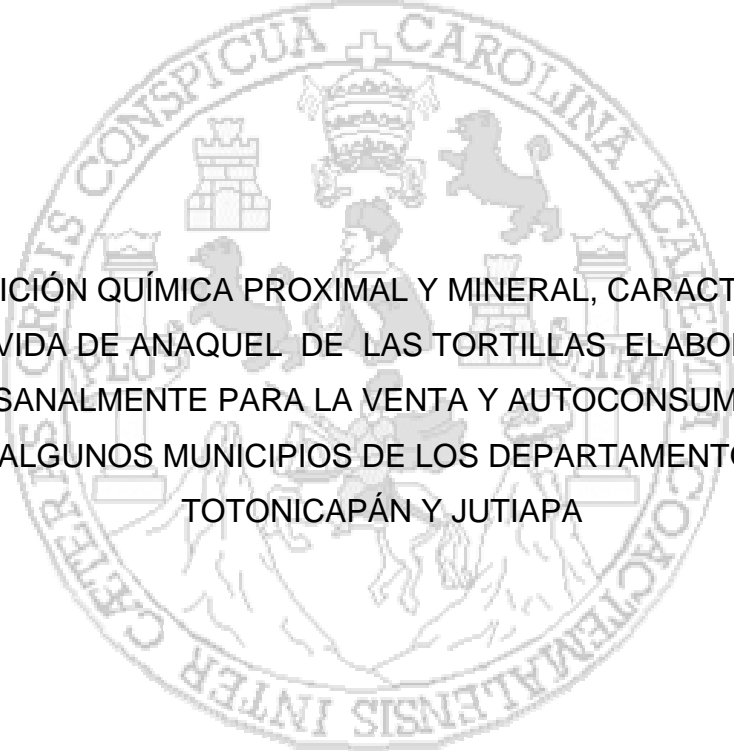


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL Y MINERAL, CARACTERÍSTICAS
FÍSICAS Y VIDA DE ANAQUEL DE LAS TORTILLAS ELABORADAS
ARTESANALMENTE PARA LA VENTA Y AUTOCONSUMO
EN ALGUNOS MUNICIPIOS DE LOS DEPARTAMENTOS DE
TOTONICAPÁN Y JUTIAPA

Informe de Tesis Presentado por:

Karen Janissa González Pellecer

Nutricionista

Guatemala Agosto del 2005

INDICE

I.	Resumen.....	3
II.	Introducción.	4
III.	Antecedentes	
	A. El maíz	5
	B. Tortillas	16
	C. Harina de maíz nixtamalizado	23
	D. Factores de descomposición de los alimentos.....	25
	E. Vida de anaquel de las tortillas.....	26
	F. Conservación de alimentos por refrigeración.....	27
	G. Importancia de nuevas aportaciones a las Tablas de composición de Alimentos	27
	H. Métodos de análisis de alimentos.....	29
IV.	Justificación.....	33
V.	Objetivos.....	34
VI.	Materiales y Métodos.....	35
VII.	Resultados.....	40
VIII.	Discusión de resultados.....	46
IX.	Conclusiones.....	49
X.	Recomendaciones.....	50
XI.	Referencias.....	51
XII.	Anexos	54

I. RESUMEN

El presente estudio se realizó para generar información sobre el valor nutritivo, características físicas y vida de anaquel de las tortillas preparadas en cuatro municipios de los departamentos de Totonicapán y Jutiapa.

Se analizaron tortillas elaboradas artesanalmente, adquiridas en hogares y puestos de venta de cuatro municipios de Totonicapán y Jutiapa.

Los resultados obtenidos en el análisis químico proximal, indicaron que las tortillas de Jutiapa contienen más proteína y carbohidratos y las amarillas menos proteína y más grasa. Las tortillas amarillas presentaron mayores cantidades de minerales.

En cuanto a las características físicas de las tortillas, se encontraron diferencias en diámetro ($p=4.84 \times 10^{-6}$) y el grosor en la orilla ($p=0.0036$), dichas diferencias son significativas. Entre las tortillas de autoconsumo y venta de Totonicapán existen diferencias significativas en cuanto al grosor a la orilla y al centro; también hay diferencias en el grosor de la orilla entre las tortillas de autoconsumo y venta de Jutiapa. Al comparar las tortillas de autoconsumo de Totonicapán y Jutiapa, se encontraron diferencias significativas en cuanto al diámetro ($p=6.73 \times 10^{-5}$); las tortillas para venta presentan diferencias en diámetro ($p=0.014$) y grosor a la orilla (0.005) y centro ($p=0.025$). Al comparar las características de las tortillas según color y destino, se encontró que las tortillas amarillas y negras son las que más presentan diferencias.

El estudio de la vida de anaquel indicó que la ligosidad es el primer signo de descomposición que aparece. En refrigeración, las tortillas amarillas para autoconsumo son las que pierden más peso y las negras las que menos peso pierden.

Se concluye que las tortillas de Jutiapa son más grandes y uniformes que las de Totonicapán, que en general, la vida de anaquel de las tortillas es de 24 horas en Totonicapán y 12 horas en Jutiapa y que a temperatura ambiente, las tortillas negras pierden más peso y las blancas para autoconsumo de Jutiapa las que pierden menos peso; en refrigeración, las tortillas amarillas para autoconsumo pierden más peso y las negras las que menos peso pierden.

De acuerdo con los resultados obtenidos se recomienda continuar este estudio en departamentos de las regiones norte y sur de Guatemala para complementar esta información.

II. INTRODUCCIÓN

La tortilla de maíz es uno de los alimentos básicos de la población guatemalteca ya que diariamente su consumo por persona asciende a 423 gramos en las tierras altas, 369 gramos en tierras bajas y 219 en la región de oriente del país. Además, su importancia nutricional radica en que provee hasta el 59% de las calorías y 45% de las proteínas diarias.

En la actualidad el procedimiento para la elaboración de tortillas varía de una región a otra e inclusive de una familia a otra debido a que en la materia prima utilizada han surgido algunas modificaciones por el uso de variedades diferentes de maíz y de harina de maíz nixtamalizada, así como diferentes combustibles y superficies para la cocción. Además, la cantidad de cal que se utiliza es muy variable por lo que es de esperarse que existan variaciones no solo en valor nutritivo, sino también en el peso y las dimensiones.

Las tortillas se consumen preferiblemente recién elaboradas, sin embargo, cuando no se consumen inmediatamente, su vida útil depende de las condiciones de almacenamiento, siendo sus principales signos de descomposición microbiológica el olor a fermento, una superficie pegajosa y la aparición de moho. También pueden sufrir deterioro físico-químico como la retrogradación del almidón que determina la textura dura.

Por lo general, las tortillas se almacenan a temperatura ambiente en un cesto y cubiertas por un paño de tela, creando un ambiente propicio para el deterioro.

En vista que la información nutricional y características de las tortillas consumidas actualmente en Guatemala es escasa, el presente estudio se planteó para generar información sobre el valor nutritivo, características y la vida de anaquel de las tortillas preparadas en algunos puestos de venta y hogares de cuatro municipios de los departamentos de Totonicapán y Jutiapa.

III. ANTECEDENTES

A. El Maíz

1. Definición

El maíz es una semilla que pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual alta dotada de un amplio sistema radicular fibroso. Se trata de una especie que se reproduce por polinización cruzada y la flor femenina y la masculina se hallan en distintos lugares de la planta (16).

2. Origen

El maíz se desarrolló en la parte nor-occidental de América Central y específicamente en el occidente, sobre la meseta central de Guatemala. Esta región es la única en donde se encuentra el teocinte y el tripsacum que son plantas filogenéticamente más primitivas que el propio maíz y de las cuales pudo haber descendido. El origen pudo darse por tres causas: 1) Desarrollo a partir del teocinte por mutaciones y selecciones; 2) por hibridación del teocinte con alguna gramínea no conocida o 3) Desarrollo de alguna planta pre-maíz ya extinguida o por lo menos todavía desconocida (16,37).

El maíz (*zea mays L.*) fue el único cereal cultivado en forma sistemática por los indios americanos aunque cosechaban algunos otros granos en su estado silvestre (15).

3. El maíz en la nutrición humana

Se sabe que el maíz fue bien conocido por los Mayas y otros habitantes de Mesoamérica y que éste formó parte esencial de su religión y cultura. En la actualidad el maíz sigue constituyendo el alimento básico de la mayor parte de las Américas. Se siembra prácticamente en todas las regiones climáticas del planeta donde éste puede crecer (9,19,32).

Guatemala es el país que tiene el consumo más alto de maíz con fines de alimentación humana ya que por sus condiciones socioeconómicas, la población guatemalteca es más dependiente del maíz (preparado como tortilla) que de cualquier otro alimento para su alimentación diaria y es la que constituye el mayor volumen de la dieta de la población del área rural (72%), complementándose con otros alimentos propios de la región que casi siempre son de origen vegetal, tales como el frijol (8%) y algunas hierbas (18,19,21).

El maíz provee hasta un 59% y un 45% de la ingestión diaria de calorías y proteínas respectivamente y las cantidades son mayores especialmente en la población indígena ya que en algunos estudios se ha encontrado que el consumo diario de maíz por persona (g/persona) es de 423 en tierras altas; 369 en tierras bajas y de 219 en la región de oriente.

Un análisis más a fondo del consumo de maíz en áreas rurales de Guatemala, relacionó la ingestión de maíz con la edad, revelando que la ingestión principia a edad temprana con 64 gramos por día, siendo mayor conforme aumenta la edad del individuo, alcanzando un promedio nacional de 318 gramos por día. En niños de uno a dos años de edad el maíz aporta el 27% de la ingestión de proteína y el 33% de calorías (9,19,21).

4. Sistema de cultivo del maíz

El sistema de cultivar la milpa no ha cambiado sustancialmente en los últimos tres mil años, es decir, desde la época arcaica y preclásica de las culturas de Mesoamérica, hasta nuestros días. El único cambio, se ha operado en el uso de distintos instrumentos agrícolas y así del xul o palo sembrador y del bat o hacha de piedra se pasó al empleo del azadón, del hacha y del machete, instrumentos modernos hechos de acero que cumplen la misma función, pero en forma más efectiva (37).

Los campos previamente sembrados pero abandonados se talan de los arbustos de crecimiento reciente y se limpian de las malas hierbas. Los montes talados se queman en los meses de marzo, abril y mayo antes de las lluvias y cuando toda la hojarasca está completamente seca. A esta quema se le llama "roza" y se realiza esperando un día seco, asoleado y con bastante aire.

Previo a la siembra en el mes de mayo y al iniciarse las lluvias, se hace una limpieza ligera y a continuación se hacen hoyos en el suelo con el palo sembrador, a una distancia establecida y en cada uno de ellos se echan entre cinco o seis granos de maíz. Después se cierran los hoyos con el pie, o con el mismo palo sembrador.

La siguiente etapa es la desyerba del campo; mediante esta operación se chapea con machete para evitar la competencia de las malas hierbas. Al madurar el grano se procede a doblar las cañas con el objeto de que la lluvia no penetre en las mazorcas y que los pájaros no se coman los granos. Finalmente, desde el mes de diciembre en adelante, se inicia la cosecha y las mazorcas y granos se guardan en la troje.

Este es un milenar sistema de siembras que en la actualidad se mantiene inalterable como una técnica viva, mezcla de tradición y costumbre, religión y fuente de vida (37).

5. Clasificación del maíz

Como los otros cereales, el maíz pertenece a la familia *Gramineae*. Los miembros de este grupo botánico tienen sistemas de raíces fibrosas, hojas alternantes, venas paralelas en las hojas, vainas de hojas divididas, tallos cilíndricos con nudos sólidos y flores en espiga más o menos abiertas.

Las principales variedades del maíz son: maíz duro, maíz dentado, maíz dulce, maíz palomero, maíz harinoso y maíz ceroso.

a) Maíz de vaina. Es quizá un tipo primitivo. Cada grano está envuelto por una vaina fibrosa. Esta característica puede aparecer en cualquier otro de los tipos descritos aquí.

b) Maíz duro. Cuando se utiliza el término genérico "maíz", se refiere a este tipo de maíz. Tiene granos muy duros y esta característica se debe a que las capas de almidón duro y proteína que están justamente debajo de la cáscara son bastante gruesas. La mayoría de los granos de maíz de este tipo maduran pronto y tienen cierta popularidad por esta razón.

c) Maíz dentado. Constituye la mayor cosecha de los Estados Unidos de Norteamérica para el consumo animal. Al madurarse, los granos presentan una concavidad pronunciada debido al encogimiento del endospermo a medida que se pierde humedad. Los granos son duros, pero no tanto como los del maíz duro.

d) Maíz harinoso. Se cultiva en Sudamérica y América Central principalmente. Los granos son grandes y blandos, y el endospermo se desmenuza con facilidad. Estas características permiten que el grano se muele fácilmente formando harina, lo que es ventajoso en los métodos de preparación domésticos.

e) Maíz ceroso. Este tipo de maíz no contiene cera pero debe su textura a las grandes cantidades de la fracción de amilopectina del almidón que están presentes.

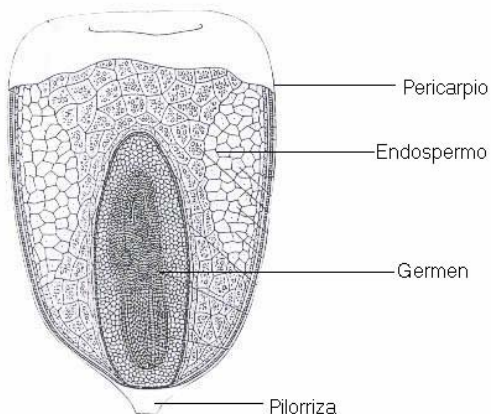
Cada vez adquiere mayor importancia debido a los usos que se le han encontrado, tanto para alimento como para la industria.

f) El maíz dulce. El maíz dulce difiere del maíz de campo en que es mayor la cantidad de carbohidratos del grano que está presente como polímeros de la glucosa de peso molecular relativamente bajo (dextrans) más que como gránulos de almidón. En consecuencia, los granos del maíz dulce retienen su textura blanda y succulenta y su sabor dulce por un período más largo durante su desarrollo. Los granos del maíz dulce al madurar y secarse, son tan duros como los del maíz de campo aunque tienen una superficie arrugada. Algunos botánicos consideran que el maíz dulce es una mutación del maíz del campo de origen relativamente reciente y es este punto de vista el que prevalece en la actualidad (15).

6. Estructura del grano de maíz

El grano de maíz se clasifica botánicamente como un cariósipide y sus cuatro partes principales del grano de maíz son: el pericarpio, la cáscara o salvado, el endospermo, el germen o embrión y la piloriza. Este último es un tejido inerte en que se unen el grano y el carozo (ver figura 1).

Figura No. 1



El color del grano puede variar desde blanco hasta rojo oscuro o café. El peso (variedad dentada) varía desde 150 a 600 mg, con un promedio aproximado de 350 mg (15,16).

7. Composición química y valor nutritivo del maíz

a) Composición Química de las partes del Grano.

i. El pericarpio o cubierta seminal- Representa alrededor del 5 al 6% del peso del grano y se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda (aproximadamente 87%) la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0.1%).

ii. El endospermo- Representa entre el 80 al 85% del peso del grano, contiene un nivel elevado de almidón(87%), proteínas 8%, un contenido de grasas crudas relativamente bajo y por su tamaño, contribuye aproximadamente con el 76% del nitrógeno total del grano.

El contenido de Carbohidratos y proteínas de los granos de maíz depende en medida considerable del endospermo (6,16).

iii. El germen- Representa entre el 10 al 12% del peso del grano y se caracteriza por un elevado contenido de grasas crudas(33%), un nivel relativamente elevado de proteína (cerca de un 20%) y minerales.

El contenido de grasas crudas, proteínas y minerales (aunque en menor medida) dependen del germen.

iv. La piloriza- Representa entre el 2 al 3% del peso del grano y tiene un contenido relativamente alto de proteínas (alrededor de 19%).

b) Composición Química General y Mineral. La información disponible sobre la composición química general del maíz, permite conocer la variabilidad de cada uno de sus principales nutrientes (16).

TABLA NO. 1
Composición Química General y Mineral del grano entero crudo de maíz
(Valores por 100 gramos)

Nutriente	Tipo de maíz		
	Amarillo	Blanco	Negro
Energía	381Kcal	367 Kcal	362 Kcal
Proteína total	9.0 g	8.95 g	5.0 g
Grasa total	4.3 g	4.3 g	4.3 g
Carbohidrato total	75.6 g	73.2 g	77.3 g
Fibra Cruda	1.50 g	1.6 g	1.0 g
Calcio	7.0 mg	7.0 mg	6.0 mg
Fósforo	300.0 mg	239.0 mg	287.0 mg
Hierro	2.5 mg	2.3 mg	2.3 mg
Sodio	1 mg	1 mg	1 mg
Potasio	284 mg	284 mg	284 mg
Magnesio	147 mg	147 mg	147 mg
Zinc	2.21 mg	2.21 mg	2.21 mg
Tiamina	0.52 mg	0.38 mg	0.44 mg
Riboflavina	0.13 mg	0.09 mg	0.08 mg
Niacina	1.84 mg	2.13 mg	1.03 mg
Vit. B ₆	0.62 mg	0.62 mg	0.62 mg

Fuente : (6,24,25).

i. **Proteínas-** El contenido de proteína del grano de maíz puede oscilar entre 8-11% del peso del grano y la mayor parte se encuentra en el endospermo. La proteína del grano de maíz está formada por una fracción soluble en agua y soluciones salinas y otra fracción soluble en alcohol. Dentro de la fracción soluble en agua se encuentran las Albúminas (7%), globulinas (5%) y Nitrógeno no proteico (6%) y dentro de la fracción soluble en alcohol las prolaminas (52%).

Las cantidades de proteínas solubles en alcohol son bajas en el maíz verde y aumentan a medida que el grano madura.

En su patrón de aminoácidos esenciales hay un bajo contenido de isoleucina, lisina y triptófano (aminoácidos esenciales) lo que hace que la proteína del maíz sea de un valor biológico bajo (32%). Sin embargo, tiene alto contenido de carbohidratos, característica que lo coloca entre las fuentes excelentes de energía (9,16).

ii. Aceites y ácidos grasos- Se encuentran fundamentalmente en el germen y su contenido está determinado genéticamente con valores de 3 al 18%. El aceite de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados (palmítico 11%, estearico 2%) y contiene niveles relativamente altos de ácidos grasos poliinsaturados (linoleico, cerca del 24%). Se han encontrado cantidades muy reducidas de ácidos linoleico y araquidónico (16).

iii. Fibra dietética- Esta fibra es de tipo insoluble y constituye el componente químico del maíz que se encuentra en mayores cantidades, encontrándose principalmente en el pericarpio y piloriza (16).

iv. Otros Hidratos de Carbono- El total de azúcares del grano varía entre 1 y 3% y la sacarosa, que es el más importante, se halla esencialmente en el germen. Los azúcares disminuyen conforme madura el grano mientras que el almidón aumenta (16).

v. Minerales- El germen proporciona cerca del 78% de los minerales del grano siendo el más abundante el fósforo en forma de fitato de potasio y el magnesio, que se encuentra en el embrión . El maíz tiene un bajo contenido de Calcio y oligoelementos (16).

vi. Vitaminas- Un nutrimento de importancia en el maíz son los carotenos, pigmentos precursores de vitamina A. Estos son abundantes en el maíz amarillo, mientras que en el maíz blanco el contenido de éstos es muy escaso. Los más importantes son el beta-caroteno y la criptoxantina, y aunque el beta caroteno es una fuente importante de vitamina A ; la población guatemalteca prefiere el consumo de maíz blanco (16).

Aunque las concentraciones de carotenos en el maíz son relativamente bajas en comparación con las que se encuentran en las verduras, el alto consumo de este cereal lo hace una fuente de este nutriente. Por esta razón se considera conveniente recomendar que se consuma más maíz amarillo que de cualquier otro color (8).

La vitamina E se halla principalmente en el germen y se encuentra como tocoferol-alfa y tocoferol-gama. Las vitaminas solubles en agua se encuentran sobre todo en la capa de aleurona del grano de maíz y su contenido está determinado en su mayor parte por el medio ambiente y las prácticas de cultivo (16).

c) Variaciones del maíz. Existen buenas fuentes que indican que los maíces cultivados en partes bajas contienen más proteína y carotenos que los maíces cultivados en partes altas; esto

posiblemente debido al período de maduración ya que en las partes altas este período es de 8 a 10 meses mientras que en la costa sólo es de 3 a 4 meses.

Las diferentes variaciones encontradas en las distintas variedades de maíz son debidas a la composición genética del grano y al medio ambiental (6).

8. Procesamiento del maíz

Una vez cosechadas las mazorcas, se someten al secado cuya importancia radica en que los granos que contengan una humedad adecuada (aproximadamente 12%) estarán menos expuestos al deterioro.

a) Métodos de secado.

i. Secado en capas- Consiste en colocar el grano recolectado en un recipiente, una capa tras otra. Cada capa de grano se seca parcialmente antes de colocar la siguiente (16).

ii. Secadores portátiles por tandas- Este tipo de secadores son muy útiles porque pueden llevarse de una finca a otra y funcionan mediante aire calentado a temperaturas que van desde 60 a 80 °C.

iii. Secadores de flujo continuo- El funcionamiento de este tipo de secadores consiste en hacer pasar un flujo continuo de granos por secciones calentadas y no calentadas, gracias a lo cual se obtiene granos secos y a baja temperatura (16).

b) Almacenamiento. Los granos de cereales carecen prácticamente de riesgos microbiológicos siempre que se hayan recolectado en buenas condiciones, se hayan desecado rápidamente hasta alcanzar una actividad de agua que impida el crecimiento microbiano y se hayan almacenado en condiciones que impidan la absorción de humedad (23).

Los factores de importancia que influyen en el deterioro de los granos son los de origen biótico, los elementos o agentes vivos que utilizan el grano como alimento, y los factores no bióticos que comprenden la humedad relativa(>12-13%) la temperatura y el tiempo que transcurre, además es importante considerar que la planta de donde se deriva el producto se contamina con la tierra e insectos durante su crecimiento, por lo que es de esperarse que éste sea un factor inicial de contaminación del producto (16,20).

Es frecuente detectar *Bacillus cereus* en productos derivados de cereales. Este es un microorganismo del suelo y se le considera un contaminante inevitable de harinas y granos de cereales. Sin embargo, entre los factores bióticos, los que provocan una mayor preocupación son los productores de micotoxinas (23) .

A este respecto, el factor que cobra mayor importancia son las aflatoxinas, derivadas de la infección por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, los cuales infectan el maíz cuando encuentran condiciones óptimas, que son la humedad excesiva (18-24%) y una temperatura entre 16 y 38°C.

Los esfuerzos se han encaminado a suprimir las infestaciones pero en condiciones óptimas las esporas aerotransportadoras son muy abundantes en el medio ambiente y logran infestar los tejidos internos del maíz, sobre todo porque una de las cosechas del maíz tiene lugar en el mes de agosto, época en la que aún llueve y se dan las condiciones ideales de humedad y temperatura para la propagación de los hongos (16).

Las micotoxinas son producto del proceso metabólico de algunos mohos de los cuales preocupa especialmente su toxicidad crónica. La FAO estima que el 25% de las cosechas mundiales de granos se encuentra afectado

El *Aspergillus flavus*, es un hongo potencialmente productor de aflatoxinas y las aflatoxinas constituyen la micotoxina de mayor riesgo para la salud, en especial, por su potencial carcinogénico para el hígado humano.

Aunque sería imposible eliminar por completo las micotoxinas de los alimentos, es importante asegurarse de que sus niveles no representen una amenaza para la salud, por lo que la prevención poscosecha de la producción de micotoxinas depende fundamentalmente de unas buenas prácticas de gestión antes de la cosecha y después de ella.

Con las estrategias de descontaminación, que pueden ser físicas, químicas o microbiológicas, puede descontaminarse el maíz destruyendo, modificando o absorbiendo la micotoxina de suerte que se reduzcan o se eliminen sus efectos tóxicos (39,40).

En algunos estudios se ha determinado que la cocción del maíz en agua de cal resulta muy efectiva, ya que reduce considerablemente los niveles de aflatoxinas entre el 50 al 75% en algunos casos y hasta un 80% en otros casos dependiendo de la concentración de cal utilizada durante el

proceso de cocción. Sin embargo, otros estudios demostraron que los niveles de cal con que se prepara habitualmente el nixtamal en Guatemala, no disminuye suficientemente las aflatoxinas del grano para que su consumo resulte inocuo. Debido a las contradicciones de los hallazgos, los investigadores concluyen que el proceso tradicional de preparar el nixtamal, apenas tiene eficacia en la disminución de aflatoxinas en un lote de maíz severamente contaminado, dado que el valor de la concentración de éstas se encuentra por encima del valor considerado aceptable (16).

c) Molienda para el refinamiento del maíz

i. Molienda de Maíz en húmedo- Después de separar el germen, el endospermo coriáceo y las cáscaras se muelen para liberar el resto del almidón (15).

ii. Molienda de Maíz en seco- El producto desgerminado, seco y frío, está listo para reducir gradualmente su tamaño a los diversos productos finales: productos gruesos, de tamaño regular, sémola gruesa, sémola fina, sémola en polvo, harina gruesa y 100% de harina fina, todos ellos graduados y controlados por tamaño de partículas (15).

9. Formas de consumo del maíz

En los países consumidores de maíz de América Latina, el maíz es procesado en diferentes formas para su consumo:

a) La tortilla. El maíz se cuece en soluciones alcalinas para desprender el pericarpio del grano, quedando juntos el endospermo y el germen, los cuales se muelen para formar masa y elaborar la tortilla (9).

El proceso de cocción del maíz en agua de cal, es propio e México y Centroamérica y a partir de este maíz cocido que se convierte en masa, se puede preparar tortillas, atol y tamalitos derivados de ésta (8,12).

b) Arepa. Es un pan de maíz tostado sin levadura de forma redondeada que se prepara con cereal desgerminado en el cual el grano de maíz es separado en endospermo, (el cual se consume), y en germen (el cual se desecha). Se consume principalmente en Colombia y Venezuela (9).

c) Pozol. El nixtamal o maíz cocido sin la envoltura seminal se tritura para formar una masa basta con la que se hacen manualmente unas pequeñas pelotas que se dejan fermentar durante dos días envueltas en hojas de banano o plátano a partir de la cual se pueden preparar diversas bebidas. Se consume principalmente en México (8,12).

d) Las Humitas. Se elabora una harina de maíz precocida que se asemeja a la masa tratada con cal empleando maíz no madurado. Son una especie de tamales que se consumen principalmente en Bolivia y Chile (8,12).

e) El tamalito. En la región centroamericana el maíz se consume especialmente en forma de tortilla(10), sin embargo es muy común envolver en tusas entre 50 a 60 gramos de masa preparada a partir del maíz cocido y cocinarla con vapor para obtener el tamalito (8,12).

10. Procedimiento para la elaborar tortillas: La Nixtamalización

Para la transformación de maíz en tortilla, el grano generalmente se limpia con un lavado con agua, y luego se adiciona agua en una proporción de 1.5 partes por una parte del grano. Al mismo tiempo se agrega hidróxido de calcio (cal) en una cantidad que varía entre 0.4 y 1.3% con respecto al peso del maíz. El pH aumenta hasta 9.5. después de mezclarlo, el maíz se cocina de 40 a 60 minutos, llevándolo hasta ebullición y luego se deja enfriar. Después de 14 a 16 horas, la solución alcalina, se desecha y los granos de maíz cocido se lava varias veces con agua, para eliminar el pericarpio y el hidróxido de calcio, es decir que permite que el grano quede entero con el germen sin pericarpio y sin la fracción oscura de la base del grano. El producto que resulta se conoce como “nixtamal”, el cual se muele en un molino (o en una piedra de moler) para preparar así la masa y posteriormente las torillas.

Desde el punto de vista científico, este es el proceso más eficaz para separar al pericarpio y ablandar el resto del grano de maíz, que tradicionalmente es utilizado en Guatemala (1,7,9,12,19).

Este procedimiento ha sido heredado de las prácticas realizadas por los Mayas ya que ellos prepararon sus tortillas por medio de un proceso de cocimiento alcalino (9).

B. Tortillas

1. Descripción

El nixtamal se muele y se convierte en una masa fina, de la cual luego se toma entre 30 y 60 gramos y se moldea en forma de disco aplanado de 9.91 a 18 cm de diámetro y entre 1.93 a 3.15 mm de grosor; se coloca sobre una superficie caliente (comal de arcilla o plancha de metal), la cual tiene una temperatura entre 180 a 210 °C, cocinando cada lado dos veces durante aproximadamente 1 minuto, para hacer un total de 5 a 6 minutos.

Durante esta cocción seca se pierde agua como vapor, por lo que se deja el tiempo suficiente para que una delgada capa se separe del resto del material que forma la tortilla (se infla) momento en el cual la tortilla se retira del comal (1,7,9,10,12,37,38).

La tortilla tiene un pH entre 7.0 y 7.5 y una humedad promedio de entre 35-55%. Es fuente de calcio y sus características palpables están relacionadas con el hidróxido de calcio (cal) que se emplea en el cocimiento del maíz nixtamalizado y que además actúa como conservador de masa y tortilla (27).

Para dar forma a las tortillas, el procedimiento puede ser manual, dando la forma redonda con las palmas de las manos o puede ser troquelada, colocando la masa entre dos planchas de metal que se presionan una contra la otra.

2. Cambios que ocurren en la transformación del maíz en tortillas

Durante el reposo se presentan los fenómenos de difusión del agua al interior del grano de maíz, lo que origina cambios bioquímicos en su estructura molecular que modifica las características fisicoquímicas, reológicas y texturales del nixtamal, masa y tortillas (1).

El agua, el calor y el hidróxido de calcio influyen en la composición química del maíz elaborado, dando lugar a modificaciones en su contenido de nutrientes. Los cambios se deben a las pérdidas materiales del grano y a las pérdidas químicas, que pueden derivar de la destrucción de algunos elementos nutritivos y de la transformación química de otros, principalmente por las modificaciones que sufre la estructura del almidón, que es el componente más abundante del maíz.(1,16).

El mayor daño de la estructura del almidón se produce en la transformación de masa a tortilla, en donde todos los componentes de la masa, principalmente los gránulos de almidón, están directamente expuestos al comal caliente provocando un daño considerable (1) .

Arámbula Villa (1) demostró que al analizar la humedad que desarrolló el maíz durante las etapas de proceso en la transformación a tortillas, la mayor absorción de agua se presenta en la etapa de grano crudo a nixtamal, aumentando de 12g/100g en maíz crudo hasta 50g/100g después de 4h de cocimiento y reposo. El cambio de humedad de nixtamal a masa es poco, ya que solo representa el agua que se adiciona para producir masa con la consistencia adecuada para formar la tortilla. Se observa disminución de humedad cuando se transforma de masa a tortilla debido a que la masa pierde agua por evaporación cuando se somete a cocimiento.

La exposición de los gránulos de almidón a la superficie caliente del comal provoca que los enlaces hidroxilo de la amilosa y amilopectina queden más expuestos y se enlacen fuertemente con las moléculas de agua (agua ligada) aumentando de esta forma el contenido de humedad. Esto hace que el gránulo retenga mayor cantidad de agua, pero menos disponible para reacciones bioquímicas, perdiéndose en menor cantidad al someter a cocimiento la tortilla, ya que como se sabe el agua no-ligada es la que primeramente se evapora (1).

Respecto al desarrollo de viscosidad, la mayor disminución de ésta se presenta al transformar el grano de maíz a grano nixtamalizado, debido a la gelatinización parcial de los gránulos de almidón durante el cocimiento y reposo.

Los almidones desarrollan su mayor viscosidad cuando están intactos. Al someterlos a tratamientos térmico-húmedos se gelatinizan y se refleja en un aumento en el porcentaje de almidón dañado, así como en la disminución del desarrollo de viscosidad al formar el gel (1).

a) Pérdidas de materia seca. Según la FAO en la cocción de maíz aplicando el método tradicional, se dan pérdidas de sólidos de un 13.9% en el maíz blanco y de 10.0% en el maíz amarillo durante la transformación de maíz en masa. Las pérdidas de materia seca aumentan en proporción al aumento del tiempo de cocción y la integridad del grano de maíz influye en estas pérdidas. Las pérdidas de materia seca también son directamente proporcionales al tiempo del remojo de los granos. Se producen importantes cambios estructurales en el maíz en el curso de la "nixtamalización", en donde la cal debilita las paredes celulares del endospermo periférico y da lugar a una hinchazón y destrucción parcial de los granos de almidón, modificando la apariencia de los cuerpos proteicos (16).

b) Pérdidas de nutrientes

i. Grasas y ácidos grasos- Se han hallado diferencias relativamente grandes entre diversas muestras de maíz, sin tratar o elaboradas, que entre el maíz crudo y las tortillas, lo que indica que el método de cocción en agua de cal no modifica la distribución de ácidos grasos (16).

ii. Contenido de fibra- Se cuenta con pocos estudios acerca de las pérdidas de nutrientes durante la transformación de maíz en tortillas sin embargo, se sabe que las pérdidas de fibra cruda ascienden aproximadamente al 46% en el maíz blanco y al 31% en el maíz amarillo.

El tratamiento con cal a 96°C durante unos 55 minutos hidroliza el pericarpio, que se elimina durante el lavado, arrastrando con él la piloriza, a lo que en gran medida se atribuye las pérdidas de fibra. Se ha hallado un aumento importante de fibra neutrodetergente (6.60%) y ácidodetergente (3.75%) en las tortillas, al examinarse el peso seco.

En el maíz la hemicelulosa se encuentra en un promedio de 8% y la lignina en un 0.13% mientras que en las tortillas, la hemicelulosa se encuentra en un promedio del 6% y la lignina en 0.15%.

En lo que respecta a la fibra insoluble, disminuye del maíz crudo (13%) a la masa (6%) y aumenta en la transformación de masa a tortillas(7%) . La fibra soluble aumenta del 0.88% en el maíz crudo al 1.31% de la masa, aumentando significativamente a 1.74% en las tortillas (10,16,21).

iii. Cenizas- La mayoría de estudios realizados manifiestan un aumento en el contenido total de cenizas en la transformación de maíz ($1.32 \pm 0.21\%$) en tortillas ($1.44 \pm 0.12\%$) debido a la cal que se utiliza en el proceso de cocción (10,16,21).

iv. Hidratos de Carbono- Se han detectado pérdidas de almidón de aproximadamente el 15%, que corresponden a los sólidos perdidos. El azúcar disminuye del maíz(2.4%) a las tortillas (0.34%). Según Robles, Murria y Paredes citados por FAO (17), la cocción en agua de cal y la maceración del maíz dan lugar a un aumento en la viscosidad. A mayor tiempo de cocción, mayor es la cantidad de almidón sensible a enzimas (16).

v. Proteínas y aminoácidos- La solubilidad de todas las fracciones proteicas disminuye (1-1.8%) con la transformación del maíz crudo en tortillas, con un aumento de la fracción insoluble.

La solubilidad de las zeínas verdaderas (material proteínico, subproducto del procesamiento del maíz), disminuye en 58% en las tortillas preparadas con maíz común.

Respecto al contenido de aminoácidos, existen 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. Las pérdidas de arginina y cistina, se deben al tratamiento del maíz en agua de cal (10,16,18,21).

vi. Vitaminas- En la transformación del maíz en tortillas se dan pérdidas de tiamina (36.4%), riboflavina(80%),niacina (29.0%), ácido fólico(46.3%) y caroteno (en el maíz amarillo se pierde entre el 15 al 28% de caroteno) Sin embargo, el maíz en bruto contiene una cantidad de niacina de 68.5% y después de la cocción en agua de cal la niacina aumenta hasta acumular un 76% (7,10,16,18,21).

A pesar de las pérdidas que sufren las diferentes fracciones del grano en la transformación del maíz en tortillas, el valor nutritivo de la tortilla es superior a la de cualquier otro cereal que ha sufrido también el proceso de elaboración necesario para poder ser consumido (19).

vii. Minerales- Un estudio realizado por Bressani, Breuner y Ortiz indica que el contenido de magnesio varió desde 8% en el maíz a 35% en la tortilla; el sodio no presenta cambio alguno (10).

Los cambios del contenido de otros minerales varían y dependen posiblemente de la pureza de la cal empleada y del tipo de aparato de molienda utilizado (10,16).

c) Disponibilidad de Nutrientes. Estudios realizados por Bressani demuestran que el contenido de nutrientes de una tortilla elaborada con el proceso tradicional, varía de una familia a otra y las pérdidas que ocurren en la transformación de nixtamal a masa y de masa a tortilla dependen mucho del tipo de maíz y de las prácticas puramente familiares (7).

i. Calcio- La cocción del maíz en agua de cal produce un aumento del 400% del contenido de calcio debido a la absorción de cal por la masa, mejorando a la vez la proporción calcio/fósforo (Ca:P =0.67) de las tortillas, lo que posiblemente favorece la utilización de los iones calcio, aumentando la disponibilidad de éste.

En este hecho es importante también el efecto de la temperatura de cocción, el tiempo de remojo y las características del maíz (10,16,21).

El aumento en el contenido de calcio es de mucho interés, ya que las comunidades rurales consumen muy poca leche, o nada de ella, y la absorción del calcio de la tortilla es tan alta como aquélla de la leche (9,10,18,20).

Un aspecto importante encontrado en la transformación del maíz en tortillas, es que las tortillas hechas con maíz amarillo contienen más calcio que las preparadas con maíz blanco, esto se debe a que el maíz amarillo tiene un menor porcentaje de cáscara (5.3%) en comparación con el maíz blanco (6.2%), por lo que durante el cocimiento en agua de cal los granos se fraccionan con mayor facilidad permitiendo mayor tiempo de contacto entre el agua de cocción y el interior del grano, propiciando una mayor absorción de cal (7).

ii. Aminoácidos- El proceso de cocción del maíz en agua de cal aumenta ligeramente el contenido de nitrógeno, debido al efecto de concentración que se provoca al perderse los azúcares solubles del grano.

La digestibilidad de las proteínas disminuye en forma leve, posiblemente a causa del tratamiento con calor durante la cocción.

Algunos investigadores afirman que durante la cocción del maíz, la existencia de interacciones hidrofóbicas, la desnaturalización de las proteínas y su degradación probablemente dan lugar a cambios de la solubilidad de estos elementos, pudiendo influir en la liberación de aminoácidos durante la digestión enzimática (16).

La nixtamalización implica un tratamiento selectivo de las proteínas del maíz e incrementa el balance de aminoácidos esenciales por el efecto de concentración, provocado en gran medida por las pérdidas de azúcares, almidones y cáscara del grano durante la cocción. Además, podría deberse a la existencia de interacciones hidrofóbicas, la desnaturalización de las proteínas y degradación de éstas que dan lugar a cambios en la solubilidad de la fracción proteica de la prolamina, liberando aminoácidos (10,16,18,21).

iii. Disponibilidad de Niacina- El tratamiento del maíz en cal, destruye el factor pelagagénico, el cual es producido por un desequilibrio de los aminoácidos esenciales que aumenta las necesidades de niacina, según estudios realizados en animales de experimentación.

Algunos autores opinan que la destrucción del factor pelagragénico ocurre debido a que el tratamiento con cal libera la niacina ligada, sin embargo, según Bressani et al la destrucción del factor pelagragénico ocurre porque el tratamiento alcalino del maíz mejora el equilibrio de aminoácidos (16).

iv. Fibra dietética- En la transformación del maíz en tortillas mediante la cocción alcalina, la fibra dietética total disminuye de maíz a masa y aumenta de masa a tortillas hasta niveles ligeramente inferiores a los del maíz en bruto. Se ha determinado que los niveles de fibra aumentan hasta el 10% del peso en seco, es decir, que por cada 100 gramos de tortilla, 10 gramos son de fibra dietética (16).

3. Características de las tortillas

a) Características de la masa para elaborar tortillas. En la masa de maíz se requiere un rango de adhesividad para que el material se pueda troquelar o moldear para formar las tortillas.

Una masa sin adhesividad no presenta consistencia para formar la tortilla, y por el contrario una masa demasiado adhesiva (chiclosa) no permite formar la tortilla, ya que se pega, se rompe y no permite ser moldeada para luego ser colocada al comal para su cocimiento. La humedad del grano es un parámetro importante, ya que las características de textura de las tortillas dependen en un alto grado de la humedad que logra el grano al nixtamalizarse. Al procesar el grano inmediatamente después del tiempo de cocimiento, se obtienen masas y tortillas con textura no adecuadas (1).

b) Características físicas

i. Peso y dimensiones- Estudios realizados por Bressani (14) demuestran que el peso de la tortilla es una característica familiar, lo que varía de acuerdo a la familia que la produce ya que de los resultados obtenidos. El peso húmedo de una tortilla varía entre 23.3 a 41.9 g, el grosor fluctúa entre 1.93 y 3.15 mm y el diámetro entre 9.91 y 11.87 cm (7,38).

Según la tabla del valor nutritivo de los alimentos para Centro América y Panamá, el peso de la tortilla de maíz para Guatemala es de 45 gramos por unidad. Sin embargo, no existe aún un dato real específico en cuanto a peso, diámetro y grosor de las tortillas consumidas actualmente, por lo que solo se cuenta con evaluaciones no oficiales que demuestran que el peso húmedo promedio de una tortilla es de 30 gramos, con 10 cm de diámetro y 4 mm de grosor¹ (24,38).

En un estudio realizado en México, Arámbula determinó que utilizando el método tradicional de cocimiento y elaboración de tortillas, éstas presentaron un peso húmedo de 28 ± 2 g, 12 cm de diámetro y 1.85 mm de grosor (espesor) (1).

ii. Textura- Textura se refiere a aquellas cualidades de los alimentos que se pueden sentir ya sea con los dedos, el paladar o los dientes.

Es un atributo natural que no permanece constante, por lo que una desviación de la textura esperada es un defecto de la calidad. Se ha encontrado una buena correlación entre las características de textura las tortillas y el contenido de humedad de las mismas, ya que a mayor humedad mejores características de textura. La tortilla con muy baja humedad es quebradiza y con características de textura muy pobres. Con un proceso de menos de 60 min de cocimiento y reposo, no es posible obtener tortillas (1,30)

En términos generales, las tortillas con las mejores propiedades de textura corresponden a aquéllas con 42-44 g de humedad/100 g de nixtamal, una adhesión de masa de 30-50 g de humedad/100 g de masa y una humedad de tortilla de 43-44g de humedad/100g de tortilla (1).

c) Valor Nutritivo. La tabla No. 2 resume la composición química general y mineral de la tortilla de maíz nixtamalizado.

1

¹Menchú, M.T. 2003. Características físicas de las tortillas. Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (Entrevista Personal)

TABLA NO. 2
Composición Química General y Mineral de la tortilla de maíz nixtamalizado
(en g/100g y porcentaje)

Nutriente	Valor
Energía	206 g
Humedad	14.1 ± 1.7 %
Cenizas	1.32 ± 0.21 %
Proteína	5.6 g
Grasa	1.3 g
Carbohidrato	44.5 g
Fibra dietética	10.28 - 12.22 %
Calcio	48.3 ± 12.3 %
Fósforo	299.6 ± 57.8 %
Hierro	4.8 ± 1.9 %
Sodio	59.2 ± 4.1 %
Potasio	324.8 ± 33.9 %
Magnesio	107.9 ± 9.9 %
Zinc	4.6 ± 1.2 %
Cobre	1.3 ± 0.2 %
Manganeso	1.0 ± 0 %
Tiamina	0.12 mg *
Riboflavina	0.05 mg *
Niacina	1.02 mg *
Equivalentes de Retinol	15 mcg *

*Dato referido para tortillas de maíz amarillo con cal

Fuente: (10, 24).

C. Harina de Maíz Nixtamalizado

1. Historia

La tradición en la preparación de tortillas de maíz ha desarrollado una gran importancia en la alimentación no solo de los indígenas, sino también de toda la población blanca y ladina, quienes en la actualidad representan un fuerte potencial de consumidores de tortillas. Basándose en dicha demanda y con el objetivo de proporcionar a las poblaciones un producto con las mismas características de olor, sabor y textura del producto original, hace aproximadamente 10 años se fundó la Industria del maíz, S.A., en asociación con General Mills, Inc. de Minneápolis, instalando el primer molino de Centro América, especializado en harina de maíz instantánea y enriquecida con vitaminas y minerales a través de una fórmula adquirida por el Instituto Centroamericano de Investigaciones Tecnológicas e Industriales (ICAITI).

Una vez construida e instalada, se iniciaron grandes compras de maíz blanco, ya que éste es usado para mantener el color más claro posible, y consecuentemente se dio inicio a la producción de harina de maíz cumpliendo con el 100% de los requisitos esperados.

De la venta de dicha harina, se obtuvieron los mejores resultados en las familias acomodadas, ya que las familias pobres anteponen el precio al tiempo invertido, y esto, debido a que la manipulación del maíz para el sustento diario es un ritual antiquísimo, por lo que el factor tiempo no tiene ningún valor (9).

2. El uso de la harina de maíz

Hasta hace relativamente poco tiempo, el maíz era procesado por nixtamalización a nivel del hogar, sin embargo hoy en día el uso de harinas nixtamalizadas industrialmente están cobrando popularidad por su conveniencia en la preparación de la tortilla y de otras formas de consumo del maíz nixtamalizado. Además estas harinas son por lo menos para cada marca más estables en su contenido de nutrientes que el maíz utilizado por las amas de casa, lo que favorece el cálculo de nutrientes necesarios durante las encuestas de consumo y cálculo de ingestión de nutrientes (13).

Los usos industriales del maíz se han ampliado enormemente en los últimos decenios y la producción de harinas sigue siendo una de las más importantes ya que abastece a la creciente industria de tortillas y bocado derivados, así como una parte cada vez mayor del mercado tradicional de tortillerías artesanales (32).

3. Características y valor nutritivo de la harina de maíz

Estudios de Bressani et al (7) realizados para determinar la caracterización física y química de la harina nixtamalizada de maíz reportan que el índice de absorción de agua varió en un promedio de 3.71 g gel/g harina seca. Este índice se asocia al número y peso de las tortillas por 100 g de harina, es decir, que las de mayor índice de absorción son las que también dan un mayor número y peso. La suavidad o dureza de las tortillas también se asocia con el índice de absorción de agua (WAI). El pH de la harina en promedio es de 6.31 ± 0.64 .

La composición química y mineral de la harina nixtamalizada de maíz se resume en la tabla No. 3.

TABLA NO. 3
Composición química y mineral de la harina nixtamalizada industrial de maíz
(por cada 100 gramos)

Componente	Valor
Energía	365 Kcal
Humedad	10.09 g
Cenizas	1.75 g
Proteína	7.76 g
Grasa	3.22 g
Carbohidrato	76.3 g
Fibra dietética	10.24 g
Calcio	97 mg
Fósforo	0.27 g
Hierro	2.53 mg
Sodio	1 mg
Potasio	0.25 g
Magnesio	0.10 mg
Zinc	1.9 mg
Cobre	0.18 mg
Manganeso	0.50 mg
Tiamina	0.31 mg
Riboflavina	0.05 mg
Niacina	2.40 mg
Equivalentes de Retinol	1 mcg

Fuente: (13,25,24)

La tortilla de maíz elaborada con harina de maíz nixtamalizado generalmente presenta bajos valores respecto al análisis proximal y minerales, debido a un excesivo lavado del nixtamal para retirar la cal, pericarpio y otras sustancias solubles (18).

D. Factores de Descomposición de los Alimentos

Las bacterias, levaduras, mohos, insectos y roedores compiten por las provisiones de alimentos. Además, los compuestos orgánicos de los alimentos son extremadamente sensibles y el equilibrio bioquímico de éstos compuestos, son susceptibles a la destrucción por casi todos los factores variables del ambiente natural.

Las causas principales de la descomposición de alimentos son:

- a) El crecimiento y actividad de microorganismos

- b) Actividad de las enzimas naturales de los alimentos

- c) Temperatura. El calor excesivo provoca sequedad y destruye las vitaminas. El frío no controlado quebrantan tejidos dejándolos susceptibles a los ataques por microorganismos.

- d) Humedad y sequedad- La humedad puede constituir una causa principal de la formación de costras y terrones, manchas, cristalización y granulosidad

- e) Aire y Oxígeno- El oxígeno es esencial en el crecimiento de mohos además de los efectos destructores del aire en las vitaminas, colores y sabores.

- f) El tiempo- Cuanto mayor sea el tiempo, mayor serán las consecuencias destructoras (30).

E. Vida de Anaquel de las Tortillas

Vida de anaquel, se define como el tiempo durante el cual un producto, generalmente envasado, permanecerá en buenas condiciones para ser servido o consumido. Para el caso de las tortillas, la vida de anaquel se termina con la aparición de colonias de microorganismos visibles o perceptibles, olor a fermento y la consistencia pegajosa de su superficie (30).

La estabilidad microbiológica de la tortilla es de 6 a 12 horas, dependiendo de la temperatura ambiente. Para determinar las prácticas adecuadas en la conservación de las tortillas, es necesario tomar en cuenta la elevada humedad y el pH alcalino que constituyen las dos características fisicoquímicas más importantes. Estos dos factores influyen de manera determinante en su conservación, textura y sabor.

Los cambios de dureza en la tortilla pueden ser asociados a los cambios en el contenido de humedad y a la retrogradación del almidón. Normalmente las tortillas después de ser cocinadas se colocan aún calientes en un cesto a menudo tapado con un paño. El paño promueve el escape de vapor de las tortillas internamente, recoge el vapor de las tortillas y crea un ambiente propicio para el crecimiento microbiano. Al cabo de unas 10 horas en esas condiciones, la superficie de las tortillas apiladas adquiere un aspecto viscoso que las hace inapropiadas para el consumo.

Un poco de humedad agregada resultará en el crecimiento de mohos. Una parte húmeda es suficiente para que se inicie la fermentación ácida monitoreada por el ácido láctico y bacterias coliformes, que al igual que los mohos, normalmente se observan en la superficie donde el aire está disponible.

Aunque en las zonas rurales es fácil que se produzca una contaminación en la conversión del maíz en tortilla, los factores que pueden influir más son el agua empleada para la transformación del maíz cocido en masa y el molinillo utilizado para moler el maíz cocido (16,20,22).

Un aspecto importante encontrado en un estudio realizado por Bressani, revela que las tortillas elaboradas con maíz nutricionalmente mejorado, sufren de un mayor crecimiento bacteriano que las elaboradas con el maíz normal, debido a que las bacterias disponen de mayor cantidad de nutrientes para acelerar su crecimiento(11).

F. Conservación de los Alimentos por Refrigeración

La mayoría de las bacterias, levaduras y mohos crecen mejor entre 16°C y 38°C, sin embargo, a una temperatura por debajo de los 10°C, el crecimiento es lento y cuanto más baja es la temperatura más lento se hace (34).

La disminución de la actividad microbiana con el descenso de la temperatura es la base de la conservación por refrigeración y congelación. El enfriamiento y subsiguiente almacenamiento de los alimentos a temperaturas comprendidas en el rango delimitado por unos 5°C y las que conducen a la congelación de los alimentos, empleadas para incrementar la vida útil de éstos, ofrece protección contra el desarrollo de los gérmenes patógenos. Sin embargo, la refrigeración de los alimentos puede producir la pérdida de frescura en tortillas, pan y pasteles si no se controla el aire que circula en el interior del recinto de almacenamiento, ya que el aire muy húmedo provoca la condensación del agua en la superficie de los alimentos fríos, y si ésta es excesiva, propiciará el desarrollo de mohos. Pero si el aire es demasiado seco, provocará la deshidratación (30,34).

G. Importancia de Nuevas Aportaciones a las Tablas de Composición de Alimentos

1. Aspectos culturales

Es importante considerar, durante la recolección de la información dietética, la denominación que los diferentes grupos étnicos dan a los alimentos y las técnicas culinarias que emplean en su preparación.

Se debe tener en cuenta que los grupos con etnias diferentes otorgan a los alimentos diferentes terminologías, por lo que pueden encontrarse pequeñas variaciones en lo que a la composición química se refiere (17).

2. Variabilidad regional

Los expertos opinan que cuando se informa sobre la composición química de los alimentos, es importante tomar en cuenta la región en que el alimento se produce sobre todo en cuanto a micronutrientes, ya que la concentración de éstos depende en gran parte de la concentración de microminerales del suelo en que se ha cultivado o producido el alimento. Además, la composición de los alimentos producidos localmente puede variar de acuerdo al ambiente ecológico de los cultivos y las variedades genéticas.

El conocimiento de la composición de los alimentos locales es indispensable para definir la magnitud de las inadecuaciones dietarias, para identificar las necesidades de fortificación de alimentos con propósitos preventivos, para identificar la relación entre la composición de la dieta y la prevalencia de enfermedades crónicas, para apoyar la educación alimentaria y el etiquetado de los alimentos y para establecer metas nutricionales y guías alimentarias capaces de promover estilos de vida más saludables (17).

3. Cantidad y variedad de la información

En relación a los nutrientes que se incluyen en las tablas, se evidencia una falta de información y a menudo se utilizan tablas elaboradas en países desarrollados. Esta información puede diferir bastante de la composición química de los alimentos producidos en los países en desarrollo, debido a la utilización de las distintas variedades de alimentos. Además, en los países desarrollados, frecuentemente los alimentos son fortificados, lo que adiciona otro componente que contribuye a que la composición química de los alimentos sea distinta.

4. Importancia de la actualización de la información contenida en las tablas

La composición química de los alimentos que se consumen en un país experimenta cambios a lo largo del tiempo debido a los avances que se van logrando en el desarrollo genético de nuevas variedades de alimentos y por los nuevos procesos tecnológicos que se aplican en la elaboración de los productos alimentarios. Por otro lado, un país puede cambiar la suficiencia alimentaria por lo que se hace necesario nuevos diagnósticos de la información.

La información disponible sobre la composición nutricional de los alimentos en los países de América Latina es incompleta, poco actualizada y en su análisis se han utilizado distintos criterios, afirmando la necesidad de revisar los métodos actualmente en uso.

Respecto a los alimentos elaborados, el uso de nuevas tecnologías utilizadas probablemente están introduciendo cambios importantes en su composición química, de los que no se tiene suficiente información. Limita además la formulación de dietas adecuadas para la prevención de enfermedades crónicas, la selección correcta de alimentos saludables, etc (17).

H. Métodos de Análisis de Alimentos

El análisis básico en los alimentos es el análisis químico proximal, el cual incluye la determinación de humedad, ceniza, fibra, proteínas y grasas.

1. Análisis proximal

a) Humedad. En general los métodos para determinar humedad son cuatro: secado, destilación, métodos químicos y métodos instrumentales.

i. Secado- Se utiliza un horno de aire o al vacío, se calcula el porcentaje de humedad por diferencia de pesos. La mufla ofrece buenos resultados, pero debe dejarse enfriar por 30 minutos antes de pesar la muestra (3,4,28,29).

ii. Destilación directa- Consiste en solubilizar la muestra en un solvente inmiscible con el agua, que tenga un alto punto de ebullición y menor gravedad específica que ésta (28,29).

iii. Método químico Karl Fischer- Se basa en una reacción del agua con yodo y dióxido de sulfuro en solución de piridina-metanol (29).

iv. Métodos instrumentales- Utilizan los principios fisicoquímicos para la determinación de humedad (29).

b) Cenizas. Se obtienen primeramente extrayendo la grasa de la muestra para luego incinerarla en una mufla, quemando así la fibra (4,29).

c) Grasas.

i. Colorimetría- El método ácido de Werner-Schmidt disuelve proteínas y grasas con ácido clorhídrico, las que se separan como una capa sobre el líquido ácido. En el método alcalino de Rose-Gottlieb y Mojonier la grasa extraída con éter de petróleo se destila, luego se seca, enfría y pesa (4,29,31).

ii. Método volumétrico- Se agrega ácido sulfúrico, se centrifuga en un tubo especial calibrado y se lee la escala (28).

iii. Método de Weibul- La muestra se hierve en ácido para liberar las fracciones lipídicas, luego se extraen con un solvente orgánico (28).

iv. Método de cloroformo /metanol - Se lleva a cabo con mezclas de estos compuestos.

La parte clorofórmica contiene las grasas que se liberan de las proteínas. El cloroformo se evapora y se pesa el residuo, que es grasa (28).

v. Método de índice de saponificación de grasas- Es la relación entre el número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para saponificar un gramo de grasa (14).

d) Fibra. La fibra cruda se puede calcular en la muestra libre de grasa tratada con ácido sulfúrico caliente e hidróxido de sodio; este se incinera y el contenido de fibra se calcula por diferencia (5,28).

e) Proteínas. Los métodos se basan en la cantidad de nitrógeno liberado al digerir la muestra por diferentes formas, cuantificando así el nitrógeno proteico y muchas veces también el no proteico.

i. El método de Kjeldahl- Convierte el nitrógeno en sulfato de amonio utilizando ácido sulfúrico, la solución se alcaliniza, el amonio es destilado en ácido estándar y el nitrógeno se estima por titulación (4,35).

ii. Método colorimétrico- Funciona tras digerir el producto transformando el nitrógeno orgánico a amonio, para lo cual se agregan reactivos que den un color azul medido a cierta longitud de onda (28).

f) Carbohidratos

i. Método de Weende- Los carbohidratos se calculan como extracto libre de nitrógeno mediante la siguiente fórmula: $ELN = (\text{humedad} + \text{proteína} + \text{grasa} + \text{fibra} + \text{ceniza}) (4)$.

ii. Espectrometría de resonancia magnética nuclear- Se puede seguir el progreso de una reacción o determinar la composición de una mezcla al observar si aparecen o no señales de resonancia magnética nuclear (33).

g) Energía. La importancia de su determinación radica en el aporte del alimento a las necesidades energéticas del ser humano. Una vez se ha determinado el contenido de sustancias grasas y combustibles, se aplica el factor correspondiente y se calcula el contenido de energía (4,26,28,35).

2. Análisis mineral

La importancia de analizar los componentes minerales en un alimento, se debe a las funciones catalíticas y metabólicas que ejercen dentro del organismo humano.

a) Fotometría de llama- Se utiliza para el sodio y potasio, dando error positivo con altas concentraciones de calcio (4,29).

b) Espectrofotometría de absorción atómica- Se basa en la medición de ondas de luz utilizando un espectrofotómetro a una determinada longitud de onda la cual depende de la concentración del elemento en la solución. La absorción en otras regiones del espectro es eliminada de la medición (3,29,36).

Aplica para calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio y zinc, luego de ser liberados del material orgánico (3,4,28).

c) Espectrometría de emisión de llama- Se basa en la excitación de átomos del elemento al calentarlos en una llama (29,36).

d) Método EDTA- Determina calcio y el magnesio de manera conjunta al formar complejos estables a pH específico y se valora con el reactivo EDTA (4,29).

e) Método del oxalato- El calcio se precipita formando un oxalato por neutralización con amoníaco que se titula con permanganato de potasio estandarizado (29).

f) Colorimetría- Es utilizada para cuantificar hierro. Es un método alternativo para el fósforo haciendo reaccionar las cenizas con molibdato de amonio en solución ácida, reduciendo el compuesto a un color azul intenso medido en el colorímetro (4,28,29).

g) Método polarográfico- Es bastante conveniente para zinc. En este método, se reduce el elemento en ácido o álcali y se mide a una longitud de onda determinada en el polarógrafo (3,29).

h) Método de carbamato- Da un complejo café en solventes orgánicos (3,29).

IV. JUSTIFICACIÓN

La información respecto al valor nutritivo de la tortilla es posible obtenerla de la tabla de composición de alimentos elaboradas por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, sin embargo, los datos reportados fueron obtenidos de muestras de tortillas elaboradas con materias primas conocidas y en condiciones estandarizadas.

El procedimiento actual para la elaboración de tortillas no es estandarizado, por lo que existen variaciones tales como el uso de variedades diferentes de maíz, la cantidad de cal que se utiliza, así como diferentes combustibles y superficies para la cocción. Además, actualmente la harina de maíz nixtamalizada industrialmente preparada ha sustituido en muchos de los casos el uso de maíz como materia prima.

Debido a estas variaciones en el proceso, existen diferencias no solo en valor nutritivo, sino también en las características físicas de las tortillas.

Por otro lado, no existía información oficial sobre las características físicas de la tortilla que se consume en Guatemala¹, siendo los datos más relevantes el peso y las dimensiones.

Algunos estudios(22,27) han descrito la vida de anaquel de las tortillas ya sea elaboradas experimentalmente o con algún producto aditivo para aumentar la vida útil de éstas. Sin embargo, no se habían realizado estudios sobre la vida de anaquel en las condiciones en que se almacenan las tortillas normalmente en los hogares guatemaltecos.

¹ Menchú, M.T. Características físicas de las tortillas. Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (Entrevista Personal)

V. OBJETIVOS

A. General:

Determinar la composición nutricional, características y físicas y vida de anaquel de las tortillas de maíz elaboradas artesanalmente para la venta en algunos puntos de venta y hogares de cuatro municipios de los departamentos de Totonicapán y Jutiapa.

B. Específicos:

1. Determinar el contenido de macronutrientes, fibra cruda y minerales en las muestras a estudiar
2. Determinar el peso, diámetro y grosor de las muestras a estudiar
3. Determinar la vida de anaquel de las muestras a estudiar

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo y Muestra

El universo fueron las tortillas elaboradas artesanalmente en los departamentos de Totonicapán y Jutiapa.

24 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.

24 tortillas elaboradas artesanalmente para autoconsumo, adquiridas en 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.

B. Materiales

1. Equipo

a) Manejo de muestras

- Servilletas de tela
- Bolsas herméticas de polietileno
- Hielera portátil
- Termómetro
- Etiquetas autoadhesivas
- Marcador permanente

b) Análisis Proximal. El equipo para el análisis proximal se presenta en el anexo No. 1

c) Análisis mineral. El equipo para el análisis mineral se presenta en el anexo No. 2

d) Determinación de características físicas de la tortilla

- Balanza portátil
- Bernier

- Bisturí
- Regla milimétrica

e) Evaluación de vida de anaquel

- Lupa
- Balanza portátil
- Hornilla eléctrica portátil
- Comal de aluminio

2. Reactivos

a) Análisis químico Proximal. Los reactivos que se utilizaron para el análisis químico proximal se presentan en el anexo No. 1

b) Análisis Mineral. Los reactivos que se utilizaron para el análisis mineral se presentan en el anexo No.2

3. Instrumentos

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

a) Instrumento para la evaluación de las características físicas de las tortillas, el cual se presenta en el anexo No.3.

b) Instrumento para la evaluación de vida de anaquel de las tortillas, el cual se presenta en el anexo No. 4.

C. Métodos

1. Para determinar el número de muestra

Por ser un estudio de tipo exploratorio, la muestra se determinó en base a los objetivos, siendo esta de 24 tortillas.

El número de municipios a muestrear se determinó por conveniencia en base a los recursos disponibles.

2. Para seleccionar de la muestra

Los municipios muestreados en cada departamento se seleccionaron al azar. Las muestras de tortillas se compraron en cada puesto de venta, donde la investigadora acudió como una compradora más.

3. Para la obtención de las muestras

Se compró 24 tortillas en cinco diferentes puestos de venta en el mercado de cada municipio seleccionado y 24 tortillas elaboradas para autoconsumo provenientes de cinco hogares elegidos al azar, en cada uno de los cuatro municipios elegidos por departamento.

4. Para el manejo y transporte de las muestras

Las tortillas se recibieron en una servilleta de tela y se trasladaron a una sede local donde se esperó a que llegaran a temperatura ambiente.

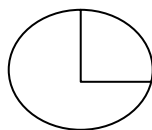
Una tortilla se empacó dentro de una bolsa plástica autosellable de polietileno, se identificó correctamente y se almacenó en una refrigeradora a temperatura menor de 10°C , ello con el objeto de conservarla para su transporte hasta el lugar donde se realizó el respectivo análisis químico proximal y mineral. Este procedimiento se hizo en duplicado.

5. Para obtener el peso y dimensiones de las tortillas

Se tomó una tortilla y se pesó con una balanza portátil. Posteriormente se colocó la tortilla en una tabla de madera y con una regla milimétrica se tomó el diámetro de la tortilla.

Para determinar el grosor, la tortilla se cortó con un bisturí desde el centro de la tortilla hacia la orilla a manera de trazar un ángulo de 90 grados y obtener una fracción de $\frac{1}{4}$ de tortilla (ver figura No.2) Esta fracción obtenida, sirvió para medir con el bernier el grosor de la tortilla al centro y a la orilla.

Figura No. 2



El procedimiento para obtener el peso y dimensiones de la tortilla se hizo en duplicado.

6. Para determinar la vida de anaquel

Las 22 tortillas restantes se empacaron en servilletas de tela. 16 tortillas se almacenaron en una refrigeradora doméstica a una temperatura entre 4-10°C. 6 tortillas, se dejaron a temperatura ambiente. Cada 12 horas se evaluó la textura, olor, ligosidad al tacto y aparición de moho en la tortilla, hasta que aparecía algún signo que indicaba descomposición. Este procedimiento se hizo en duplicado.

Cuando se detectó en la tortilla una textura muy quebradiza, ligosidad, olor a fermento o aparición de moho o se tomó como el fin de su vida útil.

a) Para analizar la textura en la tortilla. La textura de la tortilla se evaluó por medio de la resistencia al corte con los dedos de las manos y la dureza (fuerza para romper) después de haber sido recalentada en condiciones estandarizadas (2).

Además se tomó el peso de una tortilla por muestra, para determinar las pérdidas de humedad que se pueden relacionar con el cambio de textura ².

b) Para analizar el olor en la tortilla. Para detectar el olor a fermento se dejó descomponer intencionalmente una tortilla, se colocó dentro de un frasco de vidrio y se congeló. Ésta sirvió de parámetro de comparación cada vez que se evaluó el olor de la tortilla.

c) Para evaluar la ligosidad al tacto. La ligosidad se evaluó tocando la superficie de la tortilla con las yemas de los dedos de las manos.

d) Para evaluar la aparición de moho en la tortilla. Para detectar la aparición de moho en la tortilla, se examinó con lupa cada parte de la tortilla hasta observar puntos o manchas de color blancas, negras, naranja, rosadas o verdes.

7. Para el Análisis Químico Proximal y Mineral de las muestras

Para el análisis de las tortillas, se prepararon muestras compuestas tomando como criterio el color (amarillo, blanco, negro), procesamiento de la materia prima, (maíz nixtamalizado o harina de maíz nixtamalizado) y destino de la producción (venta o autoconsumo).

² Bressani, R. 2003. Determinación de la pérdida de textura de las tortillas. Guatemala. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. (Entrevista Personal)

Para el análisis químico proximal, las muestras compuestas fueron analizadas en cuanto a proteína, grasa, contenido energético, fibra cruda, cenizas y humedad en laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, utilizando el método oficial para el análisis proximal de alimentos de la Association of official Analytical Chemist (AOAC) y el método Weende. (Anexo No. 1)(3,4).

Para el análisis mineral, las muestras compuestas se llevaron al laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se les analizará el contenido de Calcio, Fósforo, Hierro, Potasio Magnesio, Manganeso, Sodio , Zinc y Cobre, utilizando el método de espectrofotometría de absorción atómica (Anexo No. 2).

8. Para el análisis y tabulación de resultados

Para el análisis estadístico de los datos que se obtuvieron, se solicitó la asesoría de la unidad de Biometría y Estadística de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la universidad de San Carlos de Guatemala. Además se reportó lo siguiente:

a) Análisis químico proximal y mineral: Se reportó el promedio de cada nutriente en 100 gramos de alimento y por unidad de tortilla

b) Características físicas: Se reportó el promedio de peso (en gramos) diámetro (en centímetros) y grosor (en milímetros) .

c) Vida de anaquel: Se reportó en promedio el número días de vida útil de la tortilla tanto a temperatura ambiente como en refrigeración.

VII. RESULTADOS

A. Análisis químico Proximal y mineral

Las tortillas obtenidas en Jutiapa y Totonicapán presentaron cantidades similares de macronutrientes tal como se observa en la tabla No. 1. Destacan las tortillas negras porque tienen menos cantidad de proteína y las tortillas amarillas porque que tienen el mayor porcentaje de agua.

Tabla No. 1
Análisis Químico Proximal de Tortillas elaboradas Artesanalmente en Totonicapán y Jutiapa
(en 100 g)
Guatemala, Julio 2004

	Variedad de tortilla	Agua %	Energía Kcal	Proteína total (g)	Grasa total (g)	Carboh. Total (g)	Cenizas (g)	Fibra Cruda (g)
Totonicapán	B-a	58.4	182	4.2	2.9	34.8	0.6	1.6
	B-v	58.5	169	4.1	2.1	33.2	0.7	1.3
	A-a	57.5	172	4.3	1.1	36.3	0.7	1.5
	A-v	60.1	175	4.1	4.5	29.4	0.7	1.2
	N-v	56.5	183	3.9	3.4	34.2	0.7	1.3
Jutiapa	B-a	55.2	180	5.0	1.1	37.6	0.6	0.4
	B-v	55.1	181	5.7	0.7	38.0	0.6	0.4

*B-a Blancas para autoconsumo; B-v blancas para venta; A-a amarillas para autoconsumo; A-v amarillas para venta; N-v Negras para venta.

En la tabla No. 2 se presenta el contenido de minerales de las muestras de tortillas, en donde se observa que los contenidos son muy similares entre sí a excepción de las tortillas amarillas para autoconsumo. Así también es interesante observar que la mayoría de tortillas no contienen potasio ni cobre.

Tabla No. 2
Contenido de Minerales de Tortillas Elaboradas Artesanalmente en Totonicapán y Jutiapa
(en 100 g)
Guatemala, Julio 2004

	Variedad de tortilla	Calcio mg	Fósforo mg	Hierro mg	Magnesio mg	Sodio mg	Potasio mg	Zinc mg	Cobre Mg	Manganeso mg
Totonicapán	B-a	79	83	0.6	46	13.5	0	0.62	0.21	0
	B-v	54	83	0	41	10.4	0	0.62	0	0.21
	A-a	106	98	1.3	68	12.7	81	0.85	0.21	0.85
	A-v	52	80	0.6	48	10.6	0	0.60	0	0.20
	N-v	57	91	0.6	48	12.2	0	0.65	0	0.22
Jutiapa	B-a	58	85	0.4	49	11.6	0	0.67	0	0
	B-v	27	85	0.7	45	12.3	112	0.67	0	0.22

*B-a Blancas para autoconsumo; B-v blancas para venta; A-a amarillas para autoconsumo; A-v amarillas para venta; N-v Negras para venta.

En las tablas No. 3 y 4 se presenta el contenido de macronutrientes y minerales, por unidad de tortilla que pesa en promedio entre 35 y 43 gramos.

Tabla No. 3
Análisis Químico Proximal de Tortillas elaboradas Artesanalmente en Totonicapán y Jutiapa
(por unidad de tortilla)
Guatemala, Julio 2004

	Variedad de tortilla	Agua (g)	Energía Kcal	Proteína total (g)	Grasa total (g)	Carboh. Total (g)	Cenizas (g)	Fibra Cruda (g)
Totonicapán	B-a	22.9	71	1.6	1.1	13.6	0.2	0.6
	B-v	21.9	63	1.5	0.8	12.4	0.3	0.5
	A-a	22.3	67	1.7	0.4	14.1	0.3	0.6
	A-v	21.4	62	1.5	1.6	10.5	0.2	0.4
	N-v	21.9	71	1.5	1.3	13.3	0.3	0.5
Jutiapa	B-a	23.2	76	2.1	0.4	15.8	0.2	0.2
	B-v	21.4	70	2.2	0.3	14.7	0.2	0.1

*B-a Blancas para autoconsumo; B-v blancas para venta; A-a amarillas para autoconsumo; A-v amarillas para venta; N-v Negras para venta.

En la tabla No. 4 se describe la cantidad de minerales contenidos por unidad de tortilla en donde destaca que la mayoría de éstos se encuentran en cantidades muy similares exceptuando las tortillas amarillas para autoconsumo de Totonicapán y las blancas para venta de Jutiapa, que presentan altos valores de calcio y potasio.

Tabla No. 4
Contenido de Minerales de Tortillas Elaboradas Artesanalmente en Totonicapán y Jutiapa
(por unidad de tortilla)
Guatemala, Julio 2004

	Variedad de tortilla	Calcio mg	Fósforo mg	Hierro Mg	Magnesio mg	Sodio mg	Potasio mg	Zinc mg	Cobre Mg	Manganeso mg
Totonicapán	B-a	31	32	0.2	18	5.3	0	0.24	0.08	0
	B-v	20	31	0	15	3.9	0	0.23	0	0.08
	A-a	41	38	0.5	26	4.9	31	0.33	0.08	0.33
	A-v	18	28	0.2	17	3.8	0	0.21	0	0.07
	N-v	22	35	0.2	16	4.7	0	0.25	0	0.08
Jutiapa	B-a	24	36	0.2	21	4.9	0	0.28	0	0
	B-v	10	33	0.2	17	4.8	44	0.26	0	0.08

*B-a Blancas para autoconsumo; B-v blancas para venta; A-a amarillas para autoconsumo; A-v amarillas para venta; N-v Negras para venta.

B. Características físicas de las tortillas

En Totonicapán se encontraron los tres colores de tortilla, mientras que en Jutiapa solamente se encontró tortillas de color blanco. Las tortillas recolectadas presentaron un promedio de peso entre 35 y 42.5 g; un diámetro entre 10 y 11.5 cm, y un grosor entre 3 y 4.5 mm a la orilla, y entre 3 y 5 mm al centro. Los resultados se presentan en la tabla 5.

Tabla No. 5
Características Físicas de las Tortillas de Maíz Elaboradas Artesanalmente
en Totonicapán y Jutiapa
Guatemala, Julio 2004

	Color y destino	Peso (g)	Diámetro(cm)	Grosor (mm)	
				Orilla	Centro
		\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}
Totonicapán	B-a (N=24)	39.16	10.76	3.8	4.3
	B-v (N=20)	37.35	10.81	3.4	3.5
	A-a (N=16)	38.81	10.17	4.3	4.7
	A-v (N=10)	35.70	10.19	3.4	3.5
	N-v (N=10)	38.80	11.42	3.0	3.8
Jutiapa	B-a (N=40)	42.12	11.18	4.3	4.3
	B-v (N=40)	38.85	11.20	3.9	4.0

*B-a Blancas para autoconsumo; B-v blancas para venta; A-a amarillas para autoconsumo; A-v amarillas para venta; N-v Negras para venta.

Observando las características físicas de las tortillas de Totonicapán y Jutiapa, se encontraron diferencias en cuanto al diámetro ($p=4.84 E^{-6}$) y el grosor en la orilla ($p=0.0036$), dichas diferencias son significativas.

Tabla No. 6
Características Físicas de las Tortillas de Maíz Elaboradas Artesanalmente
en Totonicapán y Jutiapa
Guatemala, Julio 2004

Característica	Totonicapán		P	Jutiapa		P
	Autoconsumo	Venta		Autoconsumo	Venta	
Peso (g)	39.02	37.30	0.304	42.12	38.85	0.061
Diámetro (cm)	10.52	10.81	0.146	11.18	11.20	0.889
Grosor orilla (mm)	4.0	3.3	0.0038	4.3	3.9	0.027
Grosor centro	4.5	3.6	0.00025	4.3	4.0	0.228

P= Probabilidad.

Entre las tortillas de autoconsumo y venta de Totonicapán existen diferencias significativas en cuanto al grosor a la orilla y al centro; también hay diferencias en el grosor de la orilla entre las tortillas de autoconsumo y venta de Jutiapa.

Al comparar las tortillas de autoconsumo de Totonicapán y Jutiapa, se encontraron diferencias significativas en cuanto al diámetro ($p=6.73 E^{-5}$); las tortillas para venta presentan diferencias en diámetro ($p=0.014$) y grosor a la orilla (0.005) y centro ($p=0.025$).

Tabla No. 7
Características Físicas de las Tortillas de Maíz Elaboradas Artesanalmente
por departamento
Guatemala, Julio 2004

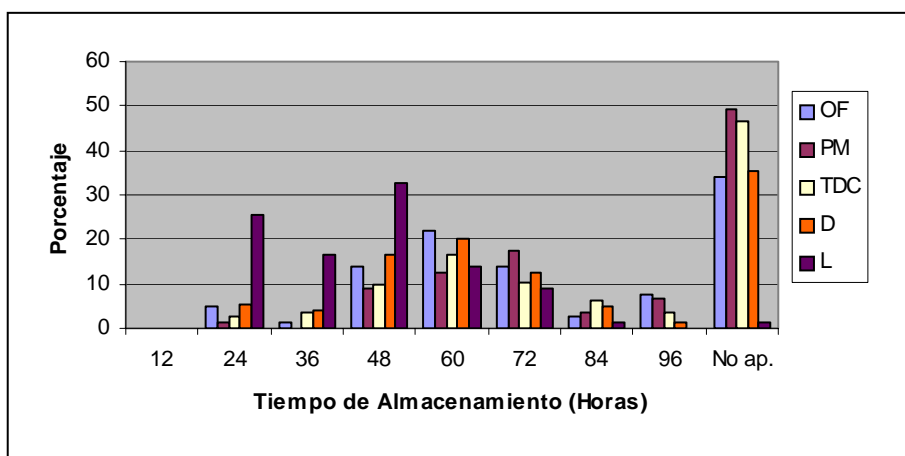
Departamento	Peso (g)	Diámetro (cm)	Grosor (mm)	
			Orilla	Centro
Totonicapán	38.16	10.67	3.7	4.0
Jutiapa	40.49	11.19	4.1	4.2

Las diferencias en las características físicas de las tortillas según color y destino se presentan den el anexo No. 6, observándose que las tortillas amarillas y negras son las que más presentan diferencias.

C. Vida de Anaquel de las tortillas

Las gráficas 1,2,3 y 4, describen los signos de descomposición o de pérdida de calidad que presentaron las tortillas de Totonicapán y Jutiapa. Se puede observar que el primer signo que aparece es la ligosidad y que la mayoría de signos aparecieron a las 24 horas cuando se almacenaron a temperatura ambiente, y a las 48 horas cuando se almacenaron en refrigeración. La información por color de tortilla se presenta en el anexo No. 5.

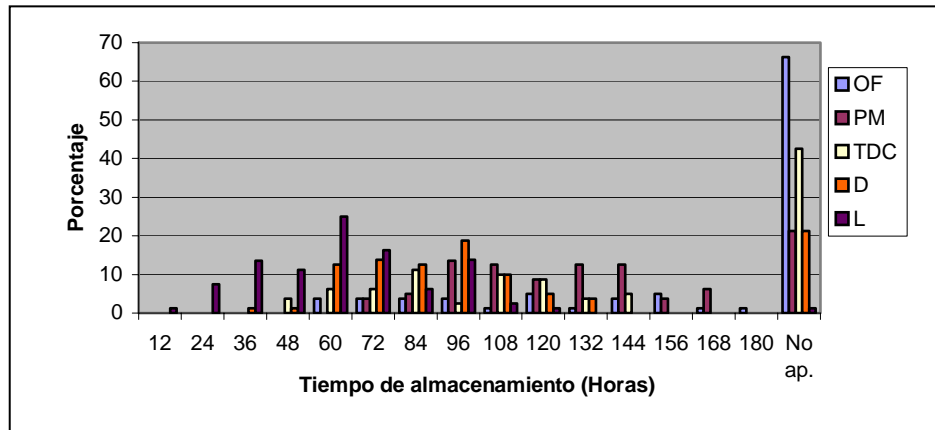
Gráfica No.1
Signos de Descomposición que Presentaron las Tortillas Elaboradas Artesanalmente
en Totonicapán , Almacenadas a Temperatura Ambiente (% de tortillas)
Guatemala, Julio 2004



OF Olor a Fermento; PM Presencia de Moho; TDC Textura de Difícil Corte; D Dureza; L Ligosidad; No ap. El signo No aparece.

Gráfica No. 2

Signos de Descomposición que Presentaron las Tortillas Elaboradas Artesanalmente en Totonicapán, Almacenadas en Refrigeración (% de tortillas)
Guatemala, Julio 2004



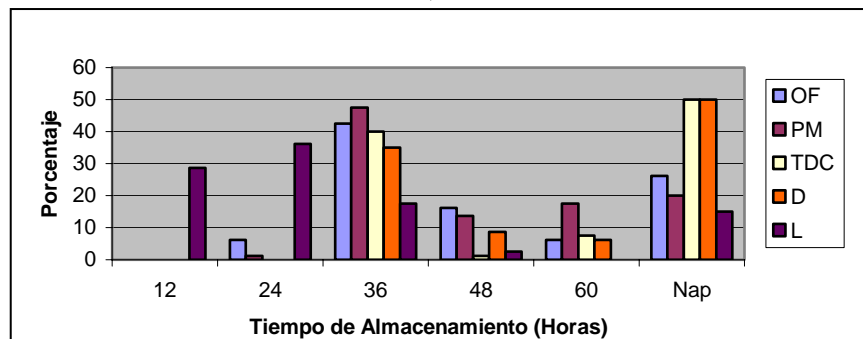
OF Olor a Fermento; PM Presencia de Moho; TDC Textura de Difícil Corte; D Dureza; L Ligosidad; No ap. El signo No aparece.

En Totonicapán los signos de descomposición aparecieron a las 24 hrs. Pero de observa diferencias según la temperatura de almacenamiento; ya que a temperatura ambiente aparecen todos los signos, mientras que en refrigeración solo aparece un signo.

Las gráficas 3 y 4 describen los resultados observados en la evaluación de la vida de anaquel de las tortillas en Jutiapa.

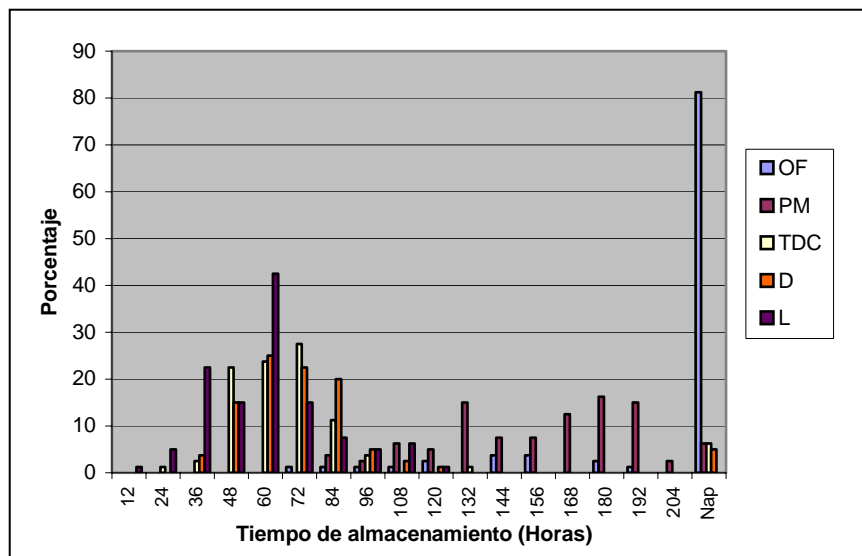
Gráfica No. 3

Signos de Descomposición que Presentaron las Tortillas Elaboradas Artesanalmente en Jutiapa , Almacenadas a Temperatura Ambiente (%de tortillas)
Guatemala, Julio 2004



OF Olor a Fermento; PM Presencia de Moho; TDC Textura de Difícil Corte; D Dureza; L Ligosidad; No ap. El signo No aparece.

Gráfica No. 4
Signos de Descomposición que Presentaron las Tortillas Elaboradas Artesanalmente
en Jutiapa, Almacenadas en Refrigeración (% de tortillas)
Guatemala, Julio 2004



OF Olor a Fermento; PM Presencia de Moho; TDC Textura de Díficil Corte; D Dureza; L Ligosidad; No ap. El signo No aparece.

En Jutiapa, a temperatura ambiente las tortillas presentan tres signos de descomposición o de pérdida de calidad, mientras que en refrigeración solamente aparecen dos signos.

La dureza de las tortillas se relaciona con la pérdida de peso de las mismas. A continuación la tabla No. 8 presenta la pérdida de peso que ocurrió durante el almacenamiento y se observa que las tortillas de Jutiapa perdieron menos peso a temperatura ambiente y las tortillas amarillas, las que más peso perdieron en refrigeración.

Tabla No. 8
Promedio de Pérdida de Peso de las Tortillas Almacenadas a Temperatura Ambiente y
Refrigeración
Guatemala Julio, 2004

		Temperatura ambiente	Refrigeración
		Promedio (g)	Promedio (g)
Totonicapán	B-a	6.4	4.0
	B-v	5.9	4.0
	A-a	5.9	6.0
	A-v	7.0	5.6
	N-v	7.1	3.3
Jutiapa	B-a	3.9	4.4
	B-v	4.2	4.4

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el proceso de recolección de muestras se obtuvieron tres variedades de tortilla en el departamento de Totonicapán, siendo éstas de colores blanco, amarillo y negro. No fue así en el departamento de Jutiapa ya que se obtuvieron tortillas únicamente de color blanco, por lo que se cuenta con un total de siete muestras: tortillas para autoconsumo de color blanco y amarillo, tortillas para venta de color blanco, amarillo y negro obtenidas en el departamento de Totonicapán, y tortillas blancas para autoconsumo y venta del departamento de Jutiapa.

No se encontraron tortillas elaboradas a base de harina de maíz nixtamalizada como se esperaba ya que según se pudo observar, las comunidades son muy selectivas al momento de comprar las tortillas y prefieren tortillas elaboradas a base de granos de maíz.

En los 4 municipios de Totonicapán visitados, las mujeres hacen tortillas para autoconsumo y algunas venden; mientras que en Jutiapa, la mayoría de mujeres compran las tortillas, lo que puede estar ligado a aspectos culturales y comerciales. Esto determinó diferente dificultad para encontrar tortillas elaboradas artesanalmente para autoconsumo o para venta en Totonicapán.

Respecto al análisis químico proximal y mineral, las tablas No.1 y 2 describen los valores obtenidos en las siete muestras y al comparar éstos, las tortillas de Jutiapa son las que tienen más proteína y carbohidratos y el menor contenido de agua; las tortillas negras las que tienen el menor contenido de proteína y las tortillas amarillas para la venta son las que tienen el mayor contenido de agua y de grasa. Esto último posiblemente se debe a que el tamaño del germen del grano de maíz amarillo utilizado, sea más grande.

Las tortillas Amarillas para autoconsumo son las que presentaron mayores cantidades de minerales, lo cual puede deberse a las porciones de cal utilizadas en la cocción y sobre todo a las cantidades de minerales captados por la planta de maíz directamente del suelo en que creció. Sin embargo, es importante resaltar que el contenido de potasio, constituye una cifra excepcional que se encuentra fuera de orden analítico y puede deberse a que la persona que elaboró éstas tortillas probablemente untó cenizas en el comal antes de colocarlas aumentando así el contenido de potasio en las tortillas, ya que las cantidades de potasio en cenizas es muy alta.

Al comparar los valores obtenidos con los valores reportados en la tabla de composición de alimentos, se observa que los valores experimentales de minerales son menores; estas diferencias pueden deberse al origen de las muestras ya que los valores experimentales reflejan el contenido específico de las tortillas de dos regiones, mientras que los valores indicados en la tabla de composición de alimentos, se refieren a promedios del contenido de microelementos de un grupo de muestras.

El contenido de magnesio es excepcionalmente mayor (más de 40mg) en las muestras en comparación con el reportado en la tabla de composición de alimentos (0 mg) en tanto que el contenido de sodio es menor en las muestras (hasta 26.1 mg menos).

Se encontraron diferencias significativas en cuanto al diámetro y grosor en la orilla, entre las tortillas de Totonicapán y Jutiapa .

Las tortillas destinadas para autoconsumo en Totonicapán y Jutiapa, presentaron diferencias significativas en diámetro. Las tortillas destinadas a la venta en ambos departamentos, presentaron diferencias significativas en diámetro y grosor en la orilla y el centro. Estas diferencias probablemente se deban a la forma de elaborar las tortillas, ya que se observó que en Totonicapán las mujeres toman porciones pequeñas de masa y la “tortean” principalmente con los dedos de las manos hasta que está suficientemente plana y la forma adecuada, mientras que en Jutiapa, las mujeres toman porciones generosas de masa y para moldearla primero la hacen una bolita, dan una fuerte palmada justo en el centro de ella y la “tortean” solo con una mano, haciendo movimientos semicirculares para aplanar la masa. Estas diferencias en la forma de elaborar las tortillas, dan lugar a que las de Jutiapa sean más uniformes que las de Totonicapán.

El estudio de la vida de anaquel indicó que la ligosidad es el primer signo de descomposición o de pérdida de calidad que apareció, lo cual puede deberse a que la humedad de la tortilla crea un medio propicio para el crecimiento de microorganismos. Los resultados comprueban el conocimiento popular que las tortillas “tardan” 24 horas a temperatura ambiente y 48 horas en refrigeración. Los signos de descomposición evaluados aparecieron 12 horas antes en Jutiapa que en Totonicapán, hecho que se debe a la diferencia de temperatura en ambos departamentos, ya que Totonicapán se caracteriza por su clima frío (entre 7 y 18 °C) y Jutiapa por su clima cálido (entre 23 y 28°C).

Un aspecto que pudo influir en la determinación de la vida de anaquel es que, como parte del procedimiento para evaluar los signos de descomposición o de pérdida de calidad, era necesario sacar de la refrigeradora cada una de las muestras y quitar la manta en que estaban envueltas, exponiendo las muestras a la temperatura exterior y a cierta manipulación que era necesaria para observar detenidamente cada tortilla, transcurriendo un tiempo aproximado de 6 minutos para realizar este procedimiento, el cual se remitió más de diez veces y pudo dar lugar a contaminación adicional.

Cabe mencionar que bajo condiciones estandarizadas de calentamiento para evaluar una textura adecuada, en la mayoría de las tortillas almacenadas a temperatura ambiente, la textura de difícil corte nunca apareció, e inclusive la tortilla se hacía apetitosamente crujiente después de su calentamiento.

Se observó que el color del moho se relaciona con una cepa en particular y las coloraciones de éstas pueden enmascarse con el color de la tortilla.

Las diferencias en la pérdida de peso de las Tortillas de Totoncapán y Jutiapa, probablemente se deban a que en Jutiapa las tortillas se descompusieron más rápido y por lo tanto no fue posible evaluarlas por mucho tiempo en comparación a Totoncapán.

En refrigeración, las tortillas amarillas para autoconsumo son las que perdieron más peso y las negras las que menos peso perdieron. Se elimina como probabilidad de estas diferencias el clima, ya que ambos tipos de tortillas son de Totoncapán, por lo que las diferencias podrían deberse al ataque de los microorganismos como resultado de la humedad condensada por la manta en que se envolvieron las tortillas, la humedad relativa de las mismas y el almidón libre presente en la superficie de las tortillas.

IX. CONCLUSIONES

1. Las tortillas estudiadas presentan diferencias en el valor nutritivo en cuanto a:
 - a) Proteína: Las tortillas blancas de Jutiapa son las que más proteína tienen; las tortillas negras son las que menos proteína tienen.
 - b) Energía y grasa: las tortillas negras son las que más energía y grasa contienen
 - c) Minerales: Las tortillas amarillas son las que tienen las mayores cantidades de minerales
2. En los ocho municipios visitados tanto en Totonicapán como en Jutiapa, no se utiliza harina de maíz nixtamalizada para elaborar tortillas.
3. Las tortillas del departamento de Jutiapa son más grandes y uniformes que las de Totonicapán.
4. Las tortillas amarillas tienen más agua, menos energía y menos carbohidratos.
5. En general, la vida de anaquel de las tortillas es de 24 horas en Totonicapán y 12 horas en Jutiapa.
6. A temperatura ambiente, las tortillas negras pierden más peso y las blancas para autoconsumo de Jutiapa las que pierden menos peso; en refrigeración, las tortillas amarillas para autoconsumo pierden más peso y las negras las que menos peso pierden.

X. RECOMENDACIONES

1. Continuar este estudio en departamentos de las regiones norte y sur de Guatemala para complementar esta información.
2. Según la experiencia adquirida al realizar esta investigación, el éxito en futuros estudios de este tipo, se logrará al considerar lo siguiente:
 - a) Encargar la elaboración de tortillas con anticipación, para reducir el tiempo de recolección de datos en cada municipio.
 - b) Utilizar un recipiente adecuado para colocar las tortillas y así evitar su deformación.
 - c) Identificar las muestras desde el momento de su obtención.
 - d) Previo a envolver las tortillas y almacenarlas, esperar que lleguen a temperatura ambiente para evitar que se acumule humedad en la servilleta.
 - e) Contar con una refrigeradora para uso exclusivo de este tipo de estudio.
 - f) Utilizar guantes para manipular las tortillas.

XI. REFERENCIAS

1. Arámbula Villa, G. et. al. 2001. Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays L.*) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortillas de maíz. Archivos latinoamericanos de nutrición. (MX). 51(2): 187-193.
2. Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1996. Evaluación Sensorial, Curso Taller Internacional. Módulo Básico: Introducción y Conceptos. Santafé de Bogotá, Red Iberoamericana de Evaluación de Propiedades Sensoriales de los Alimentos. pp. 1-6.
3. Association of Official Agricultural Chemists. 1970. 11a. ed. USA, Official methods of analysis of the association of agricultural chemists. 832 p.
4. Bateman, J. V. 1970. Nutrición Animal; Manual de métodos analíticos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica. pp. 111-286.
5. Bircha, G. G. y Porker, J. K. 1983. Dietary Fiber. USA, Applied Science Publishers. 304 p.
6. Bressani, R. 1957. Temas Nutricionales para el agricultor; Composición química del maíz. Guatemala, INCAP. 7 p.
7. _____, Paz, R., y Scrimshaw, N. 1958. Chemical Changes in Corn during Preparation of Tortillas. Institute of Nutrition of Central America and Panamá. (GT) 6(10): 770-773.
8. _____. 1959. La composición química y el valor nutritivo del maíz. Guatemala, INCAP. [s.p.]
9. _____, Braham, J. E y Behar, M. 1972. Mejoramiento nutricional del maíz; Memorias de una conferencia de nivel internacional celebrada en el INCAP. Guatemala, INCAP. pp. 5-21-165-171.
10. _____, Breuner, M. y Ortíz, M.A. 1989. Contenido de fibra ácido neutro-detergente y de minerales menores en maíz y su tortilla. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (MX) 39(3): 382-389.
11. _____. 1990. Chemistry, Technology and Nutritive value of maize tortillas. Food Reviews International. (USA). 6(2): 225-264.
12. _____. 1995. La nixtamalización del maíz. Guatemala, UVG/INCAP. pp. 68-73.
13. _____, et. al. 2001. Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (MX). 51(3): 309-313.
14. Cantarow, A. y Shepartz, B. 1964. Bioquímica. 3ª.ed. México, Interamericana. 791 p.

15. Desrosier, N.W. 1987. Elementos de Tecnología de Alimentos. México DF, Avi Publishing Company (CECSA). pp. 155-165.
16. FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT), 1993. El maíz en la nutrición humana. Roma, FAO. pp. 15-83. (No. 25)
17. _____. 1997. Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en Nutrición. Santiago de Chile, INTA. 353 p.
18. Figueroa Cárdenas, J.D. , et. al. 2001. Fortificación y evaluación de las tortillas de nixtamal. Archivos latinoamericanos de nutrición. (MX). 51(3): 293-301.
19. Flores, M. 1959. El maíz en la dieta del indígena. Guatemala, INCAP.[s.p.]
20. Frazier, W. C. y Wesrsthoff, D. C. 1958. Food Microbiology. Third edition Toronto. USA, McGraw-Hill Book Company. pp. 173-179.
21. Gómez, C. A. , et. al. 1996. Cambios en algunos componentes químicos y nutricionales durante la preparación de tortillas de maíz elaboradas con harinas instantáneas obtenidas por extrusión continua. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (MX) 46(4): 315-379.
22. Higuera Ciapara, I. y Nieblas, J. M. 1995. Conservación y estabilidad de la tortilla de maíz a temperatura ambiente. Archivos latinoamericanos de nutrición. (MX). 45(2): 22-127.
23. Kilby, G. J. 1998. Microorganismos de los alimentos 2; Métodos de muestreo para análisis microbiológicos, principios y aplicaciones específicas. 2ª. ed. España, Acribia. pp. 41, 52, 185-188.
24. Menchú, M. T. , et. al. 1996. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Guatemala, INCAP/OPS. 98 p.
25. _____. Méndez, H. , y Lemus, J. 2000. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. 2ª. ed. Guatemala, INCAP/OPS. 40 p.
26. Moore, W. 1983. Basic Phisical Chemistry. USA, Prentice Hall. Inc. 711 p.
27. Ordaz Ortíz, J.J y Vásquez Carrillo, M.G. 1997. Vida de anaquel y evaluación sensorial en tortillas de maíz elaboradas con conservadores y mejoradores. Archivos latinoamericanos de nutrición. (MX). 47(4): 372-375.
28. Osborne, D. R y Voogt, P. 1978. Food Science and Technology. Londres, Academis Press. 251 p.
29. Pearson, D. 1976. The chemical análisis of foods. USA, Churchill Livingstone. 575 p.
30. Potter, N. y Hotchkiss, J. 1995. Ciencia de los alimentos. 5ª. ed. España, Acribia. pp. 111-137, 141-158, 203-222.

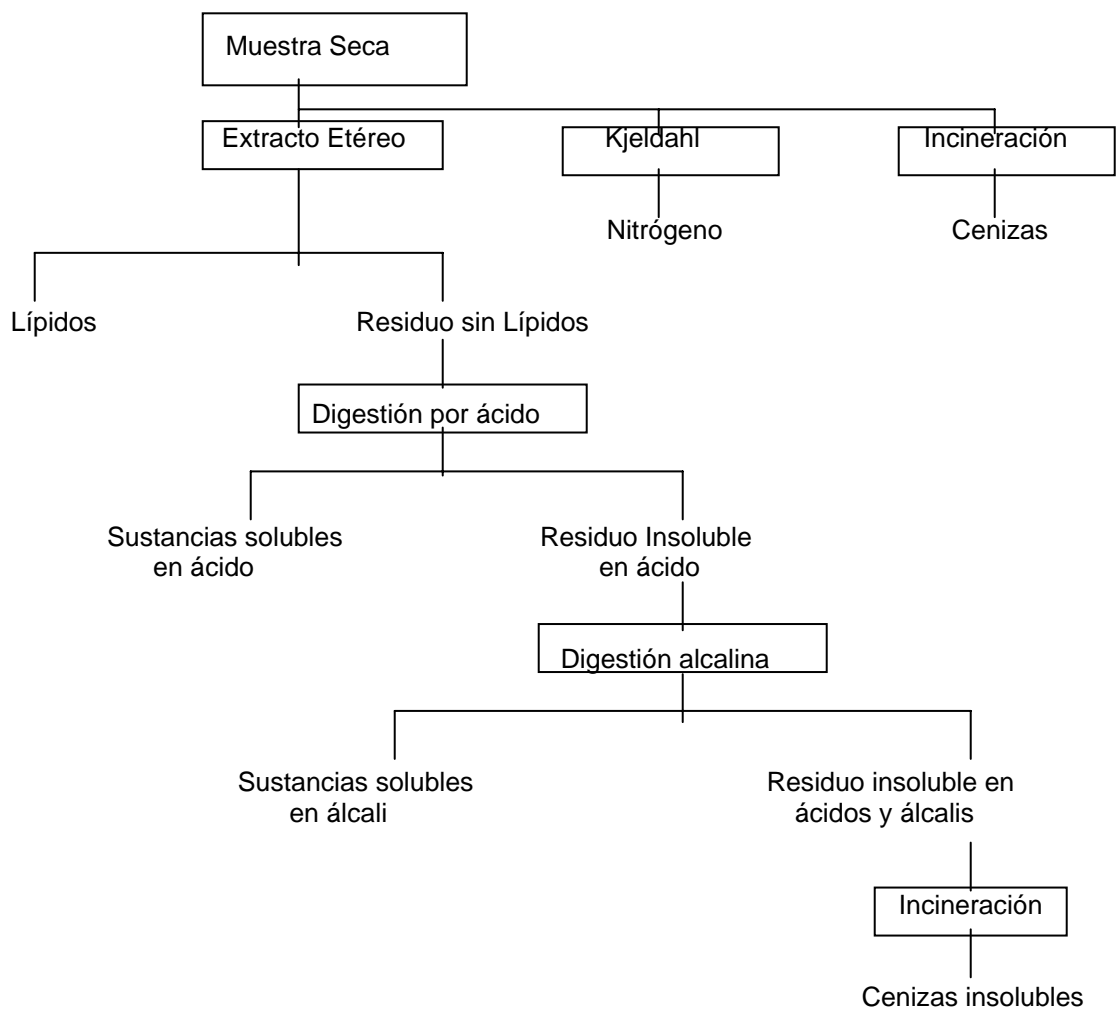
31. Roberts, J. y Whitehouse, P. G. 1976. Practical Plant Physiology. Londres, Longman. 161 p.
32. Santizo, M. , et. al. 1998. El maíz en el siglo XXI; Nuevas tendencias en la biotecnología de la industria alimentaria y sus efectos en la sociedad y el medio ambiente. Guatemala, Magna Terra Editores. pp. 33-47.
33. Schultz, H, Calvin, R. F. y Wrolstad, R. Carbohidrates and their roles. USA, The Avi Publishing. 458 p.
34. Silliker, J.H. , et. al. 1980. Ecología microbiana de los alimentos; Factores que afectan la supervivencia de los microorganismos en los alimentos 1. España, Acribia. Volumen 1. pp. 25-29.
35. Skoog, D. , Leary, A. y James, J. 1994. Análisis Instrumental. 4ª. ed. España, Isabel Capela. 935 p.
36. Stewart, A. ,et. al. 1974. Chemical análisis of ecological materials. Londres, Scientific Publications. 565 p.
37. Tejada Valenzuela, C. 1970. Nutrición y Prácticas Alimentarias en Centroamérica ; Un estudio Histórico de la Población Maya. Guatemala, INCAP/USAC . pp. 77-81.
38. Valverde, V. , et. al. 1980. Problems in the estimation of corn consupcion in longitudinal studies in rural Guatemala. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (MX). 30(3): 359-367
39. Galán Alejo, Luis. 2003. España: La contaminación por micotoxinas. (en línea) España, Consumaseguridad, el diario de la seguridad alimentaria. Consultado el 8 de Octubre del 2003. Disponible www.consumaseguridad.com/discapacitados/es/investigación/2003/06/04/6736.php
40. _____. 2003. España: La contaminación por micotoxinas. (en línea) España, Consumaseguridad, el diario de la seguridad alimentaria. Consultado el 8 de Octubre del 2003. Disponible www.consumaseguridad.com/web/es/investigación/2003/06/04/6735_2.php

XII. ANEXOS

ANEXO No. 1

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

I. Esquema de Weende para el análisis químico Proximal



Residuo insoluble- cenizas insolubles= Fibra
 Muestra- lípidos cenizas + Proteína + Fibra= E.N.N.
 E.N.N.= Extracto no nitrogenado.

II. Equipo

- Balanza analítica
- Horno de convección
- Molino eléctrico de cuchillas
- Mufla
- Campanas desecadoras
- Aparato Goldfish
- Aparato macro de Kjendahl
- Digestor de fibra (18).

III. Reactivos

- Bencina de Petróleo
- Sulfato de sodio anhidro
- Ácido selenioso al 2 por ciento
- Ácido sulfúrico al 97 por ciento
- Agua destilada
- Hidróxido de sodio al 60 por ciento
- Rojo de metilo
- Verde de bromocresol
- Ácido bórico al 3 por ciento
- Ácido clorhídrico
- Ácido sulfúrico al 0.255 N
- Hidróxido de sodio 10 N

IV. Procedimiento

A. Cuantificación de Humedad

Se muele la muestra en molino y se homogeniza manualmente. Se coloca la muestra en papel aluminio previamente pesado, se vuelve a pesar, y se introduce la muestra en un horno a 60 °C por 18 a 48 horas. Se deja secar la muestra del horno, se pesa y calcula la materia seca parcial. Se pesa de 3 a 5 g de la muestra secada al horno en una casuela previamente tarada. Se coloca la muestra en un horno a 105 °C de 18 a 24 horas e inmediatamente se traslada a una campana desecadora. Se pesa para calcular la materia seca total y posteriormente se calcula el porcentaje de humedad (4).

B. Cuantificación de Cenizas

Se pesa de 3 a 5 g de muestra seca en un crisol previamente tarado. Se coloca el crisol en la mufla, 400 °C por 4 horas, se retira, se deja que alcance la temperatura ambiente y se coloca dentro de una campana desecadora. Posteriormente, se pesa el crisol con las cenizas y se calcula el porcentaje de las mismas (4).

C. Cuantificación de Grasas (extracto etéreo)

Se pesa 1 g de muestra seca en papel desgrasado previamente tarado, se dobla y se introduce la muestra en un dedal de celulosa colocado en su respectivo porta dedal.

Se pesa un beaker de Goldfish previamente desecado a 60 °C por 4 horas. (manipulado con pinzas) y se agrega 40 a 60 mL de bencina de petróleo, en un beaker, posteriormente se coloca en el aparato Goldfish y se deja de 5 a 7 horas.

Al terminar el tiempo se cambia el porta dedal de metal por un dedal de vidrio y se espera hasta que queden 2 mL de bencina en el beaker. Se coloca el beaker en el horno a 60 °C de 12 a 24 horas con ayuda de pinzas. Se saca el beaker del horno y se introduce en una campana desecadora. Posteriormente se saca el beaker sin tocarlo, se pesa y se calcula el porcentaje de grasa (4).

D. Proteína Cruda

Se pesa 1 g de la muestra seca en papel parafinado previamente tarado, se introduce la muestra al balón de Kjeldhal, se agrega 3 perlas de vidrio, 8 g de sulfato de sodio anhidro, 1 o 2 mL de ácido selenioso al 2 por ciento, 25 mL de ácido sulfúrico al 97 por ciento y se coloca el balón en el aparato macro de Kjeldhal para la digestión ácida.

Se realiza la digestión ácida a 350 °C por 45 min. Se agregan 250 mL de agua destilada agitando, de 3 a 5 gotas de rojo de metilo y se neutraliza con 50 mL de hidróxido de sodio al 60 por ciento. Se coloca nuevamente el balón en el aparato de Kjeldhal para la destilación alcalina, capturando el nitrógeno durante 20 min. En una probeta con 100 mL de ácido bórico al 3 por ciento, rojo de metilo y verde de bromocresol. Al terminar la destilación se afora a 250 mL con agua destilada.

Se valora con ácido clorhídrico de concentración conocida con la ayuda de un agitador magnético.

Se calcula el porcentaje de proteína cruda (4).

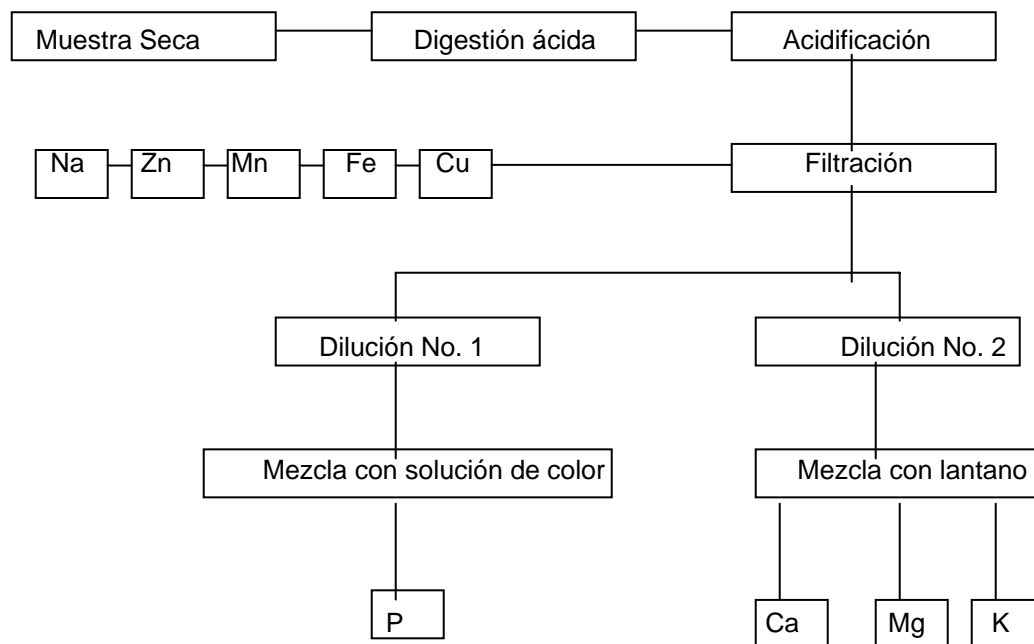
E. Cuantificación de fibra cruda

Se pesa 1 g de muestra seca, y se transfiere cuantitativamente a un beaker de Berzellus.

Se agregan al beaker 200 mL de ácido sulfúrico y se coloca en el digestor de fibra en la fuente de calor. Al alcanzar la temperatura de ebullición, se retira la fuente de calor directa y se deja hirviendo durante 30 min. Se retira el beaker del digestor de fibra y se filtra al vacío en la manta de lino, lavándose con 400 mL de agua destilada. Se retira el residuo del lino con una espátula y se coloca en un crisol de hueso previamente tarado. Se coloca el crisol en un horno a 105 °C por 24 horas, el cual se retira del horno, se coloca en una campana desecadora y se pesa. Posteriormente se coloca el crisol pesado en la mufla a 600 °C por 2 a 3 horas, se deja que alcanzara temperatura ambiente, se pesa y por último se calcula el porcentaje de fibra cruda (4).

ANEXO NO. 2
ANÁLISIS MINERAL

I. Esquema de Extracción



Ca= Calcio; P=Fósforo; Mg=Magnesio; Mn= Manganese; Mo=Molibdeno; Fe=Hierro.

II. Equipo

- Colorímetro
- Espectrómetro de Absorción Atómica

III. Reactivos

- Mezcla de Ácido nítrico con peróxido de hidrógeno
- Acido clorhídrico 1 N
- Solución de color (ftamolibdato de amonio, tartrato de potasio y ácido ascórbico)
- Lantano
- Acido nítrico

VI. Procedimiento

Se pesa 0.5 g de muestra y se somete a digestión con ácido nítrico en un crisol a 450 °C por cuatro horas y media.

Se deja enfriar y se agregan 25 mL de ácido clorhídrico 1 N limpiando las paredes del crisol y luego se filtra. Se toman 2 mL del filtrado anterior y se agregan 18 mL de agua (dilución 1:10). Se toman 2 mL de esta dilución, se agregan 3 mL de agua y 8 mL de solución de color. Se espera por 30 min.

Se realiza la lectura de la muestra en el colorímetro a 560 nm para determinar el fósforo. Se toma otra alícuota de 2 ml del filtrado y se agregan 8 mL de agua (dilución 1:5). Luego se toman 2 mL de esta dilución y se agregan 24 mL de lantano. Se lee la muestra en el aparato de absorción atómica a 422.7 nm para determinar calcio, 285.2 nm para magnesio y 776.5 nm para potasio.

Con el resto del filtrado del paso 3 se hacen las lecturas en el aparato de absorción atómica a 324.7 nm para cobre, 248.3 nm para hierro, 279.9 nm para manganeso, 213.9 nm para zinc y 589 nm para sodio (4).

ANEXO NO. 3
 INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE TORTILLAS
 ELABORADAS ARTESANALMENTE EN EL DEPARTAMENTO DE :

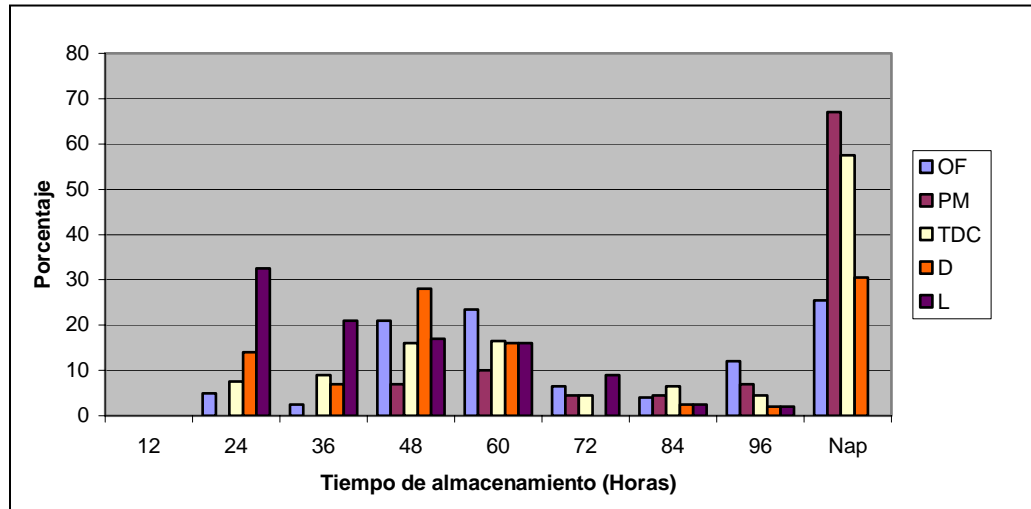
Toticapán _____ Jutiapa _____
 Trabajo de Tesis de Karen J. González Pellecer. Nutricionista. Guatemala 2004

	Fecha	Código	Peso	Dimensiones	
				Diámetro	Grosor
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

ANEXO NO. 5
COMPORTAMIENTO DE LOS SIGNOS DE DESCOMPOSICIÓN EVALUADOS PARA LA
DETERMINACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL DE LAS TORTILLAS

Gráfica No. 1

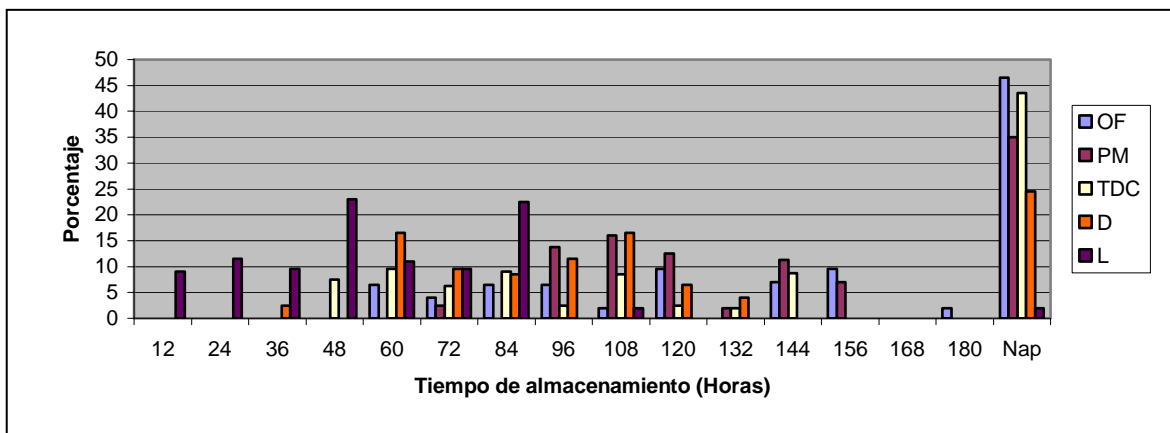
Signos de Descomposición que Presentaron las Tortillas *Blancas* Elaboradas en
Totonicapán, Almacenadas a Temperatura Ambiente (en porcentajes)
Guatemala, Julio 2004



OF Olor a Fermento; PM Presencia de Moho; TDC Textura de Dificil Corte; D Dureza; L Ligosidad;
No ap. El signo No aparece.

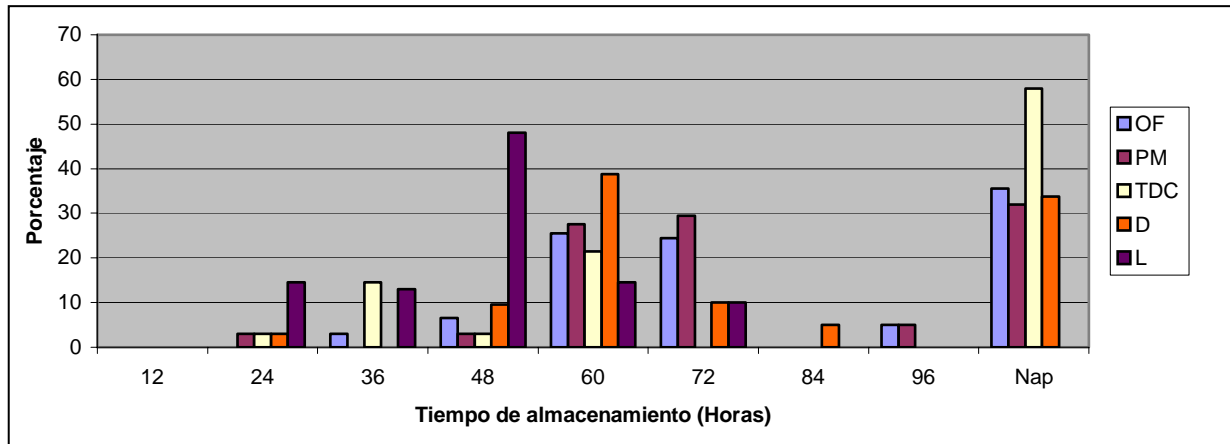
Gráfica No. 2

Signos de Descomposición que Presentaron las Tortillas *Blancas* Elaboradas en
Totonicapán, Almacenadas en Refrigeración (en porcentajes)
Guatemala, Julio 2004



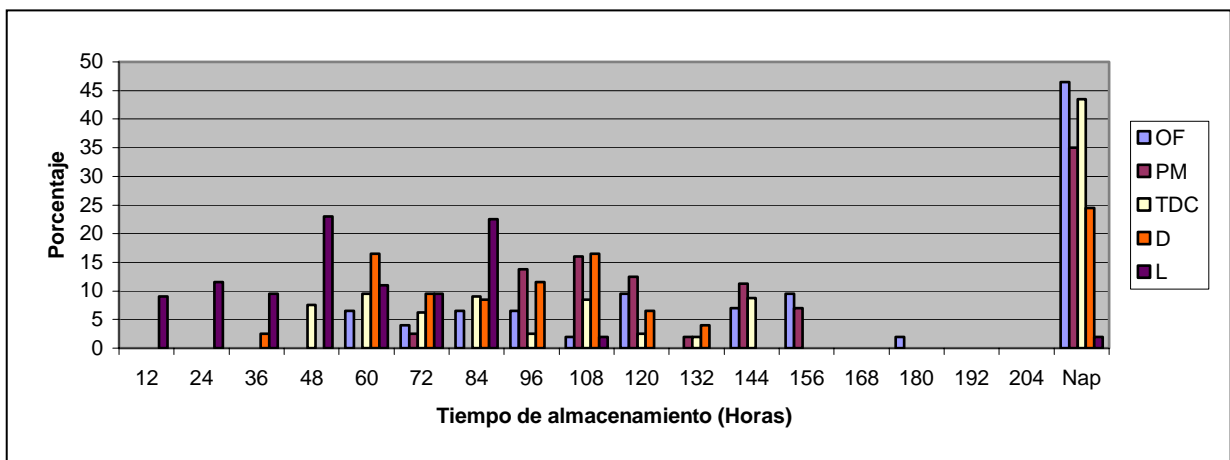
OF Olor a Fermento; PM Presencia de Moho; TDC Textura de Dificil Corte; D Dureza; L Ligosidad;
No ap. El signo No aparece.

Gráfica No. 3
Signos de Descomposición que Presentaron las Tortillas *Amarillas* Elaboradas en
Totonicapán, Almacenadas a Temperatura Ambiente (en porcentajes)
Guatemala, Julio 2004



OF Olor a Fermento; PM Presencia de Moho; TDC Textura de Dificil Corte; D Dureza; L Ligosidad;
 No ap. El signo No aparece.

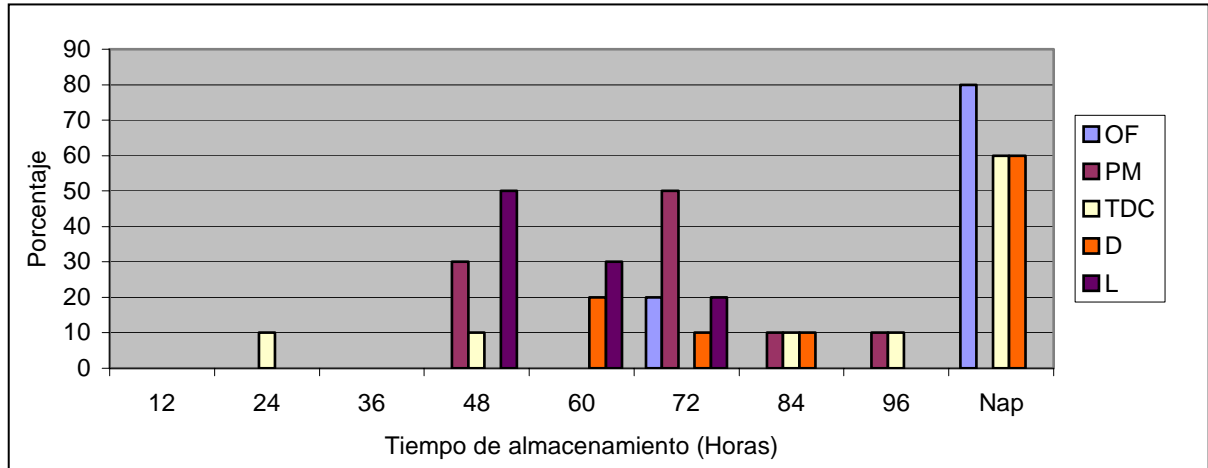
Gráfica No. 4
Signos de Descomposición que Presentaron las Tortillas *Amarillas* Elaboradas en
Totonicapán, Almacenadas en Refrigeración (en porcentajes)
Guatemala, Julio 2004



OF Olor a Fermento; PM Presencia de Moho; TDC Textura de Dificil Corte; D Dureza; L Ligosidad;
 No ap. El signo No aparece.

Gráfica No. 5

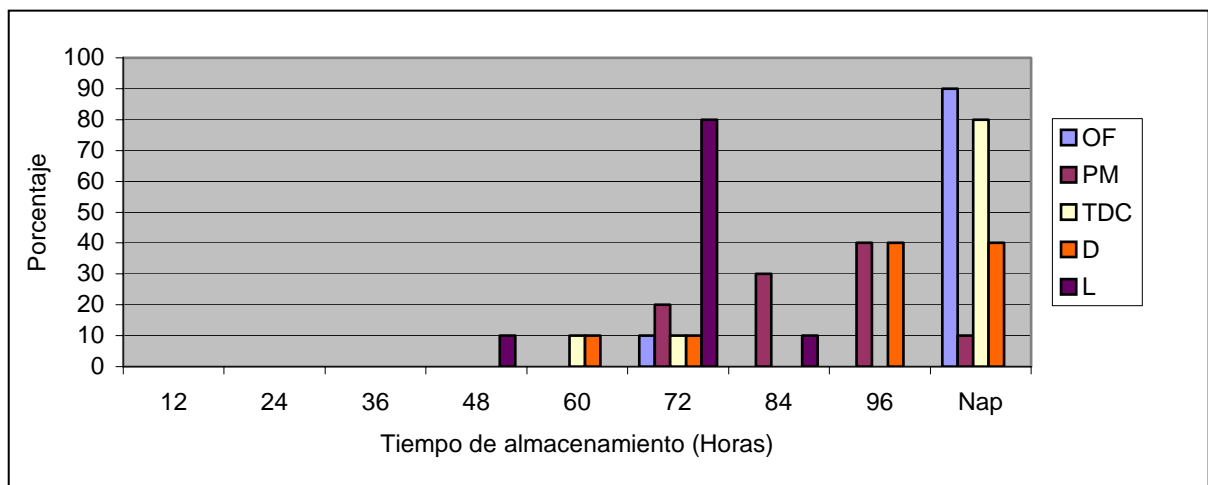
Signos de Descomposición que Presentaron las Tortillas *Negras* Elaboradas en Totonicapán, Almacenadas a Temperatura Ambiente (en porcentajes)
Guatemala, Julio 2004



OF Olor a Fermento; PM Presencia de Moho; TDC Textura de Dificil Corte; D Dureza; L Ligoidad;
 No ap. El signo No aparece.

Gráfica No. 6

Signos de Descomposición que Presentaron las Tortillas *Negras* Elaboradas en Totonicapán, Almacenadas en Refrigeración (en porcentajes)
Guatemala, Julio 2004



OF Olor a Fermento; PM Presencia de Moho; TDC Textura de Dificil Corte; D Dureza; L Ligoidad;
 No ap. El signo No aparece.

ANEXO NO. 6

DIFERENCIAS ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS TORTILLAS DE
TOTONICAPÁN, SEGÚN EL COLOR Y DESTINO DE LAS MISMAS

	Color y Destino	Promedios respectivos		Probabilidad	Interpretación
Peso	Ba vrs Bv	39.17	37.35	0.45	Ns
	Ba vrs Ba	39.17	38.81	0.87	Ns
	Ba vrs Av	39.17	35.7	0.25	Ns
	Ba vrs Nv	39.17	38.8	0.88	Ns
	Bv vrs Aa	37.35	38.81	0.58	Ns
	Bv vrs Av	37.35	35.7	0.65	Ns
	Bv vrs Nv	37.35	38.8	0.63	Ns
	Aa vrs Av	38.0	35.7	0.46	Ns
	Aa vrs Nv	38.81	38.8	0.99	Ns
Av vrs Nv	35.7	38.8	0.37	Ns	
Diámetro	Ba vrs Bv	10.76	10.81	0.80	Ns
	Ba vrs Aa	10.76	10.17	0.030	Ds
	Ba vrs Av	10.76	10.19	0.089	Ns
	Ba vrs Nv	10.76	11.42	0.009	Ds
	Bv vrs Aa	10.81	10.17	0.02	Ds
	Bv vrs Av	10.81	10.19	0.064	Ns
	Bv vrs Nv	10.81	11.42	0.006	Ds
	Aa vrs Av	10.17	10.19	0.96	Ns
	Aa vrs Nv	10.17	11.42	0.001	Ds
Av vrs Nv	10.19	11.42	0.008	Ds	
Grosor Orilla	Ba vrs Bv	3.83	3.45	0.21	Ns
	Ba vrs Aa	3.83	4.31	0.20	Ns
	Ba vrs Av	3.83	3.4	0.26	Ns
	Ba vrs Nv	3.83	3.0	0.014	Ds
	Bv vrs Aa	3.45	4.31	0.038	Ds
	Bv vrs Av	3.45	3.4	0.90	Ns
	Bv vrs Nv	3.45	3.0	0.21	Ns
	Aa vrs Av	4.31	3.4	0.083	Ns
	Aa vrs Nv	4.31	3.0	0.007	Ds
Av vrs Nv	3.4	3.0	0.29	Ns	
Grosor Centro	Ba vrs Bv	4.29	3.5	0.012	Ds
	Ba vrs Aa	4.29	4.75	0.22	Ns
	Ba vrs Av	4.29	3.5	0.047	Ds
	Ba vrs Nv	4.29	3.8	0.16	Ns
	Bv vrs Aa	3.5	4.75	0.003	Ds
	Bv vrs Av	3.5	3.5	0	Ns
	Bv vrs Nv	3.5	3.8	0.39	Ns
	Aa vrs Av	4.75	3.5	0.020	Ds
	Aa vrs Nv	4.75	3.8	0.048	Ds
Av vrs Nv	3.5	3.8	0.46	Ns	

*Ba Blancas para autoconsumo; Bv Blancas para venta; Aa Amarillas para autoconsumo; Av Amarillas para venta; Nv Negras para venta. Da= Diferencia significativa Ns= No significativo

Karen Janissa González Pellecer
Autora

Dr. Ricardo Bressani Castignoli
Asesor

Licda. Julieta Salazar de Ariza
Asesora

Licda. Silvia Rodríguez de Quintana
Directora

M.Sc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán