

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y
DESARROLLO, A. C**

**DESARROLLO DE UNA BOTANA MULTIGRANO Y
ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN**

POR

LUIS ENRIQUE MOLINA JACOTT

TESIS APROBADA POR LA

COMISIÓN DE EXAMINADORES DE LA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

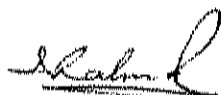
MAESTRIA EN CIENCIAS

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

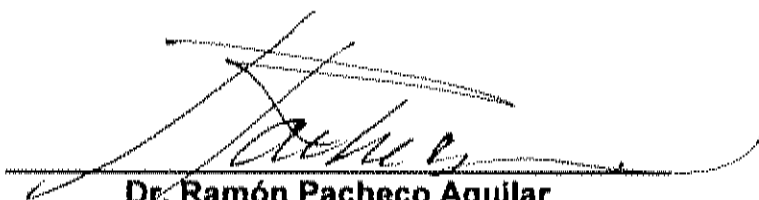
SEPTIEMBRE DEL 2007

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para revisar la tesis del I.Q. Luis Enrique Molina Jacott, la han encontrado satisfactoria y recomiendan sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias



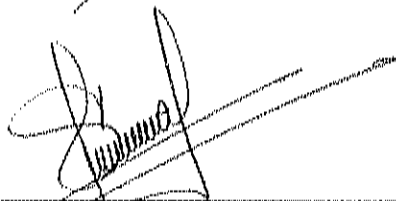
Dra. Alma Rosa Islas Rubio
Director de Tesis



Dr. Ramón Pacheco Aguilar
Sinodal



Dr. Alberto González León
Sinodal



Dra. Martha Nydia Ballesteros Vázquez
Sinodal

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten y agradecen citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director General del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C

La publicación en comunicaciones científicas o divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos a CIAD, previa aprobación escrita del manuscrito en cuestión, del director de la tesis.



Dr. Alfonso Gardea Béjar

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACYT) por el apoyo económico para la realización de este posgrado

Al **Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.** por las instalaciones brindadas, así como por el apoyo docente para la realización de mis estudios de posgrado y mi trabajo experimental.

Al departamento de **Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal** y a las personas que ahí laboran y colaboraron con la realización del estudio.

A mi asesora de tesis, **Dra. Alma Rosa Islas Rubio**, por todo su apoyo incondicional, pero sobre todo por la confianza brindada al permitirme formar parte de su grupo de trabajo y realizar mis estudios de posgrado bajo su dirección.

A mi **comité de tesis** integrado por el Dr. Ramón Pacheco Aguilar, el Dr. Alberto González León y la Dra. Marta Nydia Ballesteros. Por sus comentarios, ayuda y asesoramiento brindados.

A los encargados de **Laboratorio de Tecnología de Cereales**, M.C Francisco Vázquez Lara y Q.B. María del Carmen Granados Neváres por su apoyo y amistad en los momentos de más trabajo.

A las personas que pusieron su granito de arena y dieron su mano en la realización del trabajo. A los M.C. Luz del Carmen Montoya, Luis Enrique Robles Ozuna, Jorge Nemesio Mercado, Brenda Adriana Silva Espinoza y

Jesús Manuel García Robles; las B. Geidy Merary Ayala Chávez, y Yésica Yudith Martínez Nuñez; los Q.B. Rosa Amparo Nieblas Almada, Erica Javier Sáez, René Valenzuela Miranda, Fco. Antonio Vázquez Ortiz, Blanca Olivia Briceño Torres y Francisco Soto; al T.C German Cumplido Barbeitia, a la L.A.E Norma Lucía Ferrer Valderrama, a Luis Francisco Conde Ortiz, Gerardo Reyna Cañez, a don Hector Cota y a la Dra. Ana María Calderón de la Barca, muchísimas gracias.

A mis **compañeros de laboratorio** M.C Teresa Lucía Maldonado Parra, Paloma Astrid Alvarado y Rita Jael Estrada por su ayuda.

A todos mis **compañeros de generación** del programa de maestría en ciencias, por los bonitos momentos que pasamos, dentro del CIAD, así como fuera de él. Han sido todos muy importantes para mí en estos dos años. Siempre los recordaré.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a **mis padres**, Jose Roberto Molina Luzania y Carmen Fidelia Jacott Acuña, por estar siempre ahí conmigo.

A **mis hermanos**, Roberto Molina Jacott y Claudia Molina Jacott

Y con mucho cariño para **mis sobrinas**, Natalia y Dulce, por distraerme un poco cuando más estresado estaba, las quiero.

A todos mis **amigos del CIAD**, pero en especial a aquellos con los que conviví más, Tere, Noemi, Aurora, Cecilia, Joanna, Denisse, Margarito, Ivan, Luis Enrique e Isabel.

A mis **amigos** de la vida, Idelfonso, Saúl y Octavio y Fernando gracias por estar ahí

ÍNDICE

| | Pág. |
|---|------|
| LISTA DE TABLAS..... | ix |
| LISTA DE FIGURAS..... | x |
| RESUMEN | xi |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| ANTECEDENTES | 3 |
| Frituras | 3 |
| Frituras de Maíz a Base de Tortilla..... | 3 |
| Frituras de Maíz a Base de Masa | 4 |
| Nixtamalización | 4 |
| Aceite en Alimentos Fritos | 7 |
| Parámetros que Afectan la Absorción de Aceite..... | 8 |
| Fibra Dietaria y su Efecto en la Salud..... | 12 |
| Tipos de Fibra Dietaria | 12 |
| Implicaciones del Consumo de Fibra Dietaria en la Salud | 13 |
| Nueva Ola de Frituras Multigrano..... | 19 |
| Envasado de Frituras..... | 20 |
| Justificación | 21 |
| Hipótesis | 22 |
| Objetivos | 23 |
| Objetivo General..... | 23 |
| Objetivos Específicos | 23 |
| METODOLOGÍA..... | 25 |

| | |
|--|----|
| Materia Prima | 25 |
| Métodos | 25 |
| Cocimiento de los Granos..... | 25 |
| Elaboración de la Masa Multigrano | 26 |
| Elaboración de Frituras Multigrano | 26 |
| Distribución del Tamaño de las Partículas..... | 27 |
| Composición Química..... | 28 |
| Análisis de Textura a la Fritura | 29 |
| Análisis Sensorial..... | 29 |
| Análisis de Datos..... | 29 |
| RESULTADOS | 31 |
| Tiempo de Cocción de los Granos | 31 |
| Elaboración de Masa Multigrano | 34 |
| Elaboración de Frituras Multigrano..... | 39 |
| Análisis Químico de la Fritura Multigrano..... | 44 |
| Análisis Sensorial..... | 49 |
| CONCLUSIONES..... | 50 |
| REFERENCIAS..... | 51 |

LISTA DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 1 | Reducción de los niveles de colesterol por gramo de diferentes fibras dietéticas..... | 15 |
| Tabla 2. | Prevalencia de obesidad y sobrepeso en adultos y niños escolares en los años 1999 y 2006..... | 18 |
| Tabla 3 | Distribución del tamaño de partículas de la masa multigrano | 38 |
| Tabla 4. | Tratamientos de secado de las tortillas previo a la elaboración de las frituras | 40 |
| Tabla 5 | Análisis proximal de fritura multigrano y fritura comercial | 45 |
| Tabla 6. | Perfil de aminoácidos esenciales de la fritura multigrano y una fritura de maíz testigo..... | 47 |
| Tabla 7. | Cómputo químico de la fritura multigrano | 48 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1 | Diagrama de flujo para la elaboración de frituras de maíz | 6 |
| Figura 2 | Tipos de aceite durante el freído | 9 |
| Figura 3 | Micrografías de la estructura de una tortilla sin un tratamiento de secado (a) y otro sometido a tal tratamiento previo al freído (b) | 11 |
| Figura 4 | Variación en la producción anual de frituras en México | 17 |
| Figura 5. | Formato de encuesta para determinar la aceptabilidad de la fritura multigrano | 30 |
| Figura 6. | Cocimiento de granos de maíz a diferentes tiempos | 33 |
| Figura 7. | Proporción de granos que componen la masa multigrano | 37 |
| Figura 8 | Efecto del secado sobre la absorción de aceite en frituras..... | 42 |
| Figura 9. | Efecto del secado sobre la textura en frituras | 43 |

RESUMEN

Las frituras son alimentos de amplia aceptación y alto consumo a nivel mundial, que se caracterizan por tener un alto contenido de grasa y un contenido de fibra limitado, por lo que su inclusión en la dieta puede favorecer la obesidad. Se elaboraron frituras multigrano utilizando granos de maíz, trigo y garbanzo, así como avena molida y aislado de soya. Así mismo, se hicieron frituras utilizando sólo granos de maíz, cocidos y molidos bajo las mismas condiciones de elaboración. Las primeras se prepararon combinando los granos en una proporción definida, moliéndolos, para después incorporarle la soya y la avena.

La adhesividad de la masa multigrano estuvo en un rango de 3300 a 4000 g-f y el porcentaje de humedad fue cercano al 60 %, . Estas características permitieron tener una masa con buena maquinabilidad. La distribución del tamaño de las partículas de la masa multigrano reveló que fue ligeramente más gruesa que la de maíz. Se elaboraron las tortillas, las cuales se frieron en aceite de canola, a una temperatura de 180°C por 1 min y se dejaron equilibrar al medio ambiente. El porcentaje de grasa de las frituras multigrano fue significativamente ($p < 0.05$) menor que el de la fritura de maíz disponible en el mercado, El análisis químico reveló que las frituras multigrano mejoraron considerablemente la calidad nutricia, incrementando la cantidad y calidad de las proteínas, ya que disminuyeron la deficiencia de lisina que normalmente presenta el maíz. Adicionalmente, incrementaron el porcentaje de fibra soluble e insoluble. La fritura multigrano desarrollada en el presente estudio presentó una buena aceptabilidad (82%). Se logró adecuar el proceso de nixtamalización para la elaboración de la masa multigrano utilizada en la elaboración de la fritura y ésta aportó un 63.8% más de fibra dietaria y un 28.8% menos de grasa que la fritura comercial. Este desarrollo puede implementarse a nivel industrial para la elaboración de productos tipo fritura y tortillas más nutritivos que los que se producen comercialmente en México.

INTRODUCCIÓN

Las frituras son ampliamente consumidas en la actualidad, se distinguen por su sabor, color y textura característicos. Sin embargo, han sido objeto de críticas debido a su bajo valor nutritivo y alto contenido de grasa, lo cual, aunado al alto consumo, contribuyen al aumento de obesidad y malnutrición (Pedreschi y cols, 1999).

Se define al frito como el proceso de inmersión de un alimento, por lo general papas, tortillas y/o masa de maíz, en aceite a altas temperaturas. Esto trae consigo un alto diferencial de temperatura entre el aceite y el alimento, provocando una migración de agua desde el interior del último hacia el exterior en forma de vapor. Durante esta etapa, el aceite tiende a ocupar los espacios vacíos dejados por el agua, por lo que a mayor humedad del alimento, mayor será la absorción de aceite (Bouchon y cols, 2003). Es por ello que se aplican tratamientos previos, como el secado, de tal manera que disminuya la humedad, provocando también la reducción de los poros, y por ende disminuyendo la capacidad del alimento para absorber aceite (Moreira y cols, 1996).

Otro aspecto muy importante es que, debido a la presencia de carbohidratos y proteínas, se presentan las llamadas reacciones de Maillard, responsables del cambio de color. Se da también una modificación de la textura, haciéndose más crujientes, debido a factores como la pérdida de agua y la compactación de su micro estructura (Moreira y cols., 1996). Ambos factores son deseables para este tipo de alimentos y son importantes pues, en gran medida, de ellos depende su aceptabilidad.

Varios estudios han demostrado que el consumo de fibra trae consigo efectos benéficos en la salud, debido a que se ha visto que ayuda a disminuir

los niveles de colesterol en sangre, y a que ayuda en la prevención de enfermedades como el cáncer de colon (Pins y cols, 2006). Sin embargo, el consumo de este componente de las plantas es cada vez más reducido, debido a la cada vez más frecuente producción de alimentos procesados, cuyos valores de fibra son mínimos (Adams y cols, 2000)

Por lo anterior, y para resolver la problemática que implica el alto consumo de alimentos fritos, ha aparecido una nueva generación de botanas, las cuales resultan de la mezcla de varios ingredientes. A estas se les ha dado el nombre de botanas multigrano y surgen por la necesidad de crear un alimento saludable, con alto contenido proteico y alto en fibra (Senthil y cols, 2002).

De esta manera se trata de ofrecer una alternativa más saludable en relación al consumo de frituras, las cuales gozan de una amplia aceptabilidad pero son catalogados como chatarra. Por un lado se plantea la estrategia tecnológica de realizar un tratamiento previo al freído lo que permitiría tener una menor concentración de grasa en el alimento.

Por otro, la presencia de varias fuentes de granos permite tener diferentes aportaciones de fibra dietaria, las cuales incrementan el contenido total en la mezcla multigrano, contribuyendo de esta forma a reducir la absorción de grasa, reduciendo el riesgo de padecer las mencionadas enfermedades.

Estos nuevos productos mejorados podrían cubrir la demanda de consumidores como los niños en edad escolar, expendiéndolos o introduciéndolos en las cooperativas y/o comedores escolares y de esta manera contribuir a una buena nutrición de esta población tan vulnerable y acostumbrada al consumo de este tipo de alimentos.

ANTECEDENTES

Frituras

Un gran porcentaje de los alimentos procesados son preparados por inmersión en aceite caliente, siendo las botanas fritas uno de los grupos más significativos. Este procesamiento modifica algunas de las propiedades físicas del producto como el color, textura y sabor (Lujan-Acosta y Moreira, 1997). Uno de los tipos principales son las elaboradas a partir de maíz, que a su vez se dividen en frituras a base de tortilla y a base de masa (Bello y cols., 1998). Las primeras son inicialmente cortadas, luego deshidratadas u horneadas, y posteriormente fritas. Las segundas son simplemente cortadas y pasan directamente al freído (Casa-Herrera, 1997).

Frituras de Maíz a Base de Tortilla

En lo que se refiere a las botanas elaboradas a base de tortilla de maíz, su materia prima es la tortilla, obteniéndose ésta a partir de masa fresca o harina nixtamalizada. El primer paso consiste en cortar las tortillas en pequeños pedazos de forma y tamaño uniforme, posteriormente son horneadas, luego equilibradas y finalmente fritas. Los valores de humedad típica que adquieren después del horneado y de la fase de equilibrio, están entre 35-37% en peso, y de aproximadamente 1-2% en peso después del freído. Los niveles típicos de aceite encontrados son de aproximadamente 22-25% en peso (Casa-Herrera, 1997).

Frituras de Maíz a Base de Masa

En este tipo de frituras, el primer paso es la nixtamalización del grano, este se deja reposar y posteriormente se muele para obtener una masa. Se le da la forma en la configuración deseada por medio de un sistema de pistón hidráulico que opera como extrusor, el cual fuerza a la masa a través de un dado. La masa extrudida, con 53-54 % de humedad, es freída a temperaturas de 165-180 °C por 50-70 seg, lo cual permite una absorción de aceite del 34-38% en peso (Serna, 1996).

Hay dos métodos establecidos para hacer la masa, el primero es aquel que parte del grano e involucra la nixtamalización, y que ya fue mencionado anteriormente. El segundo, que resulta más sencillo, consiste en mezclar la harina de maíz comercial con agua, pero los costos de éste resultan más elevados, aunque sin embargo el tiempo y esfuerzo son menores (Casa-Herrera, 1997).

Nixtamalización

La nixtamalización es el proceso en el cual los granos son cocidos con agua y cal (CaO), de 5-40 min, para formar al producto denominado nixtamal, que posteriormente es transformado en masa (Serna, 1996). Durante la fase de reposo, la mayor parte del agua de cocción se absorbe. La cal, agregada al agua de cocción, en una proporción de 1-3% en peso de maíz, seguida de un reposo de 12 h, durante el cual se ablanda la cáscara favoreciendo la absorción de agua y facilitando su manejo. Finalmente, la cal se remueve durante el lavado y el drenado de los granos (Sahai y cols., 2000). Las condiciones de la nixtamalización o cocimiento está regida por el tipo de maíz, concentración de

cal, tiempo y temperatura de cocimiento y del porcentaje de grano quebrado (Sahai y cols., 2000).

El tiempo de cocción es muy importante debido a que éste está relacionado con la humedad del grano, afectando así la propiedad de adhesividad de la masa. Se ha reportado que una masa idónea para elaborar tortillas se logra con un porcentaje de humedad cercano al 50%, si este es mayor producirá una masa muy adhesiva que impedirá ser troquelada y transportada hacia el comal donde se cocerá la tortilla, pues será muy pegajosa. Por el contrario, si tiene un porcentaje de humedad menor del 50%, presenta pobre consistencia simplemente no se formarán las tortillas (Serna y cols, 1993; Ramirez-Wong y cols, 1994 y Arambula y cols., 2001)

La metodología en la elaboración de frituras se resume mediante el diagrama de flujo que se muestra en la figura 1, en donde se incluyen los pasos a partir del grano de maíz y su nixtamalización, hasta que el producto esta listo para su venta. El lado izquierdo muestra el procedimiento para la elaboración de frituras a base de masa, y el lado derecho, la metodología para las que se elaboran a partir de tortilla (Serna, 1996).

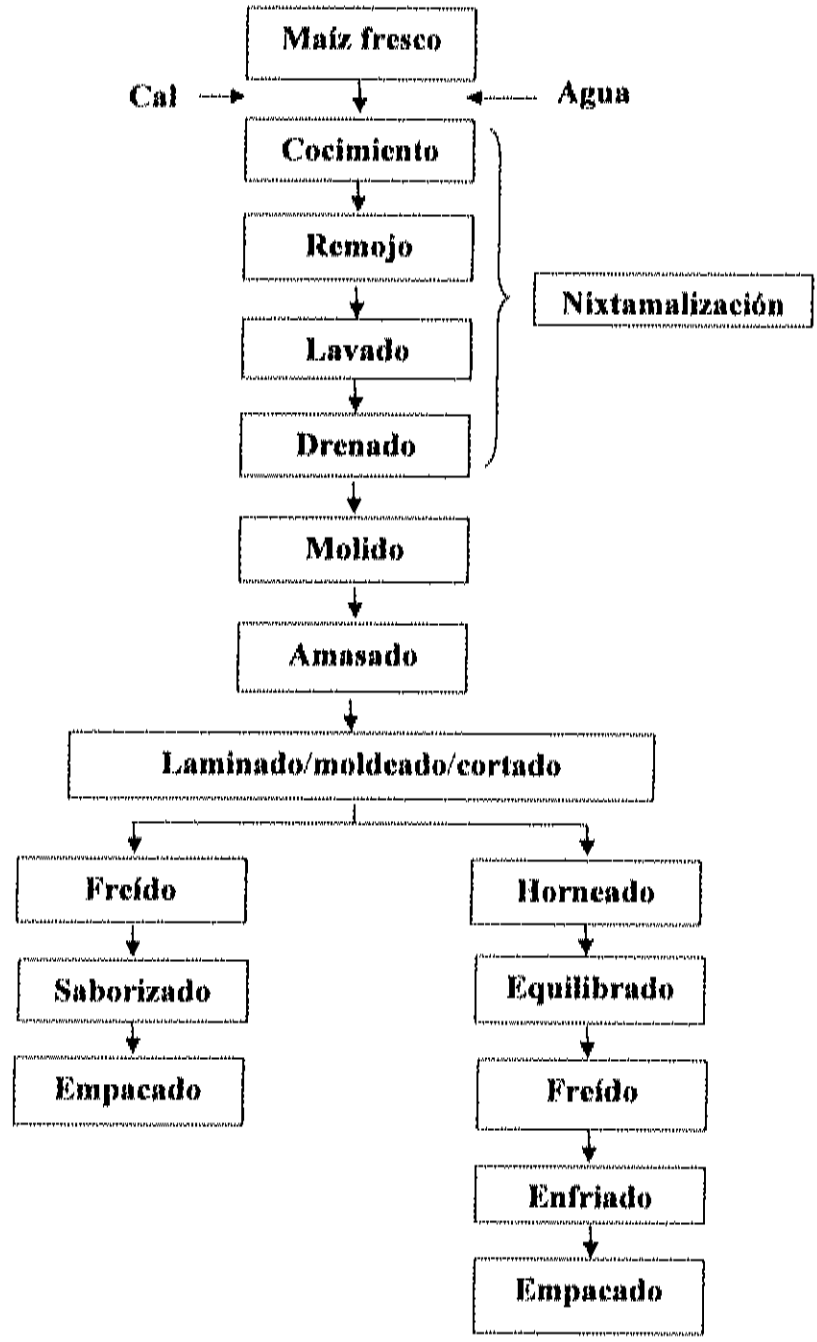


Figura 1 Diagrama de flujo para la elaboración de frituras de maíz (Serna, 1996)

Grasa en frituras

Aceite en Alimentos Fritos

La inmersión en aceite caliente o frío es una operación unitaria compleja que involucra altas temperaturas, cambios en la micro estructura y transferencia de masa y calor. Lo anterior da como resultado un flujo en sentido contrario de aceite y vapor de agua y un producto final con una corteza, color, sabor y textura únicos (Pedreshi y cols., 1999). En términos básicos, durante el freído el calor se transfiere desde el aceite hacia el alimento, el agua de este último se evapora y el aceite tiende a absorberse en los huecos formados (Krokida y cols, 1999).

Gamble et al. (1987) propusieron que la mayoría del aceite es succionado al interior del producto cuando éste se remueve del freidor debido a que la condensación del vapor produce un efecto de vacío. Ellos sugieren que la absorción de aceite depende de la cantidad de agua removida y de la forma en la cual se pierde la humedad.

Se ha reportado que la mayor cantidad de aceite, aproximadamente el 64%, penetra en la estructura del alimento durante el periodo de enfriamiento y no durante el freído. Se determinó que sólo el 20 % del contenido de aceite total se absorbe y el 80% restante se mantiene en la superficie del producto. (Moreira y cols., 1996; Aguilera y Hernández, 2000; Bouchon y cols, 2003).

Parámetros que Afectan la Absorción de Aceite

Bouchon y cols (2003) describieron las tres diferentes fracciones de aceite que pueden ser identificadas como consecuencia de los diferentes mecanismos de absorción (figura 2). Ellos propusieron que el aceite puede ser del tipo: (1) estructural, que representa el aceite absorbido durante el freído; (2) de superficie penetrado, referido al aceite succionado por el alimento durante el enfriamiento, pero que sin embargo se encuentra a nivel superficial, y por último, (3) superficial que es el aceite que se mantiene en la superficie.

Como se ha mencionado, durante el freído hay movimientos del agua hacia el exterior en forma de vapor, esto provoca que haya una succión por parte del producto, causando que el aceite se adhiera en la superficie. Se han reportado ciertos factores que se dice afectan la absorción de aceite, entre ellos se encuentra la humedad inicial del producto, la porosidad, calidad del aceite, la temperatura de freído, la forma del producto, entre otros. En este trabajo se considerarán solamente los dos primeros, debido a que han sido los únicos que en los diferentes estudios han resultado significativos (Moreira y col., 1996).

Relación entre el secado y la humedad en la absorción de aceite. El secado de las frituras es una parte importante para disminuir la absorción de aceite. Varios estudios se han enfocado en ver qué relación guarda la humedad que presenta la materia prima con el contenido de aceite del producto final. Los resultados han mostrado que hay una relación directa entre ambos, de tal manera que a mayor humedad, mayor será el contenido de aceite de la fritura (Lujan-Acosta y Moreira, 1997).

Moreira y col. (1996) estudiaron la variación de aceite estructural en las frituras con diferentes tratamientos de horneado. Se probó una tortilla sin secar, otra con un horneado óptimo y una más con un tratamiento de súper horneado. Los resultados mostraron que este último tratamiento presentó un contenido de

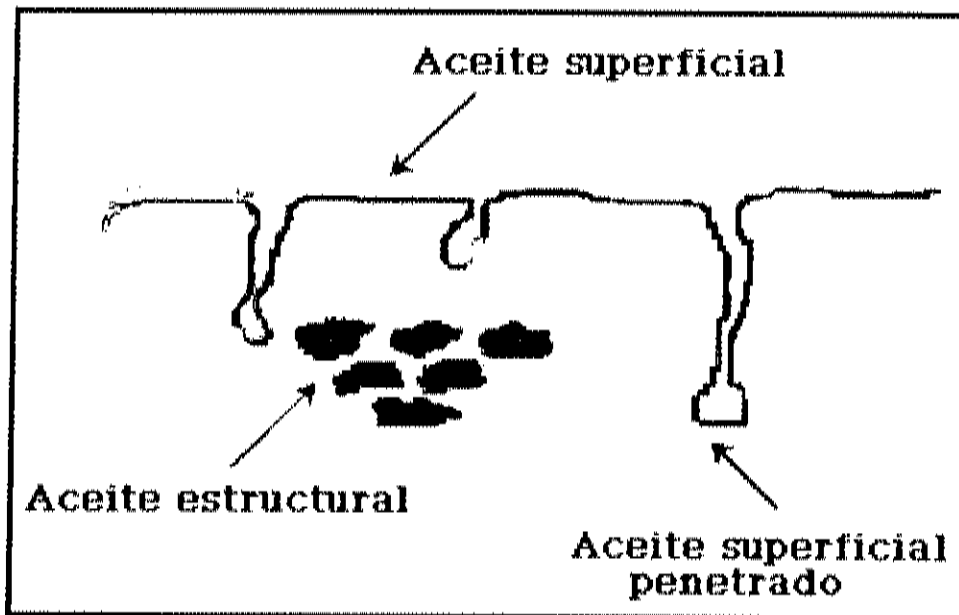


Figura 2 Tipos de aceite durante el freído (Bouchon y cols, 2003)

aceite muy inferior con respecto a los dos primeros. Una de las explicaciones atribuidas a esta disminución en la absorción de aceite, es que hay una modificación en la microestructura del alimento durante el secado, la cual tiende a hacerse más compacta. De igual manera, el tamaño de poro se ve reducido dando por resultado menor espacio a ser ocupado por el aceite (Figura 3) (Lujan-Acosta y Moreira, 1997, Debnath y cols., 2003).

Porosidad. Otro factor importante que se considera que influye en la absorción de aceite es la porosidad inicial que presenta el alimento. Se define porosidad como la fracción del alimento que es ocupada por aire, es decir, los túneles presentes en la microestructura (Pinthus y cols., 1995).

En estudios realizados en productos reestructurados de papa se encontró que la porosidad inicial tuvo una relación significativa durante el freído de los mismos, de tal manera que a mayor porosidad, mayor absorción de aceite. Este trabajo podría ser aplicado de igual forma a productos extrudidos de maíz, donde se preparan a partir de harina de maíz hidratada y se extruden para finalmente freirse (Pinthus y col., 1995). Las frituras preparadas a base de maíz extruidas, y que se preparan a base de harina hidratada, basan su porosidad en el tamaño de las partículas de la harina, de esta manera se tienen tres tipos de masa y se definen como fina, gruesa e intermedia (Moreira y cols, 1996). Los autores anteriores demostraron que una fritura hecha a base de masa con un tamaño de partícula muy fina tiende a esponjarse y a formar ampollas y, por lo tanto, absorber mucha grasa, mientras que una con el tamaño de partícula gruesa mostró poca absorción. La explicación está en que las partículas muy gruesas producen fisuras en el producto provocando que se escape mayor cantidad de agua durante el freído, limitando la capacidad de succión durante el enfriado, y de esta manera será poca la absorción.

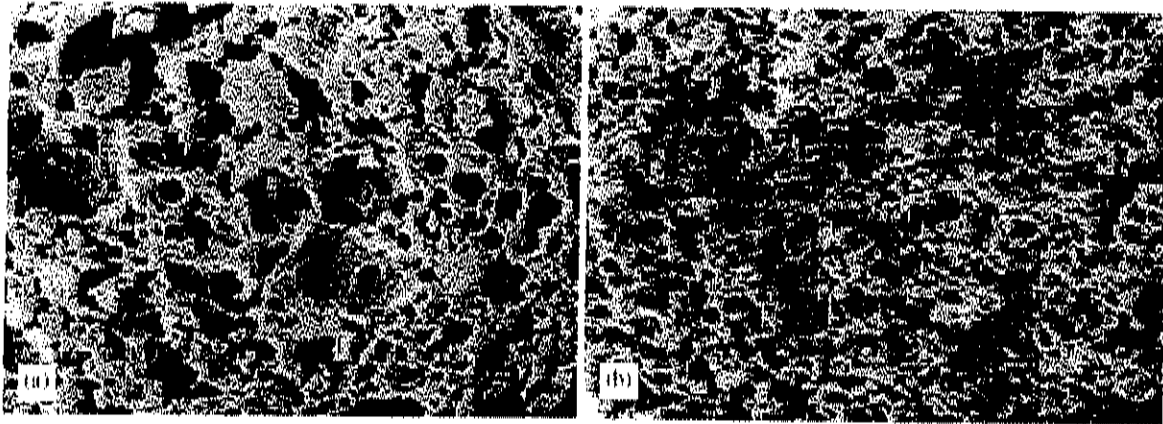


Figura 3 Micrografías de la estructura de una tortilla sin un tratamiento de secado (a) y otro sometido a tal tratamiento previo al freído (b) (Lujan-Acosta y Moreira, 1997)

Fibra Dietaria y su Efecto en la Salud

Se define a la fibra como el componente endógeno de las plantas en la dieta que son resistentes a la digestión en los humanos (Gordon, 1999). Según Gibson y Robertfroid (1995), fibra dietaria son los polisacáridos y ligninas capaces de ser resistentes a la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas, pero que pueden ser fermentadas por la microflora del colon dando lugar a H₂, CH₄, CO₂, H₂O y ácidos grasos de cadena corta.

Tipos de Fibra Dietaria

La fibra se clasifica de acuerdo a sus propiedades físicas (grado de solubilidad en agua) y su efecto fisiológico en el organismo, la fibra dietaria se clasifica en fibra soluble (fibra fermentable) e insoluble (escasamente fermentable) (García, 2005).

Fibra soluble. Comprenden las gomas, los mucilagos, las sustancias pécticas y algunas hemicelulosas. Son solubles y se encuentran fundamentalmente en frutas, legumbres y cereales como la cebada y la avena. Se caracterizan por retrasar el vaciamiento gástrico y reducir el ritmo intestinal (García, 2005). A diferencia de las parcialmente solubles, estos carbohidratos son rápidamente degradados o fermentados por la microflora anaerobia del colon, proceso que es inversamente proporcional en gran medida al grado de solubilidad y del tamaño de sus partículas. (Gibson y Robertfroid, 1995). Uno de los productos de la fermentación son los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) entre los cuales se puede encontrar el ácido propiónico. Este es transportado al hígado casi en su totalidad, para ser metabolizado y así intervenir en la síntesis de

colesterol y de glucosa así como generar energía (ATP) (Gibson y Robertfroid, 1995; García, 2005).

Fibra insoluble. Comprende aquellas fibras en las que la celulosa es un componente esencial y la lignina se combina de forma variable. Las fuentes de estos carbohidratos son generalmente cereales integrales tales como el centeno, el salvado de trigo y verduras (García, 2005). Estas fibras prácticamente no sufren degradación por la acción de las bacterias colónicas, por lo que se excretan íntegras por las heces. Por este motivo y por su capacidad para retener agua, aumentan la masa fecal, que es más blanda incrementando su viscosidad, así como la movilidad gastrointestinal y el peso de las heces (García, 2005).

Implicaciones del Consumo de Fibra Dietaria en la Salud

Se ha encontrado que una alimentación alta en fibra dietaria protege frente a numerosas enfermedades. Varias investigaciones han concluido que el consumo de fibra es efectivo en la prevención de cáncer de colon, diabetes, estreñimiento y obesidad, así como enfermedades del corazón, entre otras (Pins y Kaur, 2006; Park y cols., 2005).

Relacionado con lo anterior, estudios realizados con avena arrojaron resultados donde se mostraba que era capaz de disminuir los niveles de colesterol LDL (Anderson y cols., 1991). Los mecanismos por los cuales sucede esta reducción son: por excreción a través de las heces y por inhibición de su biosíntesis hepática.

El primero caso se centra en la limitación de la elaboración del colesterol intestinal debido a la acción quelante de las sales biliares, impidiendo su

absorción. El segundo mecanismo, sin embargo, es más complicado dado que su principio se centra en las acciones derivadas de la fermentación de la fibra en el colon. Este último paso influye en las rutas metabólicas de la síntesis de ácidos grasos de cadena corta (Rubio, 2002). De esta manera, el ácido propiónico al ser reabsorbido y devuelto al hígado, se dice que inhibe la enzima HMG-CoA reductasa que es una enzima clave en la velocidad de síntesis hepática de colesterol (Fiordaliso y cols., 1995). La tabla 1 muestra la reducción de los niveles de colesterol total cuando son utilizados diferentes tipos de fibras viscosas.

Tabla 1 Reducción de los niveles de colesterol por gramo de diferentes fibras dietéticas.

| Fibra (1 g) | Reducción de colesterol [mg colesterol total/dL] |
|-------------------------|---|
| Psyllium | 1.1 |
| Salvado de Avena | 1.4 |
| Pectina | 2.7 |
| Goma Guar | 1.1 |

Fuente: García (2005)

Aun cuando se sabe cada vez más acerca de los beneficios que trae consigo la ingesta de fibra dietaria, actualmente, su consumo se ha visto reducido debido a que los alimentos se producen con materia prima cada vez más refinada. En el caso de las frituras, además de contener altos niveles de grasa, también tienen niveles reducidos de este componente, por lo que es considerado un alimento que no aporta mayores beneficios a la salud, aún cuando goce de gran aceptación por la mayor parte de la población, y en cualquier rango de edad.

De acuerdo a cifras reportadas por el INEGI en el 2007, ha habido un incremento en la producción de alimentos fritos como lo muestra la figura 4 donde se observa que se han alcanzado valores de 9, 519 Ton en el año 2006, con un incremento de más del 100% de producción, en comparación con las 4, 608 Ton que se producían en el año de 1997. Lo anterior coincide con cifras cada vez más alarmantes de obesidad y sobrepeso en la población, y es que según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT), desde el año de 1999 a la fecha ha habido un incremento de alrededor del 7% en los porcentajes de la población que padece obesidad y sobrepeso, como se observa en la tabla 2, donde se hace una comparación entre ambos años en la población adulta y en niños escolares.

Estos datos resultan alarmantes; pues indican que en todos los grupos de edad ha aumentado la prevalencia de obesidad y sobrepeso, ocupando ahora México el segundo lugar en obesidad a nivel internacional después de Estados Unidos, con un 66 % de las personas padeciendo esta enfermedad. Es por ello que resulta necesario empezar con estrategias que ayuden a controlar dicho problema y con ello evitar mayores complicaciones en el futuro (Olaíz-Fernández, 2006).

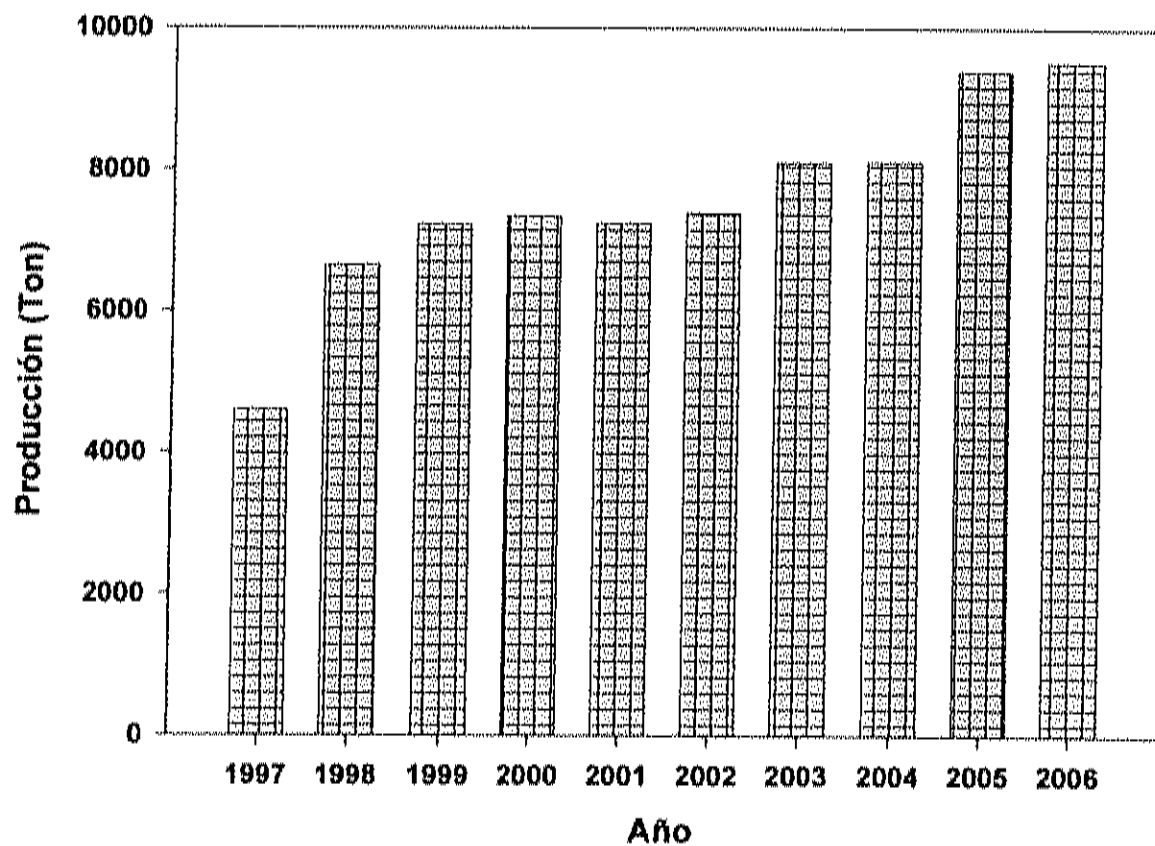


Figura 4 Variación en la producción anual de frituras en México (INEGI, 2007).

Tabla 2. Prevalencia de obesidad y sobrepeso en adultos y niños escolares en los años 1999 y 2006.

| Grupo | 1999 | 2006 |
|-----------------|--------------|--------------|
| Niños* | 17 % | 25.9% |
| Niñas* | 20.2% | 26.8% |
| Hombre** | 59.7% | 66.7% |
| Mujer** | 61% | 69.3% |

* Entre 5-11 años.

** Mayores de 20 años

Fuente: Olaiz-Fernández, 2006

Nuevos Estudios y Tendencias en la Elaboración de Frituras

Hasta esta parte se ha discutido un poco acerca de las condiciones actuales en las cuales se procesan los alimentos fritos. Se tocaron los temas acerca de cómo debe someterse el producto para obtener un alimento de calidad y seguro para la salud, sin embargo un aspecto muy importante a tratar es el aspecto nutritivo.

Las tendencias de alimentación de los individuos han cambiado a través de los años y han aparecido campañas que tratan de concientizar acerca de las ventajas del consumo de alimentos más nutritivos, con menor contenido de aceite y mayor contenido de fibra. De igual forma, se busca mantener la mayor calidad por mayor tiempo, utilizando para ello los conocimientos sobre las nuevas tecnologías de envasado. En la tecnología de alimentos se han desarrollado nuevas alternativas para disminuir la deficiencia nutricional de las frituras, utilizando para ello otros granos, o la combinación de varios, aumentando con ello también la ingesta de fibra. También ha surgido la problemática, en años recientes, por el descubrimiento de acrilamida en alimentos fritos, por lo que se han hecho propuestas de cambios a la forma de elaborarlos.

Nueva Ola de Frituras Multigrano

Ciertos productos como cereales y algunas leguminosas, como el garbanzo, por sí solos no son del agrado de los consumidores. Sin embargo, mediante las nuevas tecnologías de extruido, se han desarrollado productos con un mejor sabor que resultan más agradable al paladar (Chávez-Jáuregui y cols, 2003).

Tanto por la calidad así como por su contenido de proteína, el cual es de aproximadamente 50-54 %, la pasta de soya es usada en conjunto con la harina de trigo y otros cereales para la elaboración de panes, productos extrudidos y en frituras (Senthil, 2002). Se ha reportado su uso en frituras típicas de la India tales como murukku, methu pakkoda y laddu, en donde se observó un incremento en la crujencia y aceptabilidad por los consumidores (Ahluwalia y cols., 1995). Su aplicación no trajo consigo cambios en el color, ni en el sabor de los productos, pero sí en el mejoramiento de su calidad nutricional ya que se da la complementariedad de los aminoácidos lisina y metionina, deficientes en cereales y leguminosas, respectivamente, pero una vez combinados contrarrestan tal deficiencia, de ahí la importancia de combinar estos alimentos (Senthil, 2002).

En definitiva, el uso de la tecnología de extruido utilizando diferentes granos trae varias ventajas a la salud del consumidor, tanto del orden digestivo, como en el cardiovascular. Algunos granos que forman parte de la fibra soluble, como la avena y el centeno, son considerados como un agente reductor del contenido de colesterol LDL en sangre (Brown y cols., 1999). Sin embargo no se ha reportado su uso en la elaboración de productos fritos, por lo que desde el punto de vista tecnológico parece importante observar el comportamiento que tienen estos cereales durante la inmersión en aceite caliente en la elaboración de frituras.

Envasado de Frituras

El envasado de alimentos es una parte fundamental para la conservación y sobre todo la aceptación de un producto. Entre las funciones que presentan está la de proteger contra daños físicos, bioquímicos y microbiológicos,

influenciados por factores como la temperatura, humedad, oxígeno, luz, golpes, entre otros (Robertson, 1993).

En forma natural un alimento está expuesto al medio ambiente, bajo condiciones en algunos casos adversas a las adecuadas para una óptima calidad. La función del envasado es por tanto, para el caso de las frituras, evitar ciertos deterioros como rancidez y absorción de humedad (Quast y cols., 1972; Robertson, 1993).

El producto final de la tecnología de freído debe mantenerse bajo condiciones adecuadas para conservar su calidad por un mayor tiempo y reducir procesos de deterioro. La rancidez es muy común en alimentos ricos en aceite, los cuales al estar en contacto con luz y oxígeno, generan una serie de reacciones que dan lugar a tal deterioro. Igualmente, los alimentos fritos, como ya se mencionó anteriormente, requieren de una textura crujiente característica, por lo que el hecho de que absorban humedad y pierdan esta propiedad se relaciona con la pérdida de calidad. Actualmente se usan bolsas de un material de baja permeabilidad al oxígeno y vapor de agua como el polipropileno y bolsas metalizadas, con un espacio de cabeza saturado de un gas inerte como el nitrógeno como reemplazador de oxígeno (Del Nobile, 2001).

Para finalizar, dependiendo del contenido de grasa presente se usa un tipo de bolsa especial. La base de estas es el polipropileno, pero con una cubierta metalizada, reduce aun más el paso de la luz y evita con ello la oxidación de grasas causante de la rancidez (Robertson, 1993).

Justificación

Las frituras de maíz son consideradas uno de los principales factores causantes de obesidad y malnutrición debido a que estos contienen altas

concentraciones de aceite producto de la forma en que son procesadas. Las personas gustan mucho del sabor característico de estos alimentos y tienden a consumirlos en abundancia. Entre las enfermedades que pueden presentarse por el consumo excesivo de alimentos altos en grasa, como las frituras, esta la obesidad.

Por lo anterior, se han desarrollado nuevas tecnologías aplicadas al desarrollo de alimentos tendientes a reducir los riesgos que traen consigo los alimentos fritos. Han aparecido nuevos tipos de alimentos como los llamados multigrano, los cuales al ser elaborados con granos enteros, ayudan a incrementar la ingesta de fibra en la dieta, favoreciendo la prevención de enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad, entre otras.

En la actualidad hay en el comercio algunos tipos de alimentos multigrano en varios países y se han hecho varias investigaciones referentes a ellos. Sin embargo, en México aún no está muy desarrollada esta materia, por lo que existe la necesidad de establecer las condiciones de proceso adecuadas para la inclusión de varios granos en la elaboración de frituras con mayor fibra, mejor proteína y menor contenido de grasa.

Hipótesis

La cantidad de fibra y el tamaño de partícula de la masa influyen en su contenido de humedad y por ende afectará la absorción de aceite de las frituras.

Objetivos

Objetivo General

- Desarrollar una fritura multigrano más nutritiva, con mayor cantidad de fibra, menor contenido de aceite y mejor calidad proteica que las frituras de maíz convencionales

Objetivos Específicos

La investigación se dividió en tres etapas, planteándose objetivos específicos para cada una de ellas.

Etapa 1:

- Obtener la formulación con una adhesividad adecuada para que la masa no presente problemas de maquinabilidad y que cumpla con el contenido de proteína y fibra deseado.
- Establecer el tiempo óptimo de cocción para cada grano
- Evaluar la adhesividad de la masa
- Caracterizar la masa compuesta

Etapa 2:

- Determinar las condiciones de proceso (tiempo y temperatura de secado) que conlleven a una reducción en la absorción de aceite durante el freído sin comprometer la aceptabilidad del producto.

Etapa 3:

- Realizar una evaluación sensorial del producto, determinar el perfil de aminoácidos de la fritura y realizar el cómputo químico para evaluar la calidad de la proteína de la misma.

METODOLOGÍA

Materia Prima

Los materiales utilizados fueron: granos enteros de maíz, adquiridos de cultivos del estado de Sinaloa; granos de garbanzo y trigo, proporcionados por la Asociación Agrícola Hermosillense; hojuelas de avena molida y aislado de proteína de soya adquiridos del comercio local.

Métodos

Cocimiento de los Granos

El primer paso a seguir fue el cocer los granos de acuerdo a la metodología propuesta por Serna y cols (1993). Para esto, los granos se contuvieron de forma individual en bolsas de nylon, y se colocaron en marmitas con 30 L de agua, 3% de cal y una temperatura de 100 °C. Se usaron tiempos de cocimiento de 0, 15, 30 y 45 minutos. De ahí se midió el % de humedad en los granos y estos valores de humedad se graficaron con respecto a cada tiempo de cocimiento. Se hizo una correlación cuadrática donde se estimó el tiempo óptimo de cocción, el cual, según Serna, es aquel en el cual el grano presenta un 50% de humedad, ya que a estas condiciones la masa elaborada presenta las mejores propiedades de adhesividad y no traería problemas de maquinabilidad. El método fue propuesto sólo para maíz, pero se adecuó para la cocción del garbanzo y del trigo. Los granos cocidos se dejaron reposar por 20 horas sumergidos en el líquido de cocción (nejayote) para posteriormente lavarse; en el caso del garbanzo, éste se descascarilló antes de combinarse

con los demás granos en una proporción previamente establecida y molerse para obtener una masa compuesta inicial denominada masa 1.

Elaboración de la Masa Multigrano

Se realizaron mezclas de la materia prima, mediante prueba y error, variando las cantidades de cada cereal y leguminosa, de tal manera que la masa presentara buenas propiedades reológicas y que fuera de buena manejabilidad. Para probar lo anterior, la masa se sometió a pruebas de textura (adhesividad y cohesividad) mediante un texturómetro TA-XT2 (Stable Microsystems, England), con un aditamento cilíndrico de 2 pulgadas de diámetro y una velocidad de prueba de 5 mm/seg, para determinar si ésta resultaba adecuada por su adhesividad, ya que esta propiedad es un factor determinante en la maquinabilidad del producto y elaboración de tortillas. Una masa con alta adhesividad se pegaría en el equipo y no podría moldearse adecuadamente. De esta manera, si la adhesividad de la masa resultaba inadecuada, se corregía la formulación y se preparaba de nuevo la masa. Se obtuvieron en total 10 mezclas eligiéndose la que presentó más apego a las características deseadas.

Elaboración de Frituras Multigrano

Una vez obtenida la masa, cuya formulación dio una adhesividad adecuada, se procedió a elaborar las tortillas y posteriormente las frituras "a base de tortilla" o tostadas. Las tortillas se elaboraron en una máquina tortilladora Villamex V-100, del tipo usado en los negocios comerciales.

Las tortillas obtenidas se secaron en un horno, empleándose diferentes temperaturas, a fin de que disminuyera el contenido de humedad a un nivel adecuado, para evitar la absorción excesiva de aceite durante la etapa de freído.

Se utilizaron temperaturas de 150 °C, 180 °C y 210 °C y tiempos de secado de 4, 8 y 12 minutos para cada temperatura. El paso siguiente fue freír las tortillas en aceite de canola a 180 °C por 1 minuto. Al mismo tiempo, se elaboraron frituras hechas únicamente de maíz, a manera de testigo, y bajo las mismas condiciones, para evaluar el efecto del porcentaje de fibra en la absorción de aceite; a estas también se le hicieron las mismas mediciones que a las frituras multigrano. Adicionalmente, se adquirieron frituras de una marca comercial con el fin de hacer una comparación entre su composición química y ver el mejoramiento de las propiedades nutricias de las frituras multigrano.

Distribución del Tamaño de las Partículas

Para determinar el tamaño de las partículas se siguió la metodología reportada por Gómez y colaboradores (1987), la cual consiste en tomar 5 g de masa y homogenizarla con 50 ml de agua destilada. Esta mezcla se hizo pasar, con ayuda de una bomba de vacío, a través de tres cribas de diferente tamaño 0.0165 plg. (#40), 0.0098 plg. (# 60) y 0.0059 plg. (# 100), montadas una sobre otra. El material sólido retenido en cada criba se secó y se determinó el porcentaje retenido, es decir, la distribución del tamaño de las partículas de la masa. Este valor es importante ya que de él depende la absorción de aceite como se mencionó anteriormente.

Composición Química

Análisis proximal. Se realizó un análisis proximal mediante métodos de la AOAC (2000). Se determinaron así los porcentajes de humedad (Método 934.01), grasa (Método 920.39), cenizas (Método 942.05) y el porcentaje de proteína (Método 960.52).

Determinación de fibra dietaria soluble e insoluble. Se determinó el contenido de fibra dietaria soluble e insoluble mediante el procedimiento de la AOAC (2000) utilizando el kit de Sigma (TDF-100A y TDF-C10).

Perfil de aminoácidos. Se evaluó la composición de aminoácidos de la fritura por HPLC mediante el procedimiento reportado por Vázquez-Ortiz y col. (1995). La concentración de los aminoácidos esenciales lisina y metionina que son deficientes de forma natural en los cereales y leguminosas fue determinada, además de la concentración del resto de los aminoácidos, excepto el triptófano.

Cómputo químico. El cómputo químico propuesto por Block y Mitchell de 1946, el cual relaciona la composición de aminoácidos de una proteína con su valor nutricional, fue evaluado. Para ello se usa huevo con alta calidad nutritiva o el patrón de FAO a manera de estándares, para comparar su composición de aminoácidos con respecto a la muestra en estudio. El aminoácido en menor proporción se denomina el limitante en la utilización de la proteína y el cómputo químico resulta entonces de comparar este aminoácido con respecto al estándar de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Cómputo Químico} = \frac{\% \text{ aminoácido Prueba}}{\% \text{ aminoácido Estándar}} \times 100$$

Análisis de Textura a la Fritura

Se midió la fuerza máxima de quiebre de la fritura utilizando un texturómetro TA-XT2 (Stable Microsystems, England) con un aditamento de punta esférica de 6.35 mm de diámetro a una velocidad de prueba de 1.0 mm/seg. La fritura se colocó en una placa con abertura cilíndrica de 18 mm de diámetro (TA-101) y fue penetrada por el aditamento esférico. Se registró la fuerza máxima requerida (g) para romper la fritura.

Análisis Sensorial

Se hizo un análisis sensorial para determinar la aceptabilidad general de la fritura. Participaron 65 panelistas no entrenados de ambos sexos. Para las evaluaciones se aplicaron cuestionarios con escala hedónica no estructurada (0-15 cm) para indicar si el producto resultaba de su agrado o no, y se incluyó un espacio para observaciones (figura 5).

Análisis de Datos

Para la selección del mejor tratamiento de secado al que se someterían las tortillas para la elaboración de la fritura, se aplicó un diseño factorial 3 x 3 donde los factores fueron la temperatura de secado y el tiempo de secado. Se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%, utilizando el paquete estadístico NCSS, 1997.

Aceptabilidad

Nombre..... Fecha.....

Instrucciones: Por favor indique haciendo una línea **vertical**, la intensidad de su aceptabilidad en cada una de las muestras.

No.

|.....|.....|

| | | |
|-------------------|-------------|----------------|
| 0 | | 15 |
| Me disgusta mucho | Indiferente | Me gusta mucho |

Compraría usted este producto? Si No

Comentarios:

Figura 5. Formato de encuesta para determinar la aceptabilidad de la fritura multigrano

RESULTADOS

Tiempo de Cocción de los Granos

Se obtuvieron los tiempos de cocimiento para los diferentes granos. Como se mencionó en la metodología, se hizo una regresión cuadrática de los porcentajes de humedad de los granos cocidos con respecto a los 4 tiempos de cocimiento (figura 6), resultando, para el grano de maíz, la siguiente ecuación de la curva: $y = 0.0038x^2 - 0.0054x + 42.453$, donde "y" representa a la humedad del grano y "x" al tiempo de cocimiento.

Serna y cols. (1993), en su estudio sobre nixtamalización en maíz blanco, encontraron que la humedad del nixtamal debe ser del 50% para que las propiedades reológicas de la masa sean adecuadas para la elaboración de las tortillas de maíz, dado que, a esta humedad la masa presenta las características de adhesividad y cohesividad apropiadas para su elaboración. Por otro lado, Ramirez-Wong y cols (1994), en su estudio sobre los cambios en la textura de la masa respecto al tiempo de cocimiento y su interacción con la humedad del nixtamal y el grado de molienda, concluyó que una masa muy adhesiva traería problemas en el procesamiento, pues ésta se pegaría en los rodillos; por el contrario, una masa con muy poca adhesividad no presentaría la consistencia necesaria para formar la tortilla. Entonces, sustituyendo en la ecuación de la curva, una humedad del 50% de humedad, el tiempo necesario para cocer el maíz fue de 51 min.

Sin embargo, en este trabajo, un porcentaje de humedad del 50% en el maíz no fue el adecuado debido a que la masa multigrano resultó ser muy adhesiva, mostrando valores hasta de 10,000 g-f que, comparados con los valores de una masa comercial donde la adhesividad esta en un rango entre

4000 y 5000 g-f, son extremadamente elevados, ocasionando los problemas de procesamiento ya mencionados. El problema se resolvió disminuyendo el

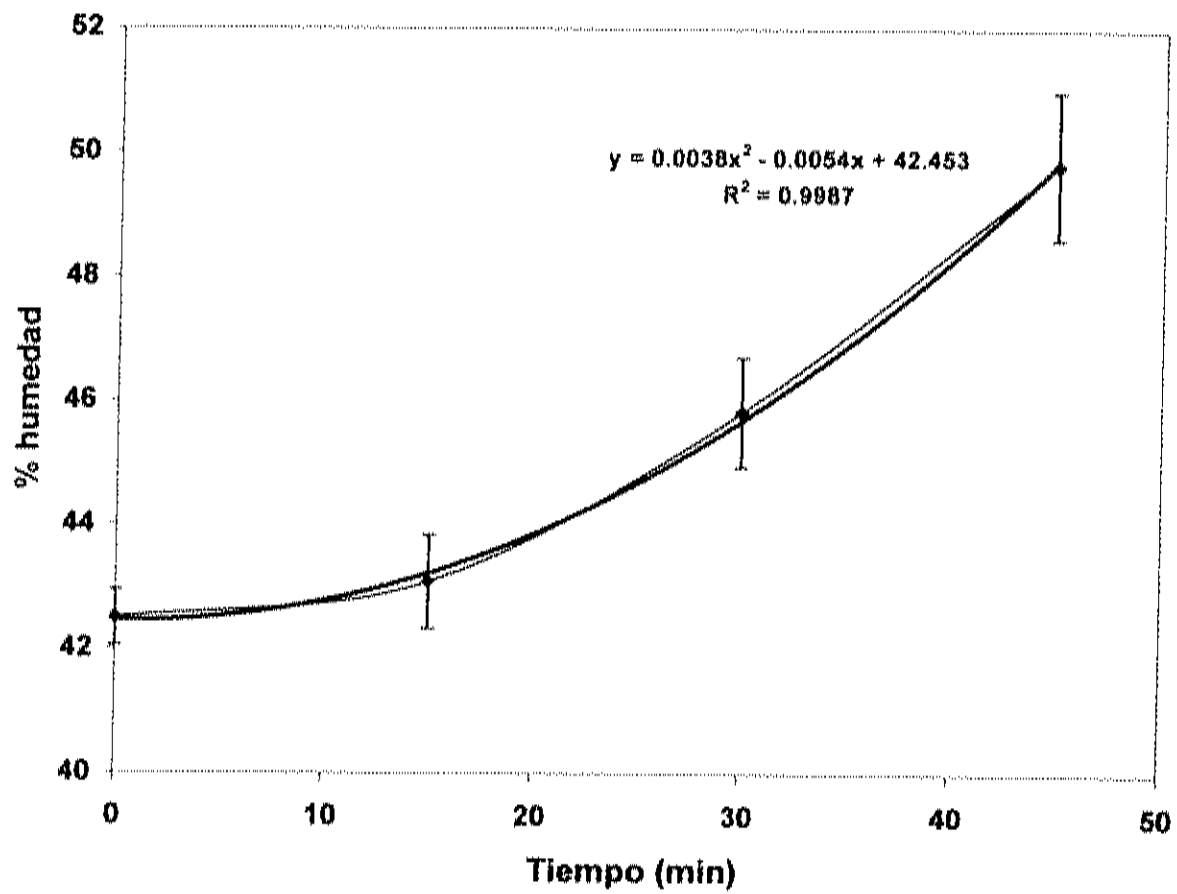


Figura 6. Cocimiento de granos de maíz a diferentes tiempos

tiempo de cocción del maíz a 18 minutos, y con ello se disminuyó su porcentaje de humedad a 46% y con ese valor se siguió trabajando en lo sucesivo al elaborar las tortillas.

El método seguido en el presente proceso, fue reportado para determinar el tiempo óptimo de cocimiento de maíz blanco con el cual se elaboran las tortillas, sin embargo, en este estudio se adecuó para ser utilizado en el cocimiento del garbanzo y trigo.

Para el caso del garbanzo, siempre mostró un porcentaje por arriba de 50% de humedad a pesar de utilizar un tiempo de 15 minutos. Por ello, y usando los mismos cálculos que en el maíz, el tiempo de cocimiento quedó establecido en 10 min. En el caso del trigo, este se coció por 15 minutos a una temperatura de 90 °C, ya que cuando fue cocido a 100 °C fue evidente un sobre cocimiento ya que el grano se mostraba demasiado inflado y en casos extremos reventado.

Autores como Serna y cols. (1993), Ramirez-Wong y cols (1994) y Arámbula y cols (2001) encontraron que los porcentajes de humedad del nixtamal que ellos usaron para elaborar tortillas fue de 50%, 54.6-56.2% y 52-53%, respectivamente. Sin embargo, en nuestro caso había que formar una mezcla multigrano y lo que sucedió es que al ir agregando los diferentes granos, estos fueron absorbiendo diferentes grados de humedad, por lo cual es justificable el hecho de que para la elaboración de las frituras multigrano no haya sido adecuado este porcentaje de humedad para maíz, sino uno menor.

Elaboración de Masa Multigrano

Una vez determinados los tiempos de cocimiento se procedió a elaborar la masa multigrano. El principal problema fue encontrar una masa cuya formulación no presentara problemas de manejabilidad, ya que alguno de los

ingredientes, como la avena, presenta mayor cantidad de fibra soluble, la cual, absorbe mayor cantidad de agua y esto podría ocasionar problemas de alta adhesividad.

El primer paso fue hacer una mezcla de los granos de maíz, garbanzo y trigo en una proporción A: B: C, respectivamente. Los granos se molieron y la masa obtenida se denominó "masa 1", la cual posteriormente se combinó con el aislado de soya y la harina de avena, representando entonces un X% para la masa 1, Y% para la soya y un Z% para la avena. Estas proporciones integraron la "masa multigrano" (figura 7). Esta masa presentó valores de adhesividad que se mantuvieron en un rango de 3300 a 4000 g-f y una cohesividad de 0.255 g-f.

Por su parte, la masa de maíz hecha bajo las condiciones de este trabajo presentó un valor de adhesividad mucho mayor de 9086.6 g-f y una menor fuerza cohesiva de 0.166 g-f. Según Ramirez-Wong y cols (1994), la adhesividad se ve afectada por varios factores, entre ellos destacan el tiempo de cocimiento, el grado de humedad y el grado de molienda. Pero los porcentajes de humedad de ambas masas, al salir del molino, fueron de 57%, y la humedad de la masa multigrano después de la incorporación de la soya y avena (masa 2) fue de 59.7%, ligeramente mayor que la de maíz.

La diferencia de adhesividad entre ambas masas puede deberse principalmente al distinto grado de cocimiento y grado de molienda. Rooney y Suhendro (1999) reportaron que la gelatinización del almidón se da principalmente en el cocimiento y en la etapa de molienda. En esta última etapa los gránulos se dispersan parcialmente en la matriz acuosa que forma la masa y actúan como pegamento que mantiene unidas a las partículas de la misma. De tal manera que un almidón muy gelatinizado producirá una masa muy pegajosa

En cuanto a la distribución del tamaño de las partículas de ambas masas, se observaron diferencias, mismas que se muestran en la tabla 3. Esto es entendible debido a que al molerse la mezcla de los granos, cada uno ofrece diferente resistencia al ser pasado por las piedras del molino. En cuanto a las

diferencias de cohesividad, éstas pudieran explicarse por la diferencia en los componentes de ambas masas. La masa multigrano contiene más proteína y fibra que la masa de maíz y al interactuar con los componentes forma enlaces más fuertes que hacen a la masa más cohesiva.

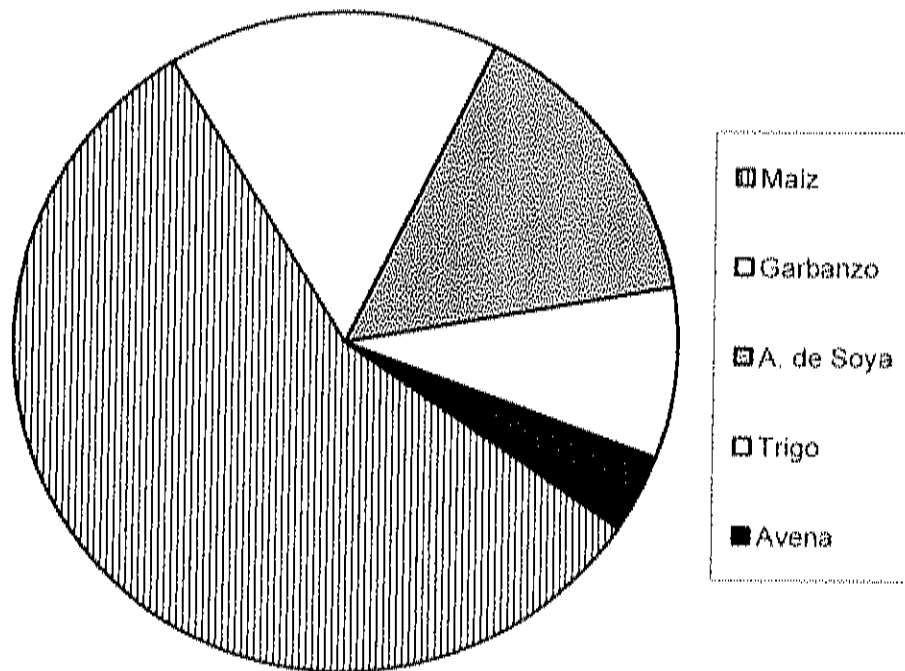


Figura 7. Proporción de granos que componen la masa multigrano.

Tabla 3 Distribución del tamaño de partículas de la masa multigrano

| Tipo de masa | % Retenido | | |
|--------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | Malla #40 (0.0165 plg) | Malla #60 (0.0098 plg) | Malla #100 (0.0059 plg) |
| Multigrano | 13.42 | 10.32 | 12.85 |
| Maíz | 6.71 | 15.11 | 12.02 |

El porcentaje de retención sobre las mallas da una idea del calibre de la masa, de tal forma que en este caso, la malla # 40 retuvo mayor cantidad de sólidos con respecto a las otras dos, por lo que se puede decir que la masa es del tipo "gruesa" trayendo esto ventajas como una menor absorción de aceite (Moreira y cols., 1996). Gómez y cols. (1987) publicaron que la masa para elaborar tortillas debe ser más fina que la usada para elaborar frituras, de tal manera que en ellas el porcentaje retenido en la malla # 40 fue de 1.4 y 4.4, respectivamente. Sin embargo, como se observa, el valor del porcentaje retenido de la masa multigrano fue mucho mayor que la masa de ese estudio (13.42 vs 1.4). Esto puede deberse a su naturaleza, y es que el añadir garbanzo y trigo a la masa de maíz se modifica el tamaño de las partículas, dando por resultado un mayor grosor.

Elaboración de Frituras Multigrano

Las tortillas obtenidas de la masa multigrano fueron sometidas a un secado con el objetivo de disminuir su contenido de humedad. Se usaron tres temperaturas, 150 °C, 180 °C y 210 °C, y tres tiempos en cada una de ellas, 4, 8 y 12 minutos, como se muestra en la tabla 4. Posteriormente, las tortillas fueron freídas en aceite de canola a una temperatura de 180 °C por 1 minuto y se dejaron equilibrar sobre papel de estraza al medio ambiente, ayudando este a absorber el exceso de aceite superficial de la fritura.

Tabla 4. Tratamientos de secado de las tortillas previo a la elaboración de las frituras

| Tratamiento | Secado | |
|----------------|-----------------|--------------|
| | Temperatura(°C) | Tiempo (min) |
| T ₁ | 150 | 4 |
| T ₂ | 150 | 8 |
| T ₃ | 150 | 12 |
| T ₄ | 180 | 4 |
| T ₅ | 180 | 8 |
| T ₆ | 180 | 12 |
| T ₇ | 210 | 4 |
| T ₈ | 210 | 8 |
| T ₉ | 210 | 12 |

En este estudio el parámetro que más influencia tuvo en la absorción de aceite fue el tiempo de secado y no la temperatura. La variación en la absorción de aceite con respecto al grado de secado se muestra en la figura 8, en la cual es evidente que, según se reporta en la bibliografía, hay una disminución en la absorción de aceite a medida que el producto es deshidratado. Se observa que en los tratamientos T4 a T9 el porcentaje de grasa es mucho menor, pero el totopo adquirió otras características negativas, como un color muy oscuro y sabor a quemado, debido a las condiciones extremas.

En la figura 9 se observa la variación que experimenta la fuerza de ruptura de la fritura con el secado, mostrando una tendencia a disminuir, es decir, a hacerse más quebradiza a medida que aumenta el grado de secado. Es notable que tal procedimiento elimina cierta cantidad de agua, esto por su parte compacta la micro estructura de la tortilla, y el agua al evaporarse deja huecos en ella haciéndola más quebradiza.

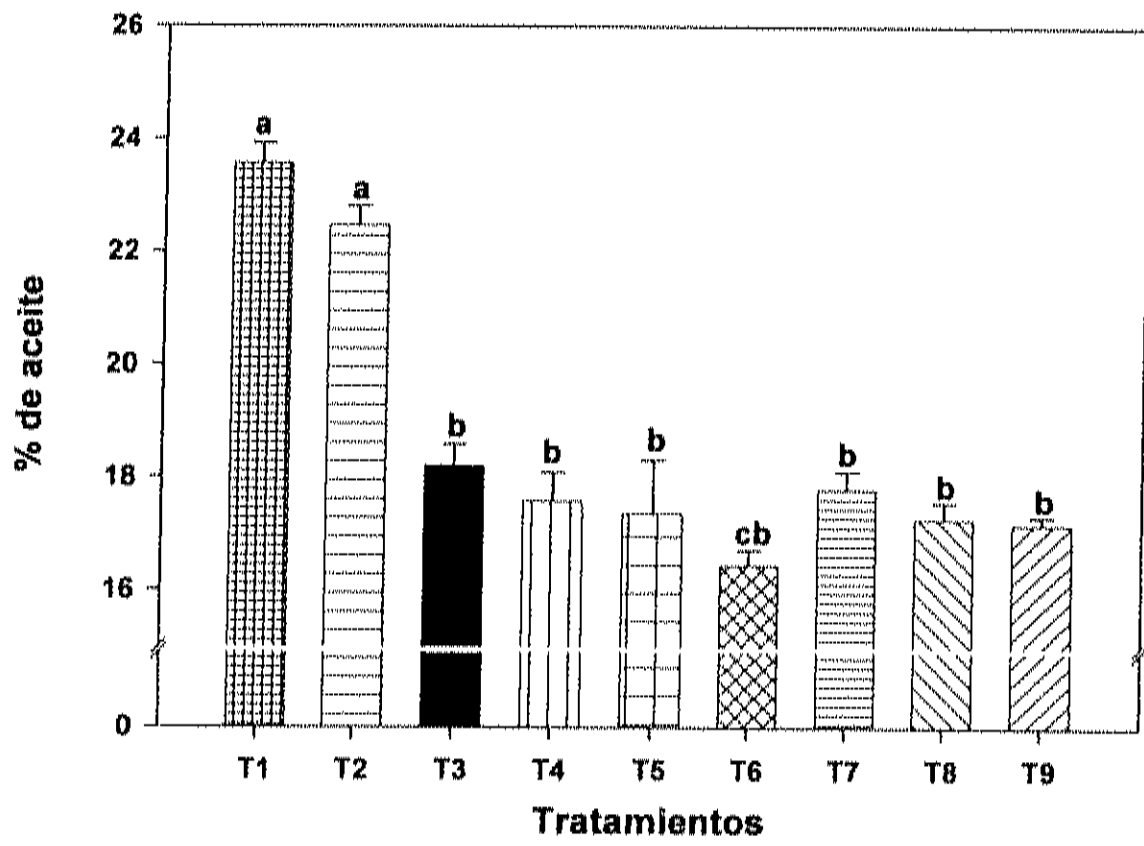


Figura 8 Efecto del secado sobre la absorción de aceite en frituras.

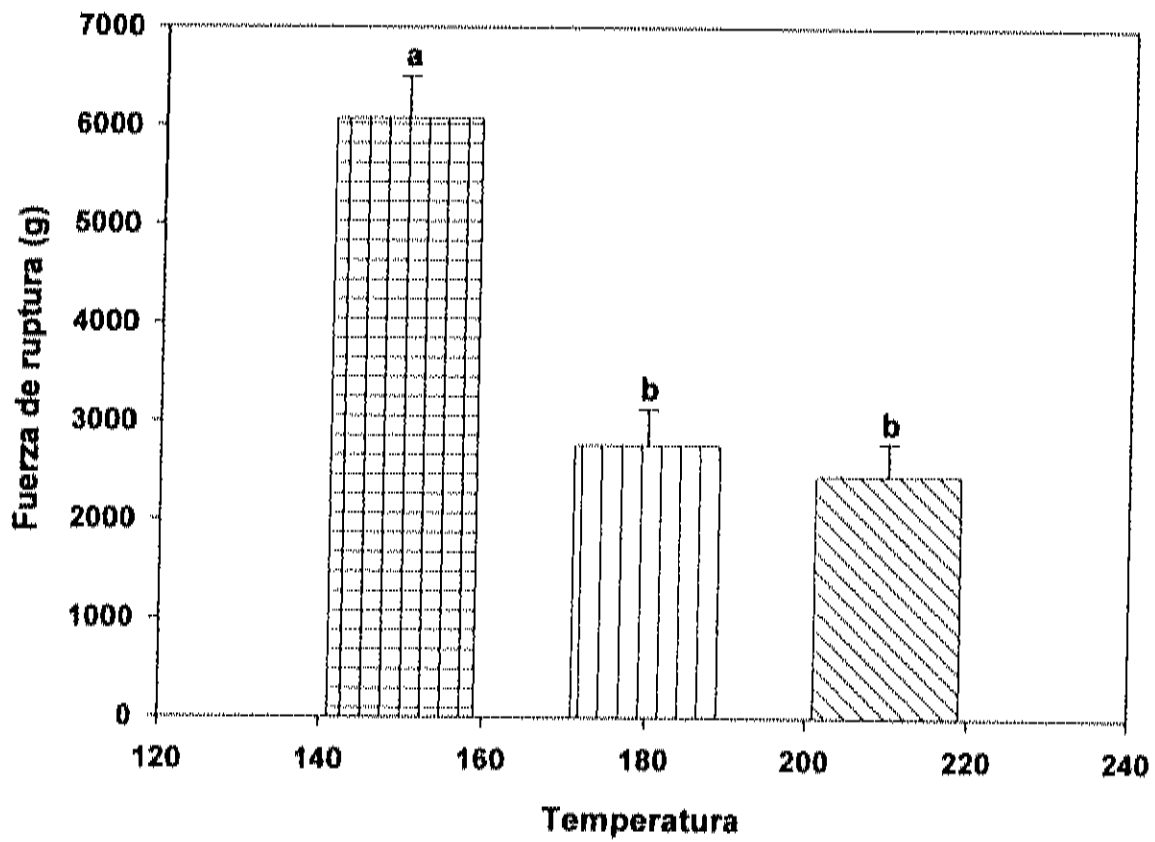


Figura 9 Efecto del secado sobre la textura en frituras

De los resultados de contenido de grasa (figura 8) y textura (figura 9), se encontró que las condiciones de procesamiento más adecuadas son una temperatura de secado de 150 °C por 12 minutos, ya que bajo estas condiciones se observó una disminución significativa ($p < 0.05$) en la absorción de aceite sin comprometer las propiedades sensoriales de la fritura, pues a temperaturas más elevadas aparecieron signos de que el totopo empezaba a quemarse. Por otro lado, en los datos de textura, la mayor influencia en las variaciones de la fuerza de ruptura la tuvo la temperatura, pues se observó que hubo una disminución significativa de la fuerza a temperaturas de 180 y 210 °C en comparación con las secadas a 150 °C, lo que también se traduce en que aumenta su fragilidad, lo cual es poco recomendable en este tipo de productos pues compromete su transporte y almacenamiento ya que se quiebran fácilmente.

Análisis Químico de la Fritura Multigrano

Al realizar el análisis proximal de la fritura multigrano y comparándola con una fritura de maíz comercial, se constató que hubo mejoras en sus características nutricias (tabla 5). Por un lado, se disminuyó el contenido de grasa de 25.4% a un 18.2%, el contenido de proteína se incrementó de 6.9% a 26.13%, y el aporte de fibra dietaria se duplicó con respecto a la fritura comercial. Es evidente que la fritura multigrano desarrollada en este trabajo es más nutritiva, y dado que contiene menos aceite, representan un menor riesgo de padecer enfermedades del corazón y demás enfermedades causadas por un alto consumo de grasa.

Tabla 5 Análisis proximal de fritura multigrano y fritura comercial

| Componente químico | Fritura multigrano g/100 g | Fritura de maíz comercial g/100 g | Fritura de maíz testigo g/100g |
|---------------------------|-----------------------------------|--|---------------------------------------|
| Humedad | 2.50 | 3.75 | 2.3 |
| Grasa | 18.23 | 25.43 | 15.4 |
| Proteína | 26.13 | 6.96 | 8.4 |
| Cenizas | 2.2 | 1.44 | 1.2 |
| Carbohidratos | 50.94 | 62.42 | 72.7 |
| de los cuales: | | | |
| FDT* | 9.47 | 5.8 | 7.4 |
| FDI** | 8.90 | 5.74 | 7.4 |
| FDS*** | 0.56 | 0.06 | 0 |

*FDT= Fibra Dietaria Total

**FDI= Fibra Dietaria Insoluble

***FDS= Fibra Dietaria Soluble

Perfil de Aminoácidos y Cómputo Químico

La mejoría en cuanto a la proteína no sólo fue en su contenido, sino también, en su mejor perfil de aminoácidos que se logra al combinar cereales y leguminosas. La tabla 6 muestra el perfil de aminoácidos de la fritura multigrano comparado con el de una fritura hecha únicamente de maíz. Se observa que hubo un incremento en el porcentaje de lisina, que es el aminoácido limitante en los cereales, por lo que al incorporar la soya en la elaboración de este alimento se dio la fortificación y mejoramiento en la calidad nutritiva.

Obatolu y cols (2007) encontraron que al fortificar maíz con un 30% de soya para la elaboración de frituras, el porcentaje de lisina fue de 4.30%, muy similar al encontrado en este trabajo. Reportaron además que durante el proceso de elaboración de tortillas no observaron diferencias significativas en los porcentajes de isoleucina, lisina, metionina, tirosina y valina, pero sí en los porcentajes de leucina, fenilalanina y treonina, los cuales se ven disminuidos (tabla 6).

La composición de aminoácidos de la fritura se comparó también con un estándar propuesto por la FAO para realizar el cómputo químico y ver que tan cercana es la composición de la fritura con respecto a los requerimientos propuestos por este organismo de salud. Se observó que fue la treonina el aminoácido que mostró menor similitud (55.5 %) con los valores requeridos por la FAO, siendo este entonces, el aminoácido limitante de la fritura (tabla 7).

Tabla 6. Perfil de aminoácidos esenciales de la fritura multigrano y una fritura de maíz testigo

| Aminoácido | Fritura de maíz* (g/100 g) | Fritura Multigrano (g/100 g) |
|---------------------|---|---|
| Treonina | 3.3 | 2.22 |
| Tirosina | 3.3 | 3.98 |
| Metionina | 2.0 | 1.06 |
| Valina | 4.8 | 3.35 |
| Fenilalanina | 4.0 | 4.78 |
| Isoleucina | 2.8 | 3.34 |
| Leucina | 9.9 | 6.19 |
| Lisina | 2.7 | 4.08 |

* Obatolu, 2007

Tabla 7. Cómputo químico de la fritura multigrano

| Aminoácido | Fritura multigrano | Patrón de referencia FAO/WHO, 1985 | Calificación Química |
|-------------------|---------------------------|---|---------------------------------|
| Isoleucina | 3.34 | 2.8 | 100 |
| Leucina | 6.19 | 4.4 | 100 |
| Lisina | 4.08 | 4.4 | 100 |
| Met + Cis | ND | 2.2 | 91 |
| Fal + Tir | 8.76 | 2.8 | 100 |
| Treonina | 2.22 | 2.8 | 79.2 |
| Valina | 3.35 | 2.5 | 100 |

Análisis Sensorial

El producto fue evaluado por un grupo de 65 personas, no entrenadas, y se les pidió su opinión acerca de la aceptabilidad, basándose en su criterio personal de las características de sabor y textura que, para ellos, debería presentar una fritura. Además, también se les preguntó si comprarían el producto, y se dejó un espacio para que emitieran un comentario acerca de qué consideran que podría modificarse para hacerlo más aceptable.

La aceptabilidad general del producto fue 12.11, en la escala de 0-15, donde el 15 representa "me gusta mucho", por lo que se considera entonces que el producto es aceptable. Se observó que el 82 % de las personas que evaluaron el producto lo consideraron aceptable, compraría el producto, mientras que el 18% de las mismas, no lo compraría. De las personas que consideraron que el producto no fue aceptable, aproximadamente el 15 % dijo que sí lo compraría, quizá por considerarlo un alimento sano y como fuente de fibra.

En general, la textura es algo que modificarían. Para ellos, la fritura multigrano les pareció un poco dura, por lo que sugirieron hacerle modificaciones al proceso de elaboración a fin de mejorarla.

CONCLUSIONES

Se adecuó el proceso de nixtamalización para el cocimiento de trigo y garbanzo. Se obtuvo una masa manejable y con la adhesividad y cohesividad adecuadas para la elaboración de las frituras.

La diferencia en composición, así como en la distribución del tamaño de las partículas de la masa afectó la absorción de aceite de las frituras

Las frituras obtenidas ofrecen un mayor aporte de proteína y fibra dietaria, así como un porcentaje menor de aceite con respecto a las frituras de maíz comerciales, sin comprometer la aceptabilidad del producto.

REFERENCIAS

1. Adams JF y Engstrom AA. 2000. Dietary intake of whole grain vs. recommendations. *Cereal Foods World*. 2: 75–78.
2. Aguilera JM, Hernández GH. 2000. Oil absorption during frying frozen parfried potatoes. *J Food Sci*. 65(3):476–479.
3. Ahluwalia T, Usha MS y Awasthi P. 1995. Traditional snack foods from defatted soy flour: textural properties and consumer acceptance. *Beverage & Food World*. 22–24.
4. Anderson JW, Gilinsky NH, Deakins DA, Smith SF, Spencer D, Dillon DW y Oeltgen PR. 1991. Lipid responses of hypercholesterolemic men to oat-bran and wheat-bran intake. *Am J Clin Nutr*. 54: 678-83.
5. A.O.A.C. 2000. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. 15a. ed. Arlington, Virginia, U.S.A
6. Arámbula-Villa G, Barrón-Ávila L, González-Hernandez J, Moreno-Martinez E y Luna-Bárceñas G. 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*. 52(2): 187-194.
7. Bello T, Hix V, Burns R, Risch S, Melita P, Purvis I, Midden T, Bonner B, Hammond N, Knight L y Johnson B. 1998. Tortilla and snack food symposium. *Cereal Food World*. 43: 73-89.

8. Block RJ y Mitchell HH. 1946. The correlation of the aminoacid composition of protein with their nutritive value. *Nutr Abstr Rev.* 16:249.
9. Bouchon P, Aguilera JM, Pyle DL. 2003. Structure oil-absorption relationships during deep-fat frying. *J Food Sci.* 68(9): 2711-2716.
10. Brown L, Rosnen B, Willet W y Sacks FM. 1999. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber; a meta- analysis. *Am J Clin Nutr.* 69:30-42.
11. CASA HERRERA, Inc. 1997. Equipment for corn and tortilla chip production. *Cereal Food World.* 42(9): 755-757.
12. Chávez-Jáuregui RN, Cardoso-Santiago RA, Pinto M y Areás JAG. 2003. Acceptability of snacks produced by the extrusion of amaranth and blends of chickpea and bovine lung. *Int J. of Food Sci and Tech.* 38: 795–798
13. Debnath S, Bhat KK, Rastogi NK. 2003. Effect of pre-drying on kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of chickpea flour-based snack food. *Lebensmittel- Wissenschaft und-Technologie.* 19: 346–348.
14. Del Nobile MA. 2001. Packaging design for potato chips. *J Food Eng.* 47: 211-215
15. FAO/WHO. 1985. Energy and protein requirements. FAO technical report series no 724 Rome, Italy: Food and Agricultural Organization/ World Health Organization.
16. Fiordaliso M, Kok N, Desaher JP, Goethals F, Deboyser D, Robertfroid M & Delzenne N. 1995. Dietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids

and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. *Lipids*. 30: 163–167.

17. Gamble MH, Rice P y Selman JD. 1987. Relationships between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from C.V. Record U.K. Tubers. *J. Food Sci. Technol.* 22: 233-241.
18. García PP. 2005. Apuntes sobre la fibra, en página web de novartis. Disponible en:
<http://nc.novartisconsumerhealth.es/pubs/Apuntesfibrapreview.pdf>
19. Gibson GR, Robertfroid MB. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.* 125: 1401- 1412.
20. Gómez MH, Rooney LW y Waniska RD. 1987. Dry corn flours for tortilla and snack food. *Cereal Food World.* 32 (5): 372-377
21. Gordon DT. 1999. Defining dietary fiber. *Cereal Food World.* 44(2):74
22. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2007. Sector Manufacturero. Encuesta Industrial Mensual. Producción de Alimentos, Bebidas y Tabaco. Resultados Definitivos. Disponible en:
<http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/>
23. Krokida MK, Oreopoulou V, Maroulis ZB. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *J Food Eng.* 44: 39-46

24. Lujan-Acosta J y Moreira RG. 1997. Effects of different drying processes on oil absorption and microstructure of tortilla chips. *Cereal Chem.* 74 (3): 216-223.
25. Moreira RG, Sun X, Chen Y. 1996. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. *J Food Eng.* 31(4):485-98.
26. Obatolu VA, Okoruwa A e Iken JE. 2007. Improvement of home-made maize tortilla with soybean. *Int J of Food Sci and Tech.* 42: 420- 426
27. Olaiz-Fernández G, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Rojas R, Villalpando-Hernández S, Hernández-Avila M, Sepúlveda-Amor J. 2006. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública.
28. Park Y, Hunter DJ, Spiegelman D, Berghvist L y Berrino F. 2005. Dietary fiber intake and risk of colorectal cancer. *JAMA.* 294 (22): 2849-2857.
29. Pedreshi F, Aguilera JM, Arbildua JJ. 1999. CLSM study of oil location in fried potato slices. *Microsc Anal* 39: 21-22.
30. Pins JJ y Kaur H. 2006. A review of the effects of barley β -glucan on cardiovascular and diabetic risk. *Cereal Foods World.* 51(1): 8-11.
31. Pinthus EJ, Weinberg P, y Saguy IS. 1995. Oil uptake in deep fat frying as affected by porosity. *J Food Sci.* 60(4):767-769.

32. Quast DG, Karel M, y Rand WM. 1972. Development of a mathematical model for oxidation of potato chips as a function of oxygen pressure, extent of oxidation, and equilibrium relative humidity. *J Food Sci.* 37: 673.
33. Ramirez-Wong B, Sweat VE, Torres PI y Rooney LW. 1994. Cooking time, grinding, and moisture content effect on fresh corn masa texture. *Cereal Chem* 71(4): 337-343.
34. Robertson GL. 1993. *Food Packaging*. 2a ed. Boca Raton: CRC Press. 240p
35. Rooney LW y Suhendro EL. 1999. Perspectives on nixtamalization (alkaline cooking) of maize for tortillas and snacks. *Cereal Food World.* 44: 466-470
36. Rubio MA. 2002. Implicaciones de la fibra en distintas patologías. *Nutr. Hosp.* 2:17-29
37. Sahai D, Surjewan I, Mua JP, Buendia MO, Rowe M y Jackson D. 2000. Dry matter loss during nixtamalization of a white corn hybrid: Impact of processing parameters. *Cereal Chemistry.* 77(2), 254–258.
38. Senthil A, Ravi R, Bhat KK y Seethalakshmi MK. 2002. Studies on the quality of fried snacks based on blends of wheat flour and soya flour. *Food Quality and Preference* 13: 267–273.
39. Serna-Saldivar SO., Gómez MH, Almeida-Domínguez HD., Islas-Rubio A y Rooney LW. 1993. A method to evaluate the lime-cooking properties of corn (*Zea mays*) *Cereal Chem* 70: 762-764

40. Serna-Saldivar SO. 1996. Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales. A.G.T. ed., S.A. México, D.F.
41. Vázquez-Ortiz FA, Caire G, Higuera-Ciapara I, Hernández G. 1995. High performance liquid chromatography determination of free amino acids in shrimp. *J. Liq. Chromatogr.* 18(10): 2059-2068.

40. Serna-Saldivar SO. 1996. Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales. A.G.T. ed., S.A. México, D.F.
41. Vázquez-Ortiz FA, Caire G, Higuera-Ciapara I, Hernández G. 1995. High performance liquid chromatography determination of free amino acids in shrimp. *J. Liq. Chromatogr.* 18(10): 2059-2068.