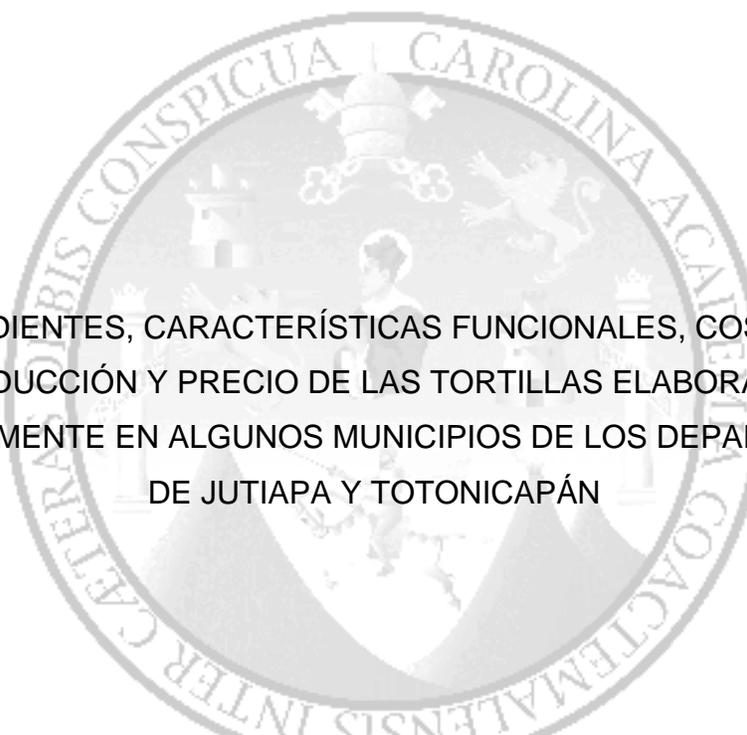


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



INGREDIENTES, CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES, COSTO DE
PRODUCCIÓN Y PRECIO DE LAS TORTILLAS ELABORADAS
ARTESANALMENTE EN ALGUNOS MUNICIPIOS DE LOS DEPARTAMENTOS
DE JUTIAPA Y TONICAPÁN

Informe de Tesis

Presentado por

Astrid Eunice Aldana Paiz

Para optar al título de

Nutricionista

Guatemala, agosto de 2005

TABLA DE CONTENIDOS

Contenido	No. Página
I. Resumen	2
II. Introducción	4
III. Antecedentes	5
A. Maíz	5
B. Nixtamalización	9
C. Harinas de Maíz Nixtamalizado	15
D. Tortilla	19
IV. Justificación	23
V. Objetivos	24
VI. Materiales y Métodos	25
VII. Resultados	31
VIII. Discusión de Resultados	41
IX. Conclusiones	46
X. Recomendaciones	47
XI. Referencias	48
XII. Anexos	51

I. RESUMEN

El maíz, en forma de tortilla, es uno de los alimentos de mayor consumo en Guatemala, su proceso de elaboración y los ingredientes utilizados para el mismo varían por regiones, por lo que se propuso este estudio con el propósito de determinar el tipo y calidad de ingredientes utilizados como materia prima en la elaboración de tortillas para la venta y autoconsumo, y las características funcionales que esta presenta en los departamentos de Totonicapán y Jutiapa.

Se recolectaron muestras de maíz, cal, masa y tortillas en cuatro municipios seleccionados al azar de Totonicapán y Jutiapa, incluyendo las cabeceras departamentales, adicionalmente se realizó una entrevista para determinar el costo de producción y precio de venta de las tortillas en el municipio de estudio. Se determinaron algunas características físicas en los granos de maíz, la calidad de la cal y el rendimiento de la masa. Se evaluó la calidad de la tortilla como producto final, por medio del índice de roabilidad.

Los ingredientes utilizados para la elaboración artesanal de la tortilla en el departamento de Totonicapán son maíz amarillo, blanco y negro, y cal, en el departamento de Jutiapa son maíz blanco y cal.

Los parámetros que se utilizaron para determinar la calidad del grano fueron el tamaño, dureza y porcentaje de pericarpio. El maíz amarillo de Totonicapán presentó mayor tamaño y mayor porcentaje de endospermo, el maíz blanco de Jutiapa fue grano mas duro. El maíz blanco de Jutiapa presentó los granos de menor tamaño, mayor dureza, alto porcentaje de pericarpio y menor porcentaje de endospermo. El maíz blanco de Totonicapán presentó un tamaño de grano y composición anatómica similar al de Jutiapa, pero menor dureza; el maíz negro de Totonicapán es de mayor tamaño, menor porcentaje de pericarpio, elevado porcentaje de endospermo y un menor grado de dureza; el maíz amarillo de Totonicapán presentó el mayor tamaño de todas las muestras estudiadas, alto porcentaje de endospermo y bajo porcentaje de pericarpio, con un grado de dureza similar al maíz blanco. Las muestras de cal presentaron un bajo contenido de materia orgánica, lo que significa buena calidad.

Las muestras de masa, presentaron características similares de Índice de absorción de agua e Índice de sólidos solubles. Las tortillas de mejor calidad fueron las elaboradas a partir de maíz blanco en Totonicapán y Jutiapa.

El costo de producción y precio de venta de las tortillas está influenciado por factores como el uso de diferentes fuentes de combustible, y el movimiento comercial del municipio, y no por la calidad de los ingredientes o del producto final.

II. INTRODUCCIÓN

El maíz ha sido y continúa siendo el cereal básico en la alimentación de grandes sectores de la población rural y urbana de varios países mesoamericanos, especialmente de Guatemala.

La forma de consumo más frecuente es como tortilla, lo cual representa 59% del consumo de calorías y 45% del consumo de proteína por día. La elaboración de la tortilla requiere del proceso de “nixtamalización” de los granos de maíz, molienda para obtener masa, torteado para dar forma y posterior cocción en una plancha o comal caliente. Para preparar tortillas se puede utilizar cualquiera de las variedades de maíz disponibles en el mercado en Guatemala y, por medio de la experiencia popular, las personas han llegado a determinar las adaptaciones de tiempo de cocción y concentración de cal para cada variedad de maíz.

Por otro lado, la harina de maíz nixtamalizada, es también utilizada en la preparación de tortillas, debido a las ventajas que presenta en cuanto a un menor esfuerzo y uso de energía en la elaboración de la masa para hacer tortillas.

Cualquier materia prima y proceso de elaboración que se aplique, no debe alterar las características de calidad de la tortilla que son reconocidas por la población y determinan su aceptabilidad.

Con base a lo anterior, se plantea el presente estudio con el objetivo de determinar el tipo y calidad de ingredientes utilizados como materia prima en la elaboración de tortillas para la venta y autoconsumo, y las características funcionales que esta presenta.

III. ANTECEDENTES

A. Maíz

Dentro de la familia de las gramíneas, el maíz se asigna a la tribu Maydeas, formada por ocho géneros. La especie *Zea mays L.* es la que comprende todas las variedades cultivadas de maíz, de las cuales los principales tipos son: “Dentado”, *Zea mays L. indentata* y “Duro”, *Zea mays L. indurata*; ya que tienen mayor importancia como alimento humano. El maíz “Duro” o cristalino posee un grano consistente, mientras que el “Dentado” tiene una mayor proporción de endospermo blando y harinoso (11).

La región comprendida entre México y Guatemala es reportada como la región que posee la mayor diversidad de maíz a nivel mundial (2,26).

1. Cultivo del maíz

El maíz se cultiva extensamente en Guatemala en pequeñas parcelas para autoconsumo (19). La variedad HB-83 es la que se siembra en la mayor extensión y es la de mayor uso en nixtamalización (6).

Actualmente el maíz es un cultivo mundial. El mayor productor mundial de maíz es Estados Unidos, que origina casi la mitad de la totalidad del maíz producido en todo el mundo. La producción de maíz ha aumentado a un ritmo entre 3 y 7% anual en la última década, pero el porcentaje que se utiliza para alimentación humana es cada vez menor, en relación al volumen total de producción (7).

Actualmente se dispone de tecnologías para aumentar el rendimiento en la producción de maíz. Laird (13) concluye que la densidad de siembra es un factor de gran importancia para formar el grano. Lo ideal es sembrar el menor número de plantas por unidad de área (13). El número de granos, peso del grano y número de mazorcas por planta son determinantes en el rendimiento final del grano por planta. El peso del grano, está determinado por dos factores principales e independientes: el primero está relacionado con el desarrollo de la mazorca y su capacidad para producir un número

determinado de granos y el otro por el potencial genético del grano de desarrollar su peso individual promedio. El número de granos por mazorca a su vez está determinado por el número de hileras y de granos en cada hilera. También influirá el número de mazorcas por planta en el potencial de número de granos por planta (22).

Los granos de maíz cultivados en suelos de poca fertilidad son un 26% más pequeños que los cultivados en parcelas fertilizadas, y el embrión ocupa un 17% menos del grano, además de presentar valores de fósforo, grasa y proteína, inferiores a lo normal. La riqueza de nutrientes, principalmente el contenido de proteína, está significativamente correlacionada con la maduración, la altura de la planta, la longitud de la mazorca y el rendimiento del grano (3,12,24).

2. Estructura del grano de maíz

El maíz es un cereal de grano relativamente grande. Su semilla, como la de muchos cereales, comprende la envoltura, el endospermo y el germen. La envoltura o capa exterior del grano, es la cubierta protectora dura y fibrosa, que encierra el grano. Comprende el pericarpio, la testa y la cofia. El endospermo, que forma la mayor parte del grano contiene en su superficie una capa llamada aleurona; debajo de ésta se encuentran el endospermo córneo, que es traslúcido y duro, y el endospermo harinoso o parte interior más amilácea. El germen o embrión está situado en el extremo más bajo y a un costado del grano (11). La envoltura equivale al 5 o 6 por ciento del peso total del grano, el endospermo representa del 70 al 86 por ciento, y el germen del 7 al 22 por ciento (2,9,11).

3. Composición química general del grano

Existen diversos datos sobre la composición química del maíz, la variabilidad de estos datos es causada tanto por factores genéticos como ambientales, que influyen en la distribución ponderal y en la composición química del endospermo, germen y cáscara.

a) Carbohidratos - El almidón comprende de un 72 a 73 por ciento del peso del grano. Otros carbohidratos presentes son azúcares en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían de 1 a 3 por ciento del grano. El almidón se encuentra principalmente en el endospermo y los azúcares en el germen. (9,17).

b) Proteínas – El contenido de proteínas oscila entre el 8 y 11 por ciento del peso del grano, aproximadamente la mitad o las tres cuartas partes se encuentran en el endospermo. Si bien el germen constituye de 7-22% del peso del grano, contiene la quinta parte del total de proteínas del grano. Las proteínas del grano se encuentran en un 8% en el endospermo, y 20% en el germen, mientras que en la aleurona se encuentran aproximadamente en un 19% (9). El germen afecta la calidad y la cantidad de la proteína total del grano (11).

Las proteínas del maíz están formadas por cinco fracciones: las albúminas, las globulinas y el nitrógeno no proteico, que representan aproximadamente el 18% del total de nitrógeno; la fracción de prolamina, principalmente en forma de zeína, representa el 52%; y la glutelina presente en un 25%, cerca del 5% está constituida por nitrógeno residual (2,9,17).

En el germen se hallan presentes solo pequeñas cantidades de zeína, siendo la glutelina la principal fracción de proteína de este órgano (17).

La proteína del maíz presenta un valor biológico de 60 y tiene un PER de 1.20, el cual se considera bajo. Estos valores en la proteína del maíz, son provocados por la deficiencia de los aminoácidos esenciales lisina y triptófano (3,18).

c) Grasas – El contenido de grasas está determinado genéticamente, y representan del 3 al 18 por ciento del germen. El aceite del maíz está fundamentalmente en el germen y presenta un bajo nivel de ácidos grasos saturados como ácido palmítico y esteárico con valores medios del 11 y 2 por ciento respectivamente. Contiene niveles relativamente elevados de ácidos grasos poliinsaturados, principalmente ácido linoléico,

con un valor aproximadamente del 24%. Tiene únicamente 0.7% de ácido linolénico, por lo que es un aceite relativamente estable (9).

d) Fibra dietética – Está presente en el pericarpio y la piloriza, aunque también en las paredes celulares del endospermo y en menor medida, en las del germen. El contenido de fibra varía del 12 al 15 por ciento. El contenido de fibra dietética de los granos descascarados es evidentemente menor que el de los granos enteros. La cubierta seminal o pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87%, la que a su vez está formada por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0.1%) (9).

e) Minerales – La concentración de cenizas en el grano de maíz es aproximadamente del 1.3%. El germen contiene un valor medio del 11% y el endospermo un 1%; el germen abarca cerca del 78% de todos los minerales del grano. Los minerales que más abundan son el fósforo y el magnesio (9).

f) Vitaminas liposolubles – El grano de maíz contiene dos vitaminas solubles en grasa, provitamina A o carotenoide y vitamina E. Los carotenoides se hallan sobre todo en el maíz amarillo, presentes en el endospermo duro, estos carotenoides pueden destruirse durante el almacenamiento. La vitamina E se encuentra principalmente en el germen (2,9).

g) Vitaminas hidrosolubles – Se encuentran sobre todo en la capa de la aleurona, ocurren pérdidas considerables durante la elaboración del cereal. El grano de maíz contiene ácido nicotínico ligado, por lo que el organismo animal no lo puede asimilar; sin embargo durante la nixtamalización se libera el ácido nicotínico y aumenta la biodisponibilidad del mismo. El grano contiene ácido ascórbico, colina, ácido fólico y ácido pantoténico en concentraciones muy pequeñas (9).

4. Cambios en la composición química durante el desarrollo del grano

Durante la maduración se modifica considerablemente la composición química; disminuyen el nitrógeno, la fibra cruda y la ceniza, con respecto al peso en seco, y aumentan el almidón y el extracto etéreo.

El grano maduro contiene pequeñas cantidades de otros hidratos de carbono diferentes del almidón; el total de azúcares del grano varía entre el 1 y 3 por ciento, y la sucrosa, el elemento más importante, se halla esencialmente en el germen. En los granos en proceso de maduración hay niveles más elevados de monosacáridos, disacáridos y trisacáridos. Al terminar este proceso disminuyen los azúcares y aumenta el almidón (9).

Las cantidades de prolamina y zeína, son bajas en el maíz verde y aumentan a medida que el grano madura, y disminuyen las albúminas y globulinas. La maduración del grano también disminuye la calidad de las proteínas, lo cual se refleja en un bajo índice de eficiencia proteica (PER) (9).

B. Nixtamalización

1. Proceso de Nixtamalización

El maíz es el cereal básico en la alimentación de grandes sectores de la población urbana y rural de varios países, principalmente México y Centro América, siendo la tortilla la forma más importante y común de consumo (3,4,6). La forma de procesamiento del maíz para la elaboración de la tortilla, incluye la nixtamalización, molienda, torteado y cocción de la masa (4).

El método tradicional de procesamiento del maíz en Guatemala, consiste en cocer el maíz en una solución de hidróxido de calcio con una concentración de 0.17-0.58 por ciento, en relación al peso del maíz, con una proporción entre el grano y agua de 1:1.2, el tiempo de cocción varía de 46 a 67 minutos a una temperatura de 94°C. Después de la

cocción el grano permanece en reposo durante 12 a 14 horas, posteriormente se decanta el líquido y el maíz cocido, denominado entonces nixtamal, se lava dos o tres veces con agua para eliminar las cubiertas seminales, pilorizas, exceso de cal e impurezas del grano. El grano nixtamalizado se muele, operación que se realiza con una piedra de moler o un molino de cuchillas, agregando un poco más de agua (3,9,10).

Existen variaciones en la concentración de cal utilizada, el tiempo de cocción y la temperatura, estas variaciones se atribuyen a características particulares de las familias productoras de tortilla; si embargo, tanto el tiempo de cocción como la temperatura, están también relacionadas al tiempo de almacenamiento del grano de maíz y a la altitud a la cual el proceso se lleva a cabo; sin embargo, las mujeres del área rural, al realizar el proceso de nixtamalización, saben cómo ajustar las condiciones de cocción, basándose en el tipo de maíz que utilizan (4).

2. Cambios físicos y químicos en la Nixtamalización

La nixtamalización es un proceso que incluye agua, calor y el uso de hidróxido de calcio, estos tres factores influyen en las características físicas y químicas del maíz procesado; existen pérdidas de nutrientes que pueden deberse a la destrucción de algunos nutrientes y a la transformación de otros (4).

Según Bressani y Sinibaldi (6), las pérdidas de materia seca durante la cocción alcalina, son influenciadas por la estructura del endospermo ya que, teóricamente, tanto un grano suave como uno quebrado, da mayor porcentaje de pérdidas que un grano duro e íntegro. La base del grano que lo une a la mazorca es la piloriza, e influye en las pérdidas de materia seca durante la nixtamalización, debido a que se desprende con facilidad durante el lavado, además se pierde el pericarpio residual (4,6,9).

Las pérdidas de materia seca, dependen del procedimiento de cocción; y representan aproximadamente el 15% del peso del grano, otros factores determinantes son la dureza y el grado de limpieza de la materia prima utilizada, por lo que los valores de pérdidas se encuentran en el rango de 8.9 a 21.3 por ciento. Para el maíz blanco, las

pérdidas de materia seca son de 17.2% con una variabilidad de un 9.5 a 21.3 por ciento, comparado con el maíz amarillo, en el cual las pérdidas promedian 14.1% en un rango de 8.9 a 16.7% (4,9,10).

La conservación del germen en el proceso de nixtamalización es de mucha importancia desde el punto de vista nutricional, ya que éste representa del 7 al 22 por ciento de peso del grano, y es una fracción del grano con alto contenido de grasa y proteína, la cual es de mejor calidad y funciona como un suplemento proteínico para el endospermo del maíz (3,9,10).

Durante el proceso alcalino de cocción, para transformar el maíz en tortilla, suceden cambios importantes en la composición nutricional, como lo son la pérdida significativa de tiamina (52 a 72 por ciento), de riboflavina (28 a 54 por ciento) y de niacina (28 a 36 por ciento); así como la pérdida del 15 al 28 por ciento de caroteno (en el maíz amarillo) y el aumento en el contenido de calcio y cenizas. Estos cambios son provocados tanto por el proceso alcalino de cocción, como por el lavado del grano ya cocido. La pérdida de fibra cruda del grano, asciende aproximadamente al 46% en el maíz blanco y al 31% en el maíz amarillo, esto se debe a la pérdida de la cáscara que recubre al grano (2,3,8,9).

La absorción de cal por parte del grano, depende de características físicas y químicas del grano de maíz. El remojo del grano de maíz antes de cocinarlo, permite aumentar el contenido de calcio, aunque esta no es una práctica común en Guatemala. El contenido de calcio en la masa se ve determinado por la concentración de cal, la temperatura en la cocción y el remojo (4,9). Los cambios del contenido de otros minerales varían, y dependen posiblemente de la pureza de la cal utilizada en el proceso (9).

Desde el punto de vista nutricional, el aumento en el contenido de calcio es de mucho interés, ya que las comunidades rurales de Guatemala, generalmente no tienen acceso a otras fuentes de dicho mineral, por lo tanto la tortilla es el alimento que aporta este nutriente y no permite la aparición de síntomas de deficiencia del mismo, ya que la absorción de calcio en la tortilla es tan alta como la de la leche (2,3,8,10).

En cuanto al contenido de grasas, aunque existen pérdidas durante la nixtamalización, la composición de los lípidos del maíz no cambia (8,9).

Respecto a los cambios en la calidad de la proteína, éstos son mínimos. Existe una tendencia hacia una mejor calidad de proteína en la tortilla, ya que la solubilidad de las proteínas es diferente respecto a la del grano; la zeína es la más afectada en este proceso, ya que su solubilidad disminuye significativamente en la tortilla (3). Durante la nixtamalización se han detectado pérdidas de arginina (18.7%), histidina (11.7%), lisina (5.3%), leucina (21%), cistina (12.5%) y pequeñas pérdidas de ácido glutámico, prolina y serina, así como una pérdida importante de lisina y triptófano (9).

3. Características físicas y químicas importantes en el grano de Maíz para la nixtamalización

Aunque las operaciones que se llevan a cabo en el proceso de nixtamalización se pueden ajustar de acuerdo a la variedad del maíz, su dureza, humedad e integridad física, así como la composición química, son factores a los que cada vez se les presta mas atención, ya que influyen en las características físicas y químicas que presenta la tortilla como producto final (6).

Las características a tomar en cuenta son: el rendimiento del grano, las propiedades tecnológicas y, en los casos donde resulta posible, el valor nutritivo. Las propiedades tecnológicas incluyen la estabilidad durante el almacenamiento, la eficiencia de transformación en productos en las condiciones de elaboración dadas, rendimiento, propiedades fisicoquímicas, organolépticas y culinarias, así como la aceptabilidad por parte del consumidor (4,9).

Estudios realizados por Bressani y Sinibaldi (6) indican que el grano ideal para el proceso de nixtamalización debe tener las siguientes características: grano entero, sin fisuras ni impurezas, de color brillante, con maduración completa, sano, sin daños por

hongos o insectos, y almacenado bajo buenas condiciones de temperatura y humedad. Asimismo, el grano debe tener un porcentaje de humedad entre 10 y 12 por ciento, un endospermo duro o harinoso y un poco dentado. La densidad del grano debe ser mayor a 1.3 g/ml, debe presentar un peso por volumen de por lo menos 0.77 Kg/litro, y debe presentar un bajo porcentaje de flotadores; un porcentaje mayor a 80 indica granos suaves, de 48 a 80 por ciento, granos semiduros, de 25-48 por ciento, granos duros y un porcentaje menor a 25 indica granos muy duros. Los granos con alto contenido de proteína tienden a producir tortillas de mejor calidad. (4,5,6,8).

Las pérdidas de materia seca debidas a la cocción en agua de cal son un buen índice de la calidad del maíz para hacer tortillas; en granos quebrados se presentan mayores pérdidas que en granos enteros (4,9).

Debido a que el pericarpio o cáscara del grano se elimina con la cocción alcalina y con el lavado del nixtamal, se desea que esta fracción sea la menor posible en la estructura del grano, disminuyendo las pérdidas de sólidos durante la cocción. La forma del grano influye en la eliminación del pericarpio; ya que los granos redondos y pequeños generalmente conservan el pericarpio luego del lavado; estos granos provienen de uno de los extremos de la mazorca (6).

Los datos de peso, densidad e índice de flotadores, son indicadores de la composición del endospermo del grano, es decir de la dureza del mismo (6).

El porcentaje de agua en el nixtamal después de la cocción y remojo es de 48 a 50 por ciento; la absorción de agua va a depender de la dureza del grano, ya que granos más suaves absorben agua más rápidamente que los granos que presentan un endospermo duro (6).

La revolución en la agricultura mundial ocasionada por el desarrollo y aplicación de nuevas biotecnologías, han llevado a la realización de investigaciones y a la creación de semillas mejoradas genéticamente, que cumplen con las especificaciones del grano para el proceso de nixtamalización. Debido a la existencia de estas nuevas variedades, la selección de los cultivos de maíz adecuados para el proceso de nixtamalización es más

cuidadosa, esto ha impulsado la aceptación de semillas mejoradas por parte de agricultores, consumidores y elaboradores de alimentos (7,9).

4. Efecto de la cal en el grano de maíz

La cal utilizada generalmente en el proceso de nixtamalización a nivel del hogar, es hidróxido de calcio comercial (16). La adición de cal en el proceso de nixtamalización mantiene un pH alcalino, el cual es necesario para hidrolizar las hemicelulosas del pericarpio. El grano absorbe la cal después del agua, pero a un ritmo menor (9), dando como resultado el desprendimiento del pericarpio y el reblandecimiento del endospermo (4,10,23).

La cal debilita las paredes celulares, solubiliza la pared celular del endospermo periférico, da lugar a una hinchazón y destrucción parcial de los granos de almidón (9,23).

La cocción alcalina y el remojo provocan que los granos de maíz absorban agua y calcio, lo cual provoca la gelatinización del almidón (23). Se ha determinado que un aumento en la temperatura y tiempo de cocción, tiempo de remojo y concentración de cal producen un mayor grado de gelatinización del almidón (4).

El tratamiento alcalino del maíz, según algunos informes, destruye su factor pelagagénico, ya que el tratamiento con cal libera la niacina ligada, es decir, aumenta la disponibilidad de niacina (9).

El tratamiento de las proteínas en solución de cal da lugar a péptidos como la lisoalanina (LAL), la lantionina y la ornitina, que no son asimilables biológicamente y por lo tanto tienen consecuencias negativas en la biodisponibilidad de las proteínas. Es difícil evaluar la importancia de la formación de LAL en la fabricación de tortillas, puede que las pequeñas cantidades que se forman, no alteren el valor nutritivo ni ocasionen ningún efecto patológico (9).

La cocción del maíz en agua de cal disminuye las concentraciones de aflatoxinas producidas por el hongo *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, entre un 50 y un 75 por ciento. La reducción de micotoxinas, algunos estudios la reportan como una reducción parcial, mientras que en otros, como eliminación total (9).

Otros efectos provocados por la cocción alcalina son, mayores pérdidas de materia seca, cambios en el color, aroma, sabor y aumento en la vida de anaquel, ya que retrasa el desarrollo de la acidez (4). Si la cantidad de cal adicionada es muy grande, afecta las propiedades organolépticas del alimento (4,9). Rodríguez, et.al (23) demostraron que si el resultado esperado es una disminución en el tiempo de cocción y un producto firme, la concentración de cal adecuada es de 0.2%.

C. Harinas de Maíz Nixtamalizado

Diversos factores, como la migración del campo a la ciudad, hicieron surgir una demanda de tortillas cocinadas o precocidas (4,9). Aunque hoy en día el grano de maíz todavía se procesa a nivel del hogar, ya se hizo disponible al consumidor harinas de maíz nixtamalizadas (6). La disponibilidad de estas harinas de maíz presenta muchas ventajas como son, la conveniencia para amas de casa, un menor esfuerzo y menor uso de energía en la elaboración de tortillas, es un producto estable y es posible utilizarla como un vehículo para fortificación (4).

La producción de harinas de maíz nixtamalizado es muy importante, ya que abastece tanto la creciente industria de tortillas de fábrica y bocado derivados, como el mercado tradicional de tortillerías artesanales (7). En Guatemala, alrededor de 250 Toneladas métricas de maíz son procesadas para producir harinas de maíz nixtamalizado; el 90% de esta producción es comercializado en áreas urbanas y un 75% es utilizado para la preparación de tortillas (4).

La harina de maíz nixtamalizado para la elaboración de tortillas, es un polvo fino, seco, blanco o amarillento que tiene el olor característico de la masa de maíz. Dicha harina, al mezclarla con agua y dejar en reposo por 30 minutos, proporciona una masa adecuada para hacer tortillas, tamales, atoles y otros alimentos (6,9).

1. Proceso de Elaboración de Harinas de Maíz Nixtamalizadas

El procedimiento para la elaboración de harinas se basa en el método utilizado tradicionalmente en las zonas rurales; el maíz se selecciona según ciertos criterios como el contenido de humedad y el porcentaje de granos deteriorados. Para la industria la uniformidad de la materia prima es fundamental con respecto a la dureza, tamaño y calidad del grano, para mayor eficiencia en la transformación y menor pérdida de sólidos durante la cocción (4,6,9,16). Posterior a la compra del maíz, se realiza la fase de limpieza, donde se eliminan todas las impurezas, una vez limpio se almacena. De ahí se transporta a las instalaciones de elaboración para su cocción alcalina, tras su cocción y macerado, se lava con agua a presión o pulverización y se tritura hasta que forme una masa que se lleva a un secador y se convierte en "harina basta"; la cual está formada por partículas de diferentes tamaños, ésta se pasa por un tamiz que separa las partículas gruesas de las finas. Las partículas gruesas regresan al molino para ser trituradas otra vez y las finas, que constituyen el producto acabado, se envían a las instalaciones de empaquetado (4,9).

A nivel industrial de un promedio de 1000 kg de maíz se obtienen 840 kg de harina para tortilla; a nivel doméstico rinde en promedio 905 kg de harina para tortilla, un poco más alto que el rendimiento industrial, probablemente debido a que el maíz tiene impurezas que se descartan en el agua de lavado inicial. Asimismo, se han registrado pérdidas parciales de germen y endospermo (5).

El rendimiento industrial de la harina de maíz nixtamalizado fluctúa entre el 85 y 95 por ciento, según el tipo de maíz, la calidad de los granos y las condiciones en que se realiza el tratamiento con cal (9). La selección de ingredientes para mejorar el rendimiento en la industria se puede efectuar basándose en el comportamiento de los materiales: a) antes de la cocción, b) en el comportamiento durante la cocción, c) la calidad de las

harinas precocidas y d) en la transformación de la masa (harina húmeda) en tortilla. En cuanto al comportamiento de los materiales antes de la cocción, se podría utilizar un alto peso por 1000 granos, un porcentaje de flotadores entre 10 y 20 por ciento, alto contenido de endospermo y bajo contenido de cáscara. Para el comportamiento de los materiales durante la cocción, se tendría como característica discriminadora un corto tiempo de cocción para una humedad definida (50%) y baja pérdida de sólidos. En cuanto a la calidad de las harinas precocidas, los parámetros a seleccionar serían una alta absorción de agua y bajos sólidos solubles. Y en relación a la transformación de la masa, los parámetros a seleccionar serían la estructura de la tortilla, su funcionalidad y aceptabilidad (6).

2. Características fisicoquímicas de las harinas de maíz

La producción de harinas de maíz nixtamalizado se ha incrementado en México, algunos países de América Central y en los Estados Unidos, por lo que se ha vuelto necesario crear criterios de calidad para la elaboración de estas harinas. Algunas características a tomar en cuenta son azúcares solubles, proteína, contenido de calcio, almidón y almidón dañado, disponibilidad de lisina, absorción de agua y viscosidad (4).

Algunas de las características de funcionalidad que presentan las harinas industriales son: un porcentaje de gelatinización del almidón menor a 90, un índice de absorción de agua (WAI) entre 4.2 y 4.5, y un índice de tamaño de partícula de 84.3% (5).

Cuando la harina tiene un contenido de humedad del 10 al 12 por ciento, es estable frente a la contaminación microbiana. Si la humedad supera el 12%, la atacan con facilidad mohos y levaduras (9). Según Cortéz y Wild-Altamirano (8), los porcentajes de absorción de agua para todos los tipos de maíz al formar la masa son muy variables y van de 108 a 203%, este porcentaje varía dependiendo de la dureza del grano, tipo y variedad de maíz. El porcentaje de absorción de agua aumenta a medida que el maíz es más harinoso y con menor dureza. En un estudio realizado por Molina et.al. (16) dos diferentes harinas comerciales presentaron porcentajes de absorción de agua entre 88 y 90 (16).

Otra serie de criterios finales incluyen el color de la harina y de la tortilla y la roabilidad de la misma, estudios han determinado que las harinas que presentan tamaños de partículas uniformes, producen las tortillas más aceptables (4).

Estos criterios pueden servir de ayuda para seleccionar las variedades de maíz, métodos de procesamiento tradicionales o alternativos, métodos de almacenamiento del maíz, y otros factores que puedan influir en la calidad del producto final (4).

3. Valor Nutritivo

Molina et.al. (16) realizaron un estudio en el cual determinaron el valor nutritivo de dos harinas de maíz nixtamalizado de venta en Guatemala, y una elaborada a nivel de laboratorio, utilizando un secador de tambor, la concentración de todos los nutrientes fue similar en las harinas, excepto la concentración de calcio y el almidón dañado, que presentaron valores significativamente menores en las harinas comerciales.

En cuanto a la humedad, las harinas comerciales (A y B) mostraron un promedio de 10.4%, mientras que la harina (C) presentó 13%; las harinas A y B presentaron un promedio de 2.95% de extracto etéreo, la C presentó 3.2%, el contenido de fibra cruda fue de 1.8% y de 1.4 % para A y B, y C respectivamente, de proteína 9.5% para A y B y 10.8% para C, el contenido promedio de ceniza fue de 1.4% para las tres muestras y de calcio fue de 82.7% para A, 113.4% para B y de 154.2% para C (16).

Un estudio similar fue realizado por Cortéz y Wild-Altamirano (8) donde se comparó una harina comercial con las harinas elaboradas a partir de 18 variedades de maíz, los resultados son presentados en la Tabla No. 15 (Anexo No. 9), las muestras de la 2 a la 15 provienen de maíz harinoso, mientras que las muestras de la 16 a la 19 son de maíz más amiláceo. El contenido de humedad varía de 5.7 a 9.4%, el contenido de proteína, de 5.8 a 18.8 %, el contenido de carbohidratos varió de 70.6 a 79.5% y el de extracto etéreo de 0.9 a 5.5, los valores de calcio se encuentran en un rango de 90 a 169 mg por 100 gramos de harina.

D. Tortilla

Las tortillas es el producto plano, delgado y característicamente redondo elaborado a partir de la masa del grano de maíz nixtamalizado o de harina de maíz nixtamalizado (4).

El estudio de Rodríguez et.al. (23), describe las tortillas como productos elaborados a partir de 30 g de masa fresca, moldeada en discos y cocinadas en una plancha caliente a 290°C por 30 segundos en un lado y por 40 segundos por el otro lado, luego “volteadas” nuevamente hasta la formación de ampolla.

En el estudio de Cortéz y Wild-Altamirano (8) las tortillas se describen como productos elaborados a partir de 35 g de masa, formando un disco delgado, cocido sobre una superficie caliente durante 15 segundos formando lo que se llama derecho de la tortilla, al voltear se cocina por el reverso durante 30 segundos, nuevamente se le da la vuelta y se deja en contacto con el comal otros 15 segundos para formar la ampolla de la tortilla que indica el fin de la elaboración.

En el procedimiento descrito por Bressani (3), se indica que la porción de masa es moldeada en forma plana, se cuece aproximadamente por 5 minutos en un plato plano llamado “comal”, el cual alcanza una temperatura que varía entre 180 y 250°C.

1. Características físicas de las Tortillas

Según Bressani (4), las características físicas como el diámetro y grosor de las tortillas son determinadas por las familias productoras, sin embargo se pueden encontrar en la literatura algunos valores como los siguientes: grosor de 4 a 7 mm, diámetro de 100 a 130 mm y peso de 13 y 35 g (5).

Estudios realizados por Cortéz, Wild-Altamirano (8) y Rodríguez (23) han obtenido valores similares, grosor de 2 mm y 100 mm de diámetro.

2. Características funcionales

Según Cortéz y Wild-Altamirano (8) las características funcionales que pueden ser evaluadas en la tortilla son la plasticidad o grado de cohesión, que es la resistencia a la ruptura al someterse a un estiramiento; la suavidad, que es la resistencia de la tortilla a una presión ejercida sobre su superficie, la tesura que es la falta de asperezas en la superficie, la prueba de doblado, que es la presencia o ausencia de grietas en la superficie de la tortilla después de haber sido enrollada, la prueba de inflado, que es la medición del espacio ocupado por la ampolla formada en la última fase de elaboración de la tortilla, y prueba de sabor y olor.

En un estudio similar elaborado en Guatemala por Bressani y Sinibaldi (6), se elaboraron tortillas a partir de once variedades de maíz cultivadas en la costa suroccidental de Guatemala y se determinaron algunas características funcionales como lo fueron la rolabilidad, la formación de bolsa, estructura de la orilla y prueba de preferencia por evaluación sensorial. Las diferentes variedades evaluadas presentaron diferente comportamiento en cada prueba, sin embargo las variedades que presentaron mejores resultados en las pruebas realizadas fueron A-775, P-3086 y HS-5G.

3. Valor Nutritivo

El valor nutritivo de la tortilla está determinado por los ingredientes utilizados y el proceso aplicado para su elaboración, debido a esto, varía de un hogar a otro por las diferencias que se presentan en el proceso.

A pesar de las pérdidas que sufren diferentes fracciones del grano durante el proceso de nixtamalización, el valor nutritivo de la tortilla es superior al de cualquier otro cereal que ha sufrido un proceso de elaboración para ser consumido, ya que las pérdidas del grano se limitan al pericarpio (10).

En la Tabla de Composición de alimentos para Centroamérica se encuentra el valor nutritivo de la tortilla de maíz blanco, amarillo y negro elaboradas con cal, estos valores se presentan en la Tabla No. 16 (Anexo No. 10).

4. Consumo de la tortilla en Guatemala

En Guatemala, el consumo promedio es de 318 g/día, esto representa un 59% del consumo de calorías y un 45% del consumo de proteína. La ingesta de maíz es menor el área urbana que en el área rural, ya que el consumo en el área urbana es de 102 g/día (4). Según la ubicación geográfica, en tierras altas de Guatemala el consumo de maíz es de 423 g/día, en tierras bajas es de 369 g/día y en oriente es de 219 g/día (10).

El consumo de tortillas de maíz aumenta con la edad, ya que para niños de 1 a 2 años, el maíz provee un 27% de la ingesta de proteínas y un 33% de la ingesta de calorías, mientras que en niños de 4 a 5 años el porcentaje de proteína proveniente del maíz es de 33, y el porcentaje de calorías es de 39 (4).

La distribución intrafamiliar está relacionada con las necesidades calóricas de cada miembro, ya que el consumo de un hombre adulto es de 600 g/día, de una mujer embarazada o lactante es de 400 g/día y el de niños menores de 5 años es entre 100 y 200 g/día.

En niños de 6 meses se ha observado un consumo de tortillas de 4g/día y en niños de 11 meses, 23g/día. El consumo promedio de promedio de niños de tres años es de 226g/día, de mujeres embarazadas, de 595 g/día, mujeres lactantes 666 g/día; el consumo de estas cantidades aporta un 47% de la ingesta de calorías en niños preescolares y un 60% en mujeres embarazadas y lactantes. Además del aporte calórico, el maíz tratado con cal aporta de un 26 a un 68 por ciento del consumo diario de calcio, 22-51% de hierro, 32-62% de tiamina, 19-36% de riboflavina, 39-56% de niacina; mientras que la leche provee 16% de la ingesta diaria de calcio, las leguminosas aportan alrededor de un 25% del hierro y un 19% de proteína, las carnes proveen un 13% de la ingesta diaria de proteína (4).

En algunos países de Latinoamérica, las principales fuentes de almidón son los productos elaborados a partir de la nixtamalización del maíz, como la tortilla, éstas proveen el 70% de calorías y la mitad de la proteína de la dieta de algunas poblaciones

(23). En México, el consumo de maíz en áreas rurales provee un 70% de el consumo total de calorías, mientras que en el área urbana provee solamente un 25%.

Debido al alto consumo de tortilla en los países de América Central, esta podría ser utilizada como un vehículo de fortificación o enriquecimiento, sin embargo actualmente, el aumento en el costo de producción aumentaría, llevando a su vez un aumento en el producto final, la tortilla (16).

IV. JUSTIFICACIÓN

La nixtamalización doméstica realizada en Guatemala es un proceso no estandarizado y varía con cada productor de tortillas; se utiliza diferente materia prima, suelen agregarse nuevos ingredientes y hacer variaciones en el proceso de elaboración, dando como resultado tortillas con diferentes características físicas, funcionales y nutricionales.

Por otro lado en la actualidad se producen tortillas no sólo con el proceso de nixtamalización de maíz a nivel del hogar sino con el uso de harinas de maíz nixtamalizado como materia prima.

Por lo anterior es necesario caracterizar la materia prima utilizada y relacionarla con la calidad de las tortillas, adicionalmente determinar el costo de producción y precio, tanto de las tortillas que se usan para autoconsumo como las de venta.

V. OBJETIVOS

A. Objetivo General

Determinar los ingredientes utilizados como materia prima para la preparación de la tortilla, y las características funcionales de la misma, en dos departamentos de Guatemala.

B. Objetivos Específicos

1. Establecer la materia prima e ingredientes utilizados actualmente en la elaboración de la tortilla de maíz.
2. Determinar la calidad de los ingredientes utilizados en la elaboración de la tortilla, aplicando como parámetros el peso, dureza y composición del grano y pureza de la cal.
3. Identificar algunas características funcionales en las tortillas de maíz, como roabilidad, absorción de agua y sólidos solubles.
4. Establecer el costo de producción y el precio para la venta de la tortilla.
5. Relacionar el costo de producción con las características de calidad de las tortillas.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo

Ingredientes y tortillas elaboradas artesanalmente para la venta y autoconsumo en los departamentos de Jutiapa y Totonicapán.

B. Muestra

Tortillas elaboradas artesanalmente para la venta, adquiridas en mercados de los municipios de Totonicapán, Momostenango, San Cristóbal y San Andrés Xecul del departamento de Totonicapán; y de los municipios de Jutiapa, El Progreso, Jalpatagua y Santa Catarina Mita del departamento de Jutiapa.

Tortillas elaboradas artesanalmente para autoconsumo, adquiridas en hogares de los municipios en estudio.

Ingredientes utilizados para la elaboración de tortillas para la venta, adquiridas en mercados de los municipios en estudio.

Ingredientes utilizados para la elaboración de tortillas para autoconsumo, adquiridas en hogares de los municipios en estudio.

C. Recursos

1. Humanos

Investigadora

Asesores

2. Institucionales

a) Laboratorio de Alimentos de la Escuela de Nutrición de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

b) Laboratorio del Centro de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Instituto de Investigaciones de la Universidad del Valle de Guatemala.

3. Materiales

Una balanza dietética portable de 2 decimales, una hielera de un galón de capacidad, 120 bolsas autosellables, 20 servilletas de tela, 40 bolsas de papel, etiquetas autoadhesivas, una tabla de madera de 30 x 30 cm, beaker de 1000 ml de capacidad, cilindro de 100 cm³, centrifugadora, tubo de centrifuga de 50 ml, un cilindro de madera de 1 cm de diámetro, nitrato de sodio, agua destilada, semilla de chan, instrumentos para la disección de los granos, equipo de cómputo.

D. Metodología

1. Para la selección de la muestra

Se eligieron 3 municipios al azar de los departamentos de Jutiapa y Totonicapán, además de las cabeceras municipales. El número de municipios a muestrear se determinó por conveniencia en base a los recursos disponibles. Para contar con un 95% de confiabilidad, de cada municipio se seleccionaron 5 mercados y 5 hogares al azar para la obtención de las muestras.

2. Para la elaboración de instrumentos

Se elaboraron los instrumentos en base a los objetivos del estudio:

a) Instrumento de registro de características físicas del grano (Anexo No. 1)

- b) Instrumento de registro de características físicas en la cal (Anexo No. 2)
- c) Instrumento de registro de características funcionales en la masa (Anexo No. 3)
- d) Instrumento de registro de características funcionales en la tortilla (Anexo No. 4)
- e) Instrumento de entrevista para la determinación del costo de producción de las tortillas (Anexo No. 5)
- f) Instrumento de registro de datos de costo de producción y precio de las tortillas (Anexo No. 6)

3. Para la obtención de las muestras

a) Para el análisis de ingredientes - Se compraron las muestras en cinco diferentes mercados o puestos de venta en cada uno de los cuatro municipios de los departamentos de Jutiapa y Totonicapán. Las muestras se recibieron en bolsas autosellables identificadas. Se obtuvo la menor unidad de compra de maíz, cal y masa. Las muestras fueron transportadas en una hielera a una temperatura entre 4 y 10°C.

b) Para la determinación de la rolabilidad - Se compraron dos tortillas en cinco diferentes mercados o puestos de venta en cada uno de los cuatro municipios de los departamentos de Jutiapa y Totonicapán. La muestra fue recibida en una servilleta de tela y transportada en una bolsa de papel identificada.

4. Para el análisis de ingredientes

Se realizaron muestras compuestas utilizando como criterio, color del maíz obtenido (amarillo, blanco y negro), tipo de producción de las tortillas (autoconsumo, venta) y departamento de origen de las muestras (Totonicapán y Jutiapa).

Todos los análisis descritos a continuación fueron realizadas en duplicado.

a) Peso del grano - Se determinó el número de granos en 50 gramos de maíz (6).

b) Porcentaje de granos flotadores - Se tomaron 50 granos de maíz y fueron introducidos a una solución de nitrato de sodio a 21°C con una densidad de 1.275 g/ml, posteriormente se contaron los granos que flotan y los granos en el fondo. Los resultados son expresados en porcentajes (6).

c) Distribución de fracciones anatómicas del grano - Se humedecieron 10 granos de maíz en agua a temperatura ambiente durante dos horas, luego se secó la humedad externa con toallas de papel. Posteriormente los granos fueron disectados y cada fracción deshidratada fue pesada (6).

d) Volumen del grano - Un cilindro de 100 cm³ fue llenado hasta 25 cc de su capacidad con semilla de chan, posteriormente se mezcló con una muestra de 10 granos de maíz. Para determinar el volumen se midió la diferencia del volumen alcanzado en el cilindro.

e) Pureza de la cal - Se tomó una muestra de cal de 50 gramos, la cual fue incinerada en una mufla a 450°C durante 4 horas. Posteriormente se pesaron los residuos y por diferencia se determinó el porcentaje de materia orgánica e inorgánica presente en la cal. Esta prueba se realizó en base a una repetición.

f) Absorción de agua en la masa - Se pesaron 2.5 gramos de harina de masa en un tubo de centrífuga de 50 ml, se adicionó 30 ml de agua destilada a temperatura ambiente, después de agitar suavemente por 30 minutos, se centrifugó durante 10 minutos y separó el sobrenadante, se pesó el gel del tubo y se calculó el Índice de Absorción de Agua (WAI) por medio de la fórmula $WAI = \text{g de gel} / \text{g de muestra seca}$ (1).

g) Sólidos solubles en la masa - Se pesaron 2.5 gramos de harina de masa en un tubo de centrífuga de 50 ml, se adicionaron 30 ml de agua destilada a temperatura ambiente, después de agitar suavemente por 30 minutos, se centrifugó durante 10

minutos y separó el sobrenadante, el cual fue secado y pesado para obtener el Índice de Sólidos Solubles (SWI) por medio de la fórmula $SWI = \frac{g \text{ de sólidos secos}}{2.5} * 100$ (1).

5. Para la determinación de la rolabilidad

Posterior a la obtención de la tortilla, se esperó que alcanzara la temperatura ambiente, se colocó sobre una tabla de madera y se enrolló en un cilindro de madera de 1 cm de diámetro. La rolabilidad fue medida de acuerdo a una escala de 5 puntos (6,25):

- (1) No hay rajaduras
- (2) Signo de rajaduras pero no de rompimiento
- (3) Rajaduras y rompimiento en una cara
- (4) Rajaduras y rompimiento en ambas caras
- (5) No se puede enrollar

6. Para la determinación de costo de producción y precio de las tortillas para la venta

Se realizó la entrevista a las personas encargadas de los puntos de venta de tortillas.

a) Costo de producción de la tortilla. Se determinó tomando en cuenta los siguientes factores:

- i. Costo de energía, en forma de leña o gas
- ii. Costo de molino
- iii. Precio del maíz
- iv. Precio de la cal
- v. Costo del tiempo, en base al tiempo utilizado y al salario agrícola.

b) Precio por unidad de tortilla. Se determinó el precio para la venta de cada unidad de tortilla.

7. Para la tabulación y análisis de datos

Para los datos obtenidos, se calcularon las medidas estadísticas de media, desviación estándar y análisis de varianza, según correspondiera.

VII. RESULTADOS

Para el presente estudio se tomaron muestras de los ingredientes utilizados para la elaboración artesanal de tortillas, así como de masa y tortillas preparadas, en puestos de venta y hogares de los municipios de Totonicapán, Momostenango, San Cristóbal y San Andrés Xecul del departamento de Totonicapán; y de los municipios de Jutiapa, El Progreso, Jalpatagua y Santa Catarina Mita del departamento de Jutiapa.

A. Ingredientes utilizados en la elaboración de la tortilla de maíz

Los ingredientes utilizados para la elaboración artesanal de la tortilla son maíz y cal. Los diferentes colores de maíz y la frecuencia de uso de cada uno de ellos se presentan en la Tabla No. 1.

Tabla No, 1
Ingredientes utilizados para elaboración artesanal de tortillas en algunos
municipios de los departamentos de Totonicapán y Jutiapa.
Junio 2004

Departamento	Destino de la Producción	Ingredientes	Frecuencia de uso	
			n	%
Totonicapán	Venta	Maíz amarillo	5	25
		Maíz blanco	10	50
		Maíz negro	5	25
		Cal	20	100
	Autoconsumo	Maíz amarillo	8	40
		Maíz blanco	12	60
Cal		20	100	
Jutiapa	Venta	Maíz blanco	20	100
		Cal	20	100
	Autoconsumo	Maíz blanco	20	100
		Cal	20	100

El 95% (n=38) de hogares y puestos de venta estudiados en el departamento de Totonicapán, obtienen el maíz en los mercados locales; solo el 5% (n=2) lo obtienen de cultivos propios. En el departamento de Jutiapa el 100% (n=40) de las muestras de maíz provenían de mercados locales.

B. Calidad del maíz utilizado en la elaboración de la tortilla

La calidad del maíz, medida por su densidad y porcentaje de granos flotadores se presenta en la Tabla No. 2.

Tabla No. 2
Algunas características físicas del grano de maíz utilizado para la elaboración artesanal de tortillas en los departamentos de Totonicapán y Jutiapa.
Junio 2004

Origen de la Muestra *	Peso de 1000 granos, g	% de granos flotadores	Densidad del grano, g/ml
1	493.20±17.01	8 ± 2.83	0.53 ± 0.04
2	392.31±7.69	12 ± 2.83	0.43 ± 0
3	423.85±7.18	16 ± 2.83	0.39 ± 0
4	552.64±9.16	10 ± 2.83	0.58 ± 0.04
5	440.54±1.94	11.5 ± 2.12	0.47 ± 0.04
6	304.98±5.58	7 ± 1.41	0.31 ± 0
7	289.06±3.34	3 ± 1.41	0.29 ± 0

*1= Maíz amarillo de puestos de venta en Totonicapán

2= Maíz blanco de puestos de venta en Totonicapán

3= Maíz negro de puestos de venta en Totonicapán

4= Maíz amarillo de hogares en Totonicapán

5= Maíz blanco de hogares en Totonicapán

6= Maíz blanco de puestos de venta en Jutiapa

7= Maíz blanco de hogares en Jutiapa

Se observa que el peso de 1000 granos de maíz se encuentra en el rango de 289 g a 552 g; siendo las muestras de menor peso las recolectadas en el departamento de Jutiapa, lo cual implica que también son las de menor tamaño.

En cuanto al porcentaje de flotadores y densidad del grano, los valores se encuentran entre 3% y 16%, y 0.29 g/ml y 0.58 g/ml, respectivamente. Bressani y Sinibaldi (6) proponen que el porcentaje de granos flotadores se puede considerar determinante para establecer la dureza del grano; siendo el límite de densidad 1.3g/ml y el límite para porcentaje de flotadores 25%, por lo que el maíz utilizado tanto en el departamento de Totonicapán como en Jutiapa puede considerarse duro. Por el peso y porcentaje de granos flotadores encontrados, se esperaría que el maíz de Totonicapán presentara un mejor rendimiento en el proceso de nixtamalización.

La calidad del grano, medida por la distribución de las fracciones anatómicas del grano, se presenta en la Tabla No. 3.

Tabla No. 3
Porcentaje de las fracciones anatómicas del grano de maíz
utilizado para la elaboración artesanal de las tortillas en los departamentos
de Totonicapán y Jutiapa.
Junio 2004

Origen de la Muestra*	<i>Distribución porcentual de fracciones anatómicas del grano</i>		
	Pericarpio	Germen	<i>Endospermo</i>
1	5.29 ± 1.14	10.90 ± 0.22	83.82 ± 1.36
2	6.39 ± 0.42	11.09 ± 0.01	82.53 ± 0.42
3	5.67 ± 0.10	10.12 ± 1.02	84.21 ± 1.11
4	5.35 ± 0.24	10.18 ± 1.01	84.48 ± 0.77
5	5.90 ± 0.26	10.36 ± 0.70	83.75 ± 0.92
6	6.64 ± 0.23	10.64 ± 0.53	82.73 ± 0.30
7	7.77 ± 0.09	10.48 ± 0.28	81.76 ± 0.19

*1= Maíz amarillo de puestos de venta en Totonicapán

2= Maíz blanco de puestos de venta en Totonicapán

3= Maíz negro de puestos de venta en Totonicapán

4= Maíz amarillo de hogares en Totonicapán

5= Maíz blanco de hogares en Totonicapán

6= Maíz blanco de puestos de venta en Jutiapa

7= Maíz blanco de hogares en Jutiapa

Se observa que el maíz del departamento de Jutiapa presentó un mayor porcentaje de cáscara y menor porcentaje de endospermo que las muestras provenientes del departamento de Totonicapán. Esto implica que el maíz de Jutiapa puede sufrir mayores pérdidas durante la cocción. La muestra de maíz de la que se espera un mejor rendimiento es el maíz amarillo de Totonicapán, ya que presenta un bajo porcentaje de cáscara y un mayor porcentaje de endospermo. Con respecto al germen, el maíz blanco de Totonicapán, presentó el mayor porcentaje del mismo.

C. Calidad de la cal utilizada en la elaboración de la tortilla de maíz

Utilizando como indicador de calidad el porcentaje de materia inorgánica en la cal, los resultados de calidad de la cal se presentan en la Tabla No. 4.

Tabla No. 4
Porcentaje de materia orgánica e inorgánica presente en la cal utilizada para la
elaboración artesanal de las tortillas en Totonicapán y Jutiapa.
Junio 2004

Origen de la Muestra*	Materia Orgánica	<i>Materia Inorgánica</i>
1	0.54	99.46
2	0.29	99.71
3	2.79	97.21
4	0.30	99.70
5	0.27	99.73
6	0.50	99.50
7	0.62	99.38

*1= Tortilla amarilla de puestos de venta en Totonicapán

2= Tortilla blanca de puestos de venta en Totonicapán

3= Tortilla negra de puestos de venta en Totonicapán

4= Tortilla amarilla de hogares en Totonicapán

5= Tortilla blanca de hogares en Totonicapán

6= Tortilla blanca de puestos de venta en Jutiapa

7= Tortilla blanca de hogares en Jutiapa

Es de hacer notar que en Totonicapán, el 65% (n=26) de las muestras de cal que se obtuvieron fue en forma de “pasta”, la cual se obtiene, según informaron las personas entrevistadas, por remojo de la cal en agua. El 22.5% (n=9) de las muestras se obtuvieron en forma de piedra y el 12.5% (n=5) en polvo. En Jutiapa, el 100% (n=40) de las muestras de cal se obtuvieron en polvo. Tomando la materia orgánica como impurezas de la cal, el porcentaje de impurezas se considera bajo, siendo la excepción la muestra de cal utilizada para la elaboración de tortillas negras en Totonicapán.

D. Características funcionales en las tortillas de maíz

De acuerdo con Bressani y Sinibaldi, las principales características funcionales de la tortilla son el Índice de absorción de agua y el Índice de sólidos solubles. En la Tabla No. 5 se presentan los valores encontrados.

Tabla No. 5
Algunas características funcionales de la masa de tortilla, elaborada artesanalmente
en los departamentos de Totonicapán y Jutiapa.
Junio 2004

Origen de la Muestra*	Índice de Absorción de Agua (WAI), g gel/g harina	Índice de Sólidos Solubles (SWI), %
1	3.06 ± 0.01	6.66 ± 0.25
2	2.96 ± 0.04	4.81 ± 0.17
3	2.73± 0.05	5.97 ± 0.02
4	2.96 ± 0.01	5.07 ± 0.14
5	3.28 ± 0.01	4.53 ± 0.10
6	2.86 ± 0.02	6.02 ± 0.89
7	3.08 ± 0.02	4.10 ± 0.07

*1= Tortilla amarilla de puestos de venta en Totonicapán

2= Tortilla blanca de puestos de venta en Totonicapán

3= Tortilla negra de puestos de venta en Totonicapán

4= Tortilla amarilla de hogares en Totonicapán

5= Tortilla blanca de hogares en Totonicapán

6= Tortilla blanca de puestos de venta en Jutiapa

7= Tortilla blanca de hogares en Jutiapa

Se observa que el Índice de absorción de agua (WAI) fue de 2.73 a 3.28 g gel/g harina; y para el Índice de sólidos solubles (SWI) fue de 4.10% a 6.66%; lo cual es un rango relativamente estrecho. Otros estudios (5) indican que se puede esperar un buen rendimiento de la masa al convertirla a tortilla, aunque estos valores sean diferentes a los que presentan las harinas industriales de maíz nixtamalizado (5).

En cuanto a la rolabilidad de la tortilla, los resultados se presentan en la Tabla No. 6.

Tabla No. 6
Rolabilidad de la tortilla elaborada artesanalmente
en los departamentos de Totonicapán y Jutiapa.
Junio 2004

Origen de la Muestra*	<i>Índice de rolabilidad De la tortilla</i>
1	2.7 ± 1.15
2	2.25 ± 1.25
3	1.3 ± 0.27
4	2.69 ± 1.36
5	2.29 ± 1.08
6	1.55 ± 0.74
7	1.05 ± 0.15

*1= Tortilla amarilla de puestos de venta en Totonicapán

2= Tortilla blanca de puestos de venta en Totonicapán

3= Tortilla negra de puestos de venta en Totonicapán

4= Tortilla amarilla de hogares en Totonicapán

5= Tortilla blanca de hogares en Totonicapán

6= Tortilla blanca de puestos de venta en Jutiapa

7= Tortilla blanca de hogares en Jutiapa

Los valores promedio para el índice de rolabilidad de la tortilla variaron de 1.05 a 2.69, siendo las de mejor rolabilidad las recolectadas en el departamento de Jutiapa. Esto podría determinar que las tortillas del departamento de Jutiapa presenten una mejor aceptabilidad en el consumidor.

E. Costo de producción y precio de venta de la tortilla de maíz

En la Tabla No. 7 se presenta el costo de producción de la tortilla y el precio de venta de la misma.

Tabla No. 7
Costo de producción y precio de venta en quetzales de las tortillas
elaboradas artesanalmente en los departamentos de Totonicapán y Jutiapa.
Junio 2004

Origen de la Muestra*	Costo de producción por unidad	Precio de venta por unidad	Ganancia	
			Q.	%
1	0.15 ± 0.02	0.22 ± 0.05	0.07 ± 0.02	47
2	0.14 ± 0.03	0.20 ± 0.03	0.06 ± 0.03	43
3	0.13 ± 0.05	0.21 ± 0.03	0.08 ± 0.02	62
4	0.12 ± 0.01	0.20 ± 0.03	0.08 ± 0.01	67

*1= Tortilla amarilla de puestos de venta en Totonicapán

2= Tortilla blanca de puestos de venta en Totonicapán

3= Tortilla negra de puestos de venta en Totonicapán

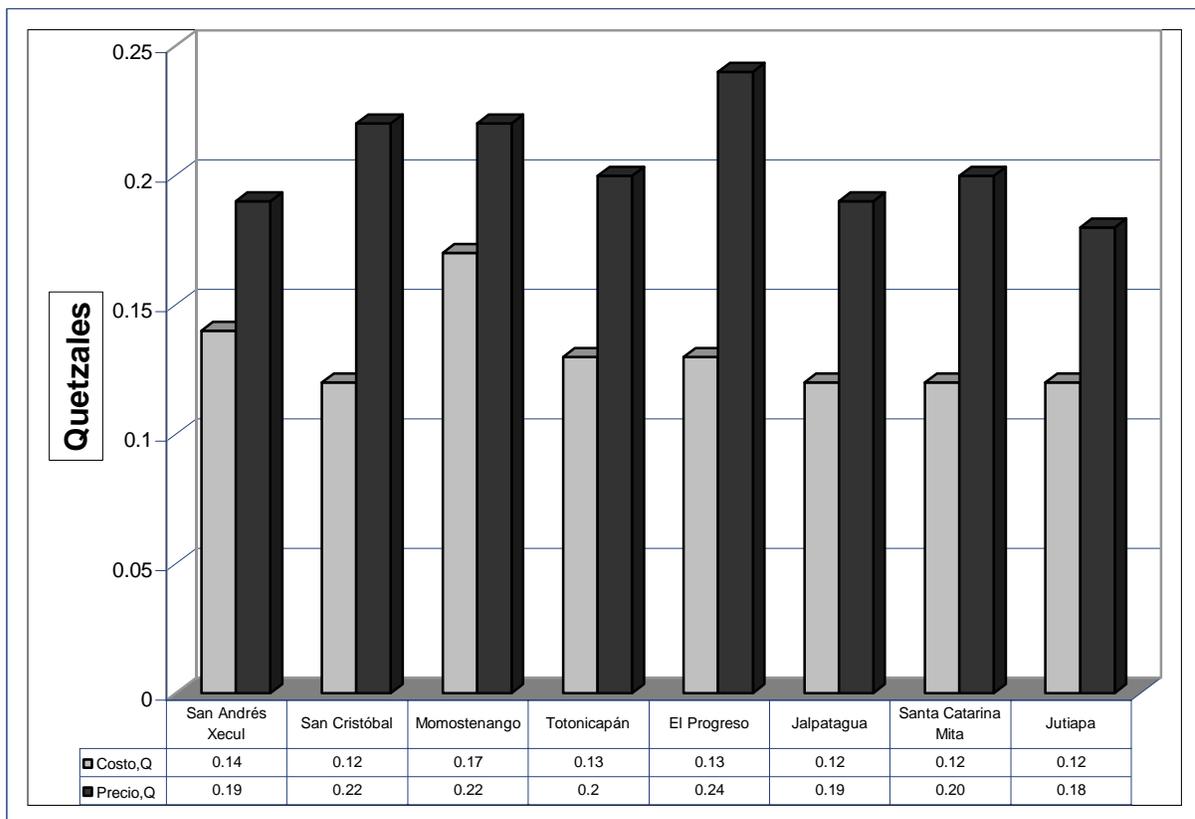
4= Tortilla blanca de puestos de venta en Jutiapa

El costo de producción de una tortilla varía entre Q.0.12 y Q.0.15, mientras que el precio de venta por unidad se encuentra entre Q.0.20 y Q.0.22. El costo de producción y precio de venta son muy similares en Totonicapán y Jutiapa, por lo que se espera que todas las tortillas presenten una calidad similar. El precio de la tortilla elaborada con harina industrial de maíz es de Q.0.20, este dato fue obtenido por medio de cálculos realizados a nivel teórico, ya que en el presente estudio no se encontraron muestras preparadas con harinas industrializadas.

Al calcular el porcentaje de ganancia, se observa que las tortillas del departamento de Jutiapa representan una mayor ganancia a pesar de que el precio de venta es de los menores.

En la Gráfica No. 1, se presenta el costo de producción y precio de venta de las tortillas en cada uno de los municipios de la muestra.

Gráfica No.1
Costo de producción y precio de venta de las tortillas elaboradas artesanalmente en
los municipios de Totonicapán y Jutiapa.
Junio 2004

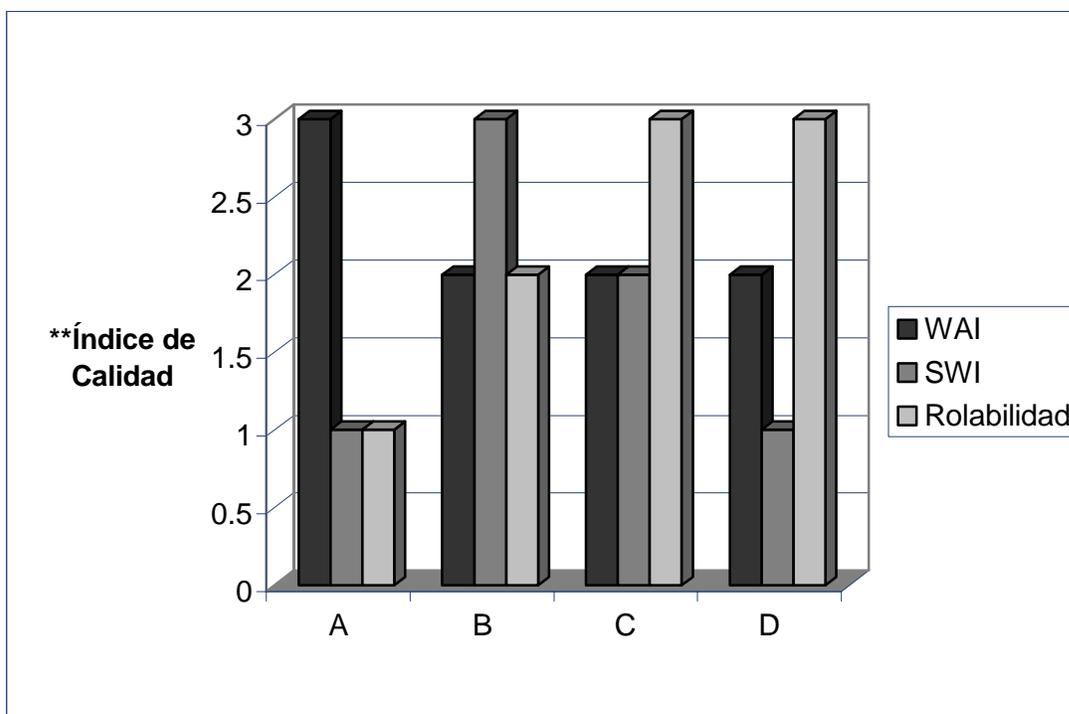


Se puede apreciar que el costo de producción de la tortilla en el departamento de Totonicapán varía de Q.0.12 (en San Cristóbal) a Q.0.17 (en Momostenango), donde el precio de venta es también el más elevado Q.0.22; en el departamento de Jutiapa, las muestras obtenidas en el municipio del Progreso presentan el costo de producción y precio de venta más elevados.

F. Relación entre el costo de producción y las características de calidad de las tortillas de maíz

La calidad de las tortillas, según el índice de absorción de agua, el índice de sólidos solubles y rolabilidad, y su relación con el costo de producción de las mismas se presenta en la Gráfica No. 2.

Gráfica No. 2
Relación entre el costo de producción de la tortilla elaborada artesanalmente para la venta en los departamentos de Totonicapán y Jutiapa, y sus características de calidad.
Junio 2004



WAI (Índice de absorción de agua), SWI (Índice de sólidos solubles)

*A = Tortillas de maíz amarillo, Totonicapán (Q.0.15±0.02)

B = Tortillas de maíz blanco, Totonicapán (Q.0.14±0.03)

C = Tortillas de maíz negro, Totonicapán (Q.0.13±0.05)

D = Tortillas de maíz blanco, Jutiapa (Q.0.12±0.01)

**1 = Regular

2 = Buena

3 = Muy buena

Las muestras que presentaron las mejores características de calidad fueron las tortillas de maíz blanco y las tortillas de maíz negro, producidas en el departamento de Totonicapán; además éstas presentaron bajos precios de producción. La muestra con menor calidad fue la tortilla amarilla del departamento de Totonicapán; que a su vez presentó un mayor precio de producción. Por lo que se observa que no hay relación entre el costo de producción y la calidad de la tortilla.

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A. Ingredientes utilizados en la elaboración de la tortilla de maíz

Las diferencias en el color de maíz que se utiliza en los departamentos de Jutiapa y Totonicapán probablemente se deben a la disponibilidad de maíz en el mercado, ya que la mayoría de personas que elaboran tortillas artesanalmente obtienen el maíz en los mercados locales. A pesar que es de conocimiento popular que en algunos lugares adicionan al nixtamal, tortillas “viejas”, “olote”, maicillo o algún otro grano disponible en el lugar; las personas entrevistadas en este estudio no reportaron otros ingredientes. Así también, se suponía el uso de harinas de maíz nixtamalizado, sin embargo, en los municipios en estudio, no se encontraron tortillas elaboradas con dichas harinas; es probable que estas harinas se utilicen para la elaboración de otros productos de maíz, como tamalitos, atoles, etc.

B. Calidad del maíz utilizado en la elaboración de la tortilla

El maíz utilizado para la elaboración de tortillas debe llenar ciertas características de tamaño, dureza y composición anatómica para obtener un buen rendimiento y tortillas de calidad.

El peso del grano de maíz sugiere el tamaño del mismo, esto a su vez, el rendimiento en el proceso de elaboración de la tortilla, un grano de mayor tamaño produce un mayor rendimiento. En este estudio el maíz de menor tamaño es el maíz blanco de Jutiapa y el de mayor tamaño es el maíz amarillo de Totonicapán, del cual se esperaría menor pérdida de sólidos durante el proceso de nixtamalización. Al combinar los parámetros de peso y tamaño, y utilizando como parámetro que el peso ideal de 1000 granos es de 250-300 g (5), el maíz mas cercano a este valor es el maíz blanco de Jutiapa, el maíz de Totonicapán sobrepasa este rango, lo que podría interpretarse como que ambas muestras son de buena calidad.

La dureza del grano es un indicador de la composición del endospermo y se puede determinar a partir de la densidad del grano y del porcentaje de granos flotadores. Se espera que los granos más duros presenten un mayor rendimiento. En este estudio la densidad de los granos se encontró por debajo del valor de referencia de 1.3g/ml, sin embargo, el porcentaje de granos flotadores indica que todas las muestras podrían considerarse como granos muy duros y adecuados para el proceso de nixtamalización ya que presentaron porcentajes menores a 25% que es el límite propuesto por Bressani y Sinibaldi (6) para clasificar la dureza del grano. En base a esto los granos más duros son los de maíz blanco de Jutiapa, ya que se pueden observar diferencias entre los porcentajes de flotadores de las muestras de Jutiapa y las de Totoncapán.

En cuanto a la composición anatómica, en un grano de calidad se espera un germen y pericarpio pequeño y un endospermo grande. El maíz analizado se encuentra dentro de los rangos establecidos por la literatura para cada porción anatómica (11), a excepción del maíz blanco recolectado en hogares de Jutiapa, el cual presentó diferencias entre el porcentaje de pericarpio y de endospermo con respecto a las demás muestras (Ver Tabla No. 3). Las diferencias observadas en el tamaño del germen podrían tener repercusiones en el contenido de grasa y calidad de proteína de la tortilla ya que en esta región anatómica se concentra la mayor cantidad de lípidos y proteína de mejor valor biológico que la encontrada en el endospermo (3,18). Utilizando como parámetro de calidad la distribución de las fracciones anatómicas del grano, el maíz amarillo utilizado en hogares y puestos de venta del departamento de Totoncapán presentó la estructura más adecuada para obtener un buen rendimiento durante su procesamiento para elaborar tortillas.

C. Calidad de la cal utilizada en la elaboración de la tortilla de maíz

En cuanto a las características de la cal, llama la atención que se encontró en tres formas: “pasta”, piedra y cal en polvo, de lo cual no se tenía información bibliográfica. La “pasta” se prepara disolviendo cal en polvo en agua fría, la cual se deja reposar, durante este proceso se retiran las impurezas que flotan en el agua; el agua se decanta y posteriormente se forma la pasta que se agrega al maíz para el proceso de cocción, a este procedimiento se le llama también “quemar la cal”.

Todas las muestras presentaron un porcentaje de impureza similar, excepto la cal utilizada en los municipios de Totonicapán para la elaboración de tortillas negras que presentó valores mayores (Ver Tabla No. 4). Este fenómeno es difícil de explicar, ya que todas las muestras analizadas de Totonicapán, provienen de una mezcla de “pasta”, piedra y polvo. Las muestras obtenidas en Jutiapa presentaron bajo porcentaje de impurezas, a pesar de que en este departamento no se practica el remojo y decantación de la cal previo a la cocción del maíz.

D. Características funcionales en las tortillas de maíz

Posterior al análisis de ingredientes utilizados en la elaboración artesanal de la tortilla, se determinaron algunas características funcionales de la masa de tortilla, de las cuales depende el rendimiento de la misma; los parámetros a seleccionar serían una alta absorción de agua y bajos sólidos solubles. El valor más bajo del índice de absorción de agua (WAI) corresponde a la harina elaborada a partir de masa de maíz negro de Totonicapán (Ver Tabla No.5), los valores más altos los presentaron las harinas elaboradas a partir de masa de maíz blanco tanto en Jutiapa como en Totonicapán. En cuanto al índice de sólidos solubles (SWI), el maíz amarillo y el maíz negro del departamento de Totonicapán presentaron los valores más altos, mientras que los valores más bajos corresponden al maíz blanco de ambos departamentos, por lo que se puede considerar a estas muestras como las más adecuadas para la elaboración de tortillas, ya que por las diferencias encontradas entre el maíz blanco y las demás muestras, se espera un mejor rendimiento al hidratar la harina para convertirla en masa.

En cuanto al índice de rolabilidad de las tortillas, las de maíz blanco del departamento de Jutiapa presentaron el menor índice, lo que indica mejor rolabilidad, que coincide con una textura más uniforme, un grosor similar en el contorno de la tortilla; y un “torteadado” con bastante fuerza. La tortilla negra de Totonicapán, también presentó una buena rolabilidad, debido probablemente a características propias de este grano. Los valores del índice de rolabilidad de las tortillas negras de Totonicapán y blancas de Jutiapa, presentaron diferencias significativas con respecto a las demás muestras. Las muestras que presentaron los valores más altos fueron la tortilla blanca y amarilla del departamento

de Totonicapán. A pesar que el grano de maíz amarillo de Totonicapán presentó las características deseadas para el proceso de elaboración de la tortilla; el producto final no presentó buen índice de rolabilidad, posiblemente porque en este departamento se observó mayor grosor y menor diámetro en algunas muestras de tortillas, también se observó un contorno menos uniforme, esto pudo deberse a modificaciones en la elaboración de la tortilla, ya que la metodología de recolección de muestras incluyó una visita un día anterior a los hogares y puestos de venta, esto pudo predisponer a las personas a realizar una tortilla diferente a la que consumen.

La tortilla elaborada con maíz blanco en Totonicapán y Jutiapa presentó las características de calidad deseables, al igual que el maíz; mientras que el maíz amarillo del departamento de Totonicapán solamente llenó una de las características deseables en el grano y la tortilla como producto final no presentó un índice de rolabilidad adecuado.

E. Costo de producción y precio de venta de la tortilla de maíz

Aunque las diferencias tanto en costo de producción como en precio de venta no son significativas, se pueden observar variaciones. Las principales diferencias en el costo de elaboración de la tortilla radican en el uso de leña o gas como combustible, ya que el costo del gas es un poco más elevado; éste se utiliza principalmente en los puestos de venta de las cabeceras municipales, y en los municipios con más comercio. La cantidad de personas involucradas y el tiempo dedicado a la elaboración de la tortilla es otro aspecto determinante en el costo de producción de la tortilla, ya que a mayor número de personas involucradas y mayor número de horas dedicadas, es mayor el costo de producción. El volumen de producción tiene relación inversa al costo. El costo de producción de las tortillas elaboradas con harinas industrializadas es mayor, a pesar de que el uso de combustible y horas de trabajo son menores; por lo que el aumento en el costo se podría atribuir al precio de la harina industrial de maíz. El precio de venta, está directamente relacionado con la demanda de las mismas y el movimiento comercial del municipio, ya que los precios más elevados fueron de aquellos puestos donde la producción de tortilla es alta y en los municipios de San Cristóbal y Momostenango (Ver Gráfica No. 1) del departamento de Totonicapán y de El Progreso del departamento de Jutiapa.

F. Relación entre el costo de producción y las características de calidad de las tortillas de maíz

Las muestras que presentaron una mejor calidad en cuanto a sus características funcionales fueron las tortillas de maíz blanco y maíz negro del departamento de Totonicapán, a pesar de que las muestras de maíz blanco de ambos departamentos presentaron las características de un grano adecuado para el proceso de nixtamalización listadas en la literatura, probablemente debido a variaciones en el procedimiento, cambios en la concentración y presentación de la cal, tiempo y temperatura de la cocción o forma de "torteadado".

A pesar de haber determinado las tortillas que presentaron mejor calidad, los costos de producción no variaron mucho entre cada muestra, por lo que no se puede establecer exactamente si existe una relación entre el costo de producción y calidad de las tortillas de los departamentos de Jutiapa y Totonicapán.

IX. CONCLUSIONES

1. Los ingredientes utilizados para la elaboración artesanal de la tortilla son maíz y cal. En Totonicapán se utiliza maíz amarillo, blanco y negro; mientras que en Jutiapa solamente se utiliza maíz blanco.
2. El maíz de Totonicapán y Jutiapa presentan el peso, la dureza y la composición anatómica adecuadas para el proceso de nixtamalización.
3. Las muestras de cal analizadas presentaron bajos porcentajes de impurezas, que significa buena calidad.
4. La masa elaborada a partir de maíz blanco en el departamento de Totonicapán presentó mejor absorción de agua e índice de sólidos solubles.
5. Las tortillas de mejor calidad son las elaboradas a partir de maíz blanco en los departamentos de Jutiapa y Totonicapán.
6. El costo de producción y precio de venta de las tortillas es similar en los municipios estudiados; existe una pequeña diferencia en el porcentaje de utilidad en Jutiapa.
7. No se encontró relación entre el costo de producción y la calidad de la tortilla.

X. RECOMENDACIONES

1. Realizar otros estudios para determinar si el contenido de materia orgánica e inorgánica de la cal determina el contenido mineral de la tortilla.
2. Establecer las propiedades de la cal para nixtamalización en cada una de las formas de uso: “pasta”, piedra y polvo.
3. Establecer el costo de producción de las tortillas elaboradas para autoconsumo.
4. Determinar la aceptabilidad de las tortillas, para relacionarla con los parámetros de calidad utilizados en este estudio.
5. Ampliar este estudio a otros departamentos del país, incluyendo tanto área urbana como rural.

XI. REFERENCIAS

1. Anderson, R.A., et al. 1969. *Roll and extrusion-cooking of grain sorghum grits*. Cereal Sci. Today. (US) 14:372-375, 381.
2. Bressani, Ricardo. 1959. *La Composición Química y el Valor Nutritivo del maíz*. Guatemala, INCAP. pp. 1-4.
3. _____.1972. *La Importancia del maíz en la nutrición humana en América Latina y otros países*. Mejoramiento Nutricional del Maíz. Guatemala, INCAP. pp. 5-30.
4. _____. 1990. *Chemistry, Technology, and Nutritive value of maize tortillas*. Food Reviews International. (US). 6(2):225-264.
5. _____. 1995. *La Nixtamalización del Maíz*. En: Agroindustria rural, recursos técnicos y Alimentación. San José, Costa Rica, [s.e.]. (Serie Agroindustrial Rural CIRAD-CIID-IICA). pp. 65-79.
6. Bressani, R., Sinibaldi, A.C. 2001. *Características de cocción por nixtamalización de once variedades de maíz*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (GT). 51(1):86-94.
7. Cardenal Sevilla, Lorenzo. 1998. *La Revolución del Maíz*. El Maíz en el Siglo XXI. Helvetas Guatemala. Guatemala, Asociación Suiza para la Cooperación Internacional. pp. 32-41.
8. Cortéz, A., Wild-Altamirano, C. 1972. *Contribución a la Tecnología de la Harina de Maíz*: Mejoramiento Nutricional del Maíz. México, Instituto Politécnico Nacional. pp. 90-106.

9. FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1993. *El Maíz en la Nutrición Humana*. Roma, FAO. 172p. (Colección: Alimentación y Nutrición).
10. Flores, Marina. 1959. *El Maíz en la dieta del Indígena*. Guatemala, INCAP. pp. 1-4.
11. García, A., Conde, A., Bressani, R., Poey, F.R. 1977. *Kernel characteristics and measurement of the germ-endosperm ratio in maize*. Agronomy Abstracts. USA, Los Angeles, [s.e.]. 115p.
12. Hamilton, B.C., et al. 1951. *The dependence of the physical and chemical composition of the corn kernel on soil fertility and cropping system*. Cereal Chemistry. (US). 28:163-176
13. Laird, R.J., et al. 1955. *Fertilizantes comerciales y densidad óptima de población para maíz de riego en Guanajuato, Querétaro y Michoacán*. México, O.E.E.S.A.A. No.26. [s.p.]. (Folleto técnico)
14. Menchú, M.T., Méndez, H., Barrera, M.A., Ortega, L. 1996. *Valor Nutritivo de los Alimentos de Centroamérica*. Guatemala, INCAP. 48p. (Primera sección).
15. Menchú, M.T., Méndez, H., Lemus, J. 2000. *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica*. Guatemala, INCAP. 40p. (Segunda sección).
16. Molina, M.R., Letona, M., Bressani, R. 1977. *Drum Drying for the Improved Production of Instant Tortilla Flour*. Journal of Food Science. (US). 42(6):1432-1434.
17. Osborne, T.B., Mendel, L.B. 1914. *Nutritive properties of protein of the maize kernel*. Journal Biol. Chemistry. (US). 1(18):16.

18. Primo Yufera, Eduardo. 1998. *Química de los Alimentos*. México, Editorial Síntesis. 79p.
19. Ramírez, Marco Antonio. 1968. *Los Alimentos en Centro América*. El Salvador, Organización de Estados Centroamericanos, ODECA. pp. 68-69.
20. Ramírez-Wong, B., et al. 1994. *Cooking time, grinding, and moisture content effect on fresh corn masa texture*. *Cereal Chemistry*. (US). 71(4):337-343.
21. Reunión Anual P.C.C.M.C.A. (XXI Reunión. 1975. El Salvador). *Ensayos de rendimiento de 12 genotipos en 3 densidades de población y 3 niveles de fertilidad en 2 localidades*. Velásquez, R., Fuentes, A. El Salvador. pp. 1-14.
22. Reunión de la ALAF (IX Reunión. 1974. Panamá). *Formación y Evaluación de híbridos de maíz tropical con gene Braquítico-2*. Poey, F.R. Panamá. 19p.
23. Rodríguez, M.E., et al. 1996. *Influence of the Structural Changes during Alkaline Cooking on the Termal, Rheological, and Dielectric Properties of Corn Tortillas*. *Cereal Chemistry*. (US). 73(5):593-600.
24. Sprague, G.F., Brimhall, B. 1950. *Relative effectiveness of two system selection for oil content of the corn kernel*. *Agron. Journal*. (US). 43:83-88.
25. Suhendro, E.L., et al. 1998. *Tortilla Bending technique : an objective method for corn tortilla texture measurement*. *Cereal Chemistry*. (US). 75(6):854-858.
26. Vásquez, Francisco. 1998. *La biodiversidad y las nuevas variedades del Maíz*. En: *El Maíz en el Siglo XXI*. Helvetas Guatemala. Guatemala, Asociación Suiza para la Cooperación Internacional. pp. 16-21.

Anexo No. 3**Tabla No. 10****Instrumento de registro de características funcionales en la masa**

No. Muestra	WAI	SWI

WAI = Índice de Absorción de agua

SWI = Índice de Sólidos Solubles

Anexo No. 4**Tabla No. 11****Instrumento de registro de características funcionales en la tortilla**

No. Muestra	Rolabilidad

Escala:

- (1) No hay rajaduras
- (2) Signo de rajaduras pero no de rompimiento
- (3) Rajaduras y rompimiento en una cara
- (4) Rajaduras y rompimiento en ambas caras
- (5) No se puede enrollar

Anexo No. 5

Entrevista para la determinación del costo de producción de las tortillas

No. Muestra _____

1. ¿Qué cantidad de maíz cocina diariamente para la producción de tortillas?

2. ¿Qué cantidad de cal utiliza?

3. ¿Cuál es el precio del molino?

4. ¿Utiliza algún otro ingrediente?
Si _____ No _____
Cuál _____
5. ¿Si su respuesta fue positiva, en qué cantidad lo utiliza?

6. Para cocinar ¿qué fuente de energía utiliza?
Leña _____ Gas _____
7. ¿Qué cantidad de leña utiliza diariamente?

8. ¿Cuánto tiempo le tarda el cilindro de gas?

9. ¿Cuánto tiempo invierte en la producción de tortillas, desde el inicio del proceso?

10. ¿Qué cantidad de tortillas produce diariamente?

11. ¿Cuál es el precio de venta de las tortillas?

Anexo No. 7**Tabla No. 13****Consumo de proteínas y calorías de maíz en diferentes países**

País	Maíz		
	Ingestión	Calorías g/día/persona	Proteína
Afganistán	112	402	10.4
Bolivia	119	429	11.1
Brasil	100	360	9.3
Colombia	122	437	11.5
El Salvador	245	871	23.3
Guatemala	349	1242	33.2
Honduras	228	813	21.7
México	272	978	25.2
Nicaragua	131	472	11.1
Portugal	100	357	8.3
Rumania	192	694	16.1
África del Sur	308	1096	29.3
Arabia	166	597	15.4
Venezuela	108	393	8.7

Fuente – (3)

Anexo No. 8**Tabla No. 14****Consumo de maíz en el área rural y urbana de los países de Centro América**

País	Consumo de maíz, g/día	
	Rural	Urbano
Guatemala	318	102
El Salvador	352	166
Honduras	225	135
Nicaragua	131	56
Costa Rica	41	14
Panamá	4	4

Fuente – (3)

Anexo No. 9

Tabla No. 15

Composición porcentual de diferentes harinas de maíz nixtamalizado

<i>Muestra No.</i>	<i>Humedad</i>	<i>Cenizas</i>	<i>Proteína total</i>	<i>Fibra cruda</i>	<i>Extracto etéreo</i>	<i>Carbohidratos</i>	<i>Calcio mg Ca/100g</i>
1	9.4	1.7	10.4	2.5	4.7	71.3	95
2	6.7	2.1	9.9	1.9	4.8	75.4	90
3	6.2	2.1	9.8	2.1	4.9	74.9	90
4	7.1	2.3	11.3	1.5	5.0	72.7	114
5	7.5	2.3	10.5	1.6	5.5	72.6	109
6	7.2	2.3	9.2	1.8	4.5	75.0	113
7	7.1	2.3	8.5	1.9	4.9	75.3	128
8	6.8	2.1	11.4	1.9	5.0	72.8	98
9	7.1	2.1	9.8	2.1	5.2	73.7	124
10	5.7	2.5	10.8	1.9	4.5	74.5	169
11	6.8	2.3	10.4	2.2	4.6	73.7	163
12	7.7	2.3	10.3	1.9	4.4	73.4	103
13	7.6	2.3	11.3	2.0	4.8	72.0	103
14	7.5	2.2	10.5	2.2	5.3	72.2	126
15	7.8	2.3	9.3	2.2	5.5	72.8	116
16	6.8	2.5	9.0	1.5	0.9	79.5	143
17	7.5	2.9	12.7	2.6	3.0	71.3	160
18	6.6	2.2	13.4	2.0	5.2	70.6	140
19	7.5	2.3	18.8	2.1	3.7	71.7	128

Fuente – (8)

Anexo No. 10**Tabla No. 16****Composición Nutricional de la tortilla (100 g)**

Nutriente	Tortilla Blanca	Tortilla Amarilla	Tortilla Negra
Energía, Kcal	204	206	263
Humedad, g	47.8	47.8	37.4
Proteína, g	5.4	5.6	3.9
Grasa, g	1.0	1.3	4.7
Carbohidratos, g	44.9	44.5	52.9
Fibra dietética, g	4.47	4.47	4.47
Ac. Grasos saturados, g	0.10	0.20	0.30
Ac. Grasos moni-insaturados, g	0.40	0.50	0.80
Ac. Grasos poli-insaturados	0.80	0.90	1.40
Calcio, mg	124	158	125
Fósforo, mg	123	122	192
Hierro, mg	0.2	2.5	2.6
Sodio, mg	38	38	38
Potasio, mg	147	147	147
Zinc, mg	2.90	2.90	2.90
Vitamina A, mcg	2	15	0
Tiamina, mg	0.10	0.12	0.22
Riboflavina, mg	0.04	0.05	0.07
Niacina, mg	1.02	1.02	1.11

Fuente (14,15)

Anexo No. 11

Tabla No. 17

**Análisis de Varianza del costo de producción de las tortillas elaboradas
en Jutiapa y Totonicapán**

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	5	0.763	0.1526	0.0003023
Columna 2	10	1.385	0.1385	0.0009107
Columna 3	5	0.656	0.1312	0.0024557
Columna 4	4	0.49	0.1225	2.5E-05

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.002247	3	0.000749	0.77602507	0.52106362	3.09839265
Dentro de los grupos	0.019303	20	0.00096517			
Total	0.021550	23				

Anexo No. 12

Tabla No. 18

**Análisis de Varianza del precio para la venta de las tortillas elaboradas
en Jutiapa y Totonicapán**

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	5	1.1	0.22	0.002
Columna 2	10	2.034	0.2034	0.0007847
Columna 3	5	1.05	0.21	0.0005
Columna 4	4	0.81	0.2025	0.0006916

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.0010724	3	0.00035748	0.37359075	0.77295267	3.09839265
Dentro de los grupos	0.0191374	20	0.00095687			
Total	0.0202098	23				

Anexo No. 13

Tabla No. 19

Análisis de varianza de la rolabilidad de las tortillas elaboradas en Jutiapa y Totonicapán

Análisis entre muestras*	Diferencia mínima significativa	Diferencia entre muestras
1 – 2	0.7484	0.45
1 – 3	0.8642	1.40
1 – 4	0.7789	0.01
1 – 5	0.7273	0.41
1 – 6	0.6832	1.15
1 – 7	0.6832	1.65
2 – 3	0.7484	0.95
2 – 4	0.6481	0.44
2 – 5	0.5850	0.04
2 – 6	0.0102	0.70
2 – 7	0.0102	1.20
3 – 4	0.7789	1.39
3 – 5	0.7273	0.99
3 – 6	0.6832	0.25
3 – 7	0.6832	0.25
4 – 5	0.6237	0.40
4 – 6	0.5716	1.14
4 – 7	0.5716	1.64
5 – 6	0.4989	0.74
5 – 7	0.4989	1.24
6 – 7	0.4321	0.50

*1= Maíz amarillo de puestos de venta en Totonicapán

2= Maíz blanco de puestos de venta en Totonicapán

3= Maíz negro de puestos de venta en Totonicapán

4= Maíz amarillo de hogares en Totonicapán

5= Maíz blanco de hogares en Totonicapán

6= Maíz blanco de puestos de venta en Jutiapa

7= Maíz blanco de hogares en Jutiapa