiento del pericarpio del grano, a pesar de que las variaciones obtenidas no presentan una relación proporcional o inversamente proporcional entre porcentaje de sólidos disueltos y concentración de hidróxido de calcio o de potasio, las mismas no varían mucho entre sí. En cuanto al porcentaje de cáscara prendida se observó que hubo un incremento a medida que

la cantidad de hidróxido de calcio disminuía y la cantidad de hidróxido de potasio aumentaba. Sin embargo, la cantidad de cáscara que permaneció prendida fue mínima y esto no impidió el que los sólidos lograrán solubilizarse en el líquido de cocción, logrando así una absorción mayor del agua por parte de los granos.

Al determinar el porcentaje de grasa en la materia prima, el maíz nixtamalizado, la masa y las tortillas, se observa una disminución de la grasa con la aplicación del proceso de nixtamalización con los distintos tratamientos. El pH alcalino del proceso de nixtamalización promovió la hidrólisis de los enlaces éster en las grasas, razón por la cual el contenido de las mismas disminuyó, ya que forma sales con los minerales presentes en las mezclas. Otro factor que influyó en la disminución de la grasa luego de realizar el proceso de nixtamalización fue la pérdida del pericarpio del maíz, ya que el mismo contiene alrededor del 1 % de la grasa total del grano. También pudo haber pérdidas parciales del germen durante la cocción y el lavado del grano cocido, dicha parte es la fracción física que contiene la mayor parte del aceite del maíz. Es importante hacer notar que el calor y la presencia de agua necesarios para realizar la saponificación son factores que se encuentran presentes durante el proceso de nixtamalización y durante el proceso de elaboración de tortillas. Es por esto que se observa como claramente el contenido de grasa de las tortillas es menor que el que contiene la masa y el de la masa menor que el del maíz únicamente nixtamalizado.

En el Cuadro No. 15 se observa que el contenido de proteínas de maíz crudo a maíz nixtamalizado, de maíz nixtamalizado a masa y de masa a tortilla disminuye, esto se debe a que en el proceso de nixtamalización se remueve parte del pericarpio del grano. El pericarpio posee alrededor del 3.7% de las proteínas del grano y por consiguiente luego del proceso de nixtamalización se presenta una disminución en el contenido de las mismas. En el momento de la cocción una pequeña cantidad de proteínas se solubilizaron en la solución y permanecieron en el líquido de cocción. Otros factores que provocaron una disminución en el contenido de proteínas fueron el calor aplicado durante el proceso de cocción, molienda y elaboración de tortillas, el pH alcalino con el cual se realizó la cocción y el remojo, la formación de sales, el esfuerzo mecánico que sufre el grano al momento de

realizar la molienda y que sufre la masa al momento de realizar el torteado. Dichos factores contribuyen en la desnaturalización de las proteínas y por lo tanto se da un cambio en la solubilidad de las mismas. Además de que las proteínas disminuyeron conforme se realizaba un mayor proceso del maíz, también se observó que en cuanto menor cantidad de hidróxido de calcio y mayor cantidad de hidróxido de potasio ocurría una disminución mayor, esto pudo deberse al que la relación de dichas mezclas provocaban una mayor formación de sales y por consiguiente ocurría una mayor desnaturalización de las proteínas.

Al determinar la humedad de la materia prima y la del maíz nixtamalizado, masa y tortillas, se observó un incremento en la misma. Esto se debe básicamente a que durante el proceso de cocción se adicionó tres partes de agua por una de maíz, agua que el grano absorbe durante la cocción y la etapa de remojo, como se mencionó con anterioridad. Asimismo, durante el proceso de molienda se adicionó agua con el fin de obtener la masa con la consistencia que se deseaba y facilitar la realización del proceso de molienda. Se observa que la masa y tortilla con una mayor cantidad de hidróxido de potasio y menor de hidróxido de calcio posee una mayor humedad; esto debido a que para lograr la textura precisa para tortear, la masa que poseía una mayor cantidad de hidróxido de potasio requería de una mayor cantidad de agua puesto que era más dura. El hecho de que el porcentaje de humedad no varía demasiado entre cada tratamiento se pudo deber a que el contenido de grasa encontrado en las distintas muestras no varía mucho tampoco, es decir, tienen un contenido de grasa similar y no muy elevado. Al ser bajo el contenido de grasa encontrado en los distintos sistemas, la distribución del agua en la masa y tortilla puede llegar a ser más homogénea que en aquellas que tuvieran una mayor cantidad de grasa. El hecho de que las muestras que tenían mayor cantidad de hidróxido de potasio lograran absorber y retener una mayor humedad puede estar relacionado también con los elementos nutritivos encontrados en dichas muestras, como los son los minerales absorbidos.

En cuanto al contenido de cenizas encontrado en los distintos maíces nixtamalizados, en la masa y en las tortillas, se observó un incremento respecto del encontrado en el maíz crudo. Este resultado era de esperarse puesto que al adicionar una cantidad de hidróxido de calcio e hidróxido de potasio durante la cocción se cuenta con un

alto contenido de minerales, que en cierta proporción son absorbidos por los granos, provocando así, que la cantidad de minerales se vea aumentada y por consiguiente el porcentaje de cenizas presente en las muestras nixtamalizadas.

Los resultados obtenidos en la determinación de fibra cruda, demuestran que el contenido de la misma disminuye cuando se realiza el proceso de nixtamalización en los granos del maíz. Esto se debe a que el medio con el cual se realiza la cocción es alcalino y por consiguiente se da la pérdida de parte del pericarpio. El pericarpio posee el 86.7% de fibra cruda presente en el grano, por lo que al momento de realizar la cocción cierta parte se desprende y es eliminada en el proceso de lavado del nixtamal. En este caso se observa que la tortilla presenta un aumento del porcentaje de fibra cruda en relación con la masa, esto podría atribuirse a la reacción de dorado que ha sido estudiada para productos de trigo horneado, sin embargo dicho fenómeno no se ha estudiado en lo que son las tortillas.

Todas las pruebas realizadas mediante el texturómetro se efectuaron con el fin de determinar la fuerza necesaria para realizar la acción que se deseaba estudiar sobre la masa o la tortilla. Al analizar la dureza de la masa se observó que conforme se iba aumentando el contenido de hidróxido de potasio en la mezcla la dureza iba aumentando directamente. Esto pudo deberse a que el maíz nixtamalizado con mayor cantidad de hidróxido de potasio perdió una menor cantidad de pericarpio, esto se observa en que el porcentaje de cáscara prendida fue mayor, lo cual le brinda dureza a la masa. El aumento de dureza conforme se aumentaba la concentración de hidróxido de potasio se observó también en la tortilla, ya que la fuerza de compresión necesaria para penetrar en la tortilla fue aumentando al ir cambiando el tratamiento, es decir, al ir aumentando la concentración de hidróxido de potasio. En cuanto a la pegajosidad de las masas, se observa que no hay diferencia significativa entre lo que es el valor obtenido, este resultado pudo deberse a que la cantidad de agua utilizada en el proceso de molienda fue bastante parecida, asimismo, el molino utilizado fue el mismo en los cuatro sistemas provocando así que el tamaño de partícula obtenido debió ser similar. Al evaluar la extensibilidad biaxial de las tortillas de maíz se observó que la elasticidad presentada en la tortilla que posee únicamente hidróxido de calcio es mayor que las que ya tienen una concentración de hidróxido de potasio. Este

resultado pudo deberse a que la red formada por la gelatinización del almidón era mucho mejor cuando solo se tenían iones de calcio y no había una interacción con iones de potasio, provocando así que las tortillas alcanzaran el límite elástico y se rompieran con menor facilidad. Otra razón para dicho resultado se pudo deber al grosor que presentaban las tortillas, esto ya que si se tenía un mayor grosor se necesitaría de una mayor fuerza para lograr el rompimiento de la tortilla. El resultado de extensibilidad biaxial también se confirma con los resultados de rolabilidad de la tortilla obtenidos, ya que la tortilla del tratamiento uno obtuvo una escala menor que las demás tortillas. El que se hayan obtenido desviaciones estándares tan elevadas podría ser un indicativo de que la textura no era tan homogénea.

Al evaluar el color en el colorímetro de Hunter para las distintas masas y tortillas de maíz nixtamalizado, se pudo observar que todas las muestras se encuentran arriba de 60, indicando así que estas se tornan arriba de un 60% cercanas a ser blancas; las diferencias de luminosidad entre las distintas masas se podría deber al contenido de las partes del grano del maíz presente en las mismas. Asimismo, las tortillas presentan una luminosidad menor debido al proceso de cocción al cual fueron sometidas, esto ya que el calentamiento provoca una disminución en la luminosidad. Los datos de “a” son la diferencia entre la luz reflejada por las muestras en la zona de rojo a verde, en donde los valores negativos indican tonalidades verdes y valores positivos tonalidades rojas. Puesto que los valores de “a” obtenidos son pequeños, se determinó que ninguna muestra refleja una gran cantidad de luz en dicha zona, por lo tanto el color apreciable por el ojo humano no es hacia tonalidades rojas o verdes. Al analizar los valores de “b”, es decir, la diferencia entre la luz reflejada por la muestra en la zona de amarillo a azul, donde los valores positivos definen tonalidades amarillas y los valores negativos tonalidades azules; se pudo determinar que las muestras evaluadas son percibidas por el ojo humano en tonalidades amarillas. Este resultado era de esperarse puesto que las tortillas realizadas con maíz natural y por el proceso tradicional y no industrial, se caracterizan por su color amarillo. La tonalidad amarilla se aumentó en las tortillas puesto que la concentración de los pigmentos se hace mayor al momento que se disminuye la humedad que contiene la muestra.

Las características físicas de la tortilla mostradas en el Cuadro No. 21 demuestran que la tortilla elaborada únicamente con hidróxido de calcio (tratamiento 1.2/0) era más pequeña y menos pesadas que aquella tortilla que ya poseía una cantidad de hidróxido de potasio. Es importante mencionar que la desviación estándar de los pesos va aumentando conforme se aumenta la cantidad de hidróxido de potasio, esto puede deberse al inusual manejo de este tipo de masa por la tortillera, lo cual le daba una pequeña dificultad en el manejo de la masa de maíz nixtamalizada con una mayor cantidad de hidróxido de potasio. Al evaluar la rolabilidad de las tortillas se pudo observar que la tortilla del tratamiento 1.2/0, presentó signos de rajadura pero no de rompimiento determinando que tienen una capacidad de enrollarse bastante aceptable. Las tortillas del tratamiento 1.0/0.2 y 0.8/0.4, tortillas que ya poseían cierta cantidad de hidróxido de potasio, presentaron signos de rajaduras y rompimiento en una cara, relacionándose con el tipo de tortilla menos extensible. El hecho de que el rompimiento haya sido solamente en una cara hace que las tortillas sigan siendo aceptables puesto que la tortilla no se rompe en sí y presenta todavía la capacidad de ser enrollada. En el caso del tratamiento 0.6/0.6, tortilla con una mayor cantidad de hidróxido de potasio, se observaron signos de rajadura y rompimiento en las dos caras, esto se considera inaceptable puesto que la tortilla no posee la capacidad de ser enrollada, capacidad deseada al consumir tortillas.

La pérdida de humedad con el tiempo reflejó que las tortillas de maíz nixtamalizadas con una menor cantidad de hidróxido de potasio o una cantidad nula del mismo pierden mayor contenido de humedad durante los 210 minutos que pasaron luego de elaboradas las tortillas. Esto se debe básicamente a la dureza de las tortillas elaboradas, debido a su textura se logra la formación de una capa protectora que junto con los minerales contenidos, la tortilla logra retener más la humedad dentro de la misma y por consiguiente la pérdida es menor. La pérdida de humedad de la tortilla en el tiempo se puede ver claramente en el Gráfico No. 1.

En el Cuadro No. 23 se observa que el maíz nixtamalizado como la masa y las tortillas contienen cantidades mayores de calcio que la contenida en la materia prima, esto se debe a la cocción en presencia de hidróxido de calcio realizada. Como era de esperarse

aquellos tratamientos que poseían una mayor cantidad de hidróxido de calcio en la mezcla obtuvieron valores de calcio más elevados, que aquellas en donde se iba adicionando una mayor cantidad de hidróxido de potasio. El efecto de la nixtamalización con hidróxido de calcio e hidróxido de potasio sobre el contenido de potasio demuestra un decremento en la concentración del mismo, esto nos indica que el grano no logra absorber dicho mineral. A través de dichos resultados también se pudo determinar que el potasio se pierde durante el proceso de nixtamalización realizado ya que se ve afectado por el proceso de cocción alcalina, la remoción de partes del grano y el lavado entre otras. Sin embargo, considero importante destacar que aquellas muestras que contenían más hidróxido de potasio si obtuvieron un valor mayor a las que tenían menor cantidad de hidróxido de potasio o incluso no tenían. El hecho de que la tortilla presentará una mayor concentración de calcio y potasio que la masa, pudo deberse al proceso de cocción puesto que el calor pudo haber ocasionado una pérdida de humedad y por consiguiente un aumento en la concentración de minerales.

La evaluación sensorial se realizó con 50 personas y estuvo dirigida al consumidor, la misma se realizó con el fin de determinar la aceptabilidad y preferencia de una tortilla sobre otra. Para la prueba de aceptabilidad con escala hedónica a los panelistas se les entregó simultáneamente cuatro muestras codificadas con distintos números aleatorios de tres dígitos. El panelista debió de observar, oler y probar las cuatro muestras e indicar su agrado o desagrado usando las categorías que aparecían en la boleta. Luego al final de la boleta se encontraba la prueba de preferencia por lo que el panelista debió de escoger la muestra que más prefiriera de entre las cuatro que había evaluado anteriormente. Las puntuaciones obtenidas para los distintos atributos evaluados se mantienen entre los rangos de 3.5 y 4 aproximadamente, indicando así que la tortilla les gusto en general. En los cuatro tratamientos evaluados el atributo sabor siempre fue el que obtuvo una menor puntuación seguido por el olor, esto pudo deberse a que las mezclas no interferían tanto en lo que era el color y textura de la tortilla. En cuanto al color se observa que la muestra que contenía una concentración de 0.8/0.4 de hidróxido de calcio/hidróxido de potasio, obtuvo una mayor puntuación. El atributo olor y textura obtuvo una mayor puntuación en la muestra que contenía una concentración de 1.0/0.2 de hidróxido de calcio/hidróxido de potasio. La

muestra que contenía una concentración de 0.6/0.6 de hidróxido de calcio/hidróxido de potasio obtuvo la mayor puntuación en el atributo sabor. El hecho de que la muestra con una concentración de 0.6:0/6 de hidróxido de calcio/hidróxido de potasio haya resultado ser la preferida por los consumidores indica que la decisión tomada por los mismos se basó prácticamente en el atributo de sabor.

Para el análisis de los datos las categorías utilizadas en la escala hedónica se convirtieron en puntajes numéricos, dichos puntajes fueron analizados utilizando un análisis de varianza. A través de la prueba de aceptabilidad se determinó que no existe una diferencia significativa entre la aceptabilidad de las cuatro distintas muestras en cuanto al color, olor, sabor y textura, ya que los valores de probabilidad obtenidos para dichos atributos fueron mayores al valor de 0.05 establecido en la hipótesis nula. Por lo tanto la hipótesis nula se acepta en todos los atributos. Por medio de la prueba de preferencia también se determinó que no existe una diferencia significativa en cuanto a la preferencia entre las cuatro distintas muestras, dado que la probabilidad obtenida fue mayor al 0.05 de significancia con el que se trabajó. Esto quiere decir, que aunque en la Gráfica 4 se observa que la muestra preferida fue la del tratamiento 0.6/0.6, dicha preferencia no es significativa en relación a los valores obtenidos. El que no se haya tenido una preferencia hacia una muestra se pudo deber a que los panelistas no lograron encontrar diferencias significativas que apartaran una tortilla sobre la otra, haciéndola mejor. Al analizar los comentarios que los panelistas escribieron en su boleta sobre la razón por la que prefirieron una cierta muestra, se observó que los panelistas lo hicieron principalmente por el atributo sabor que presentaban las muestras dadas. Por los resultados obtenidos en las pruebas orientadas al consumidor realizadas, podría concluirse que la realización de cualquier mezcla de hidróxido de calcio e hidróxido de potasio es viable.

En general a pesar de que la muestra que tenía una mezcla de 0.6/0.6 de hidróxido de calcio/hidróxido de potasio obtuvo un mayor puntaje en cuanto a la preferencia (aunque se debe recordar que dicho resultado no es significativo) no recomendaría escoger dicha mezcla como la ideal por las siguientes razones. La rolabilidad obtenida por dicho sistema fue de 4 indicando así que la tortilla tiende a romperse al momento de tratar de enrollarla,

característica que no se desea al momento de consumirlas. Por tener un contenido de hidróxido de calcio menor considero que la vida de anaquel de la tortilla es mucho menor que la de las demás mezclas y actualmente se desean alimentos con una vida de anaquel más prolongada. Por último al momento de realizar la masa se necesita de una mayor cantidad de agua para obtener la textura óptima para tortear, aumentando así la necesidad de utilización de dicho recurso. Esto nos deja con la opción de escoger las tortillas nixtamalizadas del tratamiento dos o tres, puesto que el tratamiento dos posee una rolabilidad aceptable y por contar con una mayor cantidad de hidróxido de calcio, lo cual podría evitar el deterioro más rápido de la masa, considero que sería más viable utilizar el tratamiento dos. En cuanto a la preferencia en general y no el promedio de la misma, el sistema dos también obtuvo una mayor cantidad de personas que se inclinaba más a su preferencia que el sistema tres, por lo que esta sería otra razón para recomendar la utilización de la mezcla 1.0/0.2 de hidróxido de calcio/hidróxido de potasio. Otra razón importante es el hecho de que para la población guatemalteca su principal fuente de calcio es el obtenido en las tortillas, por lo que no recomendaría disminuir la concentración de hidróxido de calcio utilizado a un nivel menor del 1%.

Por último considero que debo enfatizar la importancia de continuar con este tipo de estudios sobre mezclas minerales como agentes nixtamalizantes, puesto que con dicho trabajo de investigación se observaron ciertas mejorías en cuanto a la masa y tortilla obtenidas. Considero que a través del estudio realizado se obtuvieron resultados bastante alentadores, de los cuales nace la idea de que no se utilice exclusivamente cal como agente nixtamalizante sino una mezcla de varios minerales, minerales que podrían estar deficientes en la población y por lo tanto deberían estar biodisponibles. Los resultados abren la posibilidad de la aplicación de distintas mezclas de minerales en el proceso de nixtamalización. Sin embargo, por ser este el primer trabajo realizado con una mezcla de hidróxido de calcio e hidróxido de potasio se recomendaría realizar un estudio más a profundidad para determinar el grado de viabilidad que tiene la utilización de dichas mezclas inclusive en un proceso industrializado para la elaboración de harinas.

IX. CONCLUSIONES

1. El proceso de cocción alcalina del maíz, nixtamalización, produce cambios físicos y químicos sobre éste; esto debido a la temperatura, cantidad de agua adicionada, pH de la solución, ingreso de calcio y potasio al grano, tiempo de remojo, molienda y torteado entre otros.
2. El contenido de grasa, proteínas y fibra cruda del maíz crudo disminuye luego de realizar el proceso de nixtamalización con las distintas mezclas. Esto básicamente por la saponificación de las grasas y por la pérdida de parte del grano respectivamente.
3. La masa y tortilla de maíz nixtamalizado con un mayor contenido de hidróxido de potasio resultaron ser más duras que aquellas que contenían una mayor cantidad de hidróxido de calcio.
4. La extensibilidad biaxial de las tortillas de maíz fue mayor para aquellas tortillas que poseen únicamente hidróxido de calcio o una cantidad mínima que de las tortillas que ya cuentan con una concentración de hidróxido de potasio. Dicho resultado se confirma con la rolabilidad obtenida en las tortillas puesto que a mayor cantidad de hidróxido de calcio mayor extensibilidad.
5. La pérdida de humedad con el tiempo reflejó que las tortillas de maíz nixtamalizadas con una menor cantidad de hidróxido de potasio o una cantidad nula del mismo pierden mayor contenido de humedad.
6. Los resultados de análisis de varianza para la prueba de aceptabilidad realizada indicaron que no hay una diferencia significativa entre los atributos de color, olor, sabor y textura presentados en las cuatro distintas tortillas.

7. No hubo una diferencia significativa entre la preferencia de las cuatro muestras, indicando esto que no se detectaron diferencias que apartaran una tortilla sobre la otra, haciéndola mejor.
8. Mediante todos los resultados obtenidos se determinó que la utilización de la mezcla 1.0/0.2 de hidróxido de calcio/hidróxido de potasio es la más viable al momento de utilizar una mezcla mineral en el proceso de nixtamalización.

X. RECOMENDACIONES

1. El que se haya sufrido una disminución de proteínas podría ser irrelevante dado a la calidad que las mismas podrían presentar, es por esto que se recomendaría realizar un análisis biológico que demostrará si la razón proteica neta de los distintos sistemas es mayor que la del maíz crudo en sí.
2. Para poder analizar la influencia que posee el hidróxido de potasio sobre el poder alimenticio de las tortillas como fuente barata de calcio y de potasio, se recomendaría en futuros estudios hacer un análisis de la biodisponibilidad de ambos minerales o el efecto de fortificación en cuanto a la absorción de los mismos, en las distintas tortillas elaboradas.
3. Realizar un estudio de vida de anaquel de las cuatro mezclas analizadas para la elaboración de tortillas ya que de esta manera se podría determinar si a mayor cantidad de hidróxido de potasio la vida de anaquel disminuye o no.
4. Realizar un estudio de mayor profundidad sobre el impacto que posee la utilización de dicha mezcla de minerales como agente nixtamalizante para determinar si se obtienen más beneficios con las mismas y determinar el grado de viabilidad que tiene la utilización de dichas mezclas.
5. Puesto que la población guatemalteca posee deficiencia de ciertos minerales es necesario que los mismos se encuentren biodisponibles en los alimentos que normalmente consumen, como lo es la tortilla. Es por esto que se recomienda realizar más estudios sobre la utilización de distintas mezclas minerales como agentes nixtamalizantes, evitando así el uso exclusivo de cal en dicho proceso.

XI. BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC International. 2005. *Official methods of analysis*. 18 ed. E.E.U.U., Association of Official Analytical Chemists.
2. Arámbula-Villa, Gerónimo., *et al.* *Evaluación de una metodología para determinar características de textura de tortilla de maíz (Zea mays L.)*. Fecha de recepción: 04-09-2003. Fecha de aceptación: 22/04/2004. Fecha de consulta: 19/04/2010. Disponible en: http://www.alanrevista.org/ediciones/2004-2/evaluacion_metodologia_textura_tortilla_maiz.asp
3. Aravena, César. *et al.* *Aproximación diagnóstica y tratamiento de la hipokalemias*. Temas de Medicina Interna. Fecha de publicación: Septiembre, 2001. Fecha de consulta: 08/04/2010. Disponible en: <http://escuela.med.puc.cl/publ/TemasMedicinaInterna/hipokalemia.html>
4. Baduie Dergal, Salvador. 2006. *Química de los alimentos*. Cuarta edición. México. Pearson Educación. 227-229 pp.
5. Bedolla, S. and Rooney, L.W, 1982. *Cooking maize for masa production*. Cereal Foods World 27:219-221.
6. Bjarnason, M. and Palmer, W.G. 1972. *The maize germ: its role as a contributing factor to protein quality and quality*. Z.Pflanzenzucht 68:83-89.
7. Bressani, R. 1968. *La calidad proteínica del maíz con el gene Opaco-2*. Turrialba 18:8-13.
8. Bressani, R., R. Paz y Paz & N. S. Scrimshaw. 1989. *Corn nutrient losses. Chemical changes in corn during preparation of tortillas*. J. Agr. Food Chem. 6: 770-774, 1958.
9. Chang, Y.H. and Hsu, K.H. 1985. *Extent of starch gelatinization during hydrothermal processing of corn in masa production (Abstract)*. Cereal Foods World 30:545.
10. Contreras Sierra, Pablo Cesar. *Biodisponibilidad del hierro presente en muestras de maíz crudo, masa nixtamalizada y tortillas*. Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico de licenciado de Bioquímica. Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ciencias y Humanidades. Departamento de bioquímica. Guatemala, fecha de aprobación: 16 de julio de 1999.

11. Desrosier, N.W. *Elementos de Tecnología de Alimentos*. 1990. 9ª. ed. México. Editorial Continental. S.A. 155-161 p.p.
12. Feng J. He and Graham A. MacGregor. 2008. *Beneficial effects of potassium on human health*. *Physiologia Plantarum* 133: 725–735.
13. Flores, M. 1966. *Food intake of Guatemalan Indian children aged 1 to 5*. *J. Amer. Diet. Assoc.* 48:480-486.
14. Flores, M. Mengu, M.T., Lara, M.Y., y Guzman, M.A. 1970. *Relación entre la ingesta de calorías y nutrientes en pre-escolares y la disponibilidad de alimentos en la familia*. *Arch. Lat. Amer. Nut.* 20:41-58.
15. García, B., y Urrutia, J. 1984. *Descripción de las condiciones socioeconómicas de la comunidad de Santa María Cauque*.pp. 116-132. En: *Memorias de la Conferencia Interacción Agrícola, Tecnología de Alimentos y Nutrición*, 6-9 Nov. 1978. INCAP, Guatemala.
16. Gutiérrez-Cortez, E., *et. al.* 2010. *Microstructural changes in the maize kernel pericarp during cooking stage in nixtamalization process*. *Journal of Cereal Science* 51 81–88 pp.
17. INE/SEGEPLAN/CADESCA, 1991. *Encuesta nacional de consumo aparente de alimentos*. INE, Guatemala.
18. Inglett, G.E. 1970. *Corn: Culture, Processing, Products*. AVI Publishing Co. Inc. U.S.A. 369 pp.
19. Lazcano-Ferrat, Ignacio. *El potasio y el concepto de la fertilización balanceada. Extracto de la ponencia presentada en la conferencia regional para México y el Caribe de la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes*. Fecha de consulta: 12/05/2010. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/1B28DB4CA911C1AC06256B80006EAE5/\\$file/EL+POTASIO+Y++EL+CONCEPTO+DE+LA+FERTILIZACION+BALANCEADA.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/1B28DB4CA911C1AC06256B80006EAE5/$file/EL+POTASIO+Y++EL+CONCEPTO+DE+LA+FERTILIZACION+BALANCEADA.pdf)

20. Lopez de León, E.F. 1974. *Respuesta del trigo a la fertilización con NPK y Mg en los suelos de Quetzaltenando* (Tesis de Ing. Agrónomo). Guatemala, Universidad de San Carlos. Facultad de Agronomía.. 43 pp.
21. MacNeish, R. 1967. *The Prehistory of the Tehuacan Valley*. D. Byers, ed. Vol 1. University of Texas Press, Austin, TX.
22. Martorell, R.V., et. al. 1979. *Protein and energy intake in a malnourished population after increasing the supply of dietary staples*. Ecol. Food Nutr. 8:163-168.
23. Menchu, M.T., Lara, M.Y. y Flores, M. 1973. *Efecto del nivel socioeconómico de la familia sobre la dieta del niño pre-escolar*. Arch. Lat. Amer. Nutr. 23:305-323.
24. Monsanto. *DEKALB*. Fecha de consulta: 17/12/2010. México. Disponible en: <http://www.monsanto.com.mx/dekalb.htm>
25. Munson, Robert D. 1985. *Potassium in Agriculture*. Published by American Society of Agronomy. Madison, Winsconsin USA.
26. Pappa, María Renée. *Effect of Lime and Wood Ash on the Nixtamalization of Maize and Tortilla Chemical and Nutritional Characteristics*. Food Science & Technology Center, Institute of Research, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala City, Guatemala. Fecha de publicación: 6/04/2010. Fecha de consulta: 20/05/2010. Disponible en: <http://www.springerlink.com/content/n1614663835863v1/>
27. Paredes-López, O., and Saharopulos, M.F. 1982. *Scanning electron microscopy studies of lime corn kernels for tortilla making*. J. Food. Tech. 17:687-693.
28. Platt-Lucero, L.C., et. al. *Optimización en la elaboración de tortilla de harina de maíz con adición de goma xantana por el proceso de extrusión: efecto en las características viscoelásticas y texturales de la masa y tortilla*. Reunión universitaria de investigación en materiales. México. Fecha de presentación: 3er Congreso Internacional de Nixtamalización, en Queretaro, Mex. 19-22 Oct. 2008. Fecha de consulta: 17/04/2010. Disponible en: <http://www.ruim.uson.mx/memoria.pdf>
29. Potter, N. 1973. *La ciencia de los Alimentos*.. 1ª ed. México. Editorial EDUTEX S.A. 509-512 pp.

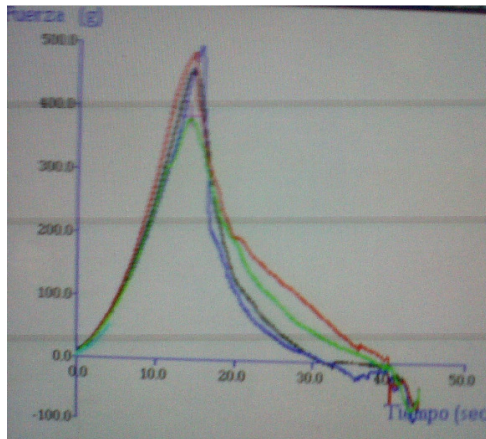
30. Quintanar Guzmán, Adriana. 2009. *Changes on the structure, consistency, physicochemical and viscoelastic properties of corn (Zea mays sp.) under different nixtamalization conditions*. Carbohydrate Polymers 78 (2009) 908–916 pp.
31. Ramirez Aldana, C.H. 1979. *Exploración de la respuesta del trigo (Triticum aestivum L./em Thell) a la fertilización con NPK y Mg en suelos de las series Quetzaltenango y Tecpán*. (Tesis de Ing. Agrónomo). Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 40 pp.
32. Ramirez-Wong, B. *Reología de masas de maíz: desarrollo de tres métodos fundamentales*. Reunión universitaria de investigación en materiales. México. Fecha de presentación: 3er Congreso Internacional de Nixtamalización, en Queretaro, Mex. 19-22 Oct. 2008. Fecha de consulta: 17/04/2010. Disponible en: <http://www.ruim.uson.mx/memoria.pdf>
33. Robles, R.R., Murray E.D. and Paredes-López, O. 1988. *Physico chemical changes in maize starch during the lime-heat treatment for tortilla making*. Intl. J. Food Sci. and Tech. 23:91-98.
34. Rojas-Molina, I., et. al. 2008. *Analysis of quality protein changes in nixtamalized QPM flours as a function of the steeping time*. Cereal Chem. 85(3): 409-416.
35. Rooney, L. W., and Serna-Saldivar, S.O. 1987. *Food uses of whole corn and dry milled fractions*. Chapter 13, p. 339-429, in: Corn (Zea mays L.) Chemistry and Technology. Watson, S.A. & Ramstad, P.E. (ed). A.A.C.C. St. Paul.
36. Rooney, L.W. 1993 . *Tortillas y alimentos tipo botana de maíz nixtamalizado*. Soya Noticias Oct-Dic: 1-8.
37. Salina, M.Y., and Arcelano J.L. 1989. *Calidad nixtamalera y tortillera de híbridos de maíz con diferente tipo de endospermo*. Rev. Fit. Mex. 12:129-135.
38. Salina, M.Y., Arcelano J.L. and Martinez, F. 1992. *Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíz híbrido procesado para valles altos*. Arch. Lat. Amer. Nutr. 42:161-167.
39. Salina, M.Y., Martinez, F., and Gómez, J. 1982. *Comparación de métodos para medir la dureza del maíz (Zea mays)*. Arch. Lat. Amer. Nutr. 42:59-63.
40. Sefa-Dedeh, S., Cornelius, B., Ohene, E. 2003. *Effect of fermentation on the quality characteristics of nixtamalized corn*. Food Res. Int. 36: 57-64.

41. Serna-Saldivar, S.O., Gómez, M.H., and Rooney, L. W. 1990. *Technology, chemistry and nutritive value of alkaline-cooked corn products*. Ch. 4 In: *Advances in Cereal Sci. & Technol.* Vol. 10, AACC, St. Paul, MN.
42. Sosa M , José Heriberto., *et. al.* 1991. *Efecto del Calcio y Azufre en el Sistema Maíz - Frijol en Ladera ante un Nivel de Nitrógeno y Fósforo en El Salvador 1989*. AGRONOMÍA MESOAMERICANA 2: 61-65.
43. Sproule, A.M., *et. al.* 1993. *Wheat and Corn Tortillas*. In: *Encyclopedia of Food Sci., Food Technology and Nutrition*. R. Macrae, R. Robinson, and M. Sadler (eds.). Academic Press, London, UK.
44. Sustain (Sharing United States Technology To Aid In The Improvement Of Nutrition). 1999. *Fortification of Corn Masa Flour with Iron and/or Other Nutrients. A literature and industry experience review*. U.S. Agency for International Development. Washington D.C. 4-5 p.p.
45. Universidad Autónoma de Querétaro, Serie Ingeniería. 2008. *Nixtamalización del maíz a la tortilla. Aspectos nutrimentales y toxicológicos*. México. Primera edición.
46. Urizar Hernandez, Ana Lucrecia. *Efecto de la nixtamalización del maíz sobre el contenido de acido fitico, calcio y hierro*. Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de licenciado en Ingeniería en Ciencia de Alimentos. Universidad del Valle de Guatemala Facultad de Ciencias y Humanidades. Departamento de Ingeniería y Ciencia de Alimentos. Guatemala fecha de aprobación: 17 de Octubre de 1995.
47. Urrutia, J., and García, B. 1984. *Diagnóstico de la situación de salud de la población de Santa María Cauque..* En: *Interacción Entre Producción Agrícola, Tecnología de Alimentos y Nutrición*, 6-9 Nov. 1978. INCAP, Guatemala. Pp. 133-165
48. Valverde, V., *et.al.* 1979. *Energy supplementation and food consumption in a malnourished population of rural Guatemala*. *Nutr. Rev. Int.* 20:855-864.
49. Watson, K. *et al.* 1991. *Corn, chemistry and technology*. Am. Ass. Of Cereal Chem. 2nd. ed. U.S.A. 605 pp.
50. Young. *et al.* 1998. *Significance of dietary protein source in human nutrition: animal and/or plant proteins*. En: *Feeding a world population of more than eight billion people*. Waterlow, Eds. Oxford University Press: OX, UK. 205-22

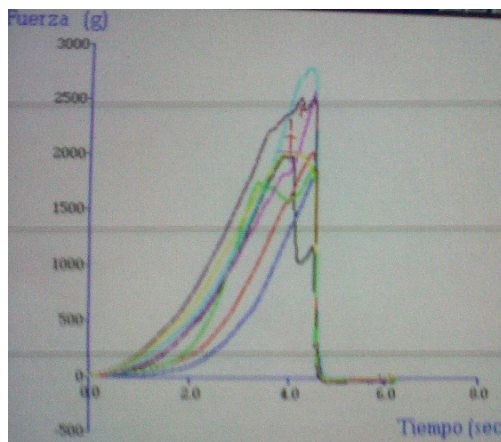
XII. ANEXOS

A. Fotografías

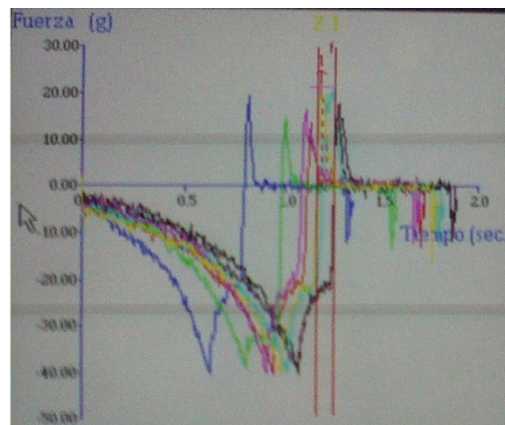
Fotografía No. 1 Pruebas en el texturómetro, medición de la extensibilidad biaxial de la tortilla



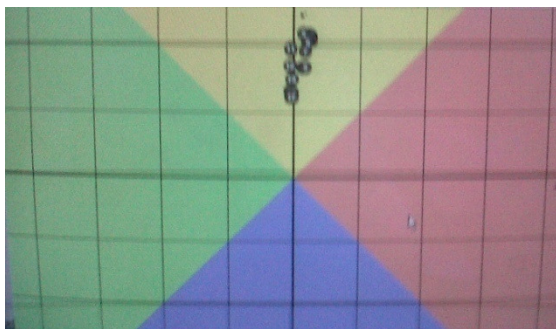
Fotografía No. 2 Pruebas en el texturómetro, medición de la dureza de la tortilla



Fotografía No. 3 Pruebas en el texturómetro, pegajosidad de la masa



Fotografías No. 4, 5 y 6 Pruebas realizadas en el colorímetro Hunter



Fotografías No. 7 y 8 Proceso de determinación de proteínas



Fotografía No. 9 Proceso de determinación de grasas



Fotografía No. 10 Proceso de determinación de fibra cruda



Fotografía No. 11 Mufla utilizada para la determinación de cenizas y fibra cruda



B. Boleta de evaluación sensorial

Edad: _____ sexo: Femenino Masculino No: _____
 Fecha: _____

BOLETA DE EVALUACIÓN

Prueba de aceptabilidad y preferencia de las tortillas obtenidas de las distintas mezclas de hidróxido de calcio e hidróxido de potasio utilizadas en el proceso de nixtamalización del maíz

1. Observe las cuatro muestras de tortilla que se le presentan. Sírvase probar cada muestra enjuagándose cuidadosamente la boca con agua antes y después de probarla. Califique cada una de las muestras utilizando la siguiente escala. Para esto debe indicar el grado en que le gusta o le desagrada cada muestra, seleccionando el puntaje presentado en la Tabla No. 1, y colocándolo en la Tabla No. 2 al lado del atributo evaluado.

Tabla No. 1

PUNTAJE	DESCRIPCIÓN
5	Me gusta mucho
4	Me gusta
3	Ni me gusta, ni me disgusta.
2	Me disgusta
1	Me disgusta mucho

TABLA No. 2

ATRIBUTO	CÓDIGO: 333	CÓDIGO: 520	CÓDIGO: 708	CÓDIGO: 421
COLOR				
OLOR				
SABOR				
TEXTURA				

2. Indique cual de las cuatro muestras PREFIERE, marcando con una X el código de la muestra, luego indique el por qué de su elección.

Códigos 333 520 708 421

¿Por qué? _____

¡GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!