

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
DE GUATEMALA**

FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



**EFFECTO DE LA TRANSFORMACION DE HARINA NIXTAMALIZADA DE
MAIZ A TORTILLA EN EL CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA, HIERRO
DISPONIBLE Y ACIDO FITICO**

Trabajo de graduación presentado por
ANA TERESA NEGREROS
para optar al grado académico de
Ingeniera en Ciencias de los Alimentos
en el grado de Licenciada

Guatemala,
2000

**EFFECTO DE LA TRANSFORMACIÓN DE HARINA
NIXTAMALIZADA DE MAÍZ A TORTILLA EN EL CONTENIDO DE
FIBRA DIETÉTICA, HIERRO DISPONIBLE Y ÁCIDO FÍTICO.**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
DE GUATEMALA**
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



Excelencia que trasciende

**EFFECTO DE LA TRANSFORMACIÓN DE HARINA
NIXTAMALIZADA DE MAÍZ A TORTILLA EN EL CONTENIDO DE
FIBRA DIETÉTICA, HIERRO DISPONIBLE Y ÁCIDO FÍTICO**

Trabajo de graduación presentado por
ANA TERESA NEGREROS
para optar al grado académico de
Ingeniera en Ciencias de los Alimentos
en el grado de Licenciada

GUATEMALA

2000

Vo. Bo.:



(f)

Dr. Ricardo Bressani, asesor

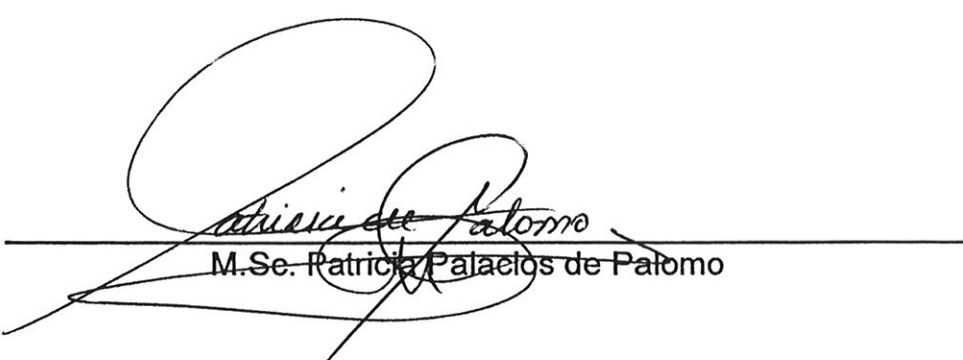
Tribunal:



(f)


Dr. Ricardo Bressani

(f)



M.Se. Patricia Palacios de Palomo

(f)



M.Sc. Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: Guatemala, 26 de junio de 2000.

ÍNDICE

	Contenido	Página
	ÍNDICE GENERAL	v
	ÍNDICE DE CUADROS	vi
	ÍNDICE DE TABLAS	vi
	DIAGRAMA	
	RESUMEN	vii
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	2
III.	HIPÓTESIS	3
IV.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
V.	MATERIALES Y MÉTODO	13
VI.	DISEÑO EXPERIMENTAL	14
vii.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	15
	A. CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA, ÁCIDO FÍTICO Y HIERRO EN HARINAS INDUSTRIALES	15
	B. EFECTO DEL PROCESAMIENTO DE MASA A TORTILLA SOBRE FIBRA DIETÉTICA Y HIERRO	20
VIII.	CONCLUSIONES	26
IX.	RECOMENDACIONES	27
X.	BIBLIOGRAFÍA	28
XI.	ÁNEXOS	31
	A. Caracterización de harinas de maíz	32
	B. Efecto de la transformación de harinas de maíz nixtamalizadas a tortillas	39

ÍNDICE DE CUADROS

1	Cambios de composición en el maíz durante el proceso de nixtamalización	8
2	Contenido de humedad y fibra dietética en harinas nixtamalizadas de maíz g/100g	15
3	Contenido de ácido fítico y cenizas en harinas de maíz nixtamalizadas g/100g	17
4	Contenido de hierro total y soluble en harinas de maíz nixtamalizadas (mg/100gr)	19
5	Efecto del tiempo de cocción durante la conversión de masa a tortilla sobre el contenido de fibra dietética. (Datos proporcionados en porcentaje)	21
6	Efecto del tiempo de cocción durante la conversión de masa a tortilla sobre el contenido de hierro total y soluble (mg/ 100grs)	22
7	Porcentaje de absorción del hierro ionizable de harinas nixtamalizadas de maíz	24

ÍNDICE DE TABLAS

No.	Contenido	Página
1	Valores en duplicado de fibra dietética, en harinas de maíz nixtamalizadas (g/100 grs.)	32
2	Valores en duplicado para fibra dietética insoluble, en harinas de maíz nixtamalizadas (g/100 grs.)	32
3	Valores en duplicado de fibra dietética insoluble, para harinas de maíz nixtamalizadas (g/100 grs.)	33
4	Valores en duplicado de hierro dietética insoluble, para harinas de maíz nixtamalizadas (g/100 grs.)	33
5	Valores en duplicado para hierro total en harinas de maíz nixtamalizadas (mg/100grs.)	34
6	Valores en triplicado de ácido fítico en harinas de maíz nixtamalizadas (gr./100grs.)	34
7	Porcentajes de cenizas en duplicados para harinas de maíz nixtamalizados	35

No.	Contenido	Página
9	Valores en duplicado de lecturas espectrofotométricas para los cálculos de fibra dietética total en harinas de maíz	36
10	Lecturas espectrofotométricas para el cálculo de fibra dietética insoluble en harinas de maíz	36
11	Lecturas espectrofotométricas para determinación de hierro total en harinas de maíz nixtamalizadas	37
12	Lecturas espectrofotométricas para la determinación de hierro soluble en harinas de maíz nixtamalizadas	37
13	Porcentaje de absorción de hierro ionizable a pH=7.5 en duplicado para harinas nixtamalizadas de maíz	38
14	Lecturas espectrofotométricas para hierro soluble en harina de tortilla Tipo 11	39
15	Lecturas Espectrofotométricas para hierro soluble en harina de tortilla Tipo 1	39
16	Valores de hierro soluble para harina de tortilla Tipo 2	39
17	Valores en duplicado para hierro soluble mg/100grs. Para harina de tortilla Tipo 1	40
18	Valores en duplicado para hierro total mg/100 grs.	40
19	Valores en duplicado para hierro total (mg/100 grs.)	40
20	Valores en duplicado para fibra dietética total (gr/100 grs) de harina de tortilla Tipo 11	41
21	Valores en duplicado para fibra dietética total (gr/100grs. En harina de tortilla tipo 1	41
22	Valores en duplicado para fibra dietética insoluble en harina de tortilla Tipo 11	41
23	Valores en duplicado para fibra dietética insoluble en harina de tortilla Tipo 1	41
24	Valores en duplicado para fibra dietética soluble en harina de tortilla Tipo 11	42
25	Valores en duplicado para fibra dietética soluble en harina de tortilla Tipo 1	42
26	Valores de humedad en harinas de tortillas Tipo 11 y 1	42
27	Lecturas espectrofotométricas a 510nm de hierro total para harina de tortilla Tipo 11 y 1	43
28	Lecturas espectrofotométricas para fibra dietética total para harina de tortilla Tipo 11 y 1	43
29	Lecturas espectrofotométricas para fibra dietética insoluble para harina de tortilla Tipo 11 y 1	43
30	Porcentaje de absorción de hierro soluble a pH= en harina de tortilla de maíz nixtamalizadas tipo 11	44

No.	Contenido	Página
32	Análisis de varianza para fibra dietética total en harinas de maíz	44
33	Medias	45
34	Análisis de varianza para fibra dietética soluble en harinas de maíz	45
35	Medias	45
36	Análisis de varianza para fibra dietética insoluble en harinas de maíz	46
37	Medias	46
38	Análisis de varianza para hierro total en harinas de maíz	46
39	Medias	47
40	Análisis de varianza para humedad en harinas de maíz	47
41	Medias	47
42	Análisis de varianza para ácido fítico en harinas de maíz	48
43	Medias	48

DIAGRAMA

No.	Contenido	Página
1	Producción de harina de maíz	9

RESUMEN

Este trabajo de graduación se dividió en dos partes: una el determinar si existe o no una diferencia significativa en fibra dietética, hierro total y soluble y ácido fítico en distintas muestras de harinas nixtamalizadas de maíz comerciales de las regiones de Guatemala, El Salvador y Honduras. La segunda parte consistió en escoger dos muestras de harina, en este caso las que mayor cantidad de fibra dietética total presentaron y estimar los cambios o efectos en fibra dietética total y hierro que se producen al pasar de masa a tortilla.

En el análisis de fibra dietética total, soluble e insoluble se tuvo diferencia estadística de 1.23, 1.01 y 1.52, respectivamente. La humedad en las harinas también presentó diferencia estadística significativa de 1.16, pudiendo ser el tipo de almacenaje el causante de esta variación. Un dato interesante fue la cantidad de ceniza obtenida, pues no se tuvo diferencia estadística significativa, lo cual, indica que la cantidad agregada en el lavado como en el paso de nixtamalización es constante. Respecto al ácido fítico se observó una diferencia significativa entre las muestras analizadas y no se tuvo ningún tipo de correlación con la fibra dietética total. El hierro total y soluble determinados fueron bajos comparados a los reportados en la literatura, el promedio para hierro total fue de 2.43 y para el soluble de 0.48. Al igual que el ácido fítico no se encontró ningún tipo de correlación con la fibra dietética.

En el análisis de conversión de masa a tortilla, se tomaron dos muestras y se formó una tortilla variando el tiempo de cocción de cada lado: se utilizaron 0, 2 y 3 minutos por lado. Al realizar el análisis estadístico, no fue posible obtener ningún tipo de correlación entre el hierro total, soluble y fibra dietética. Si bien es cierto se dio una disminución en fibra dietética al darse un aumento en el tiempo de cocción.

Se recomienda el realizar y continuar con los estudios de fibra dietética, no solo en harinas sino en productos derivados como lo son el tamalito, atol, pastelitos, entre otros, de harinas de maíz pues es de vital importancia el poder establecer y formular una normativa a este tipo de harinas, pues el maíz sigue siendo la fuente principal de alimento de muchos guatemaltecos.

I. INTRODUCCIÓN

Una dieta con alto contenido de fibra está ligada a la disminución o prevención de cierto tipo de enfermedades como lo son la diabetes, enfermedades cardiovasculares, cierto tipo de cáncer, entre otras. Es por esto que se recomienda una dieta rica en frutas, vegetales y cereales de granos enteros, ya que todos estos contienen un alto porcentaje de materiales provenientes de las paredes celulares de las plantas. Aproximadamente un 90 % de este material celular son polisacáridos no almidonados, es por esto que el contenido de éstos en la pared celular de las plantas es un buen indicador de la cantidad de fibra existente en ella.

El maíz ha sido fundamental en la dieta de países como Guatemala, México y el resto de Centro América. Su forma principal de consumo ha sido la tortilla. Si bien es cierto que la industria alimenticia actualmente ha elaborado una amplia gama de harinas nixtamalizadas de maíz, no existen regulaciones que dicten las cantidades de minerales, vitaminas, proteínas, fibra que éstas deban tener.

Así pues en este estudio se pretende aportar información sobre el contenido de la fibra dietética total, hierro soluble e insoluble y ácido fólico en varias harinas de maíz nixtamalizadas de la región centroamericana, variando el tiempo de cocción. La determinación de la fibra dietética se realizará utilizando el método de Englyst, el cual consiste en una remoción enzimática de los polisacáridos no almidonados para luego darse una hidrólisis ácida.

II. OBJETIVOS

A. General

- Ampliar los conocimientos sobre el contenido de fibra dietética FD en harinas nixtamalizadas de maíz y los efectos de transformación de masa a tortilla.

B. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de fibra dietética insoluble (FDI), fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética total (FDT), en las harinas nixtamalizadas de maíz comercializadas en Guatemala, El Salvador y Honduras.
- Con dos tipos de harina determinar los cambios de FDI, FDS y FDT al transformar la masa a tortilla.
- Evaluar el efecto del tiempo de cocción de la masa a la tortilla sobre la FDT.
- Determinar el porcentaje de hierro ionizable (disponible) al darse la transformación de masa a tortilla.

III. HIPÓTESIS

- El contenido de fibra dietética en las harinas nixtamalizadas industriales de maíz es similar entre muestras de distintas empresas.
- El aumento en fibra dietética total y cambios en fibra dietética insoluble y fibra dietética soluble de masa a tortilla, se debe a la temperatura y tiempo de cocción.
- Este aumento en fibra dietética total no afecta al hierro biodisponible (ionizable a pH = 7.5)

IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Por fibra se denomina a un grupo de polisacáridos estructurados que no son aprovechados por organismos como el nuestro, pero llevan a cabo una función de vital importancia para el bienestar del ser humano. La fibra está compuesta por elementos de las paredes celulares de los vegetales, entre los que destaca la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas. Estos polímeros no se encuentran en los alimentos de origen animal siendo exclusivos de los vegetales.

Existen dos tipos de fibra, la cruda y la dietética. La primera se determina analíticamente sometiendo los productos a un tratamiento en caliente con ácido clorhídrico para luego ser tratado con hidróxido de sodio, esta fibra cruda es la que se puede encontrar en las tablas de composición de los alimentos.

La medición de la fibra dietética total en alimentos vegetales refleja un buen índice del contenido del material de pared celular presente en el alimento. El procedimiento para obtener esta medición se basa en un método enzimático-químico el cual ha ido evolucionando desde 1969 con los estudios que realizara Southgate. El almidón es completamente removido enzimáticamente y la fibra dietética total es medida por la suma de los azúcares liberados en la hidrólisis ácida. Estos azúcares pueden ser medidos por cromatografía gas-líquido, por HPLC o por espectrofotometría.

La fibra dietética incluye a todos los carbohidratos no digestibles y materiales relacionados a estos, como lo son la celulosa, hemicelulosa, lignina, pentosas, gomas y pectinas. El contenido de fibra dietética en los alimentos es normalmente de 2 a 16 veces más alto que la fibra dietética cruda. Los granos, por ejemplo, son una excelente fuente de fibra. La fibra dietética la podemos

dividir entonces en tres grandes fracciones o grupos que son: 1. Polisacáridos estructurales (celulosa, hemicelulosa y algunas pectinas); 2. No polisacáridos estructurales (lignina); 3. Polisacáridos no estructurales (gomas).

La fibra dietética tiene un efecto profundo en la calidad y apariencia de las heces así como del tiempo de la digestión a través del tracto gastrointestinal. El tamaño de partícula y forma, densidad y la capacidad de retención de agua, influyen los promedios de flujo de defecación. Debido a que la capacidad de retención de agua se ve influenciada por la estructura química, cristalinidad y contenido de lignina en la fibra, las condiciones de proceso de molienda y cocción afectarán indirectamente estos flujos. Un incremento en fibra en la dieta aumentará el flujo y frecuencia de defecación. Ácidos biliares y colesterol son ligados por ciertas fibras dietéticas lo que probablemente facilita su excreción del organismo y ciclo metabólico.

Propiedades fisicoquímicas de la fibra dietética como lo son, la capacidad de retención de agua, intercambio iónico, viscosidad, interacciones moleculares, estructura, área superficial, entre otros, están directamente relacionados con las propiedades fisiológicas de la fibra dietética. Los polisacáridos que contienen ácidos urónicos y/o grupos de sulfatos o fosfatos, son muy efectivos como intercambiadores de cationes en lo que a enlaces de iones metálicos se refiere. El tipo de enlace puede influir las propiedades físicas del polisacárido. La capacidad de intercambio de cationes en la fibra dietética depende del contenido de ácido péptico y de ciertas hemicelulosas que contienen ácido glucurónico. Las capacidades del intercambio iónico para ciertos tipos de fuente de fibra dietética han sido determinadas y la evidencia sugiere que la cocción puede alterar este tipo de intercambio.

La fibra dietética es muy importante en la dieta humana. Sus funciones en el intestino son varias, se puede, mencionar el aumento del bolo fecal por retención de agua, acelera el tránsito intestinal, aumenta la absorción de agua y sales en las heces, por lo que controla la diarrea, disminuye la presión intraluminal del colón ya que la masa fecal se vuelve más blanda.

Debido a las características fisiológicas y fisicoquímicas de la fibra dietética, ésta se ha vuelto útil en el tratamiento de algunas enfermedades como diabetes, trastornos cardiovasculares, constipación y diverticulitis, y cierto tipo de cáncer.

Una ingesta de fibra dietética de aproximadamente 20 gramos/día (mezcla de frutas, vegetales, productos de cereales no fortificados) es recomendable para asegurar una dieta rica en minerales, vitaminas y antioxidantes, lo cual ha demostrado, ser útil en la prevención de enfermedades como las anteriormente mencionadas.

Algunos procesos industriales, tales como el cocimiento, la refinación, la molienda y otros procesos desnaturalizan la fibra dietética, los jugos de frutas, por ejemplo, son pobres en fibra si se comparan con el puré o alimento crudo.

Los cereales tienen un alto contenido de fibra, especialmente en su cubierta. El maíz es uno de los granos básicos de mayor consumo en nuestro país y en el mundo. El maíz se consume como alimento humano de varias formas. En su forma húmeda se consume como vegetal. Los granos de una variedad especial se secan y se consumen como palomitas. La mayor parte del maíz que se consume se somete a molienda y se utiliza en forma fraccionada o modificada del cereal original.

El maíz es una planta herbácea y anual (su ciclo vital es de un año), perteneciente a la familia de las gramíneas. Éste puede alcanzar una altura superior a los cuatro metros. Las hojas del maíz son largas y lanceoladas y rodean el tallo en su base con una ancha vaina. Las flores, unisexuales, se agrupan en inflorescencias, las masculinas en la porción terminal del tallo y las femeninas en las axilas de las hojas formando espigas densas de granos apretados denominados mazorcas.

El aspecto y color del grano varía según la variedad o tipo de maíz; el maíz duro presenta granos grandes (*Zea mays indura*); el blando (*Zea mays amyloacea*) es de granos harinosos y la variedad dulce (*Zea mays sachauta*) tiene los granos translúcidos y de superficie rugosa.

El maíz requiere de climas cálidos o templados que garanticen una temperatura del suelo no inferior a los 10°C, así como de terrenos profundos y bien trabajados y abonados. Necesita de grandes cantidades de agua y de una constante labor de fitosanitaria de prevención de plagas y enfermedades.

Estudios realizados en México y Centro América han demostrado que el maíz representa el alimento principal de poblaciones de escasos recursos económicos y éste es consumido en forma de tortillas, tamales, atol, pinol, etc. El maíz es rico en hidratos de carbono pero es deficiente en proteínas, tanto en calidad como en cantidad.

Al igual que a otros granos se le muele para quitar la cáscara y el germen. El germen es la principal fuente de aceite de maíz. Para moler el maíz se emplean dos métodos, molienda seca y molienda húmeda.

El maíz puede ser fácilmente procesado a altos rendimientos de masa y debe tener excelentes propiedades tanto para la molienda como para la cocción alcalina. Este tipo de cocción se conoce como "Nixtamalización".

Cuadro 1
Cambios de composición en el maíz
durante el proceso de Nixtamalización

	Sin tratar	Nixtamalizado
Proteína (%)	11	10.6
Fibra Cruda (%)	2.3	2
Extracto etéreo (%)	5.1	4.5
Cenizas (%)	1.7	2.3
Calcio (mg/kg)	76	1230

El proceso de nixtamalización (nextli que significa cenizas o cenizas de cal y tamalli, masa de maíz) consiste en un tratamiento térmico-alcalino, en donde primero el maíz es hervido en agua en una proporción de 1:3 (peso:volumen) y luego se le añade del 1 al 3 % de cal. El pH varía de 11 a 13. El tiempo de cocimiento oscila entre 20 y 40 minutos. Luego de la ebullición este es retirado de la fuente de calor y se deja reposar un período de 10 a 14 horas. El agua de ebullición es retirada y el maíz es lavado con agua para eliminar el exceso de calcio, esto evita que la tortilla tenga un sabor alcalino. El maíz lavado es molido (generación de energía lo que aumenta la temperatura) obteniendo una masa de la cual puede derivarse una serie de productos, ejemplo, la tortilla. Para la elaboración de éstas, se requiere de un cocimiento a 170-190°C durante un tiempo de 4 a 5 minutos.

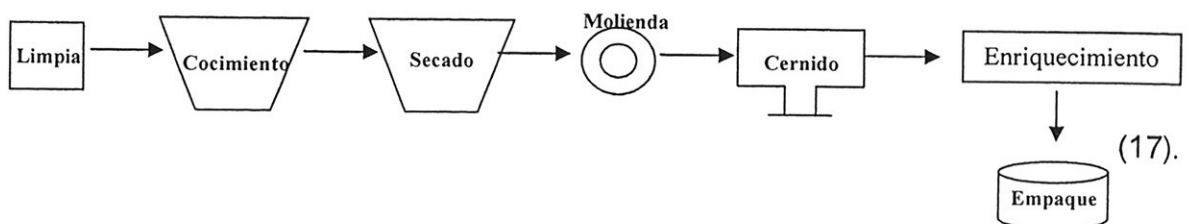
De la cocción alcalina dependen mucho las características químicas, sensoriales y nutritivas, tanto de la tortilla en sí, como de los productos derivados de la masa. Así pues, las condiciones del proceso (tiempo de cocción, nivel de cal, temperatura y tiempo de proceso) están estrechamente relacionadas con el producto final.

En el proceso de nixtamalización se gelatiniza el almidón, se hidroliza la hemicelulosa del pericarpio y se destruyen algunos aminoácidos y vitaminas. El agua de cocción (nejayote) solubiliza minerales, grasas, vitaminas y alguna proteína. Desde el punto de vista benéfico, en este proceso la biodisponibilidad de algunos componentes aumentan, por ejemplo, la lisina de la gluteína, el triptófano y la niacina, así mismo la gelatinización del almidón propicia que éste sea utilizado por el organismo humano.

Además de la masa de maíz para la elaboración de las tortillas, se ha implementado la elaboración de harina de maíz: En la fabricación de la harina de maíz, el paso inicial es el cocimiento del maíz en agua alcalina. En esta operación el vapor saturado es el medio de calentamiento del depósito y el maíz seco se adiciona al agua. La cal en este caso se adiciona en polvo al 1% y como preservante se utiliza dióxido de azufre. Una vez cocido y maserado el nixtamal se lava con agua a presión. Luego pasa por una molienda húmeda en molino de discos y martillos. Esta masa es suave y pastosa. El paso a seguir es el secado obteniendo una harina de partículas relativamente gruesas. Esta harina se pasa por varias zarandas y luego se vuelve a moler para obtener una harina más fina y de partículas uniformes. El producto final es un polvo amarillento o blanco con una distribución de partículas finas (250 nm).

Diagrama 1

Producción de harina de maíz



Existen dos formas en la que los componentes químicos del maíz se pierden en la elaboración de las tortillas, una por pérdidas físicas de ciertos compuestos y la segunda por pérdidas químicas debido a destrucciones o transformaciones. Las pérdidas físicas oscilan entre un 8-17% a un 25%. Estas pérdidas se deben en su mayoría a los procesos de lixiviación, cocción, maceración y alcalinidad del medio.

Así como el proceso de nixtamalización presenta ciertas pérdidas fisicoquímicas, también favorece la disponibilidad de otros nutrientes que en el grano de maíz crudo no están tan disponibles. Por ejemplo, en la etapa de obtención de masa, la fibra dietética total disminuye pero luego en las tortillas aumenta levemente.

Bressani y col. (1990), informaron que la fibra dietética insoluble se redujo de 13.05% en el maíz a 6.32 % en la masa y a 6.87% en la tortilla. La fibra dietética soluble aumentó de 0.49% en la masa a 1.25% y a 1.74% en la tortilla. Los contenidos de fibra dietética total fueron de 13.80 a 7.64 a 8.63 % en masa cruda, masa y tortilla respectivamente. Estos datos muestran por consiguiente un efecto del proceso, el primero de los cuales es la de fibra dietética por pérdida de la cáscara del maíz y la segunda, un pequeño incremento de masa a tortilla, tal vez debido a las temperaturas de cocción.

Resultados similares fueron presentados por Serna, Saldívar y col. Algunos autores han sugerido que la fibra dietética liga al hierro. (Reinhold y col.), informó que la fibra neutro detergente (NFD) en la tortilla puede bajar hasta 0.3mg al hierro por gramo de NFD a pH de 6.45. Resultados similares fueron informados por García-Lopez y Wyatt (5) y por Reinhold y col. Debido a esto es de interés estudiar los cambios en fibra dietética al transformar la masa a tortilla, ya que la cantidad de estudios disponibles no son suficientes.

Muchos alimentos poseen un alto contenido de hierro, no obstante gran porcentaje de la población ha presentado deficiencia en este elemento. Los productos de origen animal contienen un alto porcentaje de hierro y son bien absorbidos por nuestro organismo, por ejemplo, el hígado contiene miles de ppm de hierro. El hierro proveniente de alimentos de tipo vegetal es pobremente absorbido. El hierro es utilizado como un aditivo alimenticio para enriquecer harinas y productos derivados de los cereales. La forma en que el hierro sea utilizado determinará, significativamente, que tan bien será éste absorbido por el cuerpo. El sulfato ferroso es muy bien absorbido, pero dará un cambio en color u oxidará el producto al que sea agregado muy fácilmente. El hierro elemental es bien absorbido y no presenta cambios en los alimentos, es por esto que se utiliza para el enriquecimiento de harinas. De acuerdo a Narasinga y Prabhavathi, el hierro ionizable a un pH = 7.5 tiene una mejor absorción en el ser humano adulto.

El comportamiento de los minerales se ve influenciada muchas veces por la presencia de otros constituyentes alimenticios. En estudios realizados por Toma y Curtis (1986) ha sido demostrado que la absorción de minerales en el organismo se ve disminuida por la presencia de la fibra dietética. Un estudio sobre el comportamiento del hierro, zinc y calcio demostró que hay interacciones con los fitatos, los cuales están presentes en la fibra. Los fitatos pueden formar complejos insolubles con el hierro y el zinc, lo cual interfiere con la absorción del calcio, ya que se da rompimiento de los enlaces con proteínas en el intestino.

El ácido fítico presenta funciones fisiológicas muy importantes durante el reposo, maduración y germinación de semillas y granos. Este es considerado como el principal almacenador de fosfato e inositol en la mayoría de los granos y semillas. En los granos, la mayor parte del fósforo (60-90%) está almacenado en forma de ácido fítico.

Las semillas y cereales son la mayor fuente de ácido fítico en nuestra nutrición. Es por esto que, es tan importante el entender de qué forma se encuentra éste ligado a otros componentes o minerales que en algún momento determinado pudieran verse limitados. En el caso del maíz el ácido fítico se encuentra concentrado en el germen, por lo que alimentos que utilicen germen de maíz tendrán un alto porcentaje de fósforo.

Debido al proceso de molienda que lleva en la gran mayoría de los casos el maíz, gran porcentaje del ácido fítico es perdido, a la vez, la calidad de agua que se utilice, así como el cocimiento pueden influir en la pérdida del mismo, o llegar a formar sales complejas. Los complejos de inositol de hexofosfato con muchos elementos minerales en algunos casos son insolubles y de baja disponibilidad. Existe evidencia que bajo ciertas condiciones la disponibilidad del hierro disminuye, pero bajo otras condiciones no afecta. Sin embargo algunos autores (Graf y Eaton 1984) indican que el ácido fítico no tiene ningún efecto sustancial en la absorción de calcio o hierro. La biodisponibilidad de los minerales está determinada por los factores fisiológicos intrínsecos y por los componentes de la dieta que puedan mejorar o evitar la absorción de dichos compuestos. No obstante algunos componentes de la fibra dietética pueden ser más efectivos en el enlace de minerales que el propio ácido fítico.

Durante el proceso de nixtamalización se da una pérdida en ácido fítico y el contenido de éste al inicio, influye significativamente en la cantidad de hierro absorbido. Reinhold *et al* (1981) indica que la fibra de trigo y maíz se enlaza al hierro dependiendo de la cantidad de mineral presente y que la afinidad del mismo por la fibra aumenta a medida que el pH se acerca a 7.0.

V. MATERIALES Y MÉTODO

A. MATERIALES

Un total de doce marcas comerciales de harinas nixtamalizadas de maíz fueron compradas en supermercados de Guatemala, El Salvador y Honduras en duplicado. Estas muestras fueron almacenadas en el laboratorio de Alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala.

B. MÉTODO

Las muestras fueron analizadas en duplicado por humedad siguiendo el método descrito en la AOAC, así como el contenido de cenizas. El ácido fítico se determinó por el método de Havg y Lantzsch, el hierro se obtuvo en base al método descrito en AOAC y el hierro soluble por el método de Narasinga y Prabhavathi. La fibra dietética fue obtenida por el método de Englyst *et al.*

Con el propósito de conocer si el calentamiento al transformar la masa a tortilla afecta el contenido de fibra dietética, y el hierro ionizable, se seleccionó la harina con el mayor y el menor contenido de fibra. La masa de estas harinas fue transformada en tortilla, cocinándola 2 y 3 minutos por lado respectivamente, en duplicado. Estas muestras de tortilla fueron luego analizadas por fibra dietética, hierro total y hierro ionizable como ya fuera descrito.

VI. DISEÑO EXPERIMENTAL

A. SECCIÓN 1

Se empleó el Análisis de Varianza para la determinación de las diferencias entre las muestras de harinas de las regiones de Guatemala, El Salvador y Honduras, para la Fibra Dietética, hierro ionizable y ácido fítico.

B. SECCIÓN 2

En esta sección se analizaron los posibles efectos sobre la fibra dietética, el hierro total e ionizable, del procesamiento de la masa a tortilla en relación a su tiempo de cocción. Se colocaron en duplicado sobre el comal las muestras de masa por 2 y 3 minutos de cada lado dejando la temperatura de cocción constante.

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A. CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA, ÁCIDO FÍTICO Y HIERRO EN HARINAS INDUSTRIALES

Las doce muestras de harinas nixtamalizadas fueron analizadas y se encontró que si existe una diferencia significativa entre ellas con respecto a la humedad, fibra dietética y fracciones, como se puede observar en el Cuadro No.1 que se presenta a continuación:

Cuadro 2
**Contenido de humedad y fibra dietética
 en harinas de maíz nixtamalizadas g/100g**

HARINA	HUMEDAD	FIBRA DIETÉTICA		
		TOTAL	INSOLUBLE	SOLUBLE
1	9.05 ab	7.75 b	6.78 bc	0.97 e
2	7.62 def	9.20 ab	7.26 abc	1.94 d
3	7.75 cdef	9.20 ab	6.30 c	2.90 c
4	8.50 abcd	9.20 ab	8.23 abc	0.97 e
5	7.03 efg	10.17 ab	6.30 c	3.87 a
6	5.78 g	10.17 ab	7.26 abc	2.91 c
7	9.50 ab	11.14 ab	8.23 abc	2.91 c
8	6.98 fg	10.65 ab	8.72 abc	1.94 d
9	8.94 abc	11.62 a	10.85 a	0.97 e
10	9.64 a	11.14 ab	10.17 ab	0.97 e
11	7.16 ef	12.11 a	10.17 ab	1.94 d
12	8.25 bcde	10.50 ab	7.43 abc	3.13 b
Promedio	8.01	10.24	8.12	2.11
± D.S	1.16	1.23	1.52	1.01
Análisis Estadístico*	S	S	S	S

*S= significativo

Tanto la fibra dietética soluble, insoluble y total presentan diferencias significativas de 1.01, 1.52 y 1.23, respectivamente. A la vez la humedad en todas las muestras presenta una diferencia significativa de 1.16. Esta diferencia en humedad podría haberse debido al tiempo de almacenaje de las muestras pues no todas tenían la misma fecha de caducidad, a la vez pudo afectar el hecho de mantenerlas en refrigeración en un empaque no debidamente sellado, o permeable a la humedad.

Para la determinación de la fibra dietética se empleó el método de Englyst. Este método es bastante laborioso, lo cual puede incidir en cierto grado de error experimental. No obstante para el cálculo de la fibra dietética se emplea factores de corrección los cuales minimizan o hacen más pequeños los errores que podrían llevarse dentro del trabajo experimental.

En el análisis efectuado, la muestra de harina no.11 fue la que reportó mayor cantidad de fibra total (12.11%) y la harina No.1 la que reportó el menor valor (7.25%). La mayor parte de estas harinas se reportan entre 10-11% en fibra. Basándose entonces en el análisis estadístico realizado (ver sección análisis estadístico) se determinó que sí existe una diferencia significativa entre las harinas nixtamalizadas de maíz siendo esta de 1.16. Esta diferencia en fibra dietética entre las harinas podría atribuirse a factores como la calidad del grano de maíz utilizado. Una mala limpieza del grano, presencia de impurezas como olote o falta de remoción del pericarpio al ser lavado el nixtamal, podría determinar de alguna forma la cantidad total de fibra. Como se ha mencionado con anterioridad la fibra dietética es determinada por medio de un método químico - enzimático en donde el almidón es removido completamente y la fibra dietética es calculada como la suma de los azúcares liberados en la hidrólisis ácida. Las diferencias entonces en fibra total podrían haberse ocasionado por

una mala dispersión de la celulosa durante la hidrólisis ácida del residuo de la digestión enzimática.

Con relación a la diferencia en fibra dietética obtenida en este estudio debe tomarse en consideración que los mono- oligosacáridos pueden llegar a enlazarse con polisacáridos por medio de enlaces no covalentes, en este caso, podrían ser puentes de calcio. Esto causaría complejos que son insolubles en etanol al 80 % y pH de 5.2, por lo que erróneamente se incluirían dentro de la fibra dietética total.

Los valores de fibra total obtenidos individualmente, coinciden con lo reportado por investigadores, ya que la fibra dietética total ha sido reportada entre un 7.62-12.22%. Sin embargo, la diferencia estadística entre las muestras de harinas analizadas es significativa, por lo que debe dársele mucha importancia a la calidad del grano que se procese y a los procedimientos que se utilicen para la determinación de la misma.

El contenido de ácido fítico y de cenizas se presenta a continuación:

Cuadro 3
Contenido de ácido fítico y cenizas
en harinas de maíz nixtamalizadas g/100 g

HARINA	ÁCIDO FÍTICO	CENIZA
1	0.63 c	1.01 a
2	0.88 ab	0.94 a
3	0.87 ab	0.93 a
4	0.89 ab	0.96 a
5	0.76 abc	0.94 a
6	0.86 ab	0.94 a
7	0.72 abc	0.94 a
8	0.81 abc	0.95 a
9	0.89 ab	0.94 a

Continuación
Cuadro 3

HARINA	ÁCIDO FÍTICO	CENIZA
10	0.70 bc	0.94 a
11	0.90 a	0.95 a
12	0.78 abc	0.96 a
PROMEDIO	0.8	0.95
± D.S	0.08	
Análisis Estadístico	S	NS

Como se puede observar no hay diferencia significativa en el contenido de cenizas de las muestras analizadas, teniéndose un promedio de 0.95%. A diferencia de los otros compuestos analizados en este estudio, las cenizas no presentaron variación. Esto podría sugerir que la cantidad de minerales adicionados en la fabricación de este tipo de producto a través de la cal es constante. Así mismo, el contenido de las cenizas se debe en gran parte a la retención de calcio por el maíz cocido. Esta retención depende de aspectos como el tipo y clase de maíz, la cantidad de cal utilizada, el proceso de cocción, tiempo de remojo después de la cocción, entre otros. Se podría entonces intuir que el método para la elaboración de harinas de maíz en la región está en cierto grado estandarizado.

En el Cuadro 3 se encuentran los valores de ácido fítico para las harinas de maíz nixtamalizadas. La diferencia significativa según el análisis estadístico fue de 0.08 y el promedio de 0.80. Algunos autores han relacionado el ácido fítico con la fibra, ya que algunos cationes (Ca, Mg, Zn, Fe) tienden a reaccionar con el ácido fítico, formando fitatos que no son aprovechados por el hombre, éstos se encuentran especialmente en los cereales. Es posible que algún catión, por ejemplo, el de calcio o hierro, hayan interactuado con el ácido fítico formando complejos, que por naturaleza el hombre no puede aprovechar y que estos se hayan tomado como parte de la fibra dietética. No obstante la

correlación estadística realizada entre ácido fítico y fibra dietética no fue significativa obteniéndose un $R= 0.20$ (ver sección análisis estadístico).

El hierro total y soluble también formó parte de la caracterización de las muestras comerciales de harina nixtamalizadas de maíz, como se puede observar en el Cuadro No.3 existe una diferencia significativa de 0.91 y 0.06 en el hierro total y soluble en las harinas de maíz respectivamente. El promedio de hierro total en ellas fue de 2.43 y de hierro soluble de 0.48 mg/100g. Estos valores son bajos comparados a los reportados en la literatura pues Wyatt y Tejos reportan una cantidad de 4.06 mg/100 gr de hierro total en la materia seca de tortillas de maíz.

La correlación estadística realizada entre hierro y fibra no fue significativa al nivel de 0.05 pues se obtuvo un $R= 0.087$ (ver análisis estadístico). La relación de hierro soluble/ hierro total presenta un porcentaje promedio de 22.7 el cual es más alto que lo informado en la literatura.

Cuadro 4
Contenido de hierro total y soluble
en harinas nixtamalizadas de maíz (mg/100gr)

HARINA	HIERRO		
	TOTAL	SOLUBLE	% SOLUBLE/TOTAL
1	2.81 ab	0.51 abc	18.1
2	4.50 a	0.46 cd	10.2
3	2.63 ab	0.45 cd	17.1
4	2.06 b	0.52 abc	25.2
5	1.75 b	0.58 a	33.1
6	1.44 b	0.49 bc	34
7	2.75 ab	0.39 d	14.2
8	3.44 ab	0.44 cd	12.8
9	1.44 b	0.51 abc	35.4
10	2.25 ab	0.58 a	25.8
11	1.50 b	0.46 cd	30.7

Continuación
Cuadro 4

HARINA	HIERRO		
	TOTAL	SOLUBLE	% SOLUBLE/TOTAL
12	2.64 ab	0.43 cd	16
Promedio	2.43	0.48	22.7
± D.S	0.91	0.06	0.9
Análisis Estadístico	S	S	

B. EFECTO DEL PROCESAMIENTO DE MASA A TORTILLA SOBRE FIBRA DIETÉTICA Y HIERRO

Al seguir con el plan establecido de trabajo se seleccionaron dos muestras comerciales de harinas nixtamalizadas basándose en la mayor y menor cantidad de fibra total encontrada en ellas. Estas muestras fueron la No.11 y la 1 con 12.11 y 7.25 gr de fibra dietética respectivamente. De estas harinas se elaboró una tortilla utilizando la misma cantidad de harina y agua. Se empleó como variable el tiempo de cocción dejando la temperatura constante, pues se planteó la hipótesis de que un aumento en fibra total y variaciones en fibra insoluble y soluble se deben al tiempo de cocción.

En el Cuadro 4 que se presenta a continuación se pueden observar los valores de fibra dietética total, soluble e insoluble en base natural como seca para las muestras de harina seleccionadas. La muestra con mayor contenido de fibra total 13.04 % en base seca, sufrió una disminución al pasar por un tratamiento térmico de 2 minutos de cocción por cada lado de la tortilla, (8.61%) y lo mismo sucedió con tres minutos de cocción por lado (8.46%). Sin embargo la muestra que presentó una cantidad baja de fibra al inicio 8.52% sufrió un incremento a los dos minutos de cocción por cada lado, (10.72%). Luego al darle más tiempo de cocción sufrió de una baja en fibra total a 9.42%. Como se puede observar en la sección de análisis estadístico las muestras no

presentaron diferencia significativa entre 2 y 3 minutos de cocción, sin embargo, si hubo diferencia entre 0 y 3 minutos.

Cuadro 5
Efecto del tiempo de cocción durante la conversión de masa a tortilla
sobre el contenido de fibra dietética.
(Datos proporcionados en porcentaje)

Cocción (en minutos)	HARINA 1			HARINA 2		
	Humedad	base natural	base seca	Humedad	base natural	base seca
Fibra dietética total						
0	9.05	7.75	8.52	7.16	12.11	13.04
2	41.12	6.31	10.72	39.05	5.25	8.61
3	39.8	5.67	9.42	35.61	5.45	8.46
Fibra dietética insoluble						
0		6.78	7.45		10.17	10.95
2		5.72	9.71		4.6	7.55
3		4.85	8.06		4.45	6.91
Fibra dietética soluble						
0		0.97	1.07		1.94	2.09
2		0.6	1.01		0.66	1.06
3		0.73	1.36		0.54	1.55

En el proceso de transformación de maíz a masa, la fibra dietética en base seca sufre de una disminución para luego aumentar en la tortilla. Como se puede observar en el Cuadro 4 la harina de tipo 1 si sufrió de un aumento en fibra a los 2 minutos de cocción, no obstante al aumentar el tiempo a 3 minutos por lado, se dio una disminución en fibra. Esto podría haberse debido a que no ocurrió ninguna reacción de empardamiento no enzimático al cocinar la masa en el comal. Sin embargo, la harina de tipo 11 no sufrió ningún tipo de aumento, sino al contrario, disminuyó tanto en los 2 y 3 minutos de cocción. Es necesario considerar inconsistencia en la temperatura de cocción en el comal, pues está

reportado en la literatura que a más altas temperaturas, mayor es el contenido de fibra dietética (13).

En el caso de la fibra dietética insoluble ocurrió exactamente lo mismo que en la fibra total. La muestra con un valor mayor 10.95%, sufrió de un descenso a los 2 y 3 minutos de cocción de 7.55 y 6.91%. No obstante la muestra que presentaba un contenido menor al inicio, 7.45%, tuvo un incremento de fibra a los 2 minutos de cocción, 9.71%, pero fue de 8.06% después de tres minutos de cocción por lado.

De lo anteriormente expuesto y con base en los valores obtenidos en este estudio no es posible indicar que el tratamiento térmico por 2 o 3 minutos afecte de alguna manera proporcional el contenido de fibra dietética en la tortilla.

El efecto del tiempo de cocción de masa a tortilla sobre el contenido de hierro, se observa en el Cuadro 5. Se dio una disminución tanto en hierro soluble como en hierro total en las harinas de tortillas de maíz.

Cuadro 6
Efecto del tiempo de cocción durante la conversión de masa a tortilla sobre el contenido de hierro total y soluble (mg/ 100grs)

Cocción (minutos)	Harina 1			Harina 2		
	Hierro total	Hierro soluble	Relación %	Hierro total	Hierro soluble	Relación %
0	2.82	0.57	18.1	1.51	0.46	30.5
2	1.44	0.2	13.9	1.14	0.06	5.3
3	1.28	0.16	12.5	1.44	0.12	8.3

Al transformar masa de maíz a tortilla a través de un proceso alcalino, empleando hidróxido de calcio se ha comprobado que algunos minerales tienden a aumentar su contenido así como otros lo disminuyen. Dentro de los que

aumentan su contenido se encuentran el calcio, sodio, hierro y cobre. En el caso del hierro su biodisponibilidad se ve reducida por la presencia de fibra dietética debido a la capacidad de esta de enlazar cationes. En el Cuadro 6 se observan los valores de hierro y existen algunas incongruencias entre estos, por ejemplo para la harina tipo 11 a los dos minutos de cocción se obtuvo un valor de 0.06 y luego un aumento a 0.12.

Como se ha mencionado anteriormente algunos elementos aumentan o disminuyen su disponibilidad al pasar por un proceso o transformación. En el caso de la fibra dietética, ésta se ve incrementada durante la nixtamalización ya que se dan reacciones químicas como la de Maillard que favorece la disponibilidad de la misma. En el caso del hierro soluble los valores obtenidos presentan una diferencia estadística significativa (ver sección análisis estadístico). En promedio estos valores tienden a disminuir por lo que debe considerarse el tiempo y temperatura de cocción. Es importante aclarar que el comal que se empleó para la elaboración de las tortillas no fue un comal de barro sino uno de metal. Esto pudo haber afectado los resultados obtenidos pues la transferencia de calor en este caso fue mayor y un exceso en la temperatura podría haber ocasionado cierto tipo de degradación o pérdida de los compuestos.

En cuanto a la hipótesis de que un aumento en fibra dietética no afecta el hierro disponible a un pH=7.5, no podría afirmarse del todo, pues no existen suficientes datos estadísticos para poder anular la hipótesis planteada.

Para el caso del hierro soluble se calculó el porcentaje de absorción a pH=7.5 en adultos utilizando la ecuación de regresión propuesta por Narasinga y Prasbahavati (12) $Y = 0.4827 + 0.4707 X$, donde Y es el porcentaje de

absorción de hierro en un adulto y X es el porcentaje de hierro ionizable a pH 7.5
La información se presenta a continuación:

Cuadro 7
**Porcentaje de absorción del hierro ionizable
de harinas nixtamalizadas de maíz**

Tipo de muestra	Porcentaje de absorción
1	9.4
2	5.28
3	8.53
4	12.34
5	16.06
6	16.48
7	7.16
8	6.5
9	17.37
10	12.62
11	14.83
12	8.01

En este cuadro los porcentajes de absorción de hierro ionizable a pH=7.5 en adultos son altos respecto a lo reportado en la teoría, ya que los porcentajes oscilan entre 1.6 y 3.6.

El estudio del comportamiento de la fibra dietética en los alimentos es de vital importancia pues ha sido demostrado que tiende a ayudar en la prevención de cierto tipo de enfermedades formando así parte clave en la dieta del ser humano. No obstante, existe controversia en cuanto al método recomendado para la determinación de la misma, es por esto que se necesita de estudios como éste y comparar con otros como por ejemplo el de la AOAC, ya que se han reportado diferencias significativas en cuanto a cantidad de fibra analizada. Para este estudio en particular se sugiere emplear un mayor número de

muestras así como de repeticiones en el análisis, esto debido a que los valores obtenidos no son del todo concluyentes. También se recomienda el aumentar las condiciones de proceso, es decir, los tiempos de cocción y dentro de estas cabe el emplear un comal de barro y no de metal como el que se utilizó en este caso.

VIII. CONCLUSIONES

- Existe diferencia significativa en fibra dietética entre las muestras de harinas de maíz nixtamalizadas de la región.
- El contenido de ácido fítico promedio entre las harinas de maíz comerciales es de 0.80 gramos con una diferencia significativa de 0.08.
- No se obtuvo ninguna correlación entre ácido fítico y fibra dietética total en las harinas de maíz analizadas.
- Las cenizas en las distintas muestras de harinas nixtamalizadas no presentaron diferencia estadística significativa, lo cual podría indicar que existe una constancia en la adición de cal y en el lavado del nixtamal.
- El contenido de hierro total y hierro soluble en las harinas nixtamalizadas varió significativamente entre ellas.
- En el proceso de conversión de harina a tortilla se da una disminución tanto en fibra dietética total así como en el hierro total de las muestras analizadas.
- El porcentaje de absorción de hierro soluble a (pH=7.5) está más alto del rango reportado en la literatura.

IX. RECOMENDACIONES

- Es necesario establecer niveles estándar de contenido de fibra dietética en harinas nixtamalizadas de maíz para el país y la región.
- Debe continuarse con los estudios de procesamiento de harinas a productos comestibles de maíz como lo son el atol, tamalito y tortilla referente a Fibra Dietética y Hierro.
- Es importante el realizar estudios para determinar la relación entre hierro ionizable y fibra dietética en harinas nixtamalizadas de maíz y subproductos.
- Se recomienda realizar estudios con harinas nixtamalizadas y productos derivados como lo son el atol y tamalito, referente al ácido fítico y hierro ionizable.
- Elaborar análisis en fibra dietética, hierro y calcio en masa de harina de maíz, tortilla y algún otro producto como atol para determinar la biodisponibilidad de estos minerales y detectar correlación entre ellos.

X. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC, 1990. *Official Methods of Analysis, Iron in Flour Spectrophotometric Method*. Final Action No.944.02 JAOCS, 27, 86, 396(1944); 28, 77(1945).
- Badui, S. 1993. *Química de los alimentos*. 3 Ed. Alhambra Mexicana. México D.F. 648pp.
- Béhar, M. Braham, E., Bressani, R. 1972. *Mejoramiento nutricional del maíz*. INCAP. Guatemala. 325pp.
- Bressani, R. Acevedo, E. 1990. *Contenido de Fibra Dietética y Digestibilidad del Nitrógeno en Alimentos Centroamericanos: Guatemala*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, INCAP. Vol. XL No.3: 438-451.
- Bressani, R. Breuner, M. Ortiz, M. 1989. *Contenido de fibra, ácido y neutrodetergente y minerales menores en maíz y su tortilla*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, INCAP. Vol. XXXIX No.3: 382-389.
- De Man, J. 1990. *Principles of food chemistry*. 2 Ed. Van Nostrand Reinhold. USA. 469pp.
- Encyclopedia of chemical technology. Dietary fiber*. 3 Ed. Jhon Wiley & Sons. Washington, D.C. Vol 7:628-638.

- Englyst, H., Quigley, M. Hudson, J. 1994. *Determination of dietary fiber as non-starch polysaccharides with gas-liquid chromatographic, high – performance liquid chromatographic or spectrophotometric measurement of constituent sugars. Analyst, Vol 119. 1497-1509.*
- Englyst, H., Quigley, M., Englyst, K., Bravo, L., Hudson, G. 1995. *Measurement by the englyst NSP procedure, measurement by the AOAC procedure, explanation of the differences. University of Cambridge. UK. 25pp.*
- Enciclopedia Hispánica, 1990. 2 Ed. Editorial Británica. México. Vol. 9: 270-272.*
- Englyst, E. 1994. *Fiberzym Kit Colorimetry, One Day Procedure for Determination of Dietary Fibre. Cambridge University. Great Britain. 15 pp*
- Gamez, F. 1972. *Producción industrial, mercadeo y distribución de harina de tortillas en Centro América. INCAP, Guatemala. P: 165-171.*
- García Lopez S. y Wyatt C.J. 1982. *Effect Fiber in Corn Tortillas and Cooked Beans on iron availability. J. Agr. Food. Ch. 30: 724-727.*
- García, A. 1979. *Valor nutritivo de diferentes relaciones germen-endospermo en el grano de maíz. USAC. Guatemala. 35pp.*
- Havg,W. Lantzsch,H. 1983. *Sustitution Method for the rapid determination of phytate in Cereals and Cereals Products. AJ Nc 34: 1423-1426.*
- Narasinga R.,Prabhavathi,T. 1978. *An in vitro method for predicting the bioavailability of iron from foods. AJ CI Nutr.31:169-175.*

- Parrellada, L. 1996. *Aprovechamiento y Procesamiento del Falso Fruto del Jocote Marañón como Fuente de Fibra Dietética*. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 135pp
- Potter, N. 1978. *La Ciencia de los alimentos*. Editorial Harla. México. 749 pp
- Reinhold J.G., García L.J.S y Garzón P. 1981. Binding of iron by fiber wheat and maize. *Am. J. Clin. Nutr.* 34: 1384-1391.
- Reinhold J.G, García J.S. 1990. Fiber of the maize tortilla. *Am. J. Clin. Nutr.* 32:243-307.
- Serna, Saldívar S.O., Gomez M.H. y Rooneylw. 1990. The Chemistry, technology and nutritional value of alkaline cooked corn products. *Adv. Cer. Ch. Tech.* 10: 243-307.
- Urizar, A. 1995. Efecto Sobre la Nixtamalización del Maíz sobre el Contenido de Acido Fítico, Calcio y Hierro. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala: 1995. 123pp
- Wyatt, J. Triana-Tejos, A. 1994. Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca and phytatus in foods comunly consumed in Nothern Mexico. *J. Ing. Food Chem.* 42:2201-2209.

XI. ANEXOS

A. CARACTERIZACIÓN DE HARINAS DE MAÍZ

Tabla 1
Valores en duplicado de fibra dietética,
en harinas de maíz nixtamalizadas (g/100 grs.)

Muestra de harina	Fibra	
	Dietética total	Dietética total
1	7.75	7.75
2	8.72	9.68
3	9.68	8.72
4	9.68	8.72
5	9.68	10.65
6	10.65	9.68
7	11.62	10.65
8	10.65	10.65
9	10.65	12.59
10	11.62	10.65
11	11.62	12.59
12	10.7	10.41

Tabla 2
Valores en duplicado para fibra dietética insoluble,
en harinas de maíz nixtamalizadas (gr/100gr)

Muestra de harina	Fibra dietética insoluble	Fibra dietética insoluble
1	6.78	6.78
2	6.78	7.75
3	6.78	5.81
4	8.72	7.75
5	5.81	6.78
6	7.75	6.78
7	8.72	7.75
8	8.72	8.72
9	9.68	11.62
10	10.65	9.68
11	9.68	10.65
12	7.5	7.35

Tabla 3
Valores en duplicado para fibra dietética soluble
para harinas de maíz nixtamalizadas (gr/100gr)

Muestra de harina	Fibra	
	Dietética soluble	Dietética soluble
1	0.97	0.97
2	1.94	1.94
3	2.91	2.91
4	0.97	0.97
5	3.87	3.87
6	2.91	2.91
7	2.91	2.91
8	1.94	1.94
9	0.97	0.97
10	0.97	0.97
11	1.94	1.94
12	3.20	3.06

Tabla 4
Valores en duplicado de hierro soluble para harinas de
maíz nixtamalizadas (mg/100gr)

Muestras de harina	Hierro soluble	Hierro soluble
1	0.53	0.5
2	0.48	0.45
3	0.45	0.45
4	0.51	0.53
5	0.61	0.54
6	0.49	0.5
7	0.39	0.4
8	0.45	0.44
9	0.51	0.5
10	0.59	0.58
11	0.46	0.45
12	0.44	0.43

Tabla 5
Valores en duplicado para hierro total en harinas de
maíz nixtamalizadas (mg / 100 gr)

Muestra de harina	Hierro total	Hierro total
1	2.25	3.38
2	4.25	4.75
3	3	2.25
4	2	2.13
5	1.75	1.75
6	1.13	1.75
7	2.88	2.63
8	2.88	4
9	1.25	1.63
10	1.75	2.75
11	1.38	1.63
12	2.75	2.63

Tabla 6
Valores en triplicado de ácido fítico
en harinas de maíz nixtamalizadas (gr./100gr.)

Harina	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3
1	0.739	0.663	0.745
2	0.868	0.888	0.912
3	0.885	0.924	0.814
4	0.877	0.784	0.768
5	0.65	0.541	0.706
6	0.807	0.881	0.948
7	0.748	0.713	0.804
8	0.873	0.864	0.856
9	0.92	0.935	0.821
10	0.665	0.681	0.764
11	0.834	0.946	0.93
12	0.808	0.716	0.802

Tabla 7
**Porcentajes de cenizas en duplicados para
 harinas de maíz nixtamalizadas**

Tipo de harina	1%	2%
1	1.09	0.93
2	0.92	0.96
3	0.93	0.94
4	0.96	0.96
5	0.93	0.94
6	0.93	0.95
7	0.95	0.93
8	0.94	0.96
9	1.00	0.97
10	0.95	0.93
11	0.96	0.94
12	0.95	0.97

Tabla 8
**Porcentajes de humedad en duplicado para
 harinas de maíz nixtamalizadas**

Muestra de harina	Porcentaje de humedad	
	1	2
1	9.27	8.82
2	7.30	7.94
3	7.50	8.00
4	8.50	8.50
5	7.00	7.05
6	5.55	6.01
7	8.50	10.50
8	6.89	7.07
9	9.09	8.78
10	10.00	9.27
11	7.29	7.02
12	8.50	8.00

Tabla 9
Valores en duplicado de lecturas espectrofotométricas
para los cálculos de fibra dietética total en harinas de maíz

Muestra harina	Abs (1)	Abs(2)
1	0.0080	0.0080
2	0.0090	0.0100
3	0.0100	0.0090
4	0.0100	0.0090
5	0.0100	0.0110
6	0.0110	0.0100
7	0.0120	0.0110
8	0.0110	0.0110
9	0.0110	0.0130
10	0.0120	0.0110
11	0.0120	0.0130
12	0.0110	0.0107

Tabla 10
Lecturas espectrofotométricas
para el cálculo de fibra dietética insoluble en harinas de maíz

Muestra harina	Lectura 1	Lectura 2
1	0.007	0.007
2	0.007	0.008
3	0.007	0.006
4	0.009	0.008
5	0.006	0.007
6	0.008	0.007
7	0.009	0.008
8	0.009	0.009
9	0.010	0.012
10	0.011	0.010
11	0.010	0.011
12	0.007	0.007

Tabla 11
Lecturas espectrofotométricas para determinación de hierro total en
harinas de maíz nixtamalizadas

Muestra de harina	Lectura 1	Lectura 2
1	1.80	2.70
2	3.40	3.40
3	2.40	1.80
4	1.60	1.70
5	1.40	1.40
6	0.90	1.40
7	2.30	2.10
8	2.30	3.20
9	1.00	1.30
10	1.40	2.20
11	1.10	1.30
12	2.20	2.10

Tabla 12
Lecturas espectrofotométricas para la determinación de hierro soluble en
harinas de maíz nixtamalizadas

Muestras de harina	Lectura	
	1	2
1	0.042	0.04
2	0.038	0.036
3	0.036	0.036
4	0.041	0.042
5	0.049	0.043
6	0.039	0.04
7	0.031	0.032
8	0.036	0.035
9	0.041	0.04
10	0.047	0.046
11	0.037	0.036
12	0.035	0.034

Tabla 13
**Porcentaje de absorción de hierro ionizable a pH=7.5
 en duplicado para harinas de maíz nixtamalizadas**

Muestra	X		Porcentaje de absorción	
	1	2	1	2
1	13.48	15.24	6.83	7.24
2	25.63	24.71	12.54	12.33
3	15	20	7.54	8.72
4	15.65	10.94	7.85	6.74
5	23.33	14.81	11.47	9.46
6	11.18	9.47	5.74	5.34
7	35	30.71	16.96	15.95
8	43.33	28.57	20.88	17.41
9	41	30.77	19.78	17.37
10	33.57	20.91	16.28	13.3
11	33.64	27.69	16.32	14.92
12	15.91	16.19	7.97	8.04

Tabla 14
**Identificación de muestras comerciales de
 harinas nixtamalizadas**

Tipo de harina	Nombre comercial
1	Masabrosa
2	Del Maizal
3	Minsa
4	Sularina
5	Minsa Guatemala
6	Nixtamasa
7	Rapimasa
8	Tortimasa
9	Del Comal
10	Masa Harina
11	Maseca
12	Tortiyá

**B. EFECTO DE LA TRANSFORMACIÓN DE HARINAS DE MAÍZ
NIXTAMALIZADAS A TORTILLAS**

Tabla 14
Lecturas espectrofotométricas
para hierro soluble en harina de tortilla Tipo 11

Tipo de harina	Tiempo de cocción	Lectura	
		1	2
11	0	0.037	0.036
11	2	0.002	0.008
11	3	0.008	0.011

Tabla 15
Lecturas espectrofotométricas para hierro soluble
en harina de tortilla Tipo 1

Tipo de harina	Tiempo de cocción	Lectura	
		1	2
1	0	0.042	0.04
1	2	0.012	0.02
1	3	0.009	0.007

Tabla 16
Valores de hierro soluble para harina de tortilla, Tipo 2

Tipo harina	Tiempo de cocción	Hierro soluble	
		1	2
11	0	0.46	0.45
11	2	0.03	0.1
11	3	0.1	0.14

Tabla 17
Valores en duplicado para hierro soluble
mg/100grs para harina de tortilla Tipo 1

Tipo de harina	Tiempo de cocción	Hierro soluble	
		1	2
1	0	0.53	0.5
1	2	0.15	0.25
1	3	0.11	0.09

Tabla 18
Valores en duplicado para hierro total mg/100grs
en harinas de tortilla Tipo 11

Harina 11		
Tiempo de cocción	Hierro total	
	1	2
0	1.38	1.63
2	0.98	1.3
3	0.43	0.45

Tabla 19
Valores en duplicado para hierro total (mg/100grs)
en harina de tortilla Tipo 1

Harina 1		
Tiempo de cocción	Hierro total	
	1	2
0	2.25	3.38
2	1.61	1.36
3	1.34	1.21

Tabla 20
Valores en duplicado para fibra dietética total (grs/100 grs)
de harina de tortilla Tipo 11

Tiempo de cocción	Fibra dietética total	Fibra dietética total
0	11.62	12.59
2	5.17	5.33
3	5.57	4.53

Tabla 21
Valores en duplicado para fibra dietética total
(gr/100 grs) en harina de tortilla tipo 1

Tiempo de cocción	Fibra dietética total	Fibra dietética total
0	7.75	7.75
2	6.04	6.59
3	5.75	5.41

Tabla 22
Valores en duplicado para fibra dietética
insoluble en harina de tortilla Tipo 11

Tiempo de cocción	Fibra dietética Insoluble	Fibra dietética Insoluble
0	9.68	10.65
2	4.42	4.77
3	4.89	4.02

Tabla 23
Valores en duplicado para fibra dietética insoluble
en harina de tortilla Tipo 1

Tiempo de cocción	Fibra dietética Insoluble	Fibra dietética Insoluble
0	6.78	6.78
2	5.49	5.94
3	5.17	4.53

Tabla 24
Valores en duplicado para fibra dietética soluble en harina de tortilla Tipo 11

Tiempo de cocción	Fibra dietética soluble	Fibra dietética soluble
0	1.94	1.94
2	0.76	0.56
3	0.68	0.50

Tabla 25
Valores en duplicado para fibra dietética soluble en harina de tortilla Tipo 1

Tiempo de cocción	Fibra dietética soluble	Fibra dietética soluble
0	0.97	0.97
2	0.55	0.65
3	0.57	0.88

Tabla 26
Valores de humedad en harinas de tortillas Tipo 11 y 1

Tipo de harina	Tiempo de cocción	Porcentaje de humedad	
		1	2
11	0 min	9.27	8.82
11	2 min	40.41	37.7
11	3 min	35.5	35.72
1	0 min	10	9.27
1	2 min	41.53	40.71
1	3 min	39.91	39.7

Tabla 27
Lecturas espectrofotométricas a 510nm de hierro total para
harina de tortilla Tipo 11 y 1

Tipo de harina	Lectura	
	1	2
11	1.1*	1.3*
11	0.129	0.109
11	0.107	0.097
1	1.8*	2.7*
1	0.078	0.104
1	0.034	0.036

*valores leídos con absorción atómica

Tabla 28
Lecturas espectrofotométricas para fibra dietética total
para harina de tortilla Tipo 11 y 1

Tipo de harina	Tiempo de cocción	Lectura	
		1	2
11	0 min	0.012	0.013
11	2 min	0.07	0.068
11	3 min	0.065	0.08
1	0 min	0.008	0.008
1	2 min	0.06	0.055
1	3 min	0.061	0.067

Tabla 29
Lecturas espectrofotométricas para fibra dietética insoluble
para harina de tortilla Tipo 11 y 1

Tipo de harina	Tiempo de cocción	Lectura	
		1	2
11	0 min	0.011	0.011
11	2 min	0.082	0.076
11	3 min	0.074	0.09
1	0 min	0.007	0.007
1	2 min	0.067	0.063
1	3 min	0.07	0.08

Tabla 30
**Porcentaje de absorción de hierro soluble a pH=7.5 en
 harina de tortilla de maíz nixtamalizadas tipo 11**

Tipo de harina	Tiempo	X		Porcentaje de absorción	
		1	2	1	2
11	0	23.56	14.79	11.57	7.45
11	2	9.32	18.38	4.87	9.14
11	3	8.21	7.44	4.35	3.98

Tabla 31
**Porcentaje de absorción de hierro soluble a pH=7.5 en
 harina de tortilla de maíz nixtamalizadas tipo 1**

Tipo Harina	Tiempo	X1	X2	% Abs.1	%Abs.2
1	0	33.33	27.61	16.17	13.48
1	2	3.06	7.69	1.92	4.10
1	3	23.26	31.11	11.43	15.13

C. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla 32
**Análisis de varianza para fibra dietética total
 en harinas de maíz**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	11	33.417236	3.03793	6.4429	0.002
Error	12	5.658203	0.471517		
Total	23	39.075439			

Tabla 33. **Medias**

Tratamiento	Media
11	10.105 A
9	11.62 A
10	11.135 AB
7	11.135 AB
8	10.65 AB
12	10.555 AB
5	10.165 AB
6	10.165 AB
4	9.20 AB
2	9.20 AB
3	9.20 AB
1	7.75 B

Tukey =3.4280

Tabla 34

Análisis de varianza para fibra dietética soluble en harinas de maíz

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	11	22.684174	2.062198	2518.2891	0
Error	12	0.009827	0.000819		
Total	23	22.694			

Tabla 35. **Medias**

Tratamiento	Media
5	3.87 A
12	3.13 B
6	2.91 C
7	2.91 C
3	2.91 C
8	1.94 D
11	1.94 D
2	1.94 D
9	0.97 E
10	0.97 E
1	0.97 E
4	0.97 E

Tukey= 0.1429

Tabla 36
Análisis de varianza para fibra dietética insoluble
en harinas de maíz

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	11	51.106201	4.646019	9.8563	0
Error	12	5.656494	0.471375		
Total	23	56.762695			

Tabla 37. Medias

Tratamiento	Media	
9	10.65	A
10	10.165	AB
11	10.165	AB
8	8.72	ABC
4	8.235	ABC
7	8.235	ABC
12	7.425	ABC
2	7.265	ABC
6	7.265	ABC
1	6.78	BC
5	6.295	C
3	6.295	C

Tukey= 3.4275

Tabla 38
Análisis de varianza para hierro total en harinas de maíz

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	11	18.214417	1.655856	7.9024	0.001
Error	12	2.514465	0.209539		
Total	23	20.728882			

Tabla 39. **Medias**

Tratamiento	Media	
6	4.5	A
4	3.44	AB
5	2.8150	AB
1	2.755	AB
12	2.69	AB
3	2.625	AB
10	2.25	AB
2	2.065	B
7	1.75	B
11	1.505	B
9	1.44	B
8	1.44	B

Tukey= 2.2852

Tabla 40
Análisis de varianza para humedad en harinas de maíz

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	11	45.136963	4.10336	32.4963	0
Error	24	3.030518	0.126272		
Total	35	48.16748			

Tabla 41. **Medias**

Tratamiento	Media	
10	9.6367	A
1	9.50	AB
5	9.0467	AB
9	8.9367	ABC
2	8.50	ABCD
12	8.25	BCDE
3	7.75	CDEF
6	7.62	DEF
11	7.1567	EF
7	7.0267	EFG
4	6.98	FG
8	5.78	G

Tukey= 1.2535

Tabla 42

Análisis de varianza para ácido fítico en harinas de maíz

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	11	0.268635	0.024421	8.0679	0
Error	24	0.072647	0.003027		
Total	35	0.341282			

Tabla 43. **Medias**

Tratamiento	Media	
11	0.9033	A
9	0.8920	AB
2	0.8893	AB
6	0.8787	AB
3	0.8743	AB
8	0.8643	AB
4	0.8097	ABC
12	0.7753	ABC
7	0.7550	ABC
1	0.7157	ABC
10	0.7033	BC
5	0.6223	C

Tukey= 0.1941