

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Efecto de la cal y las cenizas
utilizadas en la nixtamalización del maíz,
sobre características químicas, físicas y sensoriales de la tortilla.

María Renée Papa Dorigoni

Guatemala
2,010

Efecto de la cal y las cenizas
utilizadas en la nixtamalización del maíz,
sobre características químicas, físicas y sensoriales de la tortilla.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad Ciencias y Humanidades

Efecto de la cal y las cenizas
utilizadas en la nixtamalización del maíz,
sobre características químicas, físicas y sensoriales de la tortilla.

Trabajo de investigación presentado por
María Renée Papa Dorigoni, para optar al grado académico de
Master en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Guatemala
2,010

Vo.Bo.:

(f) _____
Dr. Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal Examinador:

(f) _____
Dr. Ricardo Bressani

(f) _____
M.Sc. Patricia Palacios de Palomo

(f) _____
M.Sc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: Guatemala 25 de noviembre del 2,005

PREFACIO

Al investigar sobre el procesamiento del maíz para obtener tortilla, y cambiar como en éste caso uno de los ingredientes principales del proceso; salió al descubierto otra fuente capaz de realizar un efecto similar al del ingrediente utilizado actualmente para el desarrollo de una tortilla de calidad.

Antes de incorporar o de proponer las cenizas del tronco del árbol caulote o cenicero como un nuevo ingrediente que sea viable para la nixtamalización del maíz, para elaborar tortillas, fue necesario evaluar el efecto del ingrediente sobre distintas características, físicas, químicas, sensoriales y biológicas; realizando para este último el estudio biológico en el Bioterio del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

El proyecto fue asesorado por el Doctor Ricardo Bressani, a quien agradezco su aporte, e invaluable dirección y colaboración durante todas las fases del proyecto; así como también a la Licenciada Ana Silvia Colmenares por su apoyo durante el análisis del efecto de las cenizas sobre las características físicas del producto.

La investigación del efecto de las cenizas sobre la nixtamalización del maíz es importante por la utilidad que aporta a las personas que realizan tortillas en comal de leña; en cuanto a no tener que comprar cal y utilizar lo que para ellos sería un desecho. En este documento se exponen los resultados de las pruebas realizadas; los cuales reflejan que es factible utilizar las cenizas para nixtamalizar el maíz y obtener tortillas con características similares a las que las personas están acostumbradas a consumir.

ÍNDICE

	Página
PREFACIO.....	iv
ÍNDICE.....	v
LISTA DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
 CAPÍTULOS	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	22
IV. OBJETIVOS.....	23
V. HIPÓTESIS.....	24
VI. METODOLOGÍA.....	25
VII. MATERIALES Y EQUIPO.....	30
VIII. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
X. CONCLUSIONES.....	51
XI. RECOMENDACIONES.....	52
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	53
XIII. ANEXOS.....	54

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Caracterización física del grano de maíz HB-83.....	32
2. Rendimiento maíz cocido a distintas concentraciones de cal y cenizas	33
2.1 Porcentaje de sólidos disueltos en líquido de cocción para tratamiento 0.8 % de cal y cenizas	34
3. Rendimiento de maíz crudo a masa y de masa a tortilla.....	35
4. Cambio en el contenido de macronutrientes durante la nixtamalización del maíz..	36
5. Pruebas realizadas a masa y tortillas en texturómetro.....	39
6. Datos obtenidos en colorímetro para masas y tortillas.....	41
7. Análisis cualitativo de las características funcionales de la tortilla al ser torteada..	42
8. Diámetro, peso promedio y capacidad de enrollarse de las tortillas	42
9. Porcentaje de pérdida de humedad cada 90 minutos en tortillas	43
10. Concentración de minerales (hierro, cinc, calcio, magnesio y potasio), en cal, cenizas, maíz crudo, maíz cocido, maíz cocido y remojado, masa y tortillas.....	44
11. Resultados análisis biológico.....	46
12. Resultados test triangular	48
13. Resultados test de perfil de calidad.....	49

RESUMEN

El Presente Trabajo de graduación titulado *Efecto de la cal y las cenizas utilizadas en la nixtamalización del maíz, sobre características químicas, físicas y sensoriales de la tortilla*, da a conocer las diferencias químicas, físicas, biológicas y sensoriales entre las tortillas nixtamalizadas con cal y con cenizas.

Se evalúa el contenido de los componentes alimenticios de la masa y de la tortilla, cuyo proceso de nixtamalización es elaborado a una misma concentración de cal y de cenizas de troncos de madera de caulote y cenicero; siendo el contenido de proteínas, lípidos y fibra cruda mayores en la masa y tortillas nixtamalizadas con cal que en las nixtamalizadas con cenizas, y el contenido de humedad, cenizas y carbohidratos mayor en la masa y las tortillas nixtamalizadas con cenizas que en las nixtamalizadas con cal.

Se evalúan características físicas de la masa y las tortillas nixtamalizadas con cal o con cenizas; entre las características evaluadas se encuentran: el color y dureza, tanto de la masa como de la tortilla; encontrando que la masa y las tortillas nixtamalizadas con cenizas son más duras y amarillas que las nixtamalizadas con cal. La pegajosidad de la masa de maíz nixtamalizado con cal es menor que la del nixtamalizado con cenizas, mientras que la Extensibilidad biaxial de la tortilla nixtamalizada con cal es mayor que la de la nixtamalizada con cenizas.

Los dos tipos de tortillas poseen la capacidad para ser enrolladas; presentando la tortilla nixtamalizada con cal signos de rajadura y la nixtamalizada con cenizas signos de rajadura y rompimiento en una cara.

El análisis biológico demuestra la diferencia entre el valor nutritivo de las tortillas nixtamalizadas con cal y con cenizas; siendo este mayor en las nixtamalizadas con cal.

En la evaluación sensorial demuestra la diferencia en la calidad total entre las tortillas nixtamalizadas con cal y la nixtamalizadas con cenizas de troncos de madera de caulote y cenicero, haciendo visibles las diferencias encontradas por el panel sensorial entre el color, apariencia, olor, sabor y textura de los dos tipos de tortillas evaluadas.

I. INTRODUCCIÓN

El consumo de la tortilla de maíz ha sido durante siglos, parte fundamental de la alimentación de la población centroamericana.

La tortilla se obtiene sometiendo el maíz al proceso de nixtamalización; es decir al proceso de cocción del mismo en una solución de cal o bien en una lixiviación de las cenizas de madera.

En la actualidad las tortillas se obtienen al realizar el proceso de nixtamalización con cal; sin embargo antiguamente, éstas se obtenían de la cocción del maíz en una solución de cenizas de tronco de madera. Se analizan las similitudes y diferencias entre las tortillas obtenidas de los dos tipos de preparación.

Este trabajo tiene por objeto evaluar el efecto de la cal y las cenizas utilizadas en el proceso de nixtamalización, sobre características, químicas, físicas y sensoriales de la tortilla. Al evaluar el contenido de carbohidratos, proteínas, lípidos, cenizas, fibra cruda y humedad se encontró que las tortillas nixtamalizadas con cal tienen mayor contenido de proteínas, lípidos y fibra cruda y menor contenido de humedad, cenizas y carbohidratos que las nixtamalizadas con cenizas.

Entre las características físicas evaluadas: color, textura, dureza, resistencia al corte, sabor y otras se encontraron diferencias; sin embargo en las características funcionales evaluadas al momento de ser torteadas se encontró diferencia únicamente en el color.

El análisis biológico se realiza con el fin de ver la diferencia provocada entre la nixtamalización con cal y cenizas en la calidad nutritiva de la tortilla; encontrando que el valor proteico es significativamente menor en las tortillas nixtamalizadas con cenizas que en las nixtamalizadas con cal.

II. ANTECEDENTES

1. ORIGEN DEL MAÍZ

Hay muchas teorías para explicar el origen del maíz. Algunos investigadores han dudado del supuesto origen americano de esta planta y han desarrollado hipótesis que apoyan un origen precolombino en el Levante o más lejano aún, en la India. <http://www.demahsa.com/search.htm>

Otras teorías se refieren a una planta de maíz cultivada en algunas regiones de Europa y de África antes de 1492 y explican la existencia precolombina del maíz en el Viejo Mundo, suponiendo que hubo contactos previos a Cristóbal Colón, en lejanas épocas, entre ambos mundos. <http://www.demahsa.com/search.htm>

Bernardino de Sahagún, en la segunda mitad del siglo XVI, consignó que en la diversidad de alimentos que tenían los indígenas, casi ninguno era semejante a los europeos; que no se encontró en estas tierras ni trigo ni cebada ni centeno, pero que, en cambio, había muchas clases de maíz. <http://www.demahsa.com/search.htm>



2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL MAÍZ

Nombre común: Maíz

Nombre científico: *Zea mays*

Familia: Gramíneas

Género: *Zea*

<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp>

2.1 BOTÁNICA. La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual. <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp>

2.1.1 Tallo. El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal. <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp>

2.1.2 Inflorescencia. El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta.

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral. <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp>

2.1.3 Hojas. Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp>

2.1.4 Raíces Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp>

Las principales variedades cultivadas de maíz son: maíz de vaina, maíz duro, maíz dentado, maíz dulce, maíz palomero, maíz harinoso y maíz ceroso. La diferencia entre cada variedad radica en sus composiciones, tejido, semilla y técnicas de cosecha y post-cosecha. El grano cultivado en Centroamérica es principalmente el harinoso, los granos son grandes y blandos, y el endospermo se desmenuza con facilidad; estas características permiten que el grano se muele fácilmente y forma harina, lo cual es ventajoso para servicios domésticos (Desrosier, 1990).

3. EL GRANO DE MAÍZ

3.1 PARTES DEL GRANO DE MAÍZ: El grano de maíz maduro está compuesto por tres partes principales:

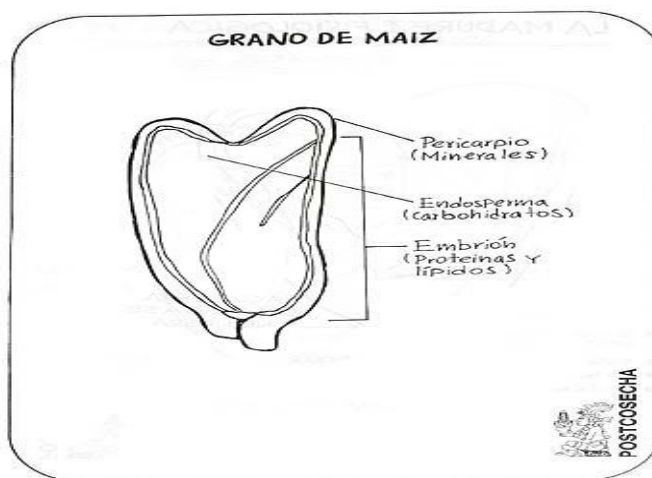
Pericarpio: Capa exterior de cubierta protectora dura y fibrosa que encierra al grano. Comprende el pericarpio la testa y la cofia, en un pequeño casquete que cubre la punta del

grano y protege al embrión. En el cereal ya maduro, tiene la función de impedir el ingreso de hongos y bacterias <http://www.monografias.com/trabajos16/maiz-harina/maiz-harina.shtml#TEST>

Endosperma: Reserva energética, representa el 80-84% de peso total del grano. Compuesta por 90% de almidón y 7% proteínas, acompañadas de aceites, minerales y otros compuestos. Funciona como dador de energía a la planta en su desarrollo <http://www.monografias.com/trabajos16/maiz-harina/maiz-harina.shtml#TEST>

Germen: En el extremo más bajo del grano ocupando el 9,5 al 12 % del volumen total de grano. Posee dos partes destacables, el eje embrionario (planta nueva) y el escutelo que constituye una gran reserva de alimento. En el grano maduro el germen contiene alto porcentaje de aceites (35 - 40%). <http://www.monografias.com/trabajos16/maiz-harina/maiz-harina.shtml#TEST>

DIAGRAMA DE LAS PARTES DEL MAÍZ



http://www.cosude.org.ni/gestcon/Postcosecha/01-cap_tec/publicaciones/01-est-cer-leg/main.htm

3.2 ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS GRANOS DE MAÍZ

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

3.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS PARTES DEL GRANO DE MAÍZ

Componente químico	Contenido en pericarpio (%)	Contenido en endospermo (%)	Contenido en germen (%)
Proteína	3.7	8.0	18.4
Éter extraído	1.0	0.8	33.2
Fibra cruda	86.7	2.7	8.8
Cenizas	0.8	0.3	10.5
Almidón	7.3	87.6	8.3
Azúcar	0.4	0.62	10.8

DIAGRAMA DE LA DISTRIBUCIÓN DE NUTRIENTES EN EL GRANO DE MAÍZ



http://www.cosude.org.ni/gestcon/Postcosecha/01-cap_tec/publicaciones/01-est-cer-leg/main.htm

En general, los principales componentes del grano son carbohidratos, proteínas y lípidos. La proteína es deficiente en los aminoácidos esenciales lisina y triptófano (Bressani, 1990).

4. EL GRANO DE MAIZ Y SU UTILIZACIÓN PARA ELABORACION DE TORTILLAS

El maíz puede ser fácilmente procesado a altos rendimientos de masa y debe tener excelentes propiedades, tanto para la molienda como para la cocción alcalina. El maíz ideal para procesos alcalinos es aquel que posee las siguientes características:

- I. Tamaño uniforme del grano con una cantidad baja de grano roto y cuarteado
- II. Alta densidad
- III. Textura del endospermo dura o intermedia
- IV. granos intactos, libres de fisuras o rotura por estrés
- V. carencia de dientes prominentes en la corona
- VI. color amarillo claro o blanco brillante
- VII. facilidad de adsorción de agua (Rooney y Watson)

En lo que toca a los programas de mejoramiento de semillas, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) trabajó en variedades mejoradas de maíz HB-83, cuyo propósito era mejorar la productividad del pequeño agricultor. La semilla HB-83 se utilizaba, en los 90's, en los programas de incremento de producción de granos básicos del ministerio, mientras que actualmente se distribuye como parte del programa de insumos: esta semilla es apta para áreas cálidas como la Costa Sur, Izabal, partes bajas de Alta Verapaz, específicamente para áreas que se encuentran a 1,200 metros sobre el nivel del mar. ICTA también comercializa la semilla y la vende tanto a pequeños productores (venta limitada) como a empresas privadas que se dedican a la reproducción de material vegetativo.

www.flacso.edu.gt/sap/sap1/DOCSAP/DOCSA/GUATE/SANINF3.doc - 19 May 2005

5. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LAS TORTILLAS DE MAÍZ

COMPONENTE	CONTENIDO	COMPONENTE	CONTENIDO
HUMEDAD (%)	40.5	HIERRO (mg %)	1.5
CENIZAS (%)	1.1	CALCIO (mg %)	163.6
GRASA (%)	0.9	POTASIO (mg %)	125.7
FIBRA (%)	1.4	SODIO (mg %)	19.3
PROTEÍNA (%)	5.8	FOSFORO	57.3
CARBOHIDRATOS (%)	50.3	TIAMINA	0.13
CALORIAS	26.3	CAROTENO	*
VITAMINA C (mg %)	*	RIBOFLAVINA	0.08
		NIACINA	1.1

(Saldana y Brown, 1984)

6. LOS DERIVADOS DEL MAÍZ

El maíz es el cereal que tiene mayor rendimiento industrial porque ofrece una gran variedad de componentes aprovechables en la industria alimentaria y no alimentaria. Se estima que existen cerca de 800 productos que de una u otra forma son derivados del maíz o incluyen en su composición alguna parte de éste. <http://www.demahsa.com/search.htm>

El maíz es el alimento básico en la mayor parte de América. Debido a la gran cantidad de razas y variedades logradas durante muchos años en que dicho cereal ha sido cultivado, representa uno de los más grandes recursos naturales del Hemisferio Americano (Bressani, 1972).

El maíz fue bien conocido por los mayas; se sabe que ellos preparaban varios tipos de alimentos del maíz, pero uno que atrajo mucha atención y ha sido tema de muchas investigaciones es el que se conoce como " tortilla ". Desde el punto de vista de su forma la tortilla no tiene mucho interés, y se usa principalmente como instrumento para llevar el alimento a la boca. Lo que es importante de ella es el proceso a que se somete el maíz para elaborarla. No se sabe si a través de tanteo, experiencia o por cualquier otra razón, los Mayas prepararon sus tortillas por medio de un proceso de cocimiento alcalino. Este proceso dio como resultado un producto, que si se preparara con un simple cocimiento con agua, conduciría al desarrollo de pelagra o de una deficiencia de niacina (Bressani, 1972).

La cocción alcalina reduce el contenido de fibra curda del maíz, haciendo de la tortilla un alimento con una textura más suave. Debido a que la cocción del maíz se lleva a cabo con hidróxido de calcio la tortilla fue, para los mayas, una buena fuente de calcio en su dieta (Bressani, 1972).

7. LA NIXTAMALIZACION

7.1 ORIGEN: La fabricación de la tortilla a partir del maíz seco inició cuando el hombre prehispánico guardó el grano de cada cosecha para transformarlo en algo que pudiera comer. Así convirtió el grano duro y seco en una masa con la que debió hacer las primeras tortillas. <http://www.gimsa.com/html/historia-nix-or.htm>

Tal vez el primer sistema que empleó para "echar" las tortillas fue moler el maíz directamente y obtener un polvo (la harina) al que, si agregaba agua, podía amasar en forma de una pasta que se cocía fácilmente y con la que podía hacer tortillas. Sólo que debió

sorprenderse al ver que su "polvo" se descomponía con facilidad y adquiría mal olor al cabo de tres o cuatro días. <http://www.gimsa.com/html/historia-nix-or.htm>

La causa de esta descomposición es la oxidación de las grasas del germen debido a las enzimas que la provocan. Debido a ello al experimentador prehispánico no le quedaba otra posibilidad que la del empleo del fuego para romper los granos por cocción y desprender la punta. <http://www.gimsa.com/html/historia-nix-or.htm>

Más adelante se descubrió que la ceniza producida por la leña utilizada para cocer los alimentos les sería de gran utilidad, porque la ceniza, óxido de sodio y potasio, mezclada con agua se convierte en una "lejía" alcalina que ablanda y destruye la cáscara del grano. <http://www.gimsa.com/html/historia-nix-or.htm>

Cuando se descubrió la cal viva o apagada, que en presencia del agua forma el hidróxido de cal o cal hidráulica, se encontró el primer elemento químico que se probó en la nixtamalización. <http://www.gimsa.com/html/historia-nix-or.htm>

Luego que el maíz se limpiaba, se cocía con cal, se dejaba reposar en agua caliente durante la noche y al día siguiente se limpiaba y se hacía la masa usando el metate, que como sabemos es un molino prehispánico de piedra volcánica. Elaborada la masa, se palmeaba y se hacían discos de diámetro y espesor variables: las tortillas, que se cocían en una superficie de barro caliente llamada comal. <http://www.gimsa.com/html/historia-nix-or.htm>

7.2 PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN. El proceso de nixtamalización se refiere al proceso de convertir al maíz en un pan plano sin levadura llamado tortilla, el cual se originó en México. La palabra nixtamalización es de origen azteca y se refiere al cocimiento y remojo del maíz en una solución de cal o bien una lixiviación de las cenizas de madera. El cocimiento alcalino se realiza en México y Centro América hoy en día, utilizando tanto el proceso basado en la tecnología tradicional popular, como los procesos industriales modernos (Rooney, 1993)

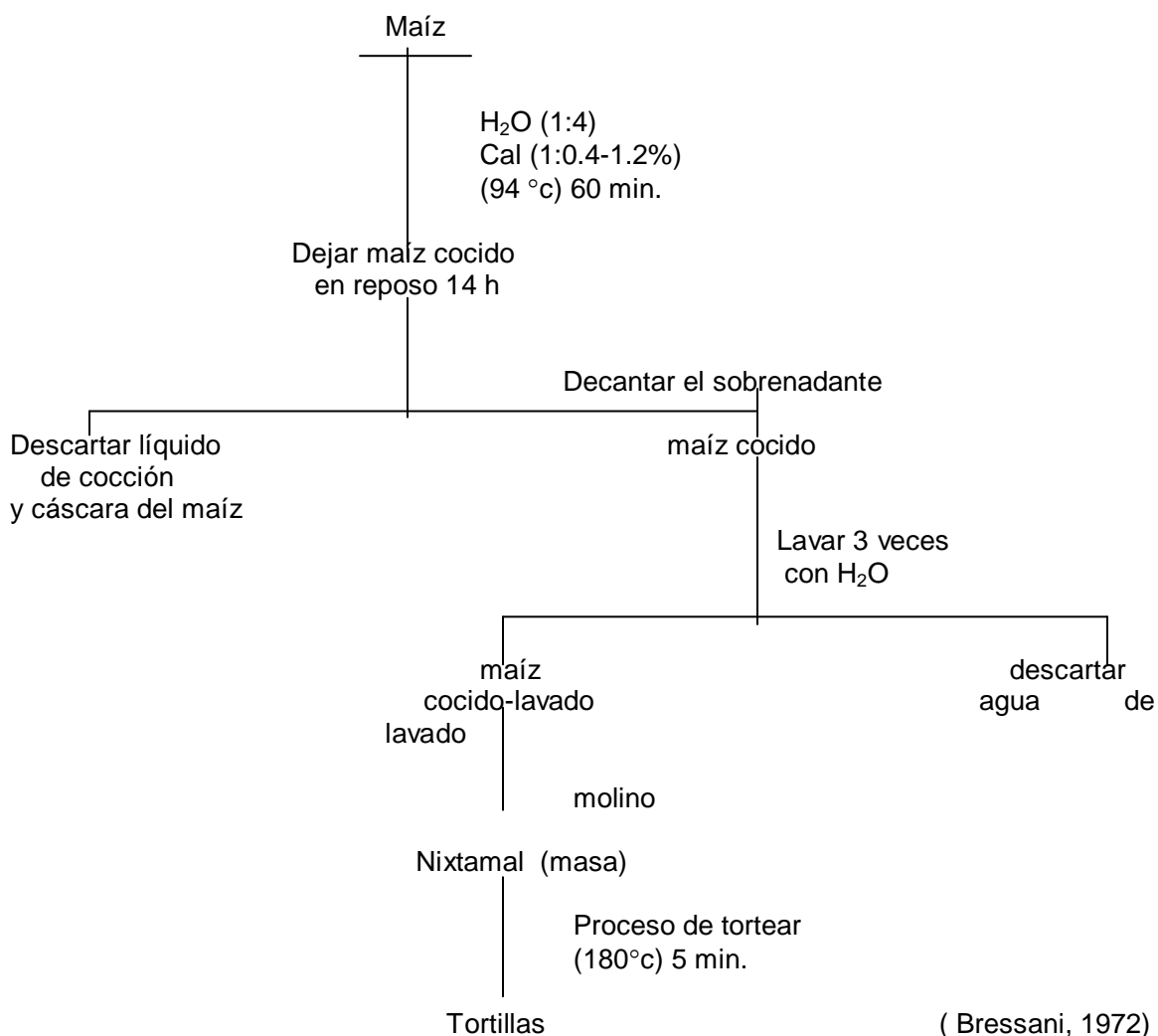
Diversos investigadores han descrito el modo en que se cocina el maíz en las zonas rurales de los países consumidores de tortillas.

En Guatemala, descrito por Bressani, Paz y Paz y Scrimshaw (1958). El proceso consiste en mezclar una parte de maíz blanco o amarillo con 0.4 a 1.2 por ciento de cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sobre el peso del maíz, con una proporción entre el grano y el agua de 1: 4. La

mezcla se cocina a 94°C durante un lapso de 46 a 67 minutos y luego se deja reposar por 12-14 h. Luego, se decanta el líquido cocido y el maíz, denominado entonces nixtamal, se lava dos o tres veces con agua para eliminar las cubiertas seminales, las pilorizas, la cal sobrante y las impurezas del grano. La añadidura de cal en las fases de cocción y de remojo contribuye a eliminar las cubiertas seminales; los subproductos se desechan o bien sirven para alimentar ganado porcino. Originalmente, se convertía el maíz en masa moliéndolo varias veces con una piedra plana hasta que las partículas gruesas alcanzaran la finura requerida; actualmente, la masa se prepara con un molino de disco. Para acabar, se toman unos 50 g de masa y se aplanan, se tuesta durante unos cinco minutos a una temperatura cerca de 170°C en los bordes y de 212°C en el centro.

http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/T0395S/T0395S06.htm

7.3 DIAGRAMA DEL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN. El método tradicional de procesamiento del maíz en Guatemala, se muestra en la siguiente figura



Este proceso consiste en cocer el maíz durante una hora, usando una solución de hidróxido de calcio. Después de cocido y enfriado, el maíz es lavado con agua, operación que ayuda a desprender la cáscara y elimina el exceso de hidróxido de calcio. El maíz así cocido se llama "nixtamal". Luego el grano es molido, operación que se hace con una piedra de moles o molino.

Después de estas operaciones, cierta cantidad de la masa de maíz se moldea en porciones planas y se cuece, aproximadamente por 5 minutos en un plato plano de barro llamado "comal", el cual llega a una temperatura que varía entre los 180 y 250 °c. Esta forma de tortilla, es hasta ahora la manera más popular en que se consume este cereal, por lo menos en Guatemala (Bressani, 1972).

7.4 FUNCIÓN DE CADA INGREDIENTE EN LA NIXTAMALIZACIÓN

7.4.1 Papel del agua. El agua absorbe y liga durante el remojo. Agua adicional es también agregada durante la molienda. La cantidad de agua a usar varía dependiendo de la extensión de la cocción, el cual varía dependiendo del producto a fabricar. La masa tiene un contenido de humedad del 55% (Serna-Saldivar *et.al*, 1990).

7.4.2 Papel de la cal. El tratamiento con cal facilita la remoción del pericarpio durante la cocción y el remojo, controla la actividad microbiana, afecta el sabor, olor, color, vida de anaquel y el valor nutricional de las tortillas. La cal actúa de una forma similar al álcali muy fuerte separando a la fibra de sus componentes, como hemicelulosa. En algunas instancias, las concentraciones elevadas de cal son utilizadas para incrementar el pH a las tortillas a un nivel en el cual el desarrollo microbiano es retardado. La cal penetra al grano a través del germen, el cual es la parte anatómica que contiene una mayor concentración de calcio, después de la cocción y el remojo. La cal también afecta el color de la tortilla. Aun cuando las tortillas sean producidas a partir de granos blancos, una alta concentración de cal, da como resultado final un color amarillento. La intensidad del color se relaciona íntimamente con los pigmentos carotenoides, flavonoides y pH (Rooney, 1993).

La caliza u otras rocas calcáreas se calientan en hornos hasta 903°C, de forma que expulsa el CO₂ y queda la cal viva (CaO). Ésta se apaga con agua, y mezclada con arena forma el mortero. Comúnmente, la cal se prepara en forma de cal hidratada (Ca(OH₂)), añadiendo el agua necesaria. Cien kilos de caliza pura producen 56 kilos de cal. Puede emplearse también dolomita que da CaO-MgO, que se apaga más lentamente y despiden menos calor que la cal viva. <http://www.economia.gob.mx/?P=1818>

7.4.2.1 Variedades comerciales de cal

- Cal Viva: Material obtenido de la calcinación de la caliza que al desprender anhídrido carbónico, se transforma en óxido de calcio. La cal viva debe ser capaz de combinarse con el agua, para transformarse de óxido a hidróxido y una vez apagada (hidratada), se aplique en la construcción, principalmente en la elaboración del mortero de albañilería. <http://www.economia.gob.mx/?P=1818>
- Cal hidratada: Se conoce con el nombre comercial de cal hidratada a la especie química de hidróxido de calcio, la cual es una base fuerte formada por el metal calcio unido a dos grupos hidróxidos. El óxido de calcio al combinarse con el agua se transforma en hidróxido de calcio. <http://www.economia.gob.mx/?P=1818>

7.5 CENIZAS

Cenizas: Residuo inorgánico pulverulento resultante de una combustión completa http://www.stps.gob.mx/312/312_1105.htm.

Combustión: Reacción exotérmica de una sustancia llamada combustible, con un oxidante, llamado comburente; el fenómeno viene acompañado generalmente por una emisión lumínica en forma de llamas o incandescencia con desprendimiento de productos volátiles y/o humos, y puede dejar un residuo de cenizas http://www.stps.gob.mx/312/312_1105.htm.

7.6 EFECTO DE LA NIXTAMALIZACIÓN

En el proceso de cocción alcalina, se lleva una serie de variaciones que se presentan en el producto tanto a nivel físico como químico. El maíz utilizado como materia prima, las operaciones unitarias en el proceso, así como los parámetros involucrados en cada una de las operaciones (temperatura, tiempo de remojo, agua), son factores que influyen significativamente en las transformaciones y cambios producidos en la nixtamalización (Bressani, 1990b).

El proceso de nixtamalización produce pérdidas físicas entre 8 y 25 % con base del maíz procesado. Estas pérdidas se deben principalmente a los diferentes procesos de cocción, maceración, alcalinidad del medio. En un inicio se eliminan fracciones del grano como es la cáscara (pericarpio), la punta que es parte de la capa aleurona. Luego ocurre un

reblandecimiento del grano y se pierde parte del germen, la mayoría se retiene, pero todos los solubles son removidos de éste (Inglett, 1970).

El agua de lavado posee un porcentaje de sólidos que están en una parte (35-45%) constituidos de proteína (Desrosier, 1991). En sí, la celulosa presente en la capa de la semilla se hidroliza y destruye casi por completo, por lo que constituyentes del maíz como la fibra cruda, compuestos nitrogenados de bajo peso molecular, extracto etéreo (grasa cruda), azúcares libres y cierto porcentaje de almidón se pierden en cantidades significativas (Bressani, 1990 a y b).

El cocimiento y remojo alcalino causan la disolución parcial de la cutícula y el levantamiento y debilitación de las paredes celulares, lo cual facilita que el pericarpio sea removido. El pericarpio usualmente se rompe en el área de crece de las células tubulares.

Las células de la aleurona permanecen intactas y juntas al endosperma periférico. La membrana y las células de las paredes son particularmente degradadas y solubilizadas, y esto es indicado por la pérdida de fluoresceína en las células de las paredes del endosperma periférico. Gran parte del tejido del germen es retenido durante la nixtamalización, la cual afecta positivamente la calidad de la proteína de los productos de masa. Los gránulos de almidón son levantados a través del endosperma. Aunque las proteínas del endosperma permanecen pegados a los gránulos de almidón, la cocción con cal cambia la apariencia física de los cuerpos proteínicos, por lo menos en algunas áreas del grano (Rooney, 1993).

Los cambios ocurren en las paredes de las células almidonadas del endosperma y la matriz proteínica se debilita especialmente durante el remojo. Cuando el nixtamal es extendido, los componentes del grano preacondicionados por la cocción y el remojo se rompen, esta cohesión es la causa de la formación de la masa. La masa la forman pedazos del germen, el remanente del pericarpio y las partículas del endosperma que se mantiene juntas como una mezcla unida con pegamento con gránulos de almidón derretidos y hojas de matriz proteínica, y lípidos emulsificados. Los gránulos del almidón rotos y formados irregularmente se observan en las tortillas suaves después del horneado. Los cuerpos proteínicos se expanden, pierden su forma y en algunos casos son físicamente destruidos durante el horneado y el secado. El álcali libera a la niacina del maíz y mejora el valor nutricional del maíz (Rooney, 1993).

7.6.1 Proteínas. El cocimiento con cal altera los patrones de solubilidad de las proteínas del maíz, la nixtamalización y la cocción para obtener las tortillas reducen las proteínas solubles en sal y agua (albúminas y globulinas) y las solubles en alcohol (prolaminas) e incrementan la cantidad de proteínas inestables (Rooney, 1993).

En el contenido proteínico existe un mejoramiento leve en la calidad, se reporta un pequeño aumento en el contenido de nitrógeno, dado el aumento de la fracción insoluble; sin embargo, ocurren pérdidas de ciertos aminoácidos, considerándose principalmente triptófano y lisina, aminoácido limitante del maíz (Bressani, 1990 a).

7.6.2 Almidón. Solamente una pequeña parte de los gránulos de almidón son gelatinizados durante la cocción y el remojo. La susceptibilidad de las enzimas del almidón aumenta directamente durante la cocción del maíz con cal, pero el mayor incremento ocurre durante la molienda y el horneado. La estructura de los gránulos de almidón naturales son parcialmente rotos durante la cocción, donde por rayos X, se observa un patrón menos organizado. Sin embargo las alteraciones de la cristalinidad del almidón causadas por la cocción se restarán por la recristalinización o templado durante el remojo (Rooney, 1993).

La reasociación de las moléculas de almidón pueden afectar significativamente las propiedades reológicas de los productos elaborados a base de masa. Cuando el nixtamal es extendido para formar la masa, los gránulos de almidón se gelatinizan debido a la fricción de las piedras de molino. En algunas instancias, la molienda puede incrementar la temperatura de la masa de 26 a 52 ° C. Estos cambios en la fracción almidonada del maíz modifica las propiedades pastosas del almidón, y esto imparte características de textura a la masa. Del 4-7% del almidón gelatinizado forma una goma que provee una continua malla entre los gránulos de almidón libres y las piezas del ensoperma que contiene la masa (Rooney, 1993).

La típica textura de la tortilla, semi plástica, es resultado de estos cambios, el sabor de la tortilla es mejorado por la reacción de Millard, que ocurre durante la reducción de azúcares, péptidos y ácidos grasos insaturados (Rooney, 1993).ç

7.6.3 Lípidos. Aproximadamente del 1-2% del peso seco de la masa tiene distribuidos libremente a los lípidos a través de esta fase continua. La fracción lípida está parcialmente emulsificada en la fase acuosa de la masa lípidos libres que entrecavan, tanto

con los péptidos, como con los carbohidratos alterando las propiedades de la masa. Se necesita aun más investigación para evaluar la relación entre los lípidos y la maquinabilidad de la masa, textura, sabor y vida de anaquel de las tortillas (Rooney, 1993).

7.6.4 Humedad y calcio. El maíz cocido con una solución de cal absorbe más agua que al ser cocido solo en agua, durante la cocción en cal el grano aumenta su contenido de humedad de 10-12% a 40-42%.

El grano absorbe rápidamente agua durante los primeros 15 minutos de la cocción. Los iones de calcio son llevados por el agua a través del pericarpio, germen y las distintas partes del grano. La absorción de calcio se lleva a cabo de forma similar a la del agua, pero en forma más lenta. La mayoría del calcio se retiene en el germen y pericarpio. El calcio se enlaza al almidón (Serna-Saldivar, *et al.* 1990).

7.6.5 Cenizas. El uso de cal para la cocción alcalina marca un incremento esperado en el contenido de cenizas en la tortilla respecto del contenido en el maíz. Este aumento, naturalmente se ve influenciado por el nivel de cal agregado, por el tiempo de remojo y calidad del lavado. El contenido de minerales estará determinado por la pureza de la cal, el incremento en el contenido de calcio es altamente significativo (Bressani, 1990 a).

7.6.6 Fibra dietética. En la etapa de obtención de la masa, la fibra dietética total disminuye, pero luego en las tortillas aumenta a niveles levemente inferiores a los encontrados en el maíz crudo (Bressani, 1990 a). Con el proceso de nixtamalización, se pierde la mayoría del pericarpio del grano de maíz y por lo tanto la fibra insoluble del mismo (Bressani, *et al.* 1997)

CAMBIO EN EL CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES DURANTE LA NIXTAMALIZACION DEL MAÍZ, g/100g en base seca

Nutriente	Maíz	Nixtamal	Masa	Tortilla
Humedad	15.9	48.6	60.5	47.8
Proteína	9.6	10.3	10.4	10.3
Grasa	5.7	3.9	4.0	2.0
Fibra cruda	1.9	1.4	1.2	1.4
Cenizas	1.5	1.5	1.6	1.6
Carbohidratos	81.3	84.2	82.8	84.8

(Bressani, *et al.* 1997)

COMPOSICIÓN APROXIMADA DE MAÍZ CRUDO Y DE TORTILLAS HECHAS A NIVEL CASERO

Producto	Humedad Porcentaje	Proteína Porcentaje	Grasa Porcentaje	Ceniza Porcentaje	Fibra Cruda Porcentaje	Carbohidratos Porcentaje	Calorías Por 100 g
Maíz blanco	15.9	8.1	4.8	1.3	1.1	70.0	356
Tortillas blancas	47.8	5.4	1.0	0.8	0.7	44.5	204

(Saldan y Brown, 1984).

CONTENIDO DE MINERALES DEL MAÍZ EN BRUTO Y DE MUESTRAS DE TORTILLAS CASERAS

Producto	K	Ca	Fe	Zn	P	Mg	Na	Cu	Mn
Maíz en bruto	325	48	4,8	4,6	300	108	54	1,3	1,0
Tortilla casera 1	273	217	7,0	5,4	309	123	71	2,0	1,0
Tortilla casera 2	-	202	2,7	3,4	-	-	-	0,3	-
Tortilla casera 3	-	104	3,5	4,6	294	72	-	1,3	-

http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/T0395S/T0395S07.HTM

8. ANÁLISIS BIOLÓGICO

8.1 BIOTERIO. Es el laboratorio de evaluación biológica que utiliza animales de experimentación para analizar la calidad nutricional de los alimentos en apoyo a programas y proyectos de investigación agrícola, de salud, de conservación y procesamiento de productos, así como a institutos, universidades, empresas privadas y otras que cuenten con programas en las áreas de alimentación, nutrición y salud humanas.

8.2 PROTEINAS. Todos los tejidos vivos contienen proteínas. Se distinguen químicamente de los lípidos y de los hidratos de carbono por contener nitrógeno. Son polímeros de aminoácidos (hay 20 distintos) unidos por enlaces peptídicos. Una proteína puede contener varios cientos o miles de aminoácidos y la disposición o secuencia de estos aminoácidos determina la estructura y la función de las diferentes proteínas. Algunas son

estructurales (como el colágeno del tejido conectivo o la queratina que se encuentra en pelo y uñas), otras son enzimas, hormonas, etc.

Las proteínas son el constituyente principal de las células y son necesarias para el crecimiento, la reparación y la continua renovación de los tejidos corporales y esto determina su continua necesidad. También proporcionan energía (4 kcal/gramo) pero, por razones fisiológicas y económicas, es poco recomendable utilizarlas para este fin. Sin embargo, si en la dieta no hay suficiente cantidad de grasas o hidratos de carbono, la proteína se usará para proporcionar energía. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, en la inanición.

8.3 CALIDAD DE LA PROTEÍNA Para juzgar la utilidad de las proteínas de los alimentos para mantener y reparar los tejidos y para llevar a cabo los procesos de crecimiento y formación de estructuras corporales se utiliza el término de "calidad de la proteína", calidad que se estima utilizando diversas medidas experimentales. Por ejemplo, el "valor biológico de la proteína" (VB) se define como la proporción de la proteína absorbida que es retenida y, por tanto, utilizada por el organismo. Otro parámetro habitualmente utilizado es el denominado "coeficiente de utilización neta de la proteína" (NPU) que, a diferencia del anterior, sí tiene en cuenta la digestibilidad de la proteína, es decir, mide la proporción de la proteína consumida que es utilizada.

Durante la síntesis proteica deben estar presentes en las células todos los aminoácidos necesarios, si falta alguno, la síntesis puede fallar. Por ello, si la proteína ingerida contiene todos los aminoácidos esenciales en las proporciones necesarias para el hombre, se dice que es de alto valor biológico, que es completamente utilizable. Por el contrario, si sólo tiene pequeñas cantidades de uno de ellos (el denominado aminoácido limitante), será de menor calidad. En general, las proteínas de los alimentos de origen animal tienen mayor valor biológico que las de procedencia vegetal porque su composición en aminoácidos es más parecida a las proteínas corporales. Las proteínas de los huevos y de la leche humana tienen un valor biológico entre 0.9 y 1 (eficacia del 90-100%, por lo que se usan como proteínas de referencia, un concepto teórico para designar a la "proteína perfecta"); el VB de la proteína de carnes y pescados es de 0.75 y 0.8; en la proteína del trigo de 0.5 y en la de la gelatina de 0.

De cualquier manera, la calidad individual de las proteínas es relativamente poco importante en dietas mixtas debido al fenómeno de complementación/suplementación entre

proteínas distintas. Cuando dos alimentos que contienen proteínas con aminoácidos limitantes diferentes (lisina en la proteína del trigo y del arroz -pero muy ricas en metionina- y metionina en la de leguminosas -ricas en lisina-) se consumen en la misma comida (por ejemplo en un potaje de garbanzos y arroz), el aminoácido de una proteína puede compensar la deficiencia de la otra, dando lugar a una proteína de alto valor biológico.

Las necesidades de proteína varían a lo largo de la vida: los bebés, los niños y los adolescentes las necesitan para crecer, las gestantes para el desarrollo del feto y las lactantes para la producción de leche. Las principales fuentes de proteína son: lácteos, carnes, pescados, huevos, cereales, leguminosas y frutos secos.

8.4 MÉTODO BASADO EN CAMBIOS DE PESO CORPORAL. El método más simple de determinar el valor nutritivo, es medir la tasa de crecimiento de animales jóvenes alimentados con la dieta sometida a prueba. Osborne, Mendel y Ferri, tradujeron este concepto en una base cuantitativa, relacionando la ganancia de peso con la cantidad de proteína consumida; el índice obtenido fue denominado índice de eficiencia proteínica (**PER**). Dichos autores demostraron que el PER variaba con el nivel de proteína en la dieta y recomendaron que cada proteína fuese estudiada a su nivel óptimo.

El método conocido como razón proteínica neta (**NPR**) representa una mejora sobre el PER en el sentido de que se usa un grupo control alimentado con una dieta libre de proteína. En la práctica, el NPR es comparable al NPU, método ampliamente conocido y muy usado, que se basa en la retención de nitrógeno. Difiere en el sentido de que el primero se estima a partir de los cambios en peso corporal, mientras que el segundo mide los cambios en nitrógeno corporal (Pellett & Young 1980).

9. ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS

Es una ciencia multidisciplinaria en la que participan panelistas humanos que utilizan los sentidos del oído, vista, olfato, gusto y tacto para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios y de muchos otros materiales. No existe otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial es aplicable en muchos sectores tales como en desarrollo y mejoramiento de los productos, control de calidad, estudio sobre almacenamiento y desarrollo de procesos. Para conocer la aceptabilidad de un producto, es necesario realizar

pruebas para las cuales se utilizan diferentes metodologías, que ayudan a determinar el grado de aceptación u oposición por las personas que están evaluando el producto. Dependiendo de los objetivos hay dos tipos de pruebas aplicadas en el análisis sensorial, éstas se detallan a continuación:

9.1 PRUEBAS ORIENTADAS AL PRODUCTO Se emplean pequeños paneles entrenados que funcionan como instrumentos de medición. Estos se utilizan para identificar diferencias entre productos alimenticios similares. Por lo general, estos paneles constan de 5 a 15 panelistas seleccionados por su agudeza sensorial.

<http://benison.byu.edu/Publication/RELAN/V14/V144/Aceptabilidad.htm>

9.2 PRUEBAS ORIENTADAS AL CONSUMIDOR. Pruebas que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados, que se seleccionan aleatoriamente, compuestas de posibles usuarios, con el fin de obtener información sobre las actitudes o preferencias de los consumidores. Los resultados se utilizan para predecir actitudes de una población determinada. Entre estas se incluyen las pruebas de preferencia, pruebas hedónicas y pruebas de aceptabilidad.

<http://benison.byu.edu/Publication/RELAN/V14/V144/Aceptabilidad.htm>

9.2.1 Aceptabilidad de alimento. La aceptabilidad es la expresión del grado de gusto o disgusto, cuando se pregunta acerca de un alimento o muestra preparada y consumida.

- La aceptabilidad de un producto puede verse influenciada por una serie de factores entre los cuales están los factores fisiológicos internos que regulan el hambre y la sed.
- Evaluación de los alimentos a nivel de los sentidos (gusto, olfato, vista, tacto). Las características organolépticas se derivan de los mensajes registrados por los cuatro sentidos. Así, el sabor es una parte muy importante sobre todas las sensaciones que son percibidas durante las comidas o bebidas. Esta sensación es una estimulación simultánea de sensaciones químicas gusto y olor por un complejo mixto de moléculas densas y volátiles. La textura, es otra característica organoléptica que es un importante atributo del efecto de aceptación de los alimentos y que en algunas ocasiones es mucho más importante que el sabor. La visión también juega un papel en la aceptación y percepción de los alimentos donde la psicología interviene en los estímulos visuales.

<http://benison.byu.edu/Publication/RELAN/V14/V144/Aceptabilidad.htm>

9.3 PRUEBAS DISCRIMINATIVA. Tienen como objeto detectar la presencia o ausencia de diferencias sensoriales entre dos o más productos.

9.3.1 Test Triangular: Su objetivo fundamental es el establecimiento de discrepancias entre dos productos de cualidades parecidas. Pueden determinarse diferencias para los atributos organolépticos más importante o únicamente para una propiedad. Consiste en presentar al juez catador tres productos, uno de ellos repetido, para que seleccione la muestra dispar. La prueba está indicada para evaluar el impacto de diferentes fórmulas en un producto, el cambio de proveedores o la existencia de fluctuaciones en la fabricación de distintos lotes.

<http://pci204.cindoc.csic.es/cdta/especiales/consumidores/2.htm>

Los resultados obtenidos en el test triangular se analizan por medio del test de Chi-cuadrado.

- El test estadístico de Chi-cuadrado

La aplicación de la fórmula correspondiente a su cálculo determina un valor de X^2 que en función del número de grados de libertad (calculado como $((n-1) + (n-1) + 1)$ dará lugar a un "Valor del estadístico p". Este valor indica la probabilidad de equivocarse si se acepta que las dos variables analizadas están realmente asociadas, o dicho de otra manera, la probabilidad de que las dos variables analizadas tengan una asociación real (no debida al azar) es de $1-p$. El valor de p que se considera límite para afirmar que dos variables están asociadas lo decide el investigador (decide por tanto la probabilidad de que su conclusión sobre la asociación entre las dos variables sea real), no obstante se suele trabajar con valores más o menos estandarizados y que son:

- $P = 0.05$, es decir se acepta un 5% de probabilidad de equivocarse o un 95% de probabilidad de acertar si se acepta que existe una asociación entre las dos variables (es el más usado)
- $P = 0.1$, es decir se acepta un 10% de probabilidad de equivocarse o un 90% de probabilidad de acertar si se acepta que existe una asociación entre las dos variables.
- $P = 0.001$, es decir se acepta un 1% de probabilidad de equivocarse o un 99% de probabilidad de acertar si se acepta que existe una asociación entre las dos variables. <http://infecepi.unizar.es/pages/ratio/formC/formCb2.htm>

9.4 PRUEBAS DESCRIPTIVAS. Reciben también el nombre de perfiles y juegan con una serie de descriptores. Su utilidad es muy diversa, desde la determinación de diferencias sensoriales entre un producto y sus competidores en el mercado, hasta la caracterización de aromas. <http://pci204.cindoc.csic.es/cdta/especiales/consumidores/2.htm>

Para analizar los resultados se presenta valores promedio de los aspectos evaluados y se aplica un análisis estadístico que nos permitiría verificar si estas diferencias son significativas. <http://pci204.cindoc.csic.es/cdta/especiales/consumidores/2.htm>

III. JUSTIFICACIÓN

El maíz es un alimento básico en la dieta de la mayoría de guatemaltecos, siendo la tortilla una de las formas de mayor consumo del mismo.

El proceso de cocción alcalino, denominado nixtamalización, al cual es sometido el maíz para la elaboración de la tortilla es un aspecto ampliamente estudiado, del cual se desconoce el origen, no se sabe si fue por tanteo, experiencia o por cualquier otra razón que éste se comenzó a realizar; sin embargo, se sabe que el hombre prehispánico descubrió la utilización de las cenizas de la leña, en el proceso de nixtamalización; cenizas que luego fueron reemplazadas por la utilización de cal.

Por lo anterior se desea conocer el efecto causado por las cenizas en las características físicas, químicas y sensoriales de las tortillas, comparando los resultados obtenidos al realizar el proceso de nixtamalización con cal. Además se desea conocer si las antiguas civilizaciones disponían de tortillas con mayor contenido de nutrientes que las actuales, así como si consumían tortillas con características físicas y sensoriales distintas o similares.

La realización del análisis biológico, demostrará si existe o no diferencia en el aspecto nutritivo de la tortilla elaborada con cal y con cenizas.

IV. OBJETIVOS

1. GENERAL

Determinar el efecto de la cal y las cenizas utilizadas en la nixtamalización del maíz, sobre características químicas, físicas y sensoriales de la tortilla.

2. ESPECÍFICOS

2.1 Evaluar el efecto de la cal y las cenizas utilizadas en la nixtamalización del maíz, sobre características químicas de la masa y de las tortillas.

2.2 Determinar el rendimiento obtenido de la nixtamalización de maíz con cal y con cenizas.

2.3 Determinar el efecto de la cal y las cenizas utilizadas en la nixtamalización, sobre características físicas de la tortilla.

2.4 Determinar si existen diferencias sensoriales entre las tortillas preparadas a partir de masa de maíz nixtamalizada con cal y con cenizas.

2.5 Evaluar la calidad nutritiva de la tortilla nixtamalizada con cal y con cenizas por medio de análisis biológico.

V. HIPÓTESIS

1. La cal o las cenizas utilizadas en la nixtamalización de maíz, produce tortillas con diferentes características químicas.
2. La cal o las cenizas utilizadas en el proceso de nixtamalización del maíz, altera características físicas de la tortilla.
3. La cal o las cenizas utilizadas en el proceso de nixtamalización del maíz, cambia las características sensoriales de la tortilla.
4. La cal o las cenizas utilizadas en el proceso de nixtamalización del maíz, cambia la calidad nutritiva de la tortilla.

VI. METODOLOGÍA

La parte experimental de esta investigación, se realizó de la siguiente forma:

1. LIMPIEZA Y SELECCIÓN DEL MAÍZ HB-83

Se eliminaron los granos rotos agentes externos como polvo, troncos, etc.

2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL MAÍZ HB-83

2.1 Peso de 1000 granos

- Se pesó 50 gramos de maíz.
- Se contó el número de granos.
- Se calculó el peso de 1000 granos de la siguiente manera:

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

2.2 Densidad del maíz

- Se pesó una muestra de 10 gramos
- Se colocó en un cilindro que contenía 50 ml de etanol (V_1).
- Se midió el aumento de volumen al agregar los 10 gramos de maíz (V_2).
- Se expresó la densidad en g/ml de la siguiente manera:

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

2.3 Porcentaje de flotadores

- Se preparó 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.
- Se pusieron 100 granos de maíz en un beaker con la solución de nitrato de sodio.
- Se agitó la solución por 30 a 60 segundos.
- Se esperó 60 segundos y se sacaron los granos que flotaban, se contaron y luego se quitaron el resto.
- Se calculó el porcentaje de flotadores de la siguiente forma:

$$\% \text{ Flotadores} = \frac{\text{No. De granos que flotan}}{100 \text{ anos}} \times 100$$

3. DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE CAL Y CENIZAS A UTILIZAR EN PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN

Se utilizaron 200 gramos de maíz para cada corrida y se evaluó el rendimiento del proceso de nixtamalización, de maíz crudo a maíz cocido dejado en remojo y lavado, con tres distintas concentraciones de cal y de cenizas, que fueron: 0.4%, 0.8% y 1.2% sobre el peso del maíz.

Al preparar las soluciones se midió el pH de las mismas. Se decantó el líquido y se obtuvo el maíz denominado nixtamal, el cual fue lavado, se pesó para determinar el rendimiento, tanto para la nixtamalización con cal como con cenizas; y con base en este se definió la concentración de cal y cenizas que fue utilizada en el experimento.

4. PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN

Se prepararon soluciones de 0.8 % de cal y otra de 0.8% de cenizas sobre el peso del maíz HB-83 utilizado; con una proporción entre el grano y el agua de 1:4. Se agregó el maíz y se puso a cocinar a 94° C durante un lapso de 60 minutos, dejando reposar por 14 horas, se decantó el líquido cocido y el maíz, se lavó tres veces con agua para eliminar las cubiertas seminales, las pilorizas, la cal o cenizas sobrantes y las impurezas del grano.

La masa se preparó con un molino de disco, se tomaron unos 50 g de masa y se aplanaron, se colocaron en un comal durante unos cinco minutos, para obtener la tortilla.

5. RENDIMIENTO

Por medio del peso final y el peso inicial de la muestra trabajada se obtuvo el rendimiento del maíz a masa y de masa a tortilla, tanto del maíz nixtamalizado con cal como con cenizas.

$$(W_f / W_i) * 100$$

6. ANÁLISIS PROXIMAL

Se realizó en triplicado para el maíz, masa y tortilla del maíz nixtamalizada con cal y con cenizas; los análisis serán realizados según los métodos indicados por la AOAC.

6.1 Humedad. Método 14.062 AOAC, 14th ed. 1984.

6.2 Ceniza. Método 14.063 AOAC, 14th ed. 1984.

6.3 Grasa. Método 14.072 AOAC, 14th ed. 1984.

6.4 Proteína. Método 14.067 AOAC, 14th ed. 1984.

6.5 Fibra Cruda. Método 14.064 AOAC , 14th ed. 1984.

6.6 Carbohidratos. Por diferencia

7. ANÁLISIS QUÍMICOS

7.1 Medición de pH. Se midió el pH de las soluciones de cal y cenizas a las 3 concentraciones analizadas en el paso 3 de la presente metodología.

7.2 Medición de minerales por medio de espectrofotometría de llama. Por medio de espectrofotómetro de absorción atómica se determinó la concentración de calcio, potasio, hierro, magnesio y cinc, que fueron absorbidos por el grano luego de la cocción, luego del remojo, en la masa y en las tortillas; así como también el contenido de los mismos en el maíz crudo, en la cal y en las cenizas utilizadas.

8. ANÁLISIS FÍSICOS

Los siguientes análisis fueron elaborados en un texturómetro, tanto para la masa y las tortillas de maíz nixtamalizado con cal como con cenizas.

8.1 Dureza de la masa

8.2 Pegajosidad de la masa

8.3 Dureza de la tortilla

8.4 Extensibilidad biaxial de la tortilla

Los siguientes análisis fueron elaborados en colorímetro de Hunter, tanto para la masa y las tortillas de maíz nixtamalizado con cal como con cenizas.

8.5 Color masa

8.6 Color de la tortilla

La determinación de color se realizó usando el colorímetro mini-scan (Hunter-Lab), con el cual se obtuvieron las lecturas de los parámetros L , a y b . Donde: L = luminosidad: 100 = blanco, 0 = negro; a = rojo (+ 100), $-a$ = verde (-80), b = amarillo ((+ 70), $-b$ = azul (-80). Donde " L " define la luminosidad o brillantez de la muestra, " a " la diferencia entre la luz reflejada por la muestra en la zona de rojo a verde, donde los valores negativos de a indican tonalidades verdes, mientras que los valores positivos proporcionan tonalidades relacionadas con el color rojo. El parámetro " b " mide la diferencia entre la luz reflejada por la muestra en la zona de amarillo a azul, donde valores negativos de " b " definen tonalidades azules, en tanto que valores positivos involucran tonalidades con el amarillo.

8.7 Caracterización física de las tortillas. Se hizo una caracterización física de la tortilla al evaluar el diámetro y peso promedio de las mismas.

8.8 Rolabilidad de la tortilla

- Se elaboraron tortillas con masa de maíz nixtamalizada con cal y con cenizas.
- Se conservaron calientes envolviéndolas en un paño.
- Se tomó una tortilla y se enrolló en un rodo de 1.0 cm de diámetro
- Se evaluó con la escala que se encuentra en el siguiente inciso por rajaduras y rompimiento en las dos caras.
- Escala

1 = No hay rajaduras

2 = Signo de rajaduras pero no de rompimiento

3 = Rajaduras y rompimiento son obvios en una cara

4 = Rajaduras y rompimiento son obvios en las dos caras

5 = No se puede enrollar

8.9 Análisis cualitativo de la tortilla al ser torteada. Para hacer el análisis cualitativo de las propiedades funcionales de la tortilla al ser torteada se hicieron preguntas a las tortilleras al momento de la preparación tanto de tortillas de maíz nixtamalizado con cal como con cenizas:

- ¿Cómo es la consistencia de la masa?
- Al momento de tener las tortillas en el comal, ¿se forma bolsa?
- ¿Cómo es la apariencia de la tortilla mientras está en el comal?
- ¿Cuál es la forma de la orilla?

9. EVALUACIÓN SENSORIAL

Para evaluar sensorialmente las tortillas de maíz nixtamalizado con cenizas y las de maíz nixtamalizado con cal se realizaron dos pruebas a un total de 20 personas.

9.1 Test Triangular. Este test consistió en presentar al degustador tres muestras simultáneamente, dos de ellas iguales y una diferente, pidiéndole que señalara la diferente. El resultado se evaluó por medio de chi cuadrado.

9.2 Test de perfil de calidad. Este test consistió en presentar al degustados dos muestras, una de la nixtamalizada con cal y la otra de la nixtamalizada con cenizas; dándole la hoja de evaluación mostrada en los anexos; para que éste evaluara en una escala no ponderada los aspectos indicados.

Los resultados se evaluaron por medio del promedio de los 20 panelistas y realizando un gráfico de araña para representarlos.

10. ANÁLISIS BIOLÓGICO

El análisis biológico se llevó a cabo en las instalaciones del INCAP, utilizando cinco grupos de ratas alimentadas con:

- Dieta libre de nitrógeno
- Maíz HB-83 crudo molido
- Tortilla nixtamalizada con cal molida
- Tortilla nixtamalizada con cenizas molida
- Dieta alta en proteína

Lo anterior se hizo con el fin de evaluar la diferencia de la calidad nutritiva por medio del método de razón proteica neta (NPR).

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

1. MATERIALES

- Se utilizó como materia prima el grano de maíz HB-83.
- Hidróxido de calcio, nombre comercial cal viva, cuya fórmula química es $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$.
- Cenizas de troncos de madera de caulote y cenicero, cuyo contenido de calcio, potasio, hierro, magnesio y cinc fue evaluado en un espectrofotómetro de absorción atómica.
- Agua desmineralizada.
- Equipo de Laboratorio.
- Reactivos químicos.

2. MÉTODOS

Se siguieron los métodos estándar AOAC para la determinación de proteínas, lípidos, fibra cruda, humedad y cenizas; los carbohidratos fueron calculados por diferencia y las demás determinaciones fueron realizadas con los procedimientos indicados en la metodología.

VIII. DISEÑO EXPERIMENTAL

1. UNIDAD EXPERIMENTAL

Maíz HB-83, masa de maíz HB-83 y tortillas de maíz HB-83 nixtamalizado con cenizas y con cal.

2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Corridas de 500 y 600 gramos.

3. NÚMERO DE REPETICIONES

Tres repeticiones para cada análisis.

4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se llevó a cabo un análisis estadístico para establecer la media y desviación estándar de cada uno de los valores obtenidos en los análisis químicos.

Para evaluar la calidad y aceptación de la tortilla nixtamalizada con cenizas respecto de la nixtamalizada con cal, se realizó un panel sensorial en donde se pasó un test triangular y uno de perfil de calidad a 20 personas, los que se evaluaron con test Chi-cuadrado y con media y desviación estándar respectivamente. Se aplicó test student para evaluar la diferencia significativa.

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio se llevó a cabo con el objetivo de determinar el efecto de la cal y las cenizas utilizadas en la nixtamalización del maíz, sobre características químicas, físicas y sensoriales de la tortilla; razón por la cual se hicieron análisis al maíz crudo, cal, cenizas, maíz cocido, masa y tortillas, para así evaluar el efecto de la cal y las cenizas sobre estas.

1. MAÍZ CRUDO

Caracterización física del grano de maíz HB-83

Tabla No.1 Peso de 1000 granos, densidad y porcentaje de flotadores para el grano de maíz HB-83.

Peso de 1,000 granos (g)	Densidad (g/ml)	Porcentaje de flotadores
259.62 ± 6.30	1.18 ± 0.07	7.33±2.31

La tabla anterior demuestra que el maíz HB-83 utilizado, es un maíz que tiene un peso de 1000 granos de 259.62 ± 6.30, dato que indica que este tiene grano de tamaño pequeño, ya que es preferible y de mayor aceptabilidad un peso de 1000 granos superior a 300 gramos; sin embargo el maíz HB-83 es el más utilizado en la Costa Sur de Guatemala para la elaboración de tortillas.

La densidad del grano obtenida y el porcentaje de flotadores indican que los granos del maíz HB-83 son muy duros, ya que según Billeb y Bressani, un índice de flotadores menor que 25%, indica granos muy duros, que son los más adecuados para la elaboración de tortillas.

2. MAÍZ COCIDO Y MAÍZ COCIDO DEJADO EN REMOJO

2.2. Absorción de agua, rendimiento de maíz crudo a maíz cocido a distintas concentraciones de cal y cenizas.

Tabla No.2 Humedad maíz cocido y maíz dejado en remojo, rendimiento a distintas concentraciones de cal y cenizas.

Tratamiento concentración cal o cenizas respecto peso maíz	pH solución	Porcentaje humedad maíz tras cocción	Porcentaje humedad maíz tras remojo	Porcentaje rendimiento maíz crudo a maíz cocido y remojado base seca	Porcentaje rendimiento maíz crudo a maíz cocido y remojado Base húmeda
0.4 % cal	11.8	45.7 ± 3.2	50.2 ± 0.37	101.31	139.46
0.8 % cal	12.0	45.8 ± 0.16	51.0 ± 2.67	102.93 *	143.95 *
1.2% cal	12.1	46.1 ± 0.94	50.7 ± 1.41	101.17	140.50
0.4% cenizas	10.5	44.8 ± 0.93	44.6 ± 2.18	102.61	127.91
0.8 % cenizas	10.9	45.8 ± 2.13	46.8 ± 1.42	99.94 *	128.34 *
1.2% cenizas	11.2	43.3 ± 0.80	45.9 ± 0.41	100.15	129.28

* Tratamiento elegido para las siguientes corridas, por no haber diferencia significativo entre los rendimientos y así no trabajar en ninguno de los límites.

Nota: La humedad del maíz HB-83 crudo es de 11.50 ± 0.06 %.

En esta fase se evaluó a tres distintas concentraciones de cal y de cenizas la absorción de agua en el maíz cocido y en el maíz cocido dejado en remojo por 14 horas y luego lavado tres veces. Los resultados demuestran que la humedad encontrada en los granos de maíz cocidos con cal incrementó insignificativamente con el incremento de la concentración de cal, es decir entre 45.7 y 46.1 %; lo que indica que el contenido de minerales de las soluciones, no provocaron una diferencia en la capacidad de absorción de agua por el grano durante la cocción.

Para el maíz cocido dejado en remojo, la humedad respecto del maíz cocido incrementó en un 4.5 % para el primer tratamiento, 5.2% para el segundo y 4.6 % para el tercero; haciendo notar que la absorción de agua no depende tanto de la concentración de cal; sin embargo sí está relacionada con el tiempo de reposo; permitiendo observar que la absorción de agua es lenta, razón por la cual es necesario dejar el maíz nixtamalizado con cal en remojo.

En los resultados obtenidos de la nixtamalización de maíz con tres distintas concentraciones de cenizas al determinar la humedad en el maíz cocido se observa que éstas no guardan relación proporcional o inversamente proporcional entre humedad y concentración.

Se pudo notar que la humedad encontrada en el maíz cocido con cenizas es ligeramente menor que la encontrada en el maíz cocido con cal a iguales concentraciones; y además que a diferencia de los tratamientos con cal, los tratamientos con cenizas no tuvieron un incremento en la absorción de agua luego del reposo de 14 horas; lo anterior puede deberse a que el pH de las soluciones de cenizas no fue lo suficientemente alcalino para provocar los mismos efectos que el de las soluciones de cal; o bien a que la cantidad de iones encontrados en la cal tienen mayor capacidad de transportar agua al interior del grano que los encontrados en las cenizas.

Sería recomendable realizar un estudio en iguales condiciones de pH entre las soluciones de cal y de cenizas; para ver la influencia de los iones calcio, magnesio, entre otros, en la absorción de agua.

La diferencia en la absorción de agua por el pH de la solución es debida a que la alcalinidad provoca que sean degradadas las ceras que recubren el grano, afectando la integridad del pericarpio, partes duras del grano que al ausentarse aceleran el ingreso de agua al grano.

En los tratamientos con cenizas no hubo una gran cantidad de sólidos solubilizados en el líquido de cocción, lo que representa que el desprendimiento del pericarpio como se muestra en la Tabla No. 2.1, fue mínimo; razón por la cual el grano de maíz absorbió menor cantidad de agua que el tratado con cal.

Tabla No. 2.1 % de sólidos disueltos en líquido de cocción para tratamiento 0.8 % de cal y cenizas.

Evaluación	Porcentaje sólidos disueltos					Promedio porcentaje sólidos disueltos
Agua con cal	2.70	2.72	2.18	2.13	2.18	2.38±0.30
Agua con cenizas	0.91	0.90	1.01	1.00	1.00	0.97±0.06

El ingreso del agua al grano a temperatura elevada, es un aspecto de suma importancia, ya que se obtienen las condiciones necesarias para la gelatinización del almidón, proceso que influye en el resultado de las propiedades físicas y organolépticas de la tortilla.

El rendimiento obtenido de maíz crudo a maíz cocido dejado en remojo a las tres distintas concentraciones de cal y cenizas, se puede observar que está directamente relacionado con la absorción de agua, que fue mayor en la nixtamalización con cal que con cenizas; por no haber mucha diferencia entre el rendimiento de las tres concentraciones de un mismo tratamiento, se eligió continuar trabajando con una concentración de cal y de cenizas de 0.8% sobre el peso del maíz, para así evitar estar sobre alguno de los límites de concentración estudiados.

3. MASA Y TORTILLAS

3.1 Rendimiento de maíz crudo a masa y de masa a tortilla

Tabla No. 3 Rendimiento de maíz crudo a mas y de masa a tortilla

Tratamiento concentración cal o cenizas respecto peso maíz	Porcentaje rendimiento maíz crudo a masa en base húmeda	Porcentaje rendimiento maíz crudo a masa en base seca	Porcentaje rendimiento masa a tortilla en base húmeda	Porcentaje rendimiento masa a tortilla en base seca
0.8 % cal	177.48 ± 32.41	80.50 ± 14.70	80.06 ± 0.55	101.19 ± 0.70
0.8% cenizas	207.27 ± 5.09	84.29 ± 2.07	83.24 ± 0.06	101.49 ± 0.07
t calculado	1.28	0.36	5.75	0.43
Grados de libert	2	1	1	1
t teórico	4.3027	12.7062	12.7062	12.7062

Al obtener el rendimiento de maíz crudo a masa, en base húmeda, se observó que es mayor el rendimiento del maíz nixtamalizado con cenizas que el del nixtamalizado con cal, esto está directamente relacionado con el contenido de humedad encontrada en la masa, ya que se agregó agua en mayor proporción al maíz cocido con cenizas a la hora de la molienda, para

obtener una textura adecuada en la masa; el rendimiento en base seca de maíz crudo a masa fue mayor el del tratamiento con cenizas; debido a que el grano de maíz perdió menor cantidad de pericarpio que con el tratamiento con cal, además de perderse parte del grano en el molino.

Para el rendimiento en base húmeda de masa a tortilla se determinó que es mayor el presentado por el tratamiento con cenizas que del tratamiento con cal; esto es debido a que la humedad retenida por las tortillas de maíz nixtamalizado con cenizas fue mayor que el retenido por las tortillas de maíz nixtamalizado con cal. Al evaluar el rendimiento en base seca de masa a tortilla se observó que en ambos casos fue alrededor de 100%; ya que en el proceso de elaboración de tortillas a partir de la masa no hay otro tipo de pérdida más que la del agua.

En todos los casos al aplicar el test de student el t calculado es menor que el teórico; por lo tanto no existe diferencia significativa entre el rendimiento de maíz crudo a masa y de masa a tortillas al comparar el tratamiento con cal y con cenizas.

4. ANÁLISIS PROXIMAL

Tabla No. 4 Cambio en el contenido de macronutrientes durante la nixtamalización del maíz, g/100g en base seca

	Humedad	Proteínas	Lípidos	Fibra cruda	Cenizas	Carbohidratos
Maíz crudo	11.50 ± 0.06	9.36 ± 0.14	4.41 ± 0.16	2.62 ± 0.19	1.28 ± 0.05	82.33
Masa nixt. cal	59.86 ± 0.23	9.25 ± 0.03	4.06 ± 0.06	2.50 ± 0.08	1.30 ± 0.03	82.89
Masa nixt. cenizas	64.01 ± 0.34	9.22 ± 0.03	3.33 ± 0.15	2.18 ± 0.14	1.37 ± 0.17	83.94
Tortilla nixt. cal	49.27 ± 0.96	9.19 ± 0.10	2.67 ± 0.07	2.69 ± 0.06	1.32 ± 0.03	83.88
Tortilla nixt. Cenizas	51.06 ± 0.29	9.11 ± 0.25	2.24 ± 0.01	2.28 ± 0.04	1.38 ± 0.01	84.91

El proceso de cocción alcalina del maíz para convertirlo en tortilla, produce cambios físicos y químicos sobre éste; esto es debido a la temperatura, la cantidad de agua agregada, el pH de la solución, el ingreso de minerales al grano, el tiempo de remojo, entre otros. Los cambios ocurridos se deben en gran parte a la pérdida de partes del grano durante el proceso y a la destrucción o transformación química de los elementos nutritivos.

Al evaluar los cambios en la composición química del maíz a masa y a tortilla, se pudo observar lo siguiente:

4.1 Humedad. Al determinar la humedad del maíz crudo y el cambio que sufrió al realizar la masa, se observó un incremento en la misma; esto debido a que durante el proceso de cocción el agua se agrega en proporción de 4:1 respecto del maíz, agua que como anteriormente se indicó es absorbida por el grano durante la cocción y el remojo; además al momento de moler se agrega agua para poder realizar el proceso y así obtener la masa con la consistencia deseada.

La masa de maíz nixtamalizado con cenizas tiene una mayor humedad que la del maíz nixtamalizado con cal; esto debido a que para obtener la textura necesaria para tortear, la masa con cenizas requirió mayor cantidad de agua que el de cal; ya que al no perder en igual proporción parte del grano durante la nixtamalización, la masa de cenizas era de consistencia más dura que la de cal; otro factor que puede haber influido en el agua contenida por las masas es la cantidad de lípidos encontradas en ellas, al ser menor la cantidad encontrada en la masa con cenizas, la distribución del agua en la masa pudo ser más homogénea que en la masa de maíz nixtamalizado con cal.

Al evaluar el contenido de humedad en las tortillas, se observa que existe una menor diferencia que entre las masas; esto debido a que los dos tipos de tortillas fueron puestos en el comal hasta lograr la cocción y consistencia necesaria; por esto la humedad se redujo. Las tortillas de maíz nixtamalizado con cenizas tenían mayor humedad que las nixtamalizadas con cal; esto es directamente proporcional con sus masas, el hecho de lograr retener mayor humedad las de ceniza puede ir relacionado con los elementos nutritivos encontrados en esta, como los lípidos y los minerales absorbidos.

4.2 Proteínas. El contenido de proteínas de maíz crudo a masa y de masa a tortillas disminuye tanto para el maíz nixtamalizado con cal como con cenizas; esto es debido a que en ambos parte del pericarpio fue removido; esta parte del grano contiene alrededor del 3.7% de las proteínas del mismo; además como se puede observar en la tabla No. 7a del anexo A los líquidos

de cocción tanto del maíz nixtamalizado con cal como con cenizas, contenían una pequeña cantidad de proteínas que se solubilizaron en la solución.

Otros factores que afectan y provocan la disminución en el contenido de proteínas, son el calor aplicado, el pH de la solución, el esfuerzo mecánico sufrido durante la molienda y torteado, así como la formación de sales, todo lo anterior contribuye en la desnaturalización de las proteínas y por lo tanto causa cambios en la solubilidad de las mismas y en las propiedades físicas del producto final.

4.3 Lípidos. Al determinar el contenido de lípidos en la masa y en las tortillas, se observa una disminución de los mismos con la aplicación del proceso de nixtamalización con cal y con cenizas; siendo el decremento de la nixtamalización con cenizas en mayor intensidad que el de cal; esto es debido a que los minerales contenidos en las cenizas de los troncos de madera de caulote y cenícero saponifican los lípidos; especialmente el potasio que se encuentra en mayor proporción en las cenizas que en la cal.

Las sustancias alcalinas de las cenizas promueven la hidrólisis de los enlaces éster en las grasas, razón por la cual el contenido de estas disminuye al formar sales con los minerales contenidos en las cenizas; es importante notar que el calor y la presencia de agua necesarios para la saponificación son factores presentes tanto en la nixtamalización como en la elaboración de tortillas.

Un factor que también incide en la disminución de los lípidos es la pérdida del pericarpio durante la nixtamalización, ya que este contiene alrededor del 1% de los lípidos total del grano.

4.4 Fibra cruda. Los resultados obtenidos en la determinación de fibra cruda, demuestran que el contenido de la misma disminuye tanto en la masa de maíz nixtamalizada con cal como con cenizas; esto es debido a que el efecto alcalino de las soluciones de cal y de cenizas provocan la pérdida de parte del pericarpio, parte del grano que contiene el 86.7% de la fibra cruda del mismo, que es desprendida por la cocción y eliminada por medio del lavado.

El incremento en el contenido de fibra cruda de masa a tortilla se presentó tanto para el maíz nixtamalizado con cal como con cenizas; este fenómeno no se ha estudiado en tortillas, pero se atribuye a la reacción de dorado que ha sido estudiada para productos de trigo horneado.

4.5 Cenizas. El contenido de cenizas encontrado en la masa y en la tortilla de maíz nixtamalizado con cal y con cenizas incrementó en ambos casos respecto del encontrado en el maíz crudo; esto es debido a que tanto la cal como las cenizas utilizadas en la cocción tienen un alto contenido de minerales, que en cierta proporción son absorbidos por el grano.

4.6 Carbohidratos. En cuanto a los resultados obtenidos en el contenido de carbohidratos, se observa un incremento tanto en la masa como en las tortillas de maíz nixtamalizado con cal y con cenizas; resultado que fue calculado por diferencia; para poder tener un mayor conocimiento sobre estos, sería conveniente en futuras aplicaciones evaluar el comportamiento del almidón, azúcares simples, entre otros; sin embargo la teoría indica que la textura de la tortilla está ligada a la función de los gránulos de almidón que ayudan a formar la red estructural básica de la tortilla.

Los elementos nutritivos en los que ocurre una disminución tras el proceso de nixtamalización, son en parte debidos a la debilitación de las paredes celulares del grano, pericarpio, capa aleurona, la piloriza y parte del germen, partes que contienen una cantidad de los elementos nutritivos del grano.

5. PRUEBAS FÍSICAS REALIZADAS A MASA Y TORTILLAS

5.1 Pruebas realizadas en texturómetro

Tabla No. 5 Pruebas realizadas a masa y tortillas en texturómetro

Tratamiento	Dureza de la masa (g)	Pegajosidad de la masa (g)	Dureza de la tortilla (g)	Extensibilidad biaxial de la tortilla (g)
0.8 % cal	150.00 ± 6.44	12.38 ± 1.25	1000.00 ± 138.79	645.00 ± 104.76
0.8% cenizas	240.12 ± 4.77	12.14 ± 1.51	1240.00 ± 176.92	461.54 ± 32.64

Las pruebas realizadas en el texturómetro dieron por resultado la fuerza necesaria para realizar la acción estudiada ya fuera sobre la masa o sobre la tortilla.

Al analizar la dureza de la masa, la fuerza requerida para penetrar la masa de maíz nixtamalizado con cenizas fue 37.5% mayor que la necesaria para la masa de maíz nixtamalizada con cal; esto demuestra que la primera es más dura, lo que puede deberse a que el maíz nixtamalizado con cenizas perdió menor cantidad de pericarpio durante la nixtamalización, parte del grano que es dura y que al encontrarse en la masa le imparte dureza a

la misma. La anterior explicación se adjudica también a la dureza encontrada en la tortilla, ya que la tortilla nixtamalizada con cenizas necesitó mayor fuerza de compresión para penetrar por medio de una cuchilla una profundidad de 2 mm en la misma, siendo la fuerza requerida 19.35% mayor que la necesaria para la tortilla de maíz nixtamalizado con cal.

Par la pegajosidad de las masas, se observa que no hay diferencia significativa entre la nixtamalizada con cal y con cenizas; esto es debido a que el contenido de agua entre ambas era similar, y que el proceso de molienda fue realizado en el mismo molino, por lo que el tamaño de partícula debió ser similar.

Al tomar como referencia la opinión dada por las tortilleras, que indicaron que la consistencia de la masa era igual a lo considerado normal bajo su experiencia, y que eran ambas masas fáciles de tortear por no pegarse en las manos.

Además agregaron que esta facilidad de manejo se veía influenciada por el tiempo de cocción y remojo adecuado.

Los comentarios reflejan lo que teóricamente indicaría que se logró forma una red adecuada por la gelatinización del almidón que junto con proteínas y lípidos imparten la textura adecuada a la masa.

Al evaluar la extensibilidad biaxial de las tortillas de maíz nixtamalizado con cal y con cenizas, se observó que la elasticidad de la tortilla con cal es mayor que la de cenizas, este resultado se ve corroborado en la prueba de rolabilidad de la tortilla, siendo mejor la de la tortilla con cal, es decir logra extenderse más al ser enrollada que la tortilla con cenizas.

Si bien la desviación estándar entre los datos es amplia, y se debe al que la textura de la tortilla es no homogénea es importante notar que siempre fue mayor la extensibilidad de las tortillas con cal que las de cenizas.

5.2 Pruebas de color realizadas en colorímetro de Hunter

Tabla no. 6 Datos obtenidos en colorímetro para masas y tortillas.

Tratamiento	Luminosidad	"a"+ rojo a – verde	"b"+ amarillo a – azul
Masa nixt. con cal	74.09 ± 0.83	-0.90 ± 0.13	10.13 ± 0.17
Masa nixt. cenizas	71.87 ± 0.13	-0.72 ± 0.05	12.76 ± 0.16
Tortilla nixt. con cal	72.95 ± 0.61	0.01 ± 0.18	13.74 ± 0.56
Tortilla nixt. cenizas	74.41 ± 0.85	0.39 ± 0.32	17.15 ± 0.45

Al evaluar el color en el colorímetro de Hunter para las masas y las tortillas de maíz nixtamalizado con cal y cenizas, se pudo observar lo siguiente:

Las cuatro muestras se encuentran con un dato de luminosidad o brillantes (L), arriba de 70, esto indica que estas se tornan arriba de un 70% cercanas a ser blancas; las diferencias de luminosidad entre las dos masas se debe al contenido de las partes del grano de maíz presente en las mismas; mientras que en las tortillas puede deberse a que el tiempo que estas permanecieron en el comal, provocó que ciertas zonas se tornaran más oscuras por la cocción, zonas que pueden haber estado en el campo de lectura del colorímetro, razón por la que la tortilla de maíz nixtamalizada con cal tiene menos luminosidad que la nixtamalizada con cenizas.

Referente al color reflejado los datos de "a", que es la diferencia entre la luz reflejada por las muestras en la zona de rojo a verde, en donde valores negativos indican tonalidades verdes y valores positivos tonalidades rojas, se observó que ninguna de las cuatro muestras reflejan una gran cantidad de luz en esta zona, por lo tanto el color apreciable por el ojo humano no es hacia tonalidades rojas o verdes.

Al analizar los valores de "b" que es la diferencia entre la luz reflejada por la muestra en la zona de amarillo a azul, donde los valores negativos definen tonalidades azules y los positivos tonalidades amarillas, se puede determinar que las muestras evaluadas son percibidas por el ojo humano en tonalidades amarillas.

La masa de maíz nixtamalizada con cenizas tiene tonalidades que indican que es percibida como más amarilla que la del maíz nixtamalizado con cal, esto es debido a que la cal destruyó en mayor proporción parte del grano de maíz, que fue removido por el lavado, por esta razón la masa de cenizas tiene distintos componentes que la masa de cal, factor que junto con el pH de las soluciones de cocción, que ocasiona reacciones o destrucción de los pigmentos, que provocan que el color entre ellas sea distinto.

Las tortillas guardan la misma relación que sus respectivas masas, únicamente siendo la tonalidad amarilla más observable que en las masas, esto debido a la concentración de los pigmentos por la disminución de la humedad.

5.3 Características funcionales de la masa y las tortillas

Tabla No. 7 Análisis cualitativo de las características funcionales de la tortilla al ser torteada.

Tratamiento	Consistencia de la masa al tortear	Formación de bolsa al estar en el comal	Apariencia de las tortillas	Forma de la orilla
0.8 % cal	No pegajosa, normal	Alguna se inflan, no todas	Normal	Como es regularmente, lisa
0.8% cenizas	No pegajosa, normal	Alguna se inflan, no todas	Normal en forma, difiere en color, mas amarilla	Como es regularmente, lisa

Al momento de tortear las características físicas de la masa y de las tortillas, evaluadas cualitativamente por tres tortilleras mostraron que las tortillas de maíz nixtamalizado con cal y con cenizas, presentan como única diferencia el color de las tortillas, identificando como más amarilla la tortilla del maíz nixtamalizado con cenizas; esto es debido a lo discutido anteriormente.

El hecho de que algunas de las tortillas tanto de la masa con cal como con cenizas hayan formado bolsa es un indicador de la buena cocción del grano; siendo además que los dos tipos de tortillas tengan orilla lisa indicador de que las masas respectivas son de buena calidad en cuanto al contenido de humedad y grado de cocción del maíz; estos dos aspectos los relacionaron las tortilleras al hecho de ser masas fáciles de tortear y no pegajosas.

5.4 Caracterización física de la tortilla y capacidad de enrollarse.

Tabla No. 8 diámetro, peso promedio y capacidad de enrollarse de las tortillas

Tratamiento	Diámetro (cm)	Peso promedio (g)	Rolabilidad
0.8 % cal	9.67 ± 0.21	29.52 ± 0.08	2
0.8% cenizas	9.73 ± 0.12	29.20 ± 1.50	3

La caracterización física de la tortilla incluida en la tabla anterior demuestra que la tortilla elaborada con maíz nixtamalizado con cal era más pequeña y pesada que la del maíz nixtamalizado con cenizas; sin embargo no se encuentra una diferencia significativa entre estas.

El peso de las tortillas con cal tiene una menor desviación estándar, esto puede deberse al usual manejo de este tipo de masa por las tortilleras, y a una pequeña dificultad en el manejo de la masa de maíz nixtamalizado con cenizas, por lo cual elaboraron tortillas menos uniformes en cuanto al grosor y por lo tanto peso.

Al evaluar la facilidad de enrollamiento o roabilidad, se observó que la tortilla de maíz nixtamalizado con cal presenta signos de rajadura pero no de rompimiento, es decir presentan una capacidad para enrollarse aceptable, lo que se ve influenciado por el grosor y contenido de humedad adecuados; Sin embargo según la escala de evaluación encontrada en la metodología, las tortillas de maíz nixtamalizado con cenizas presentan signos de rajaduras y rompimiento en una cara, esto se relaciona con que este tipo de tortilla es menos extensible que la de cal; a pesar de esto el resultado obtenido también es aceptable puesto que la tortilla no se rompe y tiene la capacidad de ser enrollada.

5.5 Pérdida de humedad de la tortilla en el tiempo

Tabla No. 9 porcentaje de pérdida de humedad cada 90 minutos en tortillas

Tratamiento	Porcentaje humedad inicial tortilla	Porcentaje humedad perdido 90 min	Porcentaje humedad perdido 90 min a 180 min	Porcentaje humedad perdido 180 min a 270 min	Porcentaje humedad perdido 270 min a 360 min	Porcentaje humedad perdido 360 min a 450 min	Total Porcentaje humedad perdido en 450 min
0.8 % cal	49.02	3.87	3.11	3.21	3.32	2.86	16.37
0.8% cenizas	51.01	3.33	2.53	2.95	2.92	2.38	14.10

La pérdida de la humedad en el tiempo, reflejó que las tortillas de maíz nixtamalizadas con cal pierden mayor contenido de humedad durante todo el proceso de los 450 minutos evaluados luego de la elaboración; esto es debido a que por la textura de las tortillas con cenizas, que es más dura, forma una capa protectora sobre la misma que junto con los minerales contenidos por la tortilla retienen más la humedad dentro de la misma.

6. ESPECTROTOMETRÍA

6.1 Concentración de minerales

Tabla No. 10 Concentración de minerales (hierro, cinc, calcio, magnesio y potasio), en cal, cenizas, maíz crudo, maíz cocido, maíz cocido y remojado, masa y tortillas.

SOLUCIÓN	Fe mg/100g	Zn mg/100g	Ca mg/100g	Mg mg/100g	K mg/100g
cal	57.09 ± 4.75	11.11±1.81	21560.52±2463.92	1270.32±9.47	556.19±376.76
cenizas	820.50±79.85	167.05±6.49	15418.85±287.14	2571.53±101.16	4648.27±75.26
maíz crudo	2.94±0.43	3.28±1.52	14.92±4.70	81.36±20.49	238.84±31.93
maíz cocido cal	1.64±0.14	2.47±0.06	64.10±3.61	80.96±15.58	180.34±53.25
maíz remojado cal	2.59±1.10	2.34±0.13	42.85±9.48	73.26±9.80	162.06±16.60
masa cal	1.99±0.07	2.85±0.07	37.10±2.86	78.23±1.54	152.01±1.59
tortillas cal	2.24±0.22	3.06±0.13	37.25±2.45	94.36±14.63	127.41±70.98
maíz cocido ceniza	1.89±0.14	2.23±0.07	38.35±22.85	88.83±0.80	301.64±100.03
maíz remojado cenizas	1.71±0.19	2.32±0.14	20.23±0.20	81.77±3.52	223.36±8.61
masa cenizas	3.18±0.75	3.45±0.33	26.27±3.91	76.69±1.93	152.56±0.15
tortillas cenizas	2.46±0.28	3.71±1.06	26.42±0.17	81.40±4.84	166.31±12.92

En el análisis espectroscópico realizado en cal y cenizas de troncos de madera caulote y cenicero, se pudo observar que el contenido de los minerales analizados entre estos dos compuestos difiere gran cantidad; las cenizas tienen 14.37 veces el contenido de hierro que la cal, 15.04 veces el de cinc, el doble de magnesio y 8.36 veces el de potasio; siendo el único mineral que se encuentra en mayor proporción en la cal que en las cenizas, el calcio, el que está 1.40 veces más en la cal.

6.1.1 Calcio. El contenido de calcio tanto para la nixtamalización con cal como con cenizas, es mayor en el maíz cocido que en el maíz cocido dejado en remojo por 14 horas; esto se debe a que el maíz cocido no fue lavado para eliminar el calcio localizado en la superficie del grano, calcio que no había aún sido absorbido; mientras que en el maíz dejado en remojo, la determinación de calcio si se hizo luego de haber lavado 3 veces los granos de maíz, razón por la cual el calcio no absorbido fue eliminado; la contenido de calcio incrementó en un 429 % y 257% para el maíz cocido con cal y con cenizas y en 287% y 135% para el maíz cocido dejado en remojo con cal y con cenizas respectivamente; obteniendo así en ambos casos maíz con un aumento significativo en el contenido de calcio respecto del maíz crudo.

El contenido de calcio en las tortillas nixtamalizadas con cal es el 70.92% del contenido por las tortillas nixtamalizadas con cal.

Lo anterior demuestra que las personas que consumieran tortillas de maíz nixtamalizado con cenizas, obtendrían de esta una buena fuente de calcio, ya que el requerimiento diario para un adulto es de alrededor de 1000 mg.

Al analizar el contenido de calcio en la masa y las tortillas del maíz nixtamalizado con cal y con cenizas, se observa que no hay diferencia significativa entre el contenido de calcio en masa y tortilla de un mismo tratamiento; sin embargo el contenido de calcio de la masa y tortilla nixtamalizada con cal es 29.20 y 29.08 % mayor que el de la masa y la tortilla del maíz nixtamalizado con cenizas.

Para poder analizar la influencia de las cenizas sobre el poder alimenticio de las tortillas como fuente barata de calcio, sería conveniente en futuras ocasiones hacer un análisis de la biodisponibilidad del calcio, tanto en las tortillas de maíz nixtamalizado con cal como con cenizas.

6.1.2 Cinc y Magnesio. El efecto del proceso de nixtamalización sobre el contenido de magnesio y cinc, se puede observar lo siguiente:

En la nixtamalización con cal, el cinc disminuye de maíz crudo a tortilla, mientras que en la nixtamalización con cenizas aumenta en un 12.98%, esto es debido a que el contenido de cinc en la cal es tan solo el 6.65% del contenido del mismo en las cenizas; por lo tanto se observa que el contenido de cinc no es significativamente afectado por el proceso de nixtamalización realizado.

En cuanto al comportamiento del contenido de magnesio, se observa que el contenido del mineral incrementó en un 3.26 % de maíz crudo a tortillas de maíz nixtamalizadas con cal, y en un 0.05% de maíz crudo a tortillas de maíz nixtamalizadas con cenizas; esto demuestra que ninguno de los dos procesos afectó significativamente el contenido de magnesio.

6.1.3 Hierro y potasio. El efecto de la nixtamalización con cal y con cenizas sobre el contenido de hierro de maíz crudo a tortilla, demuestra un decremento en el contenido del mismo; es decir el grano no absorbe hierro, ni de la pequeña concentración encontrada en la solución de cal ni de la un poco más concentrada en ésta solución de cenizas; por lo tanto se concluye que el hierro se perdió durante el proceso de nixtamalización al ser afectado por el

proceso de cocción alcalina, la temperatura, la remoción de partes del grano, el lavado, entre otras.

En cuanto al contenido de potasio, éste sigue el mismo comportamiento que el hierro, ya que disminuyó tanto para la nixtamalización con cal como con cenizas; a pesar de tener la solución de cenizas un considerable contenido del mineral, éste no fue absorbido por el grano.

7. ANÁLISIS BIOLÓGICO

Tabla No. 11 Resultados análisis biológico

TRATAMIENTO	Cambio de peso	proteína ingerida	NPR	Porcentaje sobre NPR caseína
Dieta libre nitrógeno	-8.63±2.07	0.26±0.03		
Dieta alta caseína	72.50±8.77	21.24±2.46	3.82±0.13	
Maíz crudo	18.13±5.22	8.36±0.59	3.20±0.15	83.74
Tortillas nixt. cal	17.13±2.30	8.93±0.71	2.88±0.20	75.54
Tortillas nixt. cenizas	18.38±4.24	10.11±1.19	2.67±0.10	69.91

Los resultados obtenidos en el análisis biológico demuestran que la calidad proteica de las tortillas es menor que la del maíz crudo; resultado que era de esperarse; ya que con el proceso de cocción alcalina parte del pericarpio fue removido; esta parte del grano contiene alrededor del 3.7% de las proteínas del mismo; por aparte la cocción alcalina altera los patrones de solubilidad de las proteínas de maíz; razón por la cual parte de las proteínas del mismo se solubilizaron tanto en la solución de cal como de cenizas; además el proceso de cocción, el de molienda y torteado; incrementan la cantidad de proteínas inestables; el calor, el pH el esfuerzo mecánico sufrido por el maíz durante el proceso de nixtamalización y torteada contribuyen a la desnaturalización de las proteínas y, por lo tanto, a la disminución tanto del contenido como de la calidad de éstas.

El método de razón proteica neta (NPR), utilizado para determinar el valor nutritivo, es medir la tasa de crecimiento de animales jóvenes alimentados con la dieta sometida a prueba, siendo en este caso el maíz crudo, las tortillas nixtamalizadas con cal y las tortillas nixtamalizadas con cenizas, las que se relacionaron con la ganancia de peso, la cantidad de proteína consumida y tomando como grupo control el alimentado con una dieta libre de

proteína; siendo el grupo tomado para comparar con proteína patrón el grupo alimentado con dieta alta en caseína.

Al realizar test de strudent para evaluar la existencia de diferencia significativa entre la calidad proteica de las tortillas nixtamalizadas con cal y las nixtamalizadas con cenizas respecto de la del maíz crudo; la diferencia encontrada fue significativa; esto debido a lo discutido anteriormente; al evaluar la diferencia entre las tortillas nixtamalizadas con cal y las nixtamalizadas con cenizas; se obtuvo una diferencia significativa; por lo tanto a pesar de tener mayor ganancia de peso y un mayor contenido de proteína en la dieta de tortilla nixtamalizada con cenizas; la calidad proteica de esta es menor que la de las tortillas nixtamalizadas con cal; por lo tanto en futuras aplicaciones sería conveniente evaluar el contenido de aminoácidos contenidos en las dietas.

De igual manera las diferencias respecto al contenido de proteína respecto de la dieta de la proteína patrón caseína, todas fueron significativas; por lo tanto es recomendable el consumo y evaluación de dietas mixtas debido al fenómeno de complementación/suplementación entre proteínas distintas; para así tener una dieta alta en proteínas.

8. EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial se realizó a 20 personas, entregándole de primero las muestras para la realización del test triangular, y al finalizar las muestras para el test de perfil de calidad.

8.1 Test Triangular

Tabla No. 12 Chi cuadrado, aciertos y errores de los jueces en la evaluación por medio del test triangular.

PANELISTAS	ACIERTOS	ERRORES	Chi-cuadrado
20	11	9	3.3

Para la realización del test triangular, se entregaron tres muestras a cada panelista, dos iguales y una distinta; pidiéndole anotara los códigos y encerrara en un círculo el de la muestra que era diferente; al aplicarle la prueba de Chi-cuadrado para un nivel de significancia del 5%,

dio por resultado que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, que indica que las tortillas nixtamalizadas con cal no difieren de tortillas nixtamalizadas con cenizas; siendo las diferencias señaladas frutos del azar.

Es decir los panelistas no pudieron apreciar diferencia entre las tortillas de maíz nixtamalizadas con cal y con cenizas.

8.2 Test de perfil de calidad

Tabla No. 13 Aspectos evaluados con el test de perfil de calidad.

	color		aroma		apariencia		textura manual		textura morder		sabor		part. residuales		text. P. residuales	
	cal	cenizas	cal	cenizas	cal	cenizas	cal	cenizas	cal	cenizas	cal	cenizas	cal	cenizas	cal	cenizas
Promedio	2.9	6.0	3.8	5.9	4.1	4.6	3.7	3.2	3.6	4.9	3.6	5.5	3.6	3.9	4.3	5.1
Dev. est.	1.65	2.00	2.04	1.68	2.30	1.94	2.15	2.16	1.96	1.90	1.67	1.94	2.13	2.27	2.34	2.46

La aplicación del test de perfil de calidad de tortillas de maíz nixtamalizadas con cal y con cenizas, fue a las mismas 20 personas a quienes se les aplicó el test triangular; dándoles en esta ocasión una muestra de tortilla con cal y una de cenizas; sin indicarles cuál era la diferencia.

Evaluaron el color en escala de blanco a amarillo, ubicando a la tortilla con cenizas alrededor del doble que la de cal en la escala hacia amarillo, este resultado indica que a pesar de no haber sido determinada por el colorímetro una diferencia tan grande en cuanto al color en las tortillas; el ojo humano si la consideró mucho más amarilla que la tortilla con cal.

En cuanto al aroma evaluado de poco a alto, fue mayor el de la tortilla con cenizas; esta puede estar ligado a la costumbre en cuanto al olor de la tortilla con cal y el desconocimiento del aroma de las tortillas con cenizas.

Al evaluar la apariencia de sin manchas a manchada, la textura manual de flexible a rígida y la cantidad de partículas residuales de ninguna a muchas; los panelistas no detectaron diferencias significativas entre la tortilla con cal y con cenizas; esto puede deberse a la inexperiencia de los mismos respecto ya sea la evaluación sensorial o las tortillas.

Al evaluar la textura al morder, detectaron como más dura la tortilla de maíz nixtamalizado con cenizas, resultado que coincide con el dato proporcionado por el texturómetro, en el cual la fuerza necesaria para cortar la tortilla fue mayor la requerida por la de cenizas.

En el aspecto del sabor evaluado de desabrido a fuerte, detectaron como más fuerte el sabor de las tortillas nixtamalizadas con cenizas; esto debido a la presencia de minerales como el hierro, cinc y potasio en mayor concentración que en la tortilla comúnmente consumida.

Finalmente al evaluar la textura de las partículas residuales de lisas a granulosas, los panelistas consideraron más granulosas las de la tortilla con ceniza, esto pudo deberse a la presencia minerales, de partes del grano como el pericarpio; o bien a la menor cantidad de lípidos contenida por la tortilla.

Para ubicar las diferencias es recomendable observar el grafico de araña ubicado en el anexo C.

Debido a las desviaciones estándar un poco elevadas obtenidas en el test de perfil y al azar obtenido en el test triangular, se recomienda en futuras evaluaciones, realizarlas con un panel entrenado.

X. CONCLUSIONES

1. El compuesto, cal o cenizas, utilizado en la nixtamalización del maíz produce cambios sobre características químicas y físicas de la tortilla.
2. El cambio en contenido de los componentes químicos durante el proceso de nixtamalización con cal o con cenizas guarda el mismo comportamiento pero en distinta proporción; debido principalmente a la composición química de la cal y las cenizas; las cuales provocan por su alcalinidad una pérdida de pericarpio, que unido al proceso de cocción, el esfuerzo mecánico y las reacciones químicas entre sus componentes hacen que el contenido de proteínas disminuya.
3. Las diferencias entre las características físicas evaluadas como la dureza de la masa, color y rolabilidad son el resultado de la capacidad de la cal y las cenizas para desprender el pericarpio; capacidad conferida por el pH de las mismas en solución; obteniendo mayor desprendimiento del mismo en la nixtamalización con cal; razón por la cual la masa y las tortillas nixtamalizadas con cenizas son más duras, amarillas y con presencia de rompimiento en una cara al momento de enrollar.
4. El rendimiento obtenido en el nixtamal está directamente relacionado con la capacidad de absorción de agua, que fue mayor en la nixtamalización con cal que con cenizas, debido a que el pH de las soluciones de cal era más alcalino que el de las de cenizas; razón por la cual se desprendió mayor cantidad de pericarpio y se obtuvo una mayor facilidad de absorción de agua; sin embargo el rendimiento de las tortillas de maíz nixtamalizado con cenizas fue mayor que el de las tortillas nixtamalizadas con cal; esto debido a que la composición química de las tortillas nixtamalizadas con cenizas, permitieron una mayor retención de humedad.
5. El test triangular realizado, demuestra que no hay evidencia suficiente para rechazar que las tortillas nixtamalizadas con cal no difieren de las tortillas nixtamalizadas con cenizas.
6. La aplicación del test de perfil de calidad determinó que existen diferencias significativas entre las tortillas nixtamalizadas con cal o con cenizas en los aspectos de color, aroma, textura al morder, sabor y textura de partículas residuales
7. La calidad proteica de las dietas de maíz crudo, tortillas nixtamalizadas con cal y tortillas nixtamalizadas con cenizas son significativamente distintas

XI. RECOMENDACIONES

1. Investigar las diferencias físicas, químicas y sensoriales de tortillas hechas con maíz nixtamalizado con cal o con cenizas, al tener como constante el pH de las soluciones, en lugar de la concentración de cal o cenizas.
2. Realizar un análisis del contenido de minerales a cenizas de madera de distintos árboles, con el fin de evaluar si existen diferencias significativas que pudieran producir tortillas distintas de las obtenidas con la nixtamalización con cenizas de caulote y cenicero.
3. Hacer un estudio de mayor profundidad sobre el contenido de carbohidratos en la masa y tortillas; por ejemplo evaluar el comportamiento del almidón durante la nixtamalización.
4. Realizar la evaluación sensorial con un panel entrenado; para determinar si existe o no diferencia sensorial significativa entre las tortillas de maíz nixtamalizadas con cal o con cenizas.
5. Evaluar el comportamiento de la dureza de las tortillas en el tiempo; así como también un estudio del tiempo de vida de las mismas bajo condiciones controladas.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Bressani, R. 1972. *La importancia del maíz en la nutrición humana en América Latina y Otros países*. Publicación INCAP L-3 Mejoramiento Nutricional del Maíz. Unidad de Ayudas Audiovisuales, INCAP. 5-28
- Bressani, R, 1990 a. *Chemestry, technology an nutritive value of Maite tortillas*. *Food Reviews International*. 225-264
- Bressani, R. 1990 b. *El proceso de nixtamalización*. Avances en Alimentación nutrición. 6-8
- Bressani, *et al.* 1997. *Fortification of Corn Masa Flour vith Iron and/ ir other Nutrients*. U.S. Agency for Internacional Development. Washington D.C.
- Desrosier, N.W. 1990. *Elementos de Tecnología de Alimentos*. Editorial Continental, S.A. México. 155-161
- Inglett, G. 1970. *Corn Cultura, Processing Products*. AVI Publissing Co. INc. USA 369 pp
- Pellett P. & Young V. 1980. *Evaluación nutricional de alimentos proteínicos*. Edic. Universidad de las naciones unidas. P 47.
- Rooney, L.W. 1993. *Tortillas y alimentos tipo botana de maíz Nixtamalizado*. Soyanoicias Oct-Dic: 1-8
- Saldana g., H: Brown. 1984. *Nutritional Composition of corn and fluor tortillas*. *Food Science*.49: 1202-1204
- Serna Saldivar *et.al.* 1990. *Advances in Cereal Search & Technologie*. 4 ed. Pumeranz, N.Y. vol 10:243-307
- Watson,K. *et. al.* 1991. *Com Chemistry and technology*. Am.Ass. Of Cereal Chemestry. Segunda edición. UDSA.605pp

REFERENCIAS DE INTERNET

- Recopilado de internet en febrero del 2005:
<http://benenson.byu.edu/Publication/RELAN/V14/V144/Aceptabilidad.htm>
- Recopilado de internet en febrero del 2005:
http://www.cosude.org.ni/gestcon/Postcosecha/01-cap_tec/publicaciones/01-est-cer-leg/main.htm

- Recopilado de internet en febrero del 2005:
<http://www.demahsa.com/search.htm><http://www.demahsa.com/search.htm>
- Recopilado de internet en abril del 2005:
http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/T0395S/T0395S06.htm
- Recopilado de internet en mayo del 2005
<http://www.flacso.edu.gt/sap/sap1/DOCSAP/DOCSA/GUATE/SANINF3.doc>
- Recopilado de internet en febrero del 2005:
<http://www.gimsa.com/html/historia-nix-or.htm>
- Recopilado de internet en febrero del 2005:
<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp>
- Recopilado de internet en marzo del 2005:
<http://www.monografias.com/trabajos16/maiz-harina/maiz-harina.shtml#TEST>

XIII. ANEXOS

ANEXO A
TABLAS DE DATOS CALCULADOS

Tabla No. 1a Caracterización física del maíz

Dato	Peso de 1000 granos (g)	Densidad (g/ml)	% flotadores
1	252.53	1.25	10
2	261.78	1.18	6
3	264.55	1.11	6
Promedio	259.62	1.18	7.33
Desv. Estándar	6.30	0.07	2.31

Tabla No. 2a Obtención de humedad para el maíz luego de la cocción para los distintos tratamientos

Tratamiento	Porcentaje de humedad			Promedio humedad	Desviación estándar
0.4 % cal	43.0	45.0	49.2	45.7	3.2
0.8 % cal	45.7	46.0	45.8	45.8	0.2
1.2% cal	46.0	45.2	47.1	46.1	0.9
0.4% cenizas	43.7	45.1	45.5	44.8	0.9
0.8 % cenizas	47.6	43.5	46.4	45.8	2.1
1.2% cenizas	42.7	44.2	42.9	43.3	0.8

Tabla No. 3a Obtención de humedad para el maíz luego del remojo para los distintos tratamientos

Tratamiento	Porcentaje de humedad			Promedio humedad	Desviación estándar
0.4 % cal	49.9	50.6	50.0	50.2	0.4
0.8 % cal	50.8	48.4	53.7	51.0	2.7
1.2% cal	51.0	49.2	51.9	50.7	1.4
0.4% cenizas	42.1	46.0	45.6	44.6	2.2
0.8 % cenizas	46.3	48.1	45.3	46.6	1.4
1.2% cenizas	46.4	45.7	45.7	45.9	0.4

Tabla No. 4a Rendimiento de maíz crudo a maíz cocido para los distintos tratamientos

Tratamiento	Rendimiento base seca	Rendimiento base húmeda
0.4 % cal	101.31	139.46
0.8 % cal	102.93	143.95
1.2% cal	101.17	140.50

Continúa Tabla No. 4a

Tratamiento	Rendimiento base seca	Rendimiento base húmeda
0.4% cenizas	102.61	127.91
0.8 % cenizas	99.94	128.34
1.2% cenizas	100.15	129.28

Tabla No. 5a Rendimiento maíz crudo a masa y masa a tortilla, para el tratamiento de 0.8 % de concentración de cal y de cenizas elegido.

Cal		
Dato	Rendimiento maíz crudo a masa	Rendimiento masa a tortilla
1	142.13	74.25
2	205.80	79.67
3	184.50	80.45
Promedio	177.48	80.06
Desv. Estándar	32.41	0.55
Cenizas		
Dato	Rendimiento maíz crudo a masa	Rendimiento masa a tortilla
1	212.45	65.12
2	202.28	83.28
3	207.08	83.20
Promedio	207.27	83.24
Desv. Estándar	5.09	0.06

Los datos en color más pálido fueron eliminados, por estar muy desviados.

Tabla No. 6a análisis proximal para maíz crudo, masa y tortillas del tratamiento elegido de 0.8 % de concentración de cal o ceniza

Tratamiento	Humedad					
	Repeticiones				Promedio	Desviación estándar
	1	2	3	4		
Maíz crudo	11.56	11.51	11.43		11.50	0.06
Masa cal	59.88	59.61	60.08		59.86	0.23
Masa cenizas	63.67	64.35	64.01		64.01	0.34
Tortilla cal	50.43	49.66	48.44	48.53	49.27	0.96
Tortilla cenizas	50.84	51.01	51.48	50.91	51.06	0.29

Continúa Tabla No. 6a

Tratamiento	Proteínas					
	Repeticiones				Promedio	Desviación estándar
	1	2	3	4		
Maíz crudo	9.24	9.51	9.33		9.36	0.14
Masa cal	9.28	9.23	9.63		9.25	0.03
Masa cenizas	9.20	9.24	8.91		9.22	0.03
Tortilla cal	9.11	9.26	5.05		9.19	0.10
Tortilla cenizas	9.29	8.93	8.91		9.11	0.25
Tratamiento	grasas					
	Repeticiones				Promedio	Desviación estándar
	1	2	3	4		
Maíz crudo	4.30	4.52			4.41	0.16
Masa cal	4.11	4.02			4.06	0.06
Masa cenizas	3.22	3.44			3.33	0.15
Tortilla cal	2.62	2.73			2.67	0.07
Tortilla cenizas	2.24	2.23			2.24	0.01
Tratamiento	Fibra cruda					
	Repeticiones				Promedio	Desviación estándar
	1	2	3	4		
Maíz crudo	2.49	2.84	2.53		2.62	0.19
Masa cal	1.94	2.56	2.44		2.50	0.08
Masa cenizas	1.88	2.08	2.27		2.18	0.14
Tortilla cal	2.76	2.64	2.68		2.69	0.06
Tortilla cenizas	2.18	2.43	2.23		2.28	0.04
Tratamiento	Cenizas					
	Repeticiones				Promedio	Desviación estándar
	1	2	3	4		
Maíz crudo	1.24	1.46	1.31		1.28	0.05
Masa cal	1.29	1.28	1.33		1.30	0.03
Masa cenizas	1.57	1.28	1.26		1.37	0.17
Tortilla cal	1.29	1.31	1.34		1.32	0.03
Tortilla cenizas	1.39	1.37	1.38		1.38	0.01

Los datos en color más pálido fueron eliminados, por estar muy desviados.

Tabla No. 7a contenido de proteínas en soluciones de cocción para el tratamiento elegido de 0.8 % de concentración de cal o cenizas

Solución	Porcentaje de proteína			Promedio Porcentaje proteína	Desviación Estándar
con cal	0.00	0.10		0.05	0.07
con cenizas	0.08	0.08	0.08	0.08	0.00

Tabla No. 8a Sólidos disueltos soluciones de cocción para el tratamiento elegido de 0.8 % de concentración de cal o cenizas

Solución	Porcentaje sólidos disueltos					Promedio porcentaje proteína	Desviación Estándar
con cal	2.70	2.72	2.18	2.13	2.18	2.38	0.30
con cenizas	0.91	0.90	1.01	1.00	1.00	0.97	0.06

Tabla No.9a caracterización física de la tortilla

Dato	Tortilla con cal			Tortilla con cenizas		
	diámetro	peso	Rolabilidad	diámetro	peso	Rolabilidad
1	9.60	29.45	2	9.80	29.20	3
2	9.50	29.60	2	9.80	30.70	3
3	9.90	29.50	2	9.60	27.70	3
Promedio	9.67	29.52	2.00	9.73	29.20	3.00
Desv. Estándar	0.21	0.08	0.00	0.12	1.50	0.00

Tabla No.10a datos obtenidos en el análisis de las propiedades físicas de la masa y de las tortillas en el texturómetro

Cal				
Dato	Dureza de la masa (g)	Pegajosidad de la masa (g)	Dureza de la tortilla (g)	Extensibilidad biaxial de la tortilla (g)
1	157.14	11.07	928.00	735.00
2	144.64	12.50	912.00	670.00
3	148.21	13.57	1160.00	530.00
Promedio	150.00	12.38	1000.00	645.00
Desv. Estándar	6.44	1.25	138.79	104.76

Continua Tabla No. 10 a

Cenizas				
Dato	Dureza de la masa (g)	Pegajosidad de la masa (g)	Dureza de la tortilla (g)	Extensibilidad biaxial de la tortilla (g)
1	236.26	11.07	1430.00	438.46
2	238.64	13.21	1210.00	484.62
3	245.45		1080.00	
Promedio	240.12	12.14	1240.00	461.54
Desv. Estándar	4.77	1.51	176.92	32.64

Tabla No. 11a datos de L, a y b, reportados por el colorímetro de Hunter

Dato	Masa cenizas			Tortillas cenizas		
	L	a	b	L	a	b
1	71.75	-0.67	12.88	74.5	0.13	17.24
2	72.01	-0.77	12.57	73.52	0.75	17.55
3	71.84	-0.71	12.82	75.21	0.28	16.66
Promedio	71.87	-0.72	12.76	74.41	0.39	17.15
Desv. Estándar	0.13	0.05	0.16	0.85	0.32	0.45
Dato	Masa cal			Tortillas cal		
	L	a	b	L	a	b
1	73.19	-0.87	10	73.13	-0.08	13.46
2	74.24	-1.04	10.08	73.44	-0.11	13.37
3	74.83	-0.79	10.32	72.27	0.21	14.38
Promedio	74.09	-0.90	10.13	72.95	0.01	13.74
Desv. Estándar	0.83	0.13	0.17	0.61	0.18	0.56

Tabla No. 12a Concentración de minerales (hierro, cinc, calcio, magnesio y potasio), en cal, cenizas, maíz crudo, maíz cocido, maíz cocido y remojado, masa y tortillas.

SOLUCIÓN	Fe mg/100g	Zn mg/100g	Ca mg/100g	Mg mg/100g	K mg/100g
cal	57.09 ± 4.75	11.11±1.81	21560.52±2463.92	1270.32±9.47	556.19±376.76
cenizas	820.50±79.85	167.05±6.49	15418.85±287.14	2571.53±101.16	4648.27±75.26
maíz crudo	2.94±0.43	3.28±1.52	14.92±4.70	81.36±20.49	238.84±31.93
maíz cocido cal	1.64±0.14	2.47±0.06	64.10±3.61	80.96±15.58	180.34±53.25
maíz remojado cal	2.59±1.10	2.34±0.13	42.85±9.48	73.26±9.80	162.06±16.60
masa cal	1.99±0.07	2.85±0.07	37.10±2.86	78.23±1.54	152.01±1.59
tortillas cal	2.24±0.22	3.06±0.13	37.25±2.45	94.36±14.63	127.41±70.98
maíz cocido ceniza	1.89±0.14	2.23±0.07	38.35±22.85	88.83±0.80	301.64±100.03
maíz remojado cenizas	1.71±0.19	2.32±0.14	20.23±0.20	81.77±3.52	223.36±8.61
masa cenizas	3.18±0.75	3.45±0.33	26.27±3.91	76.69±1.93	152.56±0.15
tortillas cenizas	2.46±0.28	3.71±1.06	26.42±0.17	81.40±4.84	166.31±12.92

Tabla No. 13a Tabulación de resultados para test de perfil de calidad

	color		aroma		apariencia		textura manual		textura morder		sabor		Part. Residuales		Text. P. residules	
	Cal	cenizas	cal	cenizas	cal	cenizas	cal	cenizas	cal	cenizas	cal	cenizas	cal	cenizas	cal	cenizas
1	1.0	9	4.2	6.6	9.2	1.9	6.5	0.5	1.3	7.0	2.2	6.1	2.2	6.9	3.2	9.7
2	2.4	6.5	2.1	6.0	2.8	6.7	4.3	1.4	5.8	1.4	5.2	1.4	1.3	6.5	1.9	5.5
3	2.1	7.4	4.5	6.8	2.1	3.4	5.2	1.5	3.1	7.7	3.4	6.8	7.2	2.4	6.1	3.3
4	2.1	5.6	4.3	4.9	4.9	5.5	2.5	6.2	3.6	4.6	5.1	2.5	3.0	6.2	5.3	3.5
5	1.2	3.7	3.0	4.5	5.5	3.3	1.6	3.5	5.1	3.6	3.4	5.4	3.0	5.5	2.7	5.7
6	3.5	5.1	7.0	4.3	7.4	1.8	0.9	1.2	1.7	2.0	2.0	6.4	3.1	1.5	1.1	3.8
7	2.0	5.9	1.9	6.2	0.9	7.7	5.4	6.4	2.0	4.6	4.6	6.5	2.0	3.5	3.2	5.5
8	6.5	0.6	1.0	9.2	6.5	0.7	0.6	6.8	1.1	5.0	0.8	2.0	0.6	0.9	0.8	2.3
9	4.7	5.9	3.0	6.2	7.0	2.8	2.0	2.0	6.5	7.3	6.6	2.5	4.9	5.8	6.5	7.3
10	1.9	6.9	5.5	4.0	2.6	6.7	2.3	7.0	2.0	5.5	1.5	5.8	6.4	2.0	4.9	7.2
11	2.8	6.9	2.2	7.5	3.6	6.0	5.4	2.5	6.0	3.5	4.0	6.2	3.5	5.2	4.0	5.9
12	6.3	8.1	1.5	6.6	1.0	7.1	8.0	2.2	6.2	3.1	3.1	7.4	4.1	5.7	3.0	8.2
13	1.6	2	3.4	3.4	2.6	5.3	6.0	3.3	3.1	5.6	2.5	4.4	5.5	7.6	7.4	4.1
14	2.5	6.6	8.5	6.4	6.0	3.4	6.5	2.3	6.0	7.7	4.3	7.2	0.2	0.9	0.1	0.2
15	4.5	6.2	5.5	3.3	4.3	4.3	2.5	5.7	3.7	6.0	5.1	5.1	1.5	1.5	6.1	6.1
16	1.5	8.4	6.3	6.3	2.0	3.7	1.5	1.5	1.2	2.6	6.6	7.1	5.5	6.0	7.1	7.7
17	2.3	7.2	0.8	7.5	3.9	6.3	4.6	5.3	6.0	4.5	1.1	6.7	6.1	2.2	6.5	2.4
18	1.9	6.5	4.5	5.7	2.6	5.8	2.0	2.2	2.5	6.6	2.5	6.7	1.6	1.9	2.2	6.2
19	5.3	6.2	3.5	9.0	5.5	4.0	4.5	1.7	4.2	6.2	4.5	8.0	6.8	4.6	7.2	6.0
20	2.2	6.2	3.0	4.0	1.9	4.6	2.5	1.2	1.2	3.1	3.3	6.3	3.1	1.7	6.2	1.0
Promedio	2.9	6.0	3.8	5.9	4.1	4.6	3.7	3.2	3.6	4.9	3.6	5.5	3.6	3.9	4.3	5.1
Desv. est	1.6535	2.0075	2.04045	1.6826	2.3068	1.9416	2.1525	2.1606	1.9656	1.9045	1.6761	1.9426	2.1331	2.2711	2.34	2.4661

Tabla No. 14 a Resultados análisis biológico

Grupo	Peso inicial 14/9	Peso 21/9	cambio peso	Peso 28/9	Cambio de peso	Cambio total de peso	AI 21/9			AI 28/9			Total alimento ingerido	Porcentaje proteína
							Alimento dado (g)	Alimento sobrante(g)	Alimento ingerido(g)	Alimento dado (g)	Alimento sobrante(g)	Alimento ingerido(g)		
Maíz crudo 7.63% proteína														
1	50	56	6	63	7	13	100	54	46	120	64	56	102	7.78
2	48	60	12	72	12	24	100	47	53	120	61	59	112	8.55
3	48	52	4	60	8	12	100	58	42	120	68	52	94	7.17
4	46	56	10	71	15	25	100	52	48	120	57	63	111	8.47
5	50	56	6	72	16	22	100	52	48	120	51	69	117	8.93
6	48	55	7	62	7	14	100	50	50	120	56	64	114	8.70
7	46	56	10	61	5	15	100	49	51	120	57	63	114	8.70
8	44	56	12	64	8	20	100	55	45	120	52	68	113	8.62
PROMEDIO						18.13								8.36
DESV. EST.						5.22								0.59
Grupo	Peso inicial 14/9	Peso 21/9	cambio peso	Peso 28/9	Cambio de peso	Cambio total de peso	Alimento dado (g)	Alimento sobrante(g)	Alimento ingerido(g)	Alimento dado (g)	Alimento sobrante(g)	Alimento ingerido(g)	Total alimento ingerido	Porcentaje proteína
Tortillas cal 8.96 % proteína														
1	50	54	4	64	10	14	100	53	47	120	71	49	96	8.60
2	48	57	9	68	11	20	100	50	50	120	65	55	105	9.41
3	48	56	8	65	9	17	100	56	44	120	74	46	90	8.06
4	46	54	8	61	7	15	100	58	42	120	75	45	87	7.80
5	50	61	11	66	5	16	100	48	52	120	67	53	105	9.41
6	48	55	7	68	13	20	100	52	48	120	59	61	109	9.77
7	46	54	8	62	8	16	100	52	48	120	68	52	100	8.96
8	44	53	9	63	10	19	100	50	50	120	65	55	105	9.41
PROMEDIO						17.13								8.93
DESV. EST.						2.30								0.71
Grupo	Peso inicial 14/9	Peso 21/9	cambio peso	Peso 28/9	Cambio de peso	Cambio total de peso	Alimento dado (g)	Alimento sobrante(g)	Alimento ingerido(g)	Alimento dado (g)	Alimento sobrante(g)	Alimento ingerido(g)	Total alimento ingerido	Porcentaje proteína
Tortillas ceniza 9.03 % proteína														
1	50	54	4	63	9	13	100	57	43	120	67	53	96	8.67
2	50	59	9	69	10	19	100	46	54	120	55	65	119	10.75
3	48	56	8	65	9	17	100	54	46	120	63	57	103	9.30
4	46	55	9	67	12	21	100	49	51	120	50	70	121	10.93

Continúa Tabla No. 14 a

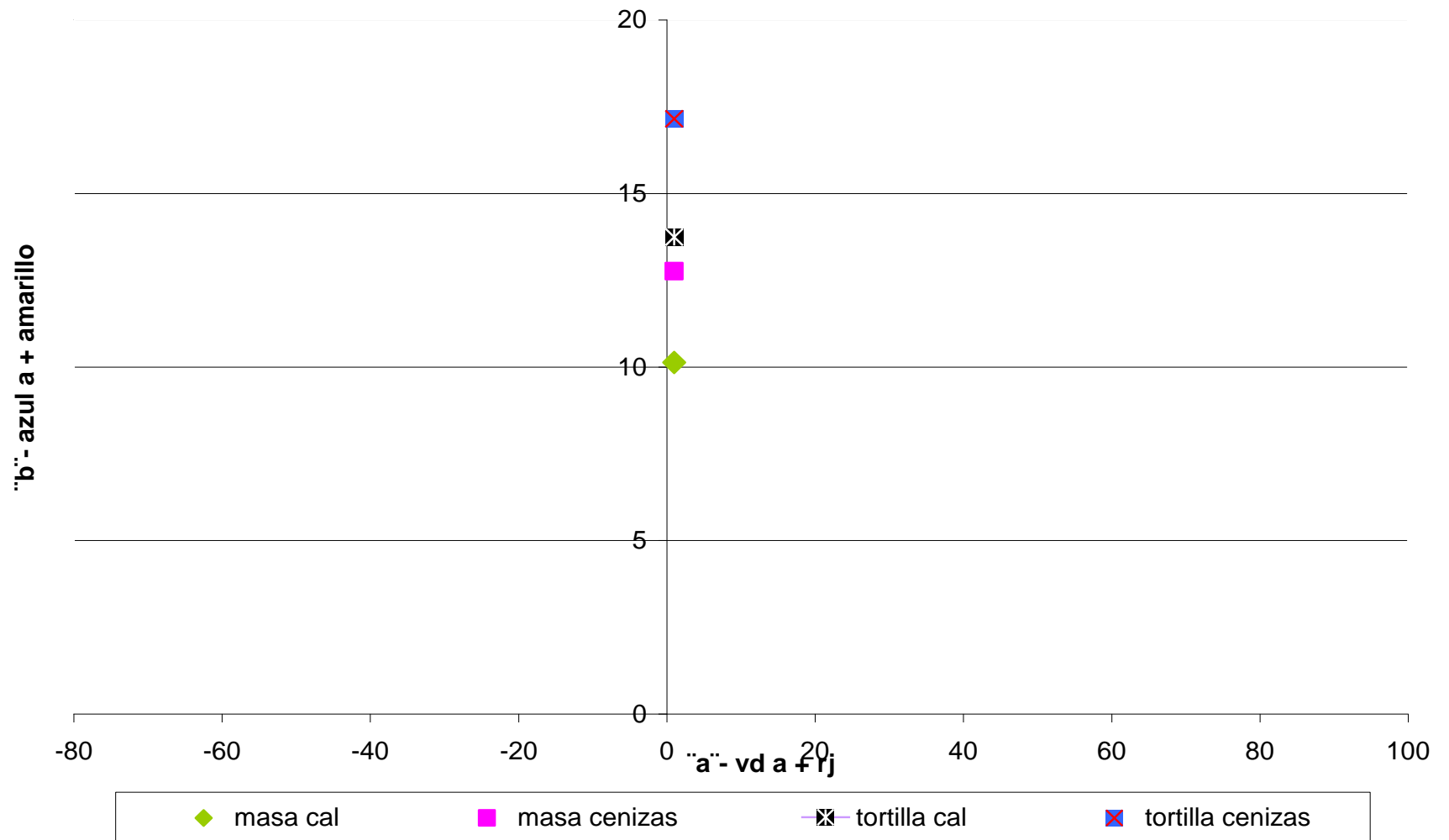
Grupo	Peso inicial 14/9	Peso 21/9	cambio peso	Peso 28/9	Cambio de peso	Cambio total de peso	Alimento dado (g)	Alimento sobrante(g)	Alimento ingerido(g)	Alimento dado (g)	Alimento sobrante(g)	Alimento ingerido(g)	Total alimento ingerido	Porcentaje proteína
5	50	58	8	65	7	15	100	51	49	120	64	56	105	9.48
6	48	56	8	65	9	17	100	54	46	120	65	55	101	9.12
7	46	60	14	73	13	27	100	36	64	120	48	72	136	12.28
8	44	54	10	62	8	18	100	47	53	120	58	62	115	10.38
PROMEDIO						18.38								10.11
DESV. EST.						4.24								1.19
Grupo	Peso inicial 14/9	Peso 21/9	cambio peso	Peso 28/9	Cambio de peso	Cambio total de peso	Alimento dado (g)	Alimento sobrante(g)	Alimento ingerido(g)	Alimento dado (g)	Alimento sobrante(g)	Alimento ingerido(g)	Total alimento ingerido	Porcentaje proteína
caseína 11.68 % proteína														
1	50	84	34	125	41	75	100	10	90	150	29	121	211	24.64
2	50	86	36	134	48	84	100	21	79	150	29	121	200	23.36
3	48	57	9	108	51	60	100	53	47	150	46	104	151	17.64
4	46	77	31	124	47	78	100	31	69	150	39	111	180	21.02
5	50	90	40	131	41	81	100	14	86	150	35	115	201	23.48
6	48	80	32	118	38	70	100	28	72	150	51	99	171	19.97
7	46	83	37	117	34	71	100	21	79	150	48	102	181	21.14
8	46	75	29	107	32	61	100	29	71	150	61	89	160	18.69
PROMEDIO						72.50								21.24
DESV. EST.						8.77								2.46
Grupo	Peso inicial 14/9	Peso 21/9	cambio peso	Peso 28/9	Cambio de peso	Cambio total de peso Libre Nitrogeno	Alimento dado (g)	Alimento sobrante(g)	Alimento ingerido(g)	Alimento dado (g)	Alimento sobrante(g)	Alimento ingerido(g)	Total alimento ingerido	Porcentaje proteína
Libre Nitrogeno 0.349 % proteína														
1	50	42	-8	40	-2	-10	100	63	37	100	58	42	79	0.28
2	50	44	-6	42	-2	-8	100	62	38	100	72	28	66	0.23
3	46	42	-4	40	-2	-6	100	59	41	100	60	40	81	0.28
4	46	43	-3	40	-3	-6	100	52	48	100	73	27	75	0.26
5	50	45	-5	42	-3	-8	100	53	47	100	54	46	93	0.32
6	50	41	-9	38	-3	-12	100	65	35	100	70	30	65	0.23
7	46	39	-7	36	-3	-10	100	66	34	100	68	32	66	0.23
8	46	40	-6	37	-3	-9	100	60	40	100	62	38	78	0.27
PROMEDIO						-8.63								0.26
DESV. EST.						2.07								0.03

Tabla No. 15 a Resultados NPR

TRATAMIENTO	Cambio de peso	Desviación estándar	proteína ingerida	Desviación estándar	NPR	Desviación estándar	% sobre NPR caseína
Dieta libre nitrógeno	-8.63	2.07	0.26	0.03			
Dieta alta caseína	72.50	8.77	21.24	2.46	3.82	0.13	
Maíz crudo	18.13	5.22	8.36	0.59	3.20	0.15	83.74
Tortillas nixt. cal	17.13	2.30	8.93	0.71	2.88	0.20	75.54
Tortillas nixt. cenizas	18.38	4.24	10.11	1.19	2.67	0.10	69.91

ANEXO B
GRÁFICA
COLORÍMETRO

Gráfica de color para masa y tortilla de maíz nixtamalizado con cal y con cenizas



ANEXO C
EVALUACION SENSORIAL
TEST TRIANGULAR Y
TEST DE PERFIL DE CALIDAD
PARA TORTILLAS

TEST TRIANGULAR PARA TORTILLAS

Tipo: Diferencia

Nombre: _____

Método: Triangular

Fecha: _____

Producto: Tortilla

Hora: _____

Sírvase degustar cada una de las tres muestras que se presentan. Hay dos muestras idénticas y una diferente. Por favor, anote los números de las muestras en las líneas de abajo, y encierre en un círculo la que considere diferente. Señale en qué consiste la diferencia.

Muestras número

TEST DE PERFIL DE CALIDAD PARA TORTILLAS

Tipo: De perfiles **Nombre:** _____
Método: Perfil de calidad **Fecha:** _____
Producto: Tortilla **Hora:** _____

Instrucciones: Sírvase observar y luego degustar las muestras entregadas. Señale la intensidad de su percepción con una línea vertical sobre la línea horizontal correspondiente a cada inciso. Anote sobre ella el número de la muestra que representa.

1) Fase inicial: Características percibidas antes de degustar.

- a) Color _____
 Blanco _____ Amarillo
- b) Aroma _____
 Poco _____ Mucho
- c) Apariencia _____
 Sin manchas _____ Con manchas
- d) Textura manual _____
 Flexible _____ Rígida

2) Fase masticatoria: Características percibidas al degustar.

- a) Textura al morder _____
 Suave _____ Dura
- b) Sabor _____
 Desabrido _____ Sabor fuerte

3) Fase residual: Sensaciones que permanecen una vez degustado el alimento.

- a) Partículas residuales _____
 Ninguna _____ Muchas
- b) Textura partículas residuales _____
 Lisa _____ Gránulos

Gráfico de araña para Evaluación de Prueba de Perfil de Calidad en Tortillas nixtamalizadas con cal y con cenizas

