



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

CENTRO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS



**“DESARROLLO DE UN ALIMENTO FUNCIONAL A BASE
DE MAÍZ NIXTAMALIZADO”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUÍMICO EN ALIMENTOS

PRESENTA:

KARINA GUADALUPE HERNÁNDEZ ROMERO

ASESOR:

DR. SANTIAGO FILARDO KERSTUPP

PACHUCA DE SOTO, HGO. ENERO 2009

El presente trabajo de investigación fue elaborado en el Centro de Investigaciones Químicas, en el laboratorio de Alimentos I, así como en la Unidad Central de Laboratorios, en el laboratorio de Usos Múltiples de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.



Cuando todos te abandonan, Dios se queda contigo.

Mahatma Gandhi.

Nuestros sufrimientos son caricias bondadosas de Dios llamándonos para que nos volvamos a él, y para hacernos reconocer que no somos nosotros los que controlamos nuestras vidas, sino que es Dios quién tiene el control, y podemos confiar plenamente en él.

Madre Teresa de Calcuta.

Dedicatoria

Con todo mi amor, éste trabajo se lo dedico a mi familia que siempre me han apoyado de manera incondicional.

A mi papá, a mi mamá, a mis hermanos y a mis dos amores que son mi esposo y mi hijo.

Agradecimientos

Yo tengo mucho que agradecer:

Primeramente, a Dios por la vida y por permitirme tener una familia maravillosa que a pesar de todos los obstáculos que se me han presentado, ellos siempre han estado a mi lado y me han apoyado.

Le agradezco a mis papás, por darme la vida, porque siempre me han apoyado y han creído en mí, los Quiero Mucho.

A mi esposo, gracias por estar conmigo cuando más te he necesitado, en las buenas y en las malas, nunca olvides que Te Amo.

A mi chiquito, gracias mi amor por el tiempo que me diste para realizar mi sueño, por los momentos que tuve que ausentarme para superarme y darte una mejor vida, Te Amo Dieguito.

A mis hermanos:

Toño, no sabes cuánto te admiro, por tu calidad humana y por tu hambre de servicio hacia la gente que te necesita, gracias por tu apoyo espiritual y tu apoyo material, eres mi

ejemplo a seguir, a Enrique, Raúl y Chucho, gracias por estar conmigo siempre y por ayudarme cuando los he necesitado, los Quiero Mucho.

A mi tía Julia, a Lety y Edgar, por su apoyo, por su preocupación y por creer en mí, muchas gracias.

A mi abuelita, tíos y primos, gracias por su apoyo.

A mis suegros, por el tiempo y los cuidados que le han dedicado a mi hijo mientras yo no puedo estar con él.

Al Doctor Santiago, gracias por el apoyo que me brindó para la realización de este trabajo.

A Rosy, por su tiempo y por apoyarme en mi trabajo.

A mis incondicionales amigas, Yury y Nancy, gracias chavitas, por compartir mis locuras, desgracias, alegrías, y principalmente mis sueños, las Quiero Mucho.

A todos mis compañeros de laboratorios, Blanca, Karime, Haydeé, Víctor, Samy, Ana Laura, Mary, Miriam y Adrián, que en algún momento compartimos la mesa y la ilusión de ser profesionistas.

A él Doctor Carlos, Oswaldo y Andrés, gracias por su paciencia, dedicación y por toda su ayuda.

A los Doctores y compañeros que me facilitaron material para terminar mi trabajo.

A todos y cada uno de mis catedráticos, por compartir sus conocimientos, su tiempo y su dedicación.

Al laboratorio de usos múltiples de la UAEH, por las facilidades prestadas para realizar parte de mi investigación.

Y a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por permitirme formar parte de ella y darme la oportunidad de conocer a personas que nunca voy a olvidar.

Gracias a todos de corazón y que Dios los bendiga...

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
RESUMEN	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1. ESTRUCTURA DEL GRANO DE MAÍZ	2
2.1.1. Pedicelo	2
2.1.2. Pericarpio	3
2.1.3. Germen	3
2.1.4. Endospermo	3
2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO	4
2.2.1. Hidratos de carbono	4
2.2.2. Proteína	5
2.2.2.1. Proteínas del endospermo	5
2.2.2.2. Proteínas del germen	6
2.2.3. Lípidos	6
2.2.4. Fibra	7
2.2.5. Minerales	7
2.2.6. Vitaminas	8
2.3. CONSUMO DEL MAÍZ EN MÉXICO	8
2.4. PROCESOS DE ELABORACIÓN DE TORTILLAS	9
2.4.1. Artesanal o tradicional	10
2.4.2. Industrial	11
2.5. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LA MASA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO	12
2.6. TORTILLA	14
2.6.1. Características de calidad de la tortilla	14
2.7. ALIMENTOS FUNCIONALES	14

2.7.1. Clasificación de la fibra dietética	15
2.7.1.1. Fibra dietética soluble	16
2.7.1.2. Fibra dietética insoluble	16
2.7.2. Composición de la fibra dietética	16
2.7.2.1. Celulosa	16
2.7.2.2. Hemicelulosa	17
2.7.2.3. Pectinas	17
2.7.2.4. Lignina	17
2.7.3. Propiedades fisiológicas de la fibra	18
2.7.3.1. Capacidad de absorber sustancias	18
2.7.3.2. Velocidad de tránsito intestinal	18
2.7.3.3. Colesterol en sangre	19
2.7.3.4. Glucemia	19
2.7.3.5. Cáncer	19
2.7.3.6. Volumen de las heces	20
2.8. PROPIEDADES FUNCIONALES Y VALOR NUTRITIVO DE LA MATERIA PRIMA A UTILIZAR	20
2.8.1. Maíz	20
2.8.2. Espinaca	21
2.8.3. Linaza	21
2.8.4. Nopal	22
2.8.5. Perejil	22
2.8.6. Salvado de trigo	23
2.8.7. Zanahoria	23
2.8.8. Alfalfa	23
2.9. ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS	25
2.10. TEXTURA DE LOS ALIMENTOS	26
3. OBJETIVOS	27
3.1. OBJETIVO GENERAL	27
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	27

4. METODOLOGIA	28
4.1. SELECCIÓN DE FUENTES DE ORIGEN VEGETAL	28
4.1.1. Pruebas preliminares para obtener la fórmula de tortillas funcionales	28
4.1.1.1. Análisis sensorial para seleccionar la formulación definitiva	29
4.2. DESARROLLO DE LA FORMULA FINAL	29
4.3. ELABORACIÓN DE LA TORTILLA	29
4.3.1. Adquisición de la materia prima	29
4.4. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DEL PRODUCTO OBTENIDO	33
4.5. ANALISIS DE TEXTURA	33
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES	34
5.1. PRUEBAS PREELIMINARES	34
5.2. ANALISIS SENSORIAL	34
5.3. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL	35
5.4. ANALISIS DE TEXTURA	37
6. CONCLUSIONES	43
ANEXOS	44
GLOSARIO	53
BIBLIOGRAFÍA	55

INDICE DE FIGURAS

1. Partes del grano de maíz	2
2. Tortilla a base de maíz nixtamalizado	8
3. Masa de maíz nixtamalizado con los vegetales seleccionados	31
4. Tortilla de maíz nixtamalizado con los vegetales seleccionados	31
5. Masa de harina de maíz nixtamalizado con los vegetales seleccionados	32
6. Tortilla de harina de maíz nixtamalizado con los vegetales seleccionados	32
7. Pasos a seguir para la elaboración del producto	33
8. Muestra las dos pruebas de tortillas	34
9. Tortilla control 1	38
10. Tortilla de maíz nixtamalizado con fuentes de origen vegetal	39
11. Tortilla control 2	40
12. Tortilla de harina de maíz nixtamalizado con fuentes de origen vegetal	41

INDICE DE TABLAS

1. Composición química de la materia prima	24
2. Ingredientes que contienen las dos formulaciones	28
3. Porcentajes de los ingredientes utilizados	30
4. Resultados del análisis sensorial de la muestra 275	35
5. Resultados del análisis sensorial de la muestra 803	35
6. Resultado del estudio químico proximal	36
7. Resultados de tortilla control 1	38
8- Tortilla de maíz nixtamalizado con fuentes de origen vegetal	39
9. Tortilla control 2	40
10. Tortilla de harina de maíz nixtamalizado con fuentes de origen vegetal	41

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó como una alternativa para consumir fibra por medio de un alimento básico en la dieta del mexicano, una tortilla funcional. Primeramente, se llevó a cabo el desarrollo de dos fórmulas diferentes, la primera contiene nopal, perejil, espinaca, alfalfa, betabel, linaza, salvado de trigo y zanahoria y en la segunda se eliminó el betabel, debido al aspecto que le confiere el color. Posteriormente se realizó una prueba sensorial para elegir una fórmula final que cumpliera con los requerimientos necesarios para el consumidor, la prueba que se llevó a cabo es una prueba afectiva de grado de satisfacción por medio de escalas hedónicas verbales.

Después se elaboraron dos muestras, una con masa de maíz nixtamalizado y otra con harina de maíz nixtamalizado, así como dos muestras sin las fuentes de origen vegetal, para ser utilizadas como control para posteriores análisis.

Al producto final se le realizó el análisis químico proximal, donde se observó que el contenido de fibra, aumentó de un 1.65% en el control, a un 4.21% en la tortilla funcional, además de que también hubo un aumento considerable de proteínas de 5.02% en el control, a un 7.42% en la tortilla funcional, en los demás resultados no hubo diferencia significativa. En cuanto a la tortilla de harina también hubo cambios en fibra y proteínas principalmente.

Y posteriormente se les realizó un análisis instrumental de textura, utilizando el equipo Analizador de textura TAX-T2i, donde la tortilla de maíz nixtamalizado enriquecida con fibra, fue la que obtuvo mayor resistencia a la penetración de la sonda, lo que indica que aparte de ofrecer mayores beneficios que una tortilla comercial, también ofrece una mayor resistencia, esto se busca en una tortilla para mejorar su calidad.

1. Introducción.

El maíz es uno de los alimentos de mayor consumo a nivel mundial. En Latinoamérica, desde México hasta Sudamérica, ha sido el alimento fundamental de su población (Rodríguez, 2005).

El proceso de nixtamalización permite transformar el maíz en tortilla, que es el alimento básico de nuestro país con un consumo diario es de aproximadamente 300 millones de tortillas al día, este cereal y el proceso de nixtamalización han sido la base de la supervivencia y desarrollo de nuestra sociedad desde hace 3500 años (Figuroa y col., 1994).

Actualmente, la falta de una dieta apropiada, debido a la limitación de recursos económicos, a un desajuste en los horarios alimenticios y a la falta de tiempo, han hecho que esta última sea más dependiente de alimentos que contienen grasa, de alimentos instantáneos y comida chatarra. Es en parte que se ha incrementado la obesidad y sobrepeso en nuestro país

Por otro lado, en los últimos años se han descubierto algunos efectos benéficos de la fibra que podrían contribuir a disminuir los riesgos de sufrir estos padecimientos, que constituyen un problema de salud grave.

Es por esto que en este trabajo se pretende elaborar una tortilla funcional, empleando para ello diferentes fuentes de origen vegetal como: maíz, nopal, perejil, espinaca, alfalfa, zanahoria, salvado de trigo y linaza; estos componentes contienen sustancias funcionales.

2. Marco Teórico

2.1. Estructura del grano de maíz

El grano de maíz (Figura 1) está compuesto por cuatro partes principales que son: pedicelo, pericarpio, germen y endospermo.

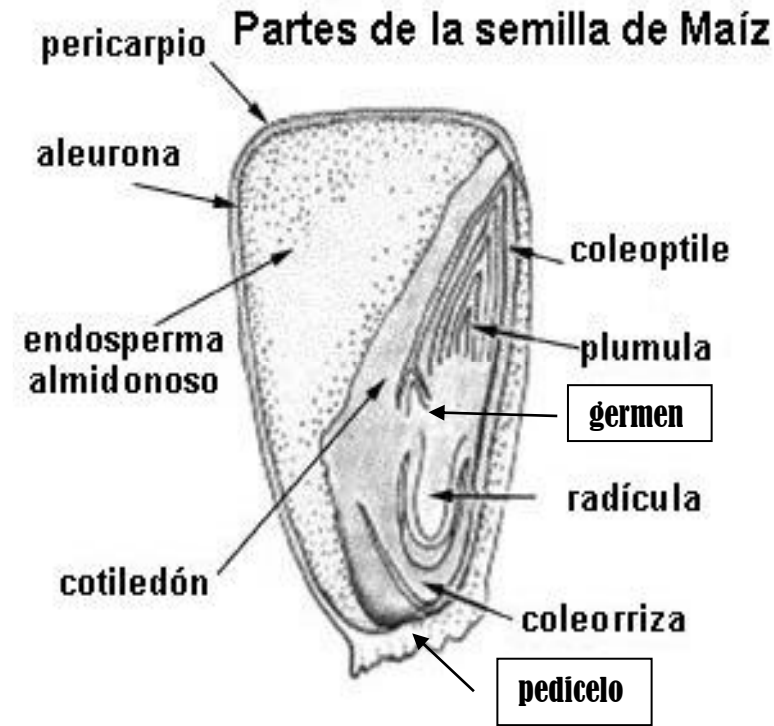


Figura 1. Partes del grano de maíz.

2.1.1. Pedicelo

Es el fragmento más pequeño del grano (la parte mediante la cual el grano se une a la mazorca). Esta estructura esponjosa presenta células bien adaptadas para la rápida absorción de humedad (Inglett, 1970; Báez-Ramírez y Martínez-Borrego, 1990; Marín-Sánchez y Guerrero-Velázquez, 1991).

2.1.2. Pericarpio

El pericarpio está compuesto morfológicamente de las siguientes partes:

Una capa exterior de células muertas, elongadas de pared celular gruesa formando un tejido denso y duro (Wolf y col. 1952a; Inglett, 1970). En la parte inferior de ésta, se encuentra una capa esponjosa de células, que son una continuación de las células del pedicelo. Una membrana delgada conocida como la cubierta del grano o testa, por debajo de esta se encuentra situada la capa de aleurona (Inglett, 1970). Estas capas representan el 5.5% del total del grano (Acero, 2000)

2.1.3. Germen

El germen de un maíz dentado normal representa aproximadamente el 11.5% del peso del grano. El escutelum y el eje embrionario son las dos partes principales del germen. El escutelum forma casi el 90% del germen y sirve como depósito de los nutrientes movilizados y utilizados durante la germinación, conjuntamente en el eje embrionario se desarrolla la plántula durante esta etapa (Inglett, 1970; Báez-Ramírez y Martínez-Borrego, 1990; Marín-Sánchez y Guerrero-Velázquez, 1991). En él se encuentran el 83% de los lípidos, el 70% de los azúcares y el 26% de las proteínas del grano. La mayoría de las proteínas del germen son albúminas y globulinas y probablemente componentes del sistema enzimático de la célula (Watson, 1987).

2.1.4. Endospermo

El endospermo de un grano maduro dentado normal está compuesto de las regiones córnea y harinosa; las cantidades de dichas partes varían considerablemente dependiendo del tipo del maíz. Generalmente, para el maíz dentado, la relación de córneo a harinoso es alrededor de 2.1 (Wolf y col., 1952b; Inglett, 1970). El maíz palomero y duro tienen principalmente regiones córneas con un pequeño núcleo de endospermo harinoso, las variedades de endospermo harinoso tienen poco material córneo.

La porción principal del endospermo de maíz consiste de gránulos de almidón, los cuales están unidos entre sí, por medio de una matriz proteica (Duvick, 1961; Inglett, 1970). La porción central contiene los gránulos más grandes (10-30 μ), el tejido asociado a la periferia contiene gránulos de almidón sucesivamente más pequeños (Inglett, 1970; Báez-Ramírez y Martínez Borrego, 1990; Marín-Sánchez y Guerrero-Velázquez, 1991).

El endospermo contiene el 75% del total de las proteínas que se encuentran en el grano entero, que son principalmente proteínas insolubles a las que se les atribuye la dureza del endospermo (Allen, 1993).

2.2. Composición química del grano

Los principales componentes químicos del grano son: almidones, proteínas, lípidos y en menores cantidades fibra, azúcares, minerales y existen trazas o indicios de otros compuestos orgánicos (Inglett, 1970).

2.2.1. Hidratos de carbono

El maíz es una fuente importante de hidratos de carbono (75.3%) y el principal de ellos es el almidón, que representa el 72% de los componentes totales y se localiza principalmente en el endospermo, aunque también en niveles significantes en las otras tres fracciones principales del grano (embrión, pedicelo y pericarpio). El almidón está constituido por dos tipos de moléculas, amilosa y amilopectina. La proporción es alrededor del 27% de amilosa y 73% de amilopectina. La amilopectina es una molécula ramificada con enlaces glucosídicos α -(1-4) en la porción lineal de la molécula y α -(1-6) en los puntos de ramificación y podría contener 40 000 unidades de D-glucosa o más. La amilosa es una molécula esencialmente lineal y tiene alrededor de 1000 unidades de D-glucosa (Báez-Ramírez y Martínez-Borrego, 1990; Marín-Sánchez y Guerrero-Velázquez, 1991).

La solubilidad del almidón depende de la cantidad disponible de grupos hidroxilo en el medio. La amilosa y la amilopectina se unen mediante puentes de hidrógeno y conjuntamente a otras moléculas individuales: por lo que existen pocos grupos hidroxilo libres para asociarse con el agua, siendo por tanto muy baja la solubilidad del almidón (Watson, 1987).

Los azúcares libres se encuentran presentes en cantidades muy bajas, constituyen solo el 2% del grano en base seca. Los monosacáridos comprenden principalmente D-fructosa y D-glucosa. Y los disacáridos y trisacáridos se componen de sacarosa y rafinosa, respectivamente.

2.2.2. Proteínas

El grano de maíz presenta un bajo contenido de proteínas. Además, éstas son consideradas de baja calidad nutricional, ya que casi el 50% de ellas son zeína, una fracción proteica que no puede ser digerida por animales monogástricos y debido a que es deficiente en los aminoácidos esenciales para el consumo humano, específicamente, lisina y triptófano (Mertz, 1970).

Las proteínas constituyen aproximadamente 6–10% del grano y se localizan principalmente en el endospermo y en el germen (Figuroa y col., 1994). Estos compuestos fueron clasificados en 1907 por Osborne de acuerdo a su solubilidad en: albúminas (solubles en agua), globulinas (solubles en soluciones salinas), prolaminas o zeínas (solubles en etanol al 70-80%), gluteínas (solubles en hidróxido de sodio) y

escleroproteínas (insolubles en soluciones acuosas). De las cuales, en el grano de maíz, la principal fracción son las prolaminas (Anderson, 1970; Inglett, 1970).

2.2.2.1. Proteínas del endospermo

Las proteínas del endospermo, son las principales proteínas de almacenamiento, están formadas principalmente por zeína. La zeína presenta baja concentración de aminoácidos básicos, niveles moderados de prolina y ácido glutámico (glutamina), altos niveles de ácido aspártico (asparagina), niveles altos de alanina y leucina y ausencia de triptófano (Wilson, 1987). Las proteínas restantes son albúminas, globulinas y gluteninas; éstas tienen una composición de aminoácidos diferentes de la zeína, y en ellas están situadas las diferentes enzimas del endospermo. Además, estas proteínas no son deficientes en aminoácidos esenciales (Watson, 1987; Wilson, 1987).

2.2.2.2. Proteínas del germen

Las proteínas del germen tienen un valor biológico más alto que las proteínas del endospermo. Las albuminas forman parte de una tercera parte del nitrógeno total del germen (Wilson, 1987). Este tipo de fracciones explica la diferencia en la composición de aminoácidos en las proteínas del endospermo y el germen (Mertz, 1970).

2.2.3. Lípidos

El contenido de lípidos varía de acuerdo a la proporción del germen presente en el grano y su contenido de aceite. En general, el grano contiene el 4.5 % de lípidos y de este total el 85% están presentes en el germen, el cual es la fuente comercial del aceite de maíz. Estos lípidos se encuentran principalmente como triglicéridos de ácidos grasos, además de fosfolípidos, esteroides, tocoferoles y carotenoides (Watson, 1987).

El aceite de maíz es una buena fuente del ácido graso poliinsaturado esencial, ácido linoléico y muy poco contenido (menos del 1%) de ácido linolénico, susceptible a rancidez. También presenta bajos niveles de ácidos grasos saturados, ácido palmítico y esteárico y niveles muy bajos de ácido láurico, mirístico, palmitoleico, araquídico, behénico, erúsico y lignocérico (Weber, 1987).

La función principal de los lípidos, o de los ácidos grasos, es de proveer al organismo la energía necesaria para desarrollarse, mantenerse y realizar actividades físicas. Estos pueden ser movilizados rápidamente por el cuerpo, cuando éste necesita energía. La grasa almacenada en el tejido adiposo de un adulto se estima en 141000 Kcal,

comparada con 1000 Kcal de los hidratos de carbono y 24000 Kcal de las proteínas (Amadori, 1989).

La mayor proporción de los lípidos que consume el organismo los destina a la obtención de energía (\pm 20% de las calorías totales), sin embargo, una pequeña fracción (5-6% de las calorías totales) de ácidos grasos específicos desempeñan un papel bioquímico muy importante, pues son los precursores de síntesis que conducen a sustancias que se conocen como potentes reguladores biológicos en el organismo, como las prostaglandinas, los leucotrienos y los tromboxanos (Amadori, 1989).

Estos ácidos grasos son los únicos que no puede sintetizar el organismo y sin embargo son fundamentales para su funcionamiento normal, de aquí que se le llame ácidos grasos esenciales (Amadori, 1989). Estos son el ácido linoléico y el ácido linolénico.

2.2.4. Fibra

El maíz se considera una fuente de fibra dietética. La constituyen principalmente aquellos hidratos de carbono estructurales que son insolubles en agua como las glumas, el pericarpio y las paredes celulares del endospermo (Watson, 1987). El salvado (pericarpio) de maíz está compuesto de hemicelulosa (70%), celulosa (23%) y lignina (0.1%).

En cuanto a su digestibilidad, hay que matizar que los microorganismos del colon pueden digerir entre un 10 y un 80 % de la fibra, pudiéndose absorber parte de los compuestos generados.

2.2.5. Minerales

En el maíz, al igual que en los otros cereales, los niveles de calcio, fósforo, potasio y magnesio son bajos. El germen es la parte del grano que contiene la mayor proporción de estos, los cuales son utilizados durante el posterior desarrollo del embrión. El componente inorgánico más importante es el fósforo (0.29% en promedio) (O'Dell y col., 1972).

Otros elementos están asociados con el pericarpio y la capa de aleurona, como son potasio 0.33%, azufre 0.12%, calcio 0.01%, magnesio 0.28% y selenio 0.04% mientras que en el endospermo se encuentran presentes bajas cantidades (Allen, 1993).

2.2.6. Vitaminas

El maíz contiene dos vitaminas liposolubles: A (β -caroteno) y E (tocoferoles). El contenido de β -caroteno en el maíz es variable, atribuido a la variabilidad genética y es desnaturalizado gradualmente por oxidación, junto con otros pigmentos carotenoides; La vitamina E es susceptible de ser oxidada. Los requerimientos nutricionales de esta vitamina se incrementan a medida que se incrementa el nivel de ingesta de ácidos grasos poliinsaturados (Sebrell y Harris, 1972).

Además de estas vitaminas liposolubles el maíz contiene una gran parte de hidrosolubles (tiamina, ácido pantoténico, niacina, etc.)

La tiamina (B1) y piridoxina, están presentes en concentraciones suficientes para el consumo animal. El contenido de piridoxina disponible en el maíz ha sido estimado en 2.69 mg/Kg. El maíz contiene alrededor de la mitad de colina, y algunas veces menos ácido fólico, ácido pantoténico, piridoxina, riboflavina y tiamina en relación a los granos de cebada, avena y trigo. El niacina presente en altas concentraciones en el maíz, como en muchos otros cereales, se encuentra unida a otros compuestos, lo cual la vuelve indisponible para animales monogástricos, incluyendo humanos, la carencia de esta vitamina puede provocar la pelagra, reconocida por ser el resultado de la deficiencia de niacina en animales y humanos que consumen en su dieta grandes niveles de maíz (Anónimo, 1982).

El tratamiento alcalino del maíz para la producción de tortillas (nixtamalización) incrementa notablemente la cantidad de niacina disponible, ya que la cocción con cal rompe el enlace glucosídico que une al niacina con el compuesto ligante (Allen, 1993).

2.3. Consumo del maíz en México

En México el maíz representa la mitad del volumen total de alimentos consumidos cada año, cerca del 60% de la producción, se dedica al consumo humano. Recientemente se ha incrementado el consumo para fines pecuarios, sobre todo avícolas, a lo que corresponde el 26% del total consumido (Fristcher, 1999). Por ejemplo, el uso del grano para alimentos balanceados se incrementó de 5.9 millones de toneladas en el 1994 a 6.6 millones de toneladas en el 2000 (Cámara Nacional de la Industria del Maíz, 2001).

En cuanto a la superficie cosechada de 1996 al año 2000 aumentó de 8,050,931 Ha a 9,411,600 Ha. La producción por hectárea aumentó de 18.0 millones de toneladas a 22.4 millones de toneladas, respectivamente, en tanto la población lo hizo en la misma

proporción; es por eso que las importaciones aumentaron en el año 2000, a 3 millones de toneladas. Es decir, que los aumentos en productividad fueron insuficientes para atender la demanda total del grano, pero adicionalmente se constata que la apertura comercial no explica las importaciones masivas del grano, pues éstas le anteceden. En México el maíz representa la mitad del volumen total de alimentos consumidos cada año, y proporciona a la población cerca de la mitad de las calorías requeridas (Fristcher, 1999).

El destino principal del grano, tanto para consumo final como intermedio, es la elaboración de tortillas de forma doméstica e industrial (Reyes, 1990).

En México, la tortilla forma parte de la dieta de todos los estratos sociales, con un consumo per cápita de 120 Kg por año (Paredes y Saharópulos, 1993), es decir 328 g/día de tortilla. La tortilla provee 38.8% de las proteínas, 9% de fibra y 49.1% del calcio de la dieta diaria de la población de México y en zonas rurales provee aproximadamente el 70% del total de calorías y el 50% de las proteínas ingeridas diariamente (Figueroa y col., 1994).

2.4. Procesos de elaboración de tortillas

Para la elaboración de tortillas existen dos procesos, el artesanal, que es el proceso tradicional desarrollado por los aztecas en épocas prehispánicas, y el proceso industrial.

2.4.1. Artesanal o tradicional

La palabra nixtamalización, castellanizada del náhuatl (nextli: cal de cenizas y tamalli: masa cocida de maíz), significa maíz cocido con cal (Cabrera, 1972).

Durante este proceso el maíz se hierva con agua en una proporción de 1:3 (peso-volumen), a la cual se le añade de 1 a 3% de cal, con lo que se alcanza un pH de 11 a 13, aproximadamente a 90 °C por 50 a 90 minutos, dependiendo de la variedad que se trate, las de endospermo suave requieren menos tiempo, comparado con las de endospermo duro. Posteriormente se deja reposar alrededor de 14 horas. El líquido de cocción (nejayote) se elimina y el maíz cocido (nixtamal) se enjuaga dos o tres veces con agua para eliminar el exceso de cal, sin remover el germen (Trejo y col., 1982).

La cal, en la nixtamalización, facilita la remoción del pericarpio durante la cocción y el remojo, tiene un efecto en el sabor, color, vida de anaquel y el valor nutritivo del maíz (Rooney, 1996).

El proceso de nixtamalización aparte de remover el pericarpio, incrementa el sabor y mejora la calidad nutricional del grano. Aumentando la biodisponibilidad de vitaminas, cambiando el perfil de solubilidad de las proteínas y el balance de aminoácidos asimilables e incrementando la cantidad de calcio, lo cual mejora la relación calcio-fósforo y aumenta la biodisponibilidad del primero (Serna y col., 1990).

En este proceso térmico alcalino existen pérdidas importantes de nutrientes, estas varían de 9.21 a 14.4% e incluyen fibra, almidón, proteínas y aminoácidos esenciales. Por otra parte, existen nutrientes que se destruyen o se solubilizan en el nejayote, tales como, minerales, grasas, globulinas y albúminas (Bressani, 1990).

Posteriormente, el nixtamal después de lavado es molido con la adición de pequeños volúmenes de agua, la masa obtenida es moldeada para formar las tortillas; la tortilla puede ser definida como un pan plano de maíz nixtamalizado sin levadura (Durán, 1996; Figura 2).



Figura 2. Tortilla a base de maíz nixtamalizado.

2.4.2. Industrial

A nivel industrial el maíz es cocido usando diferentes procesos. Las variables importantes son: tipo de maíz, tiempo y temperatura de cocimiento, concentración de cal, frecuencia de agitación (para mantener la cal en suspensión) y la etapa de lavado del

nixtamal. El procesamiento más común utiliza ollas de cocimiento conteniendo agua, cal y maíz, a las cuales se les inyecta vapor de agua hasta alcanzar una temperatura cercana a la ebullición. El agua de cocimiento es circulada y el maíz es escurrido, manteniendo la cal en suspensión. Para su empleo en tortillas, el maíz es mantenido a una temperatura cercana a la de ebullición durante tiempos de 35-40 minutos. Al final del cocimiento se adiciona agua fría y se reposa de 8 a 12 horas. Posteriormente se procede al lavado, generalmente utilizando barriles rotatorios horizontales o tambores que adicionan el agua a presión en forma de 'spray'. Para la producción de masa fresca, el nixtamal es lavado y molido. Para tortillas, la masa es formada en piezas circulares, cocidas generalmente en una estufa de gas en bandas transportadoras a temperaturas entre 300 y 320° C.

Por otra parte, debido a la gran demanda de productos a base de masa de maíz nixtamalizado, se ha implementado un proceso industrial que permite su utilización en zonas alejadas de los centros de producción y utilizarlas en tiempos posteriores a su elaboración. En México las harinas instantáneas han adquirido popularidad entre la población urbana debido a que eliminan las labores intensivas y tediosas del proceso tradicional (Gómez y col., 1987).

Hace aproximadamente 40 años, debido al ritmo acelerado de la vida de las grandes ciudades, se desarrolló el proceso para la producción de harinas de maíz nixtamalizado, con la idea de obtener una harina que fuese fácilmente rehidratada, accesible durante todo el año y se pueda elaborar rápidamente tortillas en casa. A distinta escala que el proceso de nixtamalización, el proceso de producción de harina de maíz es semejante al que se emplea en los molinos de nixtamal, con un proceso adicional de secado (Bello-Pérez y col., 2002).

2.5. Propiedades físico-químicas de la masa de maíz nixtamalizado

La masa obtenida es una mezcla constituida por los polímeros del almidón (amilosa y amilopectina) mezclados con gránulos de almidón parcialmente gelatinizados, gránulos intactos, partes de endospermo y lípidos. Todos estos componentes forman una malla compleja heterogénea dentro de una fase acuosa continua (Gómez y col., 1987). Además, la reasociación de la amilosa y la amilopectina, que depende del tiempo y la temperatura, modifica constantemente el contenido total de agua (Pflugfelder y col.,

1988) y su distribución dentro de esta matriz. Este proceso tiene la mayor repercusión en las propiedades reológicas y de textura de los productos elaborados a partir de masa. A pesar de esta complejidad, se ha avanzado en el entendimiento del proceso de nixtamalización y sus efectos en el grano de maíz (Rooney, 1996). La cal actúa en los componentes de la pared celular del grano de maíz y convierte la hemicelulosa en gomas solubles. De esta forma, el tratamiento térmico-alkalino gelatiniza el almidón, saponifica parte de los lípidos, libera la niacina y solubiliza parte de las proteínas que rodean los gránulos de almidón. Adicionalmente, debido al pH, las cadenas de glucosa a partir de la amilosa y la amilopectina se cargan, lo cual ayuda a disminuir la retrogradación. De cualquier manera, para unir todos estos eventos y producir una masa de alta calidad, tanto la nixtamalización como la molienda del nixtamal deben ser óptimos (Rooney, 1996).

Durante la nixtamalización, pequeñas cantidades de gránulos de almidón son gelatinizados y la mayor gelatinización se debe a la fricción durante la molienda, durante la cual también se dispersan parcialmente los gránulos hinchados dentro de la matriz, los que actúan como un pegamento que mantiene unidas las partículas de masa. Mucho almidón gelatinizado (debido a un cocimiento excesivo) produce una masa pegajosa que es difícil de manejar. Por otro lado, poco cocimiento produce una masa sin cohesividad que da origen a tortillas de textura inadecuada. Sin embargo, la molienda por sí misma no puede ser utilizada para gelatinizar el almidón en un nixtamal que no fue bien cocido (Rooney, 1996).

Ésta es la principal diferencia entre la masa obtenida con el proceso tradicional y la usada para elaborar harinas de maíz nixtamalizado (HMN). La naturaleza altamente hidratada del nixtamal en la producción de masa facilita la liberación de los gránulos de almidón durante la molienda a partir de la matriz proteínica. En el caso de las HMN, éstas son obtenidas por molienda utilizando nixtamal con bajo contenido de humedad, lo que no permite la liberación de los gránulos de almidón a partir de los otros componentes presentes en el grano de maíz. En consecuencia, las partículas de las HMN son diferentes a las de las masas. Las partículas de las masas tienen cantidades significativas de gránulos libres de almidón con bajo contenido de proteína, mientras en las HMN las partículas tienen una cantidad de almidón y proteínas similar a la presente en el endospermo del grano de maíz (Gómez y col., 1987).

La ventaja práctica de utilizar HMN es que únicamente se debe rehidratar con agua para obtener la masa, la cual es moldeada y cocida para obtener las tortillas. Aunque las características fisicoquímicas de las HMN producidas industrialmente son más consistentes, pequeñas variaciones en el proceso afectan significativamente la calidad de los productos elaborados con éstas. Entre las principales propiedades fisicoquímicas asociadas con la funcionalidad de las HMN están la distribución del tamaño de partícula, pH, la capacidad de absorción de agua y la reología de las masas (Figueroa y col., 1994)

2.6. Tortilla

La tortilla puede ser definida como un pan plano de maíz nixtamalizado sin levadura (Durán, 1996). Alrededor de 35 a 50 gramos de masa se aplanan para obtener un disco, de 15 a 20 cm de diámetro y 0.2 a 0.3 cm de grosor, el cual se cuece sobre una superficie metálica caliente (Paredes y Saharópulos, 1993).

2.6.1. Características de calidad de la tortilla

Las características de calidad de las tortillas de maíz varían entre las regiones de México, y fuera del país. Existen tortillas delgadas, con pesos de 18 a 23 g y gruesas, de 28 a 34 g, algunas son infladas durante la cocción, mientras que otras se prefieren sin inflar, sin embargo, es importante y necesaria la flexibilidad y firmeza para usarse como taco o cuchara. La superficie no debe ser porosa, debe tener suficiente humedad para recalentarse y mantenerse flexible, ya que las tortillas de baja humedad se hacen rígidas. La tortilla en general, después de enfriarse, pierde humedad, en virtud de la pérdida de gomas naturales durante el proceso de nixtamalización, razón por la cual, en algunos casos se le agregan gomas para conservar la humedad y flexibilidad (Almeida y Rooney, 1996; Mauricio, 1997).

En cuanto a sabor y aroma, éste es característico a la mezcla de la cal con el maíz (Ordaz, 1994). Y en cuanto al color, se prefieren blancas o amarillas, aunque por regiones geográficas dentro de México son de muy diversos colores: azules o rojas, siempre se buscan de colores brillantes (Almeida y Rooney, 1996).

2.7. Alimentos funcionales

El término “Alimentos Funcionales” se refiere a un alimento, que además de proporcionar nutrientes, proporciona igualmente un efecto benéfico sobre la salud. El término se puede aplicar como tal a los alimentos fortificados, enriquecidos o mejorados, y a los suplementos que tienen el potencial de mejorar el bienestar físico y mental y reducir el riesgo de enfermedades. Los ingredientes responsables de este efecto benéfico pueden estar presentes de forma natural en el alimento o haber sido adicionados durante el procesamiento. Los niveles de nutrientes en los alimentos se pueden incrementar por encima de sus niveles naturales y así, dar lugar a un producto enriquecido. Los productos fortificados contienen nutrientes o ingredientes que no estaban presentes en el alimento original (Berner y O'Donnell, 1998).

La fortificación de la tortilla es una tecnología para enriquecer con nutrientes, los cuales pueden ser micronutrientes como: vitaminas y minerales, y macronutrientes como: proteínas y fibra.

La norma oficial mexicana NOM-147-SSA1-1996 establece la posibilidad de adicionar cualquier ingrediente nutritivo, siempre y cuando este no tenga un efecto nocivo a la salud (Camacho, 1999).

Dentro de éstos encontramos la fibra dietética, que es un componente habitual de los alimentos de origen vegetal, ha tomado un gran interés en el mundo por la estrecha relación entre la carencia de fibra en la dieta y la incidencia de determinadas enfermedades y trastornos fisiológicos, sobre todo en países industrializados.

Se han dado otras definiciones que amplían el concepto de fibra. La American Association of Cereal Chemist (2001) define: “la fibra dietética es la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso”, y se recomienda una ingesta diaria de 20 a 35g de fibra de diferentes fuentes (Molina y Paz, 2007).

Los alimentos más ricos en fibra son el salvado, semillas completas, sobre todo de cereales (es decir alimentos integrales), frutos secos, legumbres, tubérculos y frutas (Moreno, 2000).

2.7.1. Clasificación de la fibra dietética

Se han propuesto numerosas clasificaciones de la fibra dietética, según su relación con las estructuras de la pared celular, según su naturaleza química, etc. La clasificación más interesante desde el punto de vista nutricional se realiza en función de su solubilidad en agua. Los efectos fisiológicos varían notablemente según su capacidad de disolverse en ella (Moreno, 2000).

2.7.1.1. Fibra dietética soluble

Incluye pectinas, gomas, mucílagos, ciertos tipos de hemicelulosa solubles y polisacáridos de reserva de la planta. Se asocia con la reducción de los niveles de glucosa y de colesterol y la estabilización del vaciamiento gástrico. Esta fracción, aunque variable, suele ser muy abundante en frutas, vegetales foliáceos, hortalizas y legumbres (25%-40% respecto al total de fibra dietética) ;(Alemany, 1992).

2.7.1.2. Fibra dietética insoluble

Incluye la celulosa, lignina y algunas fracciones de la hemicelulosa. Predomina en las hortalizas, verduras, leguminosas frescas y en los granos de cereal. Se relaciona con la capacidad de retención de agua (aumento del peso de las heces), el intercambio iónico, la absorción de ácidos biliares, minerales, vitaminas y otros, y su interacción con la flora microbiana (Gibney, 1990).

Este componente de la fibra apenas sufre procesos fermentivos y está más relacionada con la regulación de tránsito intestinal (Alemany, 1992).

2.7.2. Composición de la fibra dietética

Son numerosos los componentes de la fibra dietética, destacando: lignina, celulosa, hemicelulosa, alginatos, carragenatos, pectinas, xantanos, gomas, xiloglucanos, gomas de exudación, dextranos, inulina y 1,3- β -D-glucanos. Y se incluyen tanto los que están presentes en los alimentos como los adicionados como aditivos (Mahan, 1998).

2.7.2.1. Celulosa

Es el polisacárido estructural, componente de las paredes celulares vegetales y constituye la molécula más abundante de la naturaleza. Es un polímero lineal no ramificado de D (+) glucosa que posee enlaces glucosídicos $\beta(1-4)$. De la hidrólisis completa de esta con ácidos concentrados se obtiene D-glucosa, pero la hidrólisis parcial genera el disacárido celobiosa.

El tracto digestivo de los mamíferos no posee enzimas capaces de degradar la celulosa, ya que no es hidrolizada ni por la α -amilasa, ni por la β -amilasa. Presenta una elevada afinidad por el agua, aunque es insoluble en ella. Se encuentra fundamentalmente en frutas, hortalizas y cereales (Chapuy, 1994).

2.7.2.2. Hemicelulosa

No está relacionada estructuralmente con la celulosa. Está formada por polímeros de pentosas, sobre todo D-xilanos, los cuáles son derivados de la D- xilosa y poseen cadenas laterales de arabinosa y otros azúcares (ácido glucurónico y galactosa), lo que le confiere distintas propiedades químicas (Moreno, 2000).

2.7.2.3. Pectinas

Es un polímero de unidades de metil D-galacturonato unidas por enlaces glicosídicos (β 1-4). Una propiedad física de las pectinas es la de formar geles termorreversibles a pH 3, que en presencia de Ca y otros cationes divalentes los hace insolubles en agua. El contenido de pectinas es mayor en frutas y menor en hortalizas y cereales (Jasmen y Poirrier, 1993).

2.7.2.4. Lignina

Es una sustancia cementante intracelular propia de los vegetales de estructura y naturaleza amorfa y compleja. Contiene componentes fenólicos, polisacáridos, ácidos urónicos y proteínas. Representa la parte hidrofóbica de la fibra dietética. El contenido medio de lignina en cereales, hortalizas crudas y frutas es de 7, 3 y 17%, respectivamente, siendo especialmente alto en semillas de frutas y vegetales maduros (Hernández y col., 1995).

Existen otros componentes de la fracción de fibra dietética que no estarían incluidas dentro de la definición y cuyo significado biológico puede ser muy importante, como es el caso de proteínas de la pared celular, polifenoles de alto peso molecular, cutinas, ácido fítico, ésteres de ácido acético, minerales y almidón resistente (Moreno, 2000).

2.7.3. Propiedades fisiológicas de la fibra

2.7.3.1. Capacidad de absorber sustancia

Entre las mallas de la fibra vegetal pueden quedar retenidas algunas sustancias como el colesterol, los ácidos biliares y diversas sustancias tóxicas que se introducen en los

alimentos. Evitándose de esta manera que entren en contacto con la mucosa intestinal, lo que favorece su eliminación. Sin embargo, pueden quedar retenidas ciertas cantidades de calcio, hierro, magnesio y zinc, que pueden eliminarse por las heces (Cervera y col., 1993).

2.7.3.2. Velocidad de tránsito intestinal

Los componentes no hidrosolubles aumentan la velocidad del tránsito intestinal. Las fibras hidrosolubles (pectina y goma guar, entre otras) tienen la propiedad de disminuir la velocidad de absorción intestinal de la glucosa (el vaciamiento gástrico resulta más lento), y además dificultan el contacto con el epitelio intestinal absorbente. Como consecuencia de todo ello, el paso de la fibra a lo largo del aparato digestivo puede tener diversos efectos (Espejo, 1998):

- Sensación de saciedad, lo que provoca una menor ingesta de alimentos.
- Regulación intestinal.
- Disminución del tiempo de tránsito intestinal de los alimentos.
- Control del estreñimiento y aumento de la excreción.
- Retraso de la absorción de glucosa y, por tanto, menor índice glucémico.
- Disminución del colesterol.
- Menor contenido calórico en la dieta.
- Mantenimiento y desarrollo de la microflora intestinal.
- Mayor excreción de grasa y proteína.
- Factor preventivo de cáncer intestinal.

2.7.3.3. Colesterol en sangre

La fibra (concretamente la fracción soluble) también tiene efectos hipocolesterolémicos. Algunos de los compuestos con propiedades hipocolesterolémicas son las pectinas, galactomananos (gomas) y concentrados de cítricos. Los mecanismos de acción son varios: aumento del contenido gastrointestinal, que interfiere en la formación de micelas y absorción de lípidos, aumento y excreción de esteroides y ácidos biliares e inhibición de síntesis de colesterol hepático, debido a la absorción del ácido propiónico formado en la fermentación. Estos mecanismos actúan significativamente en las tasas de colesterol del suero sanguíneo (Brown, 1999).

2.7.3.4. Glucemia

La fibra dietética produce un retraso de la absorción de la glucosa de la dieta en el intestino. Esta propiedad está fundamentalmente asociada a la fracción soluble, y más concretamente, a su capacidad para formar geles coloidales que disminuyen el contacto del quimo gelificado con la mucosa intestinal y, por tanto, la tasa de digestión enzimática. Este efecto resulta de gran interés, ya que los picos de glucemia se atenúan y, por tanto, la incidencia insulínica no tiene por qué ser tan brusca, con lo que mejora la eficacia insulínica en diabéticos (López, 1992).

2.7.3.5. Cáncer

Una ingesta alta en fibra se asocia con un menor riesgo de cáncer colorrectal. Una de las hipótesis sobre el desarrollo de cáncer de colon y recto, es que, a partir de las excesivas cantidades de ácidos biliares en el intestino, se forman algunas sustancias cancerígenas. La fibra tendrá un efecto beneficioso importante porque reduce la secreción de ácidos biliares e incrementa su excreción en las heces. Por otra parte, la alta capacidad de retención de agua puede diluir la concentración de agentes cancerígenos y también adsorberlos en su superficie. La fibra reduce el tiempo de contacto de las sustancias cancerígenas con las paredes del intestino. Además, el ácido butírico formado por la fermentación puede inhibir la formación de tumores, que se ve potenciada por los bajos pH que resultan de la fermentación de la fibra en el colon. Tradicionalmente, se ha considerado que la fibra tiene valor energético nulo. No obstante, su fermentación en el colon produce energía. Una parte de esta energía se pierde en la producción de gases y masa bacteriana fecal, pero una cantidad importante procedente de la absorción de los ácidos de cadena corta producidos en el proceso de fermentación es energía asimilable metabólicamente (Brown, 1999).

2.7.3.6. Volumen de las heces

Tanto por su presencia como por su capacidad de retención de agua, la fibra aumenta el volumen del contenido intestinal. Al aumentar el volumen del contenido colónico, provoca un aumento de su peristaltismo, lo que facilita la función evacuatoria (Cervera y col., 1993).

2.8. Propiedades funcionales y valor nutritivo de la materia prima a utilizar

Últimamente la tendencia general en el consumo de alimentos es buscar un buen aporte de nutrientes y que además los alimentos sean benéficos para el organismo. En este contexto existe una gama de alimentos: son los llamados alimentos funcionales, de los que se espera no solo un aporte nutritivo, sino un beneficio para la salud y para la prevención de enfermedades (Hernández, 1999).

2.8.1. Maíz

Es un alimento básico para el hombre, constituye una fuente excelente de carbohidratos, fibra, proteínas y de grasas, además de diferentes tipos de antioxidantes.

Los carotenoides son constituyentes del grano de maíz que determinan aspectos de calidad. Estos son precursores de la vitamina A y las xantofilas imparten un color deseable a la yema del huevo y a la piel de los parrilleros. Los carotenoides funcionan también como antioxidantes. La presencia de provitamina A y otros antioxidantes en el maíz son relevantes porque estos compuestos están asociados con la prevención de enfermedades degenerativas.

La cantidad y tipo de tocoferoles presentes en el grano de maíz pueden considerarse un factor de calidad, ya que ellos poseen actividad provitamina E y a su vez protegen de la oxidación a las dobles ligaduras de los ácidos grasos insaturados. Por otra parte, hay indicios que estos compuestos intervienen en la prevención de enfermedades degenerativas (Souci y col., 1994).

2.8.2. Espinaca

Las espinacas están compuestas en su mayoría por agua. Su contenido de hidratos de carbono y grasas es muy bajo. Aunque tampoco tiene una cantidad muy alta de proteínas, es uno de los vegetales más ricos en este nutriente. Es uno de los vegetales que tienen un mayor contenido de fibra, lo que resulta beneficioso para la salud.

Las espinacas destacan sobre todo por una riqueza en minerales y vitaminas que sobrepasa a la de la mayoría. Ricas en hierro, calcio, magnesio, potasio, fósforo, yodo y sodio todos minerales de gran ayuda para la absorción de los alimentos.

En relación con su riqueza vitamínica, las espinacas presentan cantidades elevadas de provitamina A y de vitaminas C y E, todas ellas de acción antioxidante. Asimismo es muy buena fuente de vitaminas del grupo B como folatos, B2, B6 y en menor proporción, también se encuentran B3 y B1 (Anónimo, 2008a).

El sistema digestivo, nervioso, óseo, y celular se encuentran ampliamente protegidos por sus distintas propiedades. También ayuda a regular la glándula tiroidea mediante el yodo que posee, previniendo problemas de tiroides y es de gran importancia para la salud de nuestros ojos debido a que posee ácido ferúlico, glutatión, ácido beta-cumárico, ácido cafeico, y carotinoides (Anónimo, 2008b).

2.8.3. Linaza

La linaza es una fuente abundante de ácidos grasos omega-3, lignanos, fibra con componentes viscosos, fitoquímicos, antioxidantes como lignanos, flavonoides, ácidos fenólicos y tocoferoles, además de grasa y proteína. Estos constituyentes son de gran interés en la industria alimentaria. Adicionalmente su incorporación a la dieta puede representar grandes beneficios a la salud como una influencia positiva sobre los niveles de colesterol, la digestión (alivio contra el estreñimiento), el cáncer y las enfermedades del corazón, razón por la cual es interesante incluirla en la formulación de nuevos productos (Bourgeois, 2002).

2.8.4. Nopal

Esta verdura es rica en fibra dietética, por lo tanto, es ideal para bajar de peso, disminuye el colesterol y en pacientes con diabetes del tipo 2, ha demostrado disminuir la glucosa, también tienen un alto contenido de agua (90,1 %), bajo contenido de lípidos, hidratos de carbono y proteínas, alto contenido de fibra (0.3%, 5.6%, 1.7%, y 3.5%, respectivamente). Son ricos también en minerales, entre ellos el calcio y el potasio (93 y 166 mg/100g, respectivamente), y tienen bajo contenido de sodio (2 mg/100 g) lo que es una ventaja para la salud humana. Su alto contenido en calcio, los hacen muy interesantes por la importancia de este mineral en la dieta. Es ligeramente laxante, facilita la eliminación de parásitos y sirve como tónico cardíaco (Anónimo, 2008c).

2.8.5. Perejil

Es la hierba condimentada más utilizada y conviene utilizarlo crudo para preservar sus vitaminas.

Contiene apiña (el mismo glucósido que se encuentra en el apio) y flavonoides, que confieren acción diurética; aceite esencial, rico en apiol y miristicina que le otorga propiedades emenagógicas (estimula la menstruación), vasodilatadoras y tónicas. Contiene también, fibra, vitamina A, C y E en abundancia, así como fósforo, hierro, calcio y azufre (Bender, 1977). Es un remedio natural en:

- Edemas (retención de líquidos) y celulitis
- Insuficiencia cardíaca
- Orina escasa, grados leves de insuficiencia renal
- Inapetencia, anemia
- Dismenorreas (menstruaciones irregulares, escasas o dolorosas)
- Picaduras de insectos

2.8.6. Salvado de trigo

La cáscara externa del grano de trigo, es una excelente fuente de fibras, proteínas, vitaminas y minerales, también contiene hierro, pero su mayor virtud reside en que, al ser rico en celulosa, es un laxante natural.

En proporciones muy pequeñas al principio, aquellos que tienen desórdenes intestinales pueden agregarlo a su dieta, con el fin de barrer desechos y lentamente regular la función del intestino. Aún en caso de diverticulosis y colon irritable, la desintoxicación paulatina de tracto intestinal mejora la salud de todo el organismo, así como la piel y el cabello. En el salvado se halla gran concentración de micronutrientes, vitaminas, minerales y fibras, en general se puede afirmar, basándose en estudios epidemiológicos, que las dietas de alto contenido de fibras y bajo tenor graso reducen el riesgo de todo tipo de cáncer, especialmente, mama, colon y próstata (Dendy y col., 2000).

2.8.7. Zanahoria

La zanahoria es un alimento rico en yodo y beta-caroteno que en nuestro cuerpo se transforma en vitamina A o retinol. El beta-caroteno, sustancia antioxidante, al igual que la vitamina E, neutraliza los radicales libres, por lo que el consumo frecuente de zanahorias contribuye a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares,

degenerativas y de cáncer. También ayudan a la visión y se le atribuyen propiedades antiparasitarias, debido a la presencia de un aceite esencial. Este aceite junto con las pectinas (fibra soluble) presentes en cantidades considerables, proporcionan un alto poder de gelificación y de acción astringente, muy útil en caso de diarrea. Por su contenido de fibra dietaria total, la fibra de zanahoria es importante para la salud humana presentando buenas propiedades funcionales para su incorporación en alimentos funcionales (Artchey, 1992).

2.8.8. Alfalfa

La alfalfa contiene calcio, fósforo, magnesio, cloro, sílice, aluminio, potasio, azufre, sodio y la mayor parte de las vitaminas, incluida la K. También aminoácidos como la fenilalanina, arginina, leucina, treonina, lisina y valina. Es rica en fibra, por lo cual le da extraordinarias propiedades en la digestión de los alimentos. Mejora las úlceras gastroduodenales, nutriente completo en casos de debilidad, anemia, convalecencias, raquitismo, falta de apetito, es un excelente remedio contra la caída del cabello, etc. (Bender, 1977). En la siguiente tabla, (Tabla 1) se encuentran los porcentajes de cada fuente y las cantidades de los nutrimentos que contienen.

Tabla 1. Composición química de la materia prima

COMPOSICION QUIMICA DE LA MATERIA PRIMA							
Producto	Cantidad g	%	Kcal	fibra bruta g	proteína bruta g	humedad g	cenizas g
Masa	500	93.64	1920	9.45	35.6	35.5	10
Salvado de trigo	12	2.25	318	1.344	2.016	0.288	0.684
Zanahoria	4	0.74	91.10	0.0832	0.02	0	0.024
Perejil	2	0.37	27	0.036	0.0424	1.598	0.058
betabel	2.5	0.47	42	0.0512	0.0475	21.325	0.0125
Nopal	5	0.95	58	0.0925	0.1125	4.13	0.06
Alfalfa	2.5	0.47	30	0	0	21.625	0.035
espinaca	2	0.37	13	0.009	0.0424	1.798	0.032
Linaza	4	0.74	18	1.12	0.8	0	0
Total	534	100	2517.1	12.18	38.68	86.264	10.90

producto	E.E g	carbohidratos g	Ca mg	P mg	Fe mg	Cu mg	Na mg
masa	22.3	387.15	700	1190	19.35		
Salvado de trigo	0.42	7.248	0	0	0	0	3.348
zanahoria	0	0	0.8	1.2	0	0	0
perejil	0.047	0.2186	3.98	1.02	0.2076	0.0228	0
betabel	0.00375	0.2735	0.575	0.575	0.04125	0	0

nopal	0.016	0.2795	4.05	1	0.117	0.025	0
alfalfa	0.012	0	0.3	0.375	0.1325	0	0
espinaca	0.0042	0.0344	0.9	0.68	0.0794	0	0
linaza	0	0	0	0			
Total	22.80	395.204	710.605	1194.85	19.927	0.0478	3.348

producto	Zn mg	vitamina A UI	Tiamina mg	riboflavina mg	niacina mg	Ac. Ascórbico mg
masa	0	0	1.1	0.25	6.3	0
Salvado de trigo	0	0	0	0	0	0
zanahoria	0	0	0.002	0.0012	0.012	1.072
perejil	0.0738	0	0.0032	0.0052	0.0264	4.444
betabel		0	0	0.00125	0.008	0.2575
nopal	0.0765	13.32	0	0	0	0
alfalfa	0	0	0.00325	0.0035	0.0115	0.0325
espinaca	0	0	0.0006	0.18	0.0098	0.298
linaza	0	0	0	0	0	0
total	0.1503	13.32	1.109	0.4411	63.677	6.104

Ref. Tablas de Nutrición, Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán.

2.9. Análisis sensorial de los alimentos.

Diversos organismos, empresas y organizaciones profesionales, se ven obligados cada vez más a efectuar el análisis sensorial de productos alimenticios con el fin de satisfacer las crecientes exigencias de los consumidores.

El análisis sensorial es el examen de las propiedades organolépticas de un alimento por medio de los sentidos. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido y tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, o sea, sus cinco sentidos (Anzaldúa-Morales, 1984).

El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo con diferentes pruebas, según sea la finalidad para la que se efectúe. Existen tres tipos principales de pruebas: las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas.

En este trabajo se van a realizar pruebas afectivas que son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro (Larmond, 1977).

Para las pruebas afectivas es necesario contar con un mínimo de 30 jueces no entrenados y éstos deben ser consumidores habituales o potenciales y compradores del tipo de alimento en cuestión (Anzaldúa – Morales, 1984a).

Dentro de las pruebas afectivas se encuentran las pruebas de medición del grado de satisfacción, y éstas son intentos para manejar más objetivamente datos tan subjetivos

como son las respuestas de los jueces acerca de cuánto les gusta o les disgusta un alimento. Para llevar a cabo estas pruebas se utilizan las escalas hedónicas. La palabra “*hedónico*” proviene del griego ‘edov, que significa placer. Por lo tanto, las escalas hedónicas son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban y éstas pruebas pueden ser verbales o gráficas (Anzaldúa - Morales y col., 1983).

Las que se utilizaron en este trabajo son las escalas hedónicas verbales porque presentan una descripción verbal de la sensación que les produce la muestra y deben contener siempre un número impar de puntos además de que se debe incluir siempre el punto central “ni me gusta ni me disgusta” (Anzaldúa – Morales, 1982).

2.10. Textura de los alimentos.

Textura, *"Es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación"* (Scott – Blair, 1976; Brennan, 1980; Bourne, 1982; Anzaldúa – Morales, 1984).

Es importante mencionar que la textura no puede ser percibida si el alimento no ha sido deformado, y que el tacto nos dará información si el alimento es duro o blando, al mismo tiempo, la vista percibirá la deformación y podrá darnos una noción de sus atributos de textura, además de que, si el alimento se corta o se muerde, el sentido del oído empezará a detectar más atributos (Bourne, 1982).

Una prueba que tiene grandes aplicaciones, especialmente para el desarrollo de nuevos productos, es el análisis sensorial del perfil de textura, que consiste en la descripción detallada y la medición de todos y cada uno de los componentes de la textura de un alimento (Civille y Szczesniak, 1973); también puede ser evaluada, hasta cierto grado, mediante el uso de métodos instrumentales y que en este caso es el elegido.

La medición instrumental de la textura fue propuesta como una alternativa a la evaluación sensorial con el fin de superar los principales inconvenientes y limitaciones de ésta última (Bourne, 1982a).

Entre los instrumentos imitativos se encuentran varios aparatos con los que se trata de simular la acción de los dedos, manos, dientes o incluso la boca al deformar un alimento para deformar su textura (Bourne, 1982a).

Una de las máquinas más modernas para la medición de textura de los alimentos, es el Analizador de Textura TA-XT2i (Anzaldúa –Morales y col., 1983).

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Obtener una tortilla funcional empleando para ello diferentes fuentes de origen vegetal, masa de maíz nixtamalizado y harina de maíz nixtamalizado.

3.2. Objetivos específicos

- Seleccionar fuentes de origen vegetal que cumplan con los requerimientos planteados.
- Determinar mediante una prueba de grado de satisfacción la formulación de una tortilla con propiedades funcionales que tenga la mayor preferencia por el consumidor.
- Determinar la composición química de la tortilla seleccionada.

4. Metodología

La metodología que se llevó a cabo en el presente trabajo de investigación consistió en:

4.1. Selección de fuentes de origen vegetal

Por medio de tablas de nutrición (Souci y col., 1994) y en base a la composición química se seleccionaron diferentes alimentos con características nutricionales específicas, con la finalidad de incrementar el contenido de fibra y vitaminas en tortillas elaboradas con maíz nixtamalizado, seleccionándose para tal efecto: salvado de trigo, zanahoria, perejil, betabel, nopal, alfalfa, espinaca y linaza. Los cuáles fueron empleados para elaborar una tortilla con características funcionales superiores que las que presenta la tortilla elaborada únicamente con maíz.

4.1.1. Pruebas preliminares para obtener la fórmula de tortillas funcionales

Se hicieron dos formulaciones con los diferentes vegetales seleccionados (Tabla 2). A partir de ahí, por medio de un análisis sensorial se eligió la preferida por los jueces no entrenados. Las proporciones usadas de cada ingrediente en la elaboración de la tortilla se describen en la Tabla 1.

Tabla 2. Ingredientes que contienen las dos formulaciones.

PRUEBA 1	PRUEBA 2
Masa de maíz nixtamalizado	Masa de maíz nixtamalizado
Nopal	Nopal
Perejil	Perejil
Espinaca	Espinaca
Alfalfa	Alfalfa
Betabel	Linaza
Linaza	Salvado de trigo
Salvado de trigo	Zanahoria
Zanahoria	

4.1.1.1. Análisis sensorial para seleccionar la formulación definitiva

Para elegir la fórmula definitiva se realizó una prueba afectiva, y se escogió la prueba de medición de grado de satisfacción; esta prueba nos indica cuánto les gusta o les disgusta un alimento. Para llevarla a cabo se utilizaron las escalas hedónicas verbales, que son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban.

Esta prueba se realizó con 30 jueces no entrenados con edades entre 18 y 30 años, que son los consumidores habituales o potenciales y se efectuó a las afueras de las instalaciones de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (Ver anexo 1. Cuestionario para la evaluación del grado de satisfacción por medio de escala hedónica verbal).

4.2. Desarrollo de la fórmula final

De acuerdo al resultado del análisis sensorial de las dos pruebas anteriores, se escogió la aceptada por los consumidores.

4.3. Elaboración de la tortilla

4.3.1. Adquisición de la materia prima

La masa de maíz nixtamalizado se obtuvo de una tortillería ubicada en el centro de Apan, Hgo.

Los ingredientes que se utilizaron para incrementar el contenido de fibra y de vitaminas en la tortilla (salvado de trigo, zanahoria, perejil, nopal, alfalfa, espinaca y linaza), se obtuvieron en el mercado municipal de Apan, Hgo., escogiéndose materia prima de calidad, posteriormente se les dio un tratamiento de limpieza y desinfección a las que así lo requirieron.

Se elaboraron dos tipos de tortillas; unas con maíz nixtamalizado y otras con harina de maíz comercial (Maseca).

Las tortillas de maíz nixtamalizado se prepararon de la siguiente manera:

Se adquirió el material de origen vegetal, se lavó el nopal y la zanahoria perfectamente; la espinaca, alfalfa y perejil, se lavaron y desinfectaron utilizando cloro comercial, siguiendo las instrucciones del fabricante, 10 gotas o 1 mL de cloro por cada litro de agua. Posteriormente se escurrieron y se licuaron en las cantidades adecuadas conforme a la formulación (Tabla 3), adicionando la linaza y el salvado de trigo al final.

Tabla 3. Porcentajes de los ingredientes utilizados

Producto	Cantidad g	%
Masa	500	93.64
Salvado de trigo	12	2.25
Zanahoria	4	0.74
Perejil	2	0.37
Nopal	5	0.95
Alfalfa	2.5	0.47
Espinaca	2	0.37
Linaza	4	0.74
Total	534	100

Una vez obtenida la mezcla homogénea, se incorporó con 500 g de masa de maíz nixtamalizado que se compró en la tortillería antes mencionada, hasta quedar totalmente homogeneizada (Figura 3), posteriormente se cortó una porción de aproximadamente 25- 30 g, se puso sobre una máquina tortilladora en un plástico y se tapó con otro, después se hizo presión hasta quedar del grosor deseado, 2-3mm aproximadamente y 15cm de diámetro, luego se le retiró el plástico de arriba y con la otra mano se colocó en el comal previamente caliente; se esperó aproximadamente de 20-25 s para poder voltearla y otros 40 s aproximadamente para voltearla por segunda ocasión, a partir de aquí se espera el tiempo necesario hasta que se comience a inflar y se deja aproximadamente 10 s más, para que esté bien cocida y se pueda retirar, se acomodan en una servilleta de tela y se tapan, para próximos estudios (Figura 4).



Figura 3. Masa de maíz nixtamalizado con los vegetales seleccionados.



Figura 4. Tortilla de maíz nixtamalizado con los vegetales seleccionados.

Las tortillas con harina de maíz se prepararon de la siguiente manera:

Una proporción de licuado de fuentes vegetales, se mezcló con 300 g de harina de maíz comercial Minsa, incorporando el agua necesaria (aproximadamente 125-130 mL), hasta quedar perfectamente homogeneizada y suave (Figura 5), posteriormente se cortó en trozos de aproximadamente 25- 30 g y se siguió el mismo procedimiento de la tortilla de maíz nixtamalizado (Figura 6).



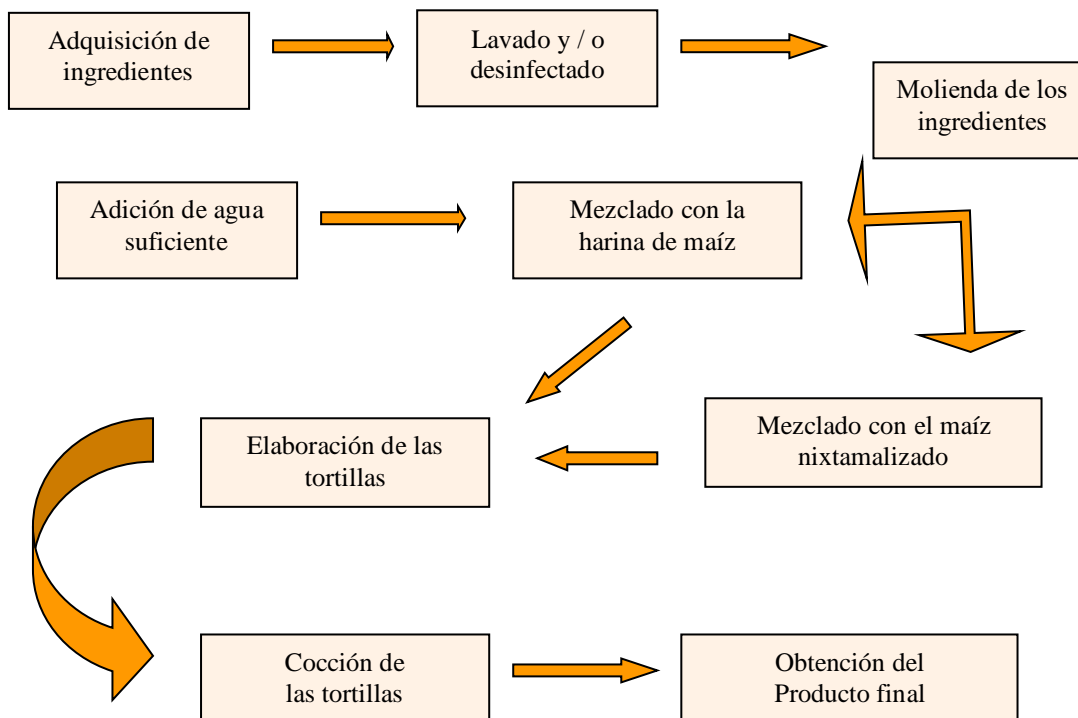
Figura 5. Masa de harina de maíz nixtamalizado con los vegetales seleccionados



Figura 6. Tortilla de harina de maíz nixtamalizado con los vegetales seleccionados
 Para establecer un control del producto elaborado, se realizó también el análisis químico proximal a los dos tipos de masas sin la adición de la mezcla de las fuentes de origen vegetal que se utilizaron.

Diagrama de flujo para la elaboración de la tortilla (Figura 7).

Figura 7. Pasos a seguir para la elaboración del producto



4. 4. Análisis Químico Proximal del producto obtenido

Para la realización del análisis bromatológico se determinaron:

Cenizas de acuerdo a (NOM-F-66-S-1978).

Fibra Cruda (NMX-F-090-S-1978).

Grasa (NOM-086-SSA1-1994).

Humedad (NOM-F-83-1986).

Proteína Cruda (NOM-F-68-9-1980).

Carbohidratos Asimilables (Por diferencia).

4.5. Análisis de Textura

Se realizó el análisis con el equipo Analizador de Textura TA-XT2i. Este aparato está diseñado para determinar parámetros de textura, tales como distancia, tiempo y fuerza de penetración, (son los que se determinaron en este trabajo), resistencia y adhesividad, entre otros. Accesorios: Sonda esférica de 1”, Part. Code. P / 1sp, Plataforma HDP / 90 y Soporte HDP / TPB.

5. Resultados y Discusiones

5.1. Pruebas preliminares

Se prepararon dos muestras de tortillas: ambas preparadas con los mismos ingredientes, donde la única diferencia fue la adición de betabel (Figura 10).

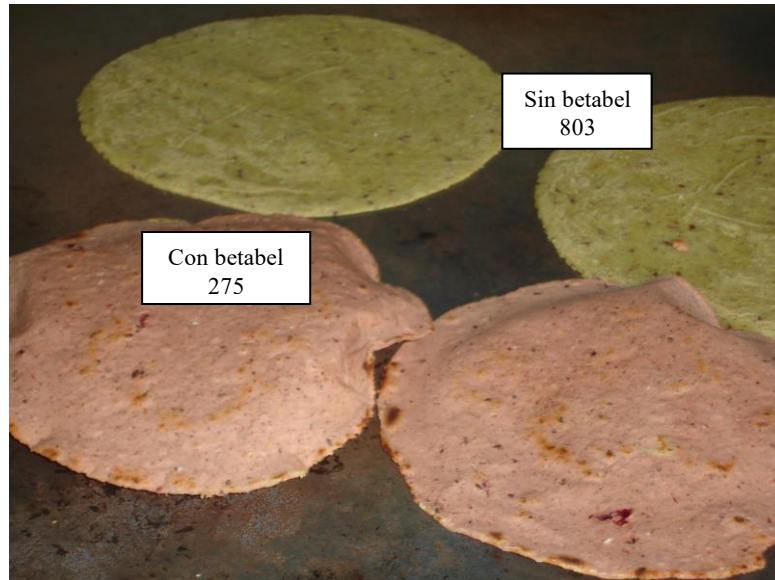


Figura 10. Aspecto visual de las totillas elaboradas.

5.2. Análisis sensorial.

Para la realización de la prueba de medición de grado de satisfacción se utilizaron escalas hedónicas verbales de 7 puntos (1= me disgusta mucho, hasta 7 = me gusta mucho), a partir de esto se midió el agrado o desagrado de la tortilla.

Se les dio a probar primero la muestra de tortilla codificada con el número 275 (muestra que contiene betabel) y tenían que indicar según la escala, su opinión sobre ella, posteriormente la codificada con el número 803 (muestra sin betabel) y seguían el mismo procedimiento. Los resultados se presentan en las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Resultados del análisis sensorial de la muestra 275

Escala	No. De Jueces
Me gusta mucho	1
Me gusta	12
Me gusta ligeramente	7
Ni me gusta, ni me disgusta	7
Me disgusta ligeramente	3
Me disgusta	0
Me disgusta mucho	0

Tabla 5. Resultados del análisis sensorial de la muestra 803

Escala	No. De Jueces
Me gusta mucho	6
Me gusta	14
Me gusta ligeramente	6
Ni me gusta, ni me disgusta	1
Me disgusta ligeramente	3
Me disgusta	0
Me disgusta mucho	0

El color de la muestra 275, influyó significativamente en el resultado, ya que la apariencia de un producto es lo más importante para que el consumidor elija adquirir o no el producto. De estos resultados observamos que la muestra con mayor grado de aceptación fue el número 803.

5.3. Análisis químico proximal

Una vez seleccionada la formulación de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis sensorial, a las tortillas elaboradas con esta formulación se les realizó un análisis químico proximal para evaluar el cambio sufrido por las tortillas en función de los vegetales añadidos en su composición química, lo que permitirá evaluar de manera indirecta de la posible funcionalización de las tortillas. Para tal efecto, como se mencionó anteriormente se elaboraron dos muestras de tortillas para ser utilizadas como control, una con maíz nixtamalizado y otra con harina de maíz nixtamalizado. Los componentes que se determinaron fueron cenizas, fibra, grasa, humedad, proteínas y carbohidratos, tanto en las muestras elaboradas con la mezcla de vegetales y maíz como

en las elaboradas solamente con maíz. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6.

En esta tabla se observa que la tortilla elaborada con el maíz nixtamalizado y la mezcla de vegetales, el contenido de fibra fue de 4.21%, en comparación con la muestra control 1, la cual tuvo un valor de 1.65%, es decir, aumentó el contenido, al adicionarle los ingredientes, a excepción de la humedad que disminuyó debido a que en la tortilla que contiene fibra adicionada, hay agua ligada, y por lo tanto, reduce el agua libre, esto puede ser debido a que la mayoría de los polisacáridos contienen unidades glicosídicas que, como media, poseen tres grupos hidroxilo. Los polisacáridos son por tanto polioles en los que cada grupo hidroxilo tiene la capacidad de formar puentes de hidrógeno con una o más moléculas de agua, además de que modifican y controlan su movilidad en los sistemas que forman los alimentos, al mismo tiempo que el agua juega un importantísimo papel en las propiedades físicas y funcionales de los polisacáridos (Fennema, 1996). Cabe resaltar que en los demás parámetros que se determinaron, cenizas, grasa y proteína, no hubo un incremento significativo.

Tabla 6. Resultado del estudio químico proximal

%	Tortilla de maíz nixtamalizado con la mezcla de vegetales	Tortilla de maíz nixtamalizado (Control 1)	Tortilla de harina de maíz nixt., con la mezcla de vegetales	Tortilla de harina de maíz nixt. (Control 2)
Humedad	39.37	44.33	37.84	42.14
Cenizas	1.83	1.15	1.26	0.55
Grasa	2.59	2.40	2.27	2.11
Proteína	7.42	5.02	5.97	3.42
Fibra	4.21	1.65	3.56	2.14
Carbohidratos	44.58	45.45	49.1	49.64

En comparación con los resultados del control 2, en los de la tortilla elaboradas con de harina de maíz nixtamalizado y la mezcla de vegetales, la fibra también aumentó debido a la materia prima que se le adicionó; la humedad disminuyó un poco debido a que las

moléculas de agua se encuentran ligadas a los polisacáridos y por lo tanto hay menos agua disponible, como se explicó en el apartado anterior (Fennema, 1996); también aumentó la proteína considerablemente, en las grasas no hay diferencia significativa, debido a que las fuentes que se le adicionaron tienen un bajo contenido y aumentaron las cenizas.

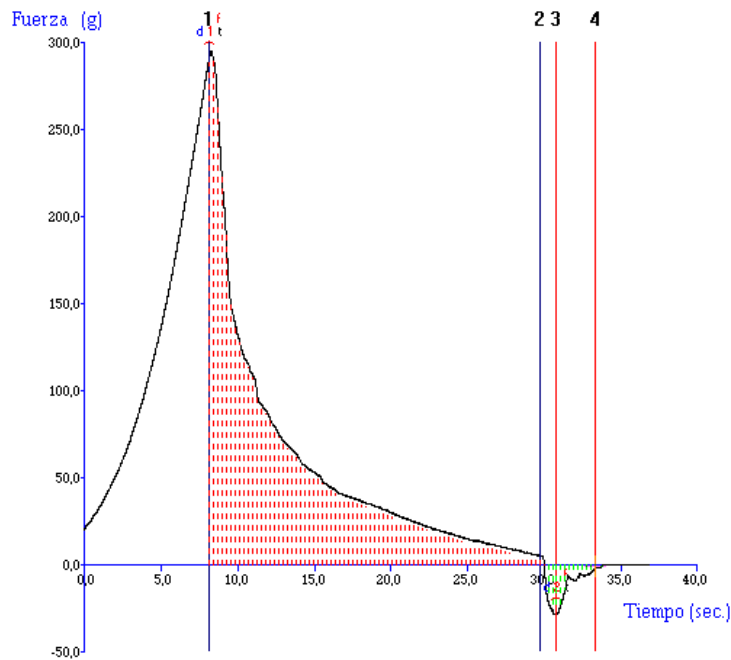
En comparación con la tortilla de maíz nixtamalizado, la tortilla de harina de maíz, contiene menos humedad, cenizas, grasa y proteína, debido a que se pierden algunos componentes, a pesar de que al término del proceso se le adicionan algunos nutrientes que se perdieron. Y en el caso de la fibra, aumenta debido a que la harina de maíz nixtamalizado (Minsa), está adicionada con fibra.

5.4. Análisis de textura

Al realizar el análisis instrumental de textura se obtuvieron las siguientes gráficas (Figura 9 a la 12):

En la figura 9, se puede observar el tiempo y la fuerza que se necesitaron para la penetración de la muestra, aproximadamente 30.81 segundos tardó desde que la sonda tocó la muestra hasta que la penetró.

Figura 9. Tortilla control 1



En la tabla 7, se muestran los resultados del área, la fuerza, la distancia y el tiempo del anclaje 1, que es donde la sonda tocó la muestra, hasta el anclaje 2, donde ocurrió la penetración.

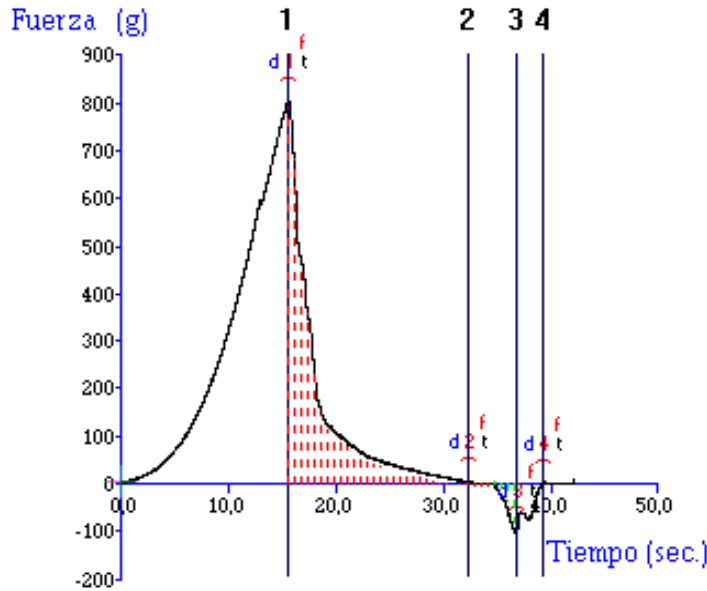
Tabla 7. Resultados de tortilla control 1

Área-FT 1:2	Fuerza 1	Distancia 1	Tiempo 1
1177,174	290,919	8,193	8,195

Área-FT 2:3	Fuerza 2	Distancia 2	Tiempo 2
-14,879	-28,845	22,213	30,815

En la figura 10, se puede observar el tiempo y la fuerza que se requirió para la penetración de la muestra, aproximadamente 32.52 segundos tardó desde que la sonda tocó la muestra hasta que la penetró.

Figura 10. Tortilla de maíz nixtamalizado con fuentes de origen vegetal



Muestra 2

En la tabla 8, se muestran los resultados del área, la fuerza, la distancia y el tiempo, del anclaje 1, que es donde la sonda tocó la muestra, hasta el anclaje 2, donde ocurrió la penetración.

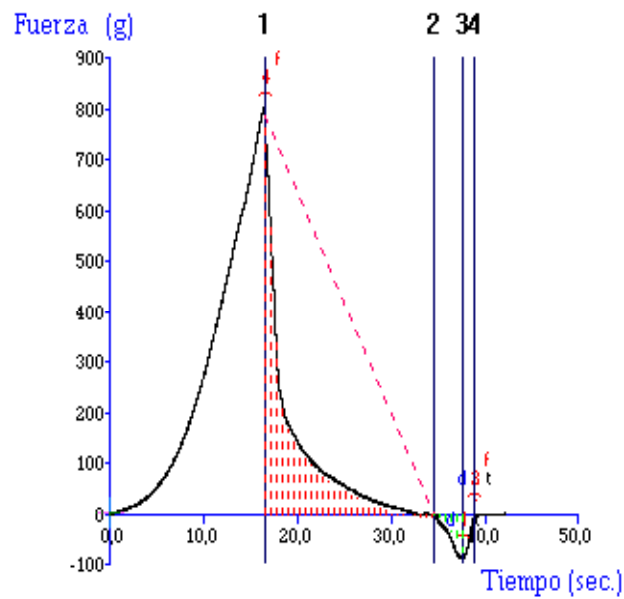
Tabla 8. Tortilla de maíz nixtamalizado con fuentes de origen vegetal

Área-FT 1:2	Fuerza 1	Distancia 1	Tiempo 1
2078,896	804,688	15,653	15,65

Área-FT 2:3	Fuerza 2	Distancia 2	Tiempo 2
-103,278	-115,543	32,522	32,52

En la figura 11, se puede observar el tiempo y la fuerza que se requirió para la penetración de la muestra, aproximadamente 39.02 segundos tardó desde que la sonda tocó la muestra hasta que la penetró.

Figura 11. Tortilla control 2



Muestra 3

En la tabla 9, se muestran los resultados del área, la fuerza, la distancia y el tiempo del anclaje 1, que es donde la sonda tocó la muestra, hasta el anclaje 2, donde ocurrió la penetración.

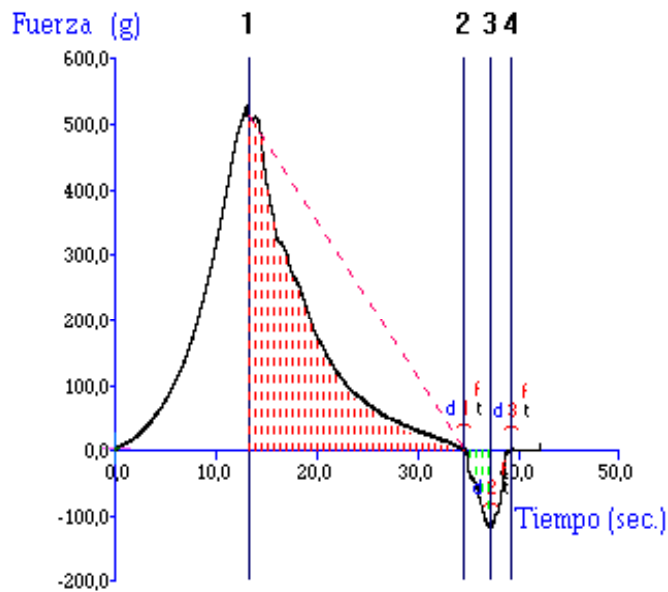
Tabla 9. Tortilla control 2

Área-FT 1:2	Fuerza 1	Distancia 1	Tiempo 1
1830,328	802.456	7,343	37,8

Área-FT 2:3	Fuerza 2	Distancia 2	Tiempo 2
-136,242	-82.546	-4,86	39,02

En la figura 12, se puede observar el tiempo y la fuerza que se realizó para la penetración de la muestra, aproximadamente 37.39 segundos tardó desde que la sonda tocó la muestra hasta que la penetró.

Figura 12. Tortilla de harina de maíz nixtamalizado con fuentes de origen vegetal



Muestra 4

En la tabla 10, se muestran los resultados del área, la fuerza, la distancia y el tiempo del anclaje 1, que es donde la sonda tocó la muestra, hasta el anclaje 2, donde ocurrió la penetración.

Tabla 10. Tortilla de harina de maíz nixtamalizado con fuentes de origen vegetal

Área-FT 1:2	Fuerza 1	Distancia 1	Tiempo 1
3164,62	528,567	34,76	34,755

Área-FT 2:3	Fuerza 2	Distancia 2	Tiempo 2
-170,297	-120,623	11,348	37,395

Conclusiones.

Mediante el presente trabajo de investigación, fue posible el desarrollo de un producto funcional, el cual es básico en la dieta del mexicano, una tortilla adicionada con fuentes de origen vegetal y al mismo tiempo con características funcionales.

El análisis químico proximal realizado al producto, demuestran que es una tortilla que además de aportar más fibra que una tortilla de maíz nixtamalizado normal, también aporta más proteína y ofrece beneficios funcionales de las fuentes con que se elaboró.

Los análisis de textura demuestran que la tortilla de maíz nixtamalizado con fuentes de origen vegetal, tiene mayor resistencia, debido a que éstas le proporcionan tal característica, por lo tanto, el tiempo de maleabilidad es mayor que el de la tortilla control.

Anexos.

Anexo 1.

FICHA DE CATA PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL DE UNA PRUEBA HEDÓNICA VERBAL.

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Producto: TORTILLA DE MAIZ FUNCIONAL

Pruebe las muestras de tortilla que se le presentan e indique según la escala,
su opinión sobre ellas.

Marque con un X el renglón que corresponda
a la calificación para cada muestra.

ESCALA	275	803
	MUESTRAS	
	275	803
Me gusta mucho	_____	_____
Me gusta	_____	_____
Me gusta ligeramente	_____	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____	_____
Me disgusta ligeramente	_____	_____
Me disgusta	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____

Comentarios:

MUCHAS GRACIAS

Anexo 2.

TECNICAS DE LABORATORIO PARA ANALISIS QUIMICO PROXIMAL

Cenizas:

Para alimentos sólidos.

Material y equipo:

Crisoles de porcelana o platino, mechero, pinzas para crisol, triángulo de porcelana, desecador con material secante, mufla a una temperatura de 500+_ 10°C, balanza analítica con una sensibilidad de 0.1mg.

Procedimiento:

Pesar 5g de muestra en un crisol puesto previamente a peso constante y carbonizar bajo la flama de un mechero hasta que no haya desprendimiento de humo. Calcinar en la mufla cuidando de que la temperatura no sea mayor, pues se volatilizan los cloruros. Dejar 2 horas, enfriar en el desecador y pesar. Regresar el crisol a la mufla por 30 minutos, enfriar y pesar. Repetir este paso hasta que esté a peso constante.

Cálculos:

$$\% \text{cenizas} = (B-A) 100$$

P.M

Donde:

B = peso del crisol con cenizas

A = peso del crisol

P.M = peso de la muestra

Anexo 3.**TECNICAS DE LABORATORIO PARA ANALISIS QUIMICO PROXIMAL****Fibra cruda:**

Material y equipo.

Vaso Berzelius de 600ml, probeta, perlas de ebullición, gendarme, crisoles, desecador con material secante, embudo buchner, kitasato, vidrio de reloj, pinzas, estufa de secado a 130+- 5°C, mufla a una temperatura de 600 +- 16°C, condensador para fibra cruda lab-conco y balanza analítica con una sensibilidad de 0.1mg.

Reactivos:

Acido sulfúrico 0.255N (1.25g de ácido sulfúrico/100ml), sosa 0.313N (1.25g de sosa/100ml). Esta solución deberá estar libre de carbonato. Checar frecuentemente la

normalidad de estos dos reactivos). Asbesto tratado, alcohol etílico R.A. y antiespumante líquido.

Procedimiento:

Pesar 2g de muestra desgrasada, 0.5 a 1 g de asbesto tratado y transferirlos a un vaso de Berzelius. Añadir 200ml de ácido sulfúrico diluido hirviendo y de 0.5 a 1ml de antiespumante si es necesario. Calentar el vaso en el aparato condensado, rotar periódicamente los vasos para evitar que los sólidos se peguen en el vaso. Dejar hervir por 30 minutos exactamente, filtrar, lavar hasta Ph neutro con agua caliente. Dejar secar y pasar el residuo al vaso y añadir 200ml del álcali hirviendo. Hervir 30 minutos, filtrar y lavar con 25ml de ácido caliente y 3 porciones de 50ml de agua. Por último, añadir 25ml de alcohol. Dejar secar por 2 horas a 130°C, enfriar en un desecador y pesar. Calcinar a 600°C por 30 minutos, enfriar en desecador y pesar.

Cálculos:

$$\% \text{fibra cruda} = \frac{(\text{peso crisol con muestra seca} - \text{peso crisol con muestra calcinada})100}{\text{peso real de muestra.}}$$

Tratamiento de asbesto:

Lavar con ácido sulfúrico una cierta cantidad de fibras de asbesto, extender en una cápsula de porcelana y calentar por 16 horas a 600°C. Posteriormente hervir 30 minutos con ácido sulfúrico 0.255N, filtrar, lavar y repetir el procedimiento con sosa 0.313N. Secar y calcinar por 2 horas a 600°C. Este asbesto podrá emplearse en las determinaciones de fibra cruda.

Anexo 4.

TECNICAS DE LABORATORIO PARA ANALISIS QUIMICO PROXIMAL

Grasa:

Material y equipo:

Extractor Soxhlet, cartucho poroso o de papel filtro, parrilla eléctrica (evitar usar mechero), estufa de secado a 100-110°C, balanza analítica con una sensibilidad de 0.1mg.

Reactivos:

Éter etílico anhidro (PRECAUCION: es inflamable)

Procedimiento:

Pesar de 2 a 5g de muestra en el cartucho y poner un tapón de algodón o fibra de vidrio. Colocar el cartucho en el extractor. En la parte inferior colocar el matraz de fondo plano, puesto previamente a peso constante. Añadir aproximadamente un volumen de éter de tal forma que se tenga de 2 a 3 descargas de solventes (aproximadamente 80ml). Abrir la llave del refrigerante y conectar la fuente de calor. Realiza la extracción por 4 a 5 horas, suspender el calentamiento y recibir una gota del extractor en un vidrio de reloj o papel filtro, si al evaporarse el solvente queda mancha, proceder a destilar. Colocar el matraz de bola en la estufa hasta que esté a peso constante.

Cálculos:

$$\% \text{ Extracto etéreo} = (B-A) 100 / P.M.$$

B = matraz bola con la grasa

A = matraz bola a peso constante

P.M. = peso de la muestra

Anexo 5.

TECNICAS DE LABORATORIO PARA ANALISIS QUIMICO PROXIMAL

Humedad:

Estufa de secado.

Material y equipo:

Recipiente de 8.5 cm de diámetro de cristal, porcelana o aluminio, pinzas, espátula, desecador, balanza analítica con sensibilidad de 0.1 mg y estufa de secado a 95-100°C.

Procedimiento:

Pesar de 2 a 5g de muestra en un recipiente puesto previamente a peso constante. Secar en la estufa hasta peso constante. Enfriar en el desecador y pesar.

Cálculos:

$$\% \text{ humedad} = (B-A)100/ P.M.$$

B = peso del recipiente con la muestra.

A= peso del recipiente con la muestra seca.

P.M. = peso de la muestra.

Anexo 6.**TECNICAS DE LABORATORIO PARA ANALISIS QUIMICO PROXIMAL****Proteína cruda:**

Emplear el método kjeldahl para la determinación de nitrógeno total, y multiplicar este porcentaje por el factor adecuado.

Material y equipo.

Matraces kjeldahl de 500 y/o 800 cm³, ácido sulfúrico concentrado, sulfato de cobre pentahidratado, zinc granulado, hidróxido de sodio, sulfato de sodio anhidro, ácido bórico al 2%, solución de ácido clorhídrico 0.1N, indicador Shiro Tashiro (Disolver 0.2g de rojo de metilo en 60 ml de alcohol y aforar a 100ml con agua, disolver 0.2g de azul de metileno y aforarlos a 100 ml con agua. Mezclar dos partes de rojo demetilo y una de azul de metileno).

Digestor y destilador kjeldahl, balanza analítica con ± 0.1 mg de sensibilidad.

Procedimiento.

Determinar la amasa, en la balanza analítica, de aproximadamente un gramo de muestra y pasarla a un matraz kjeldahl, añadir 2g de sulfato de cobre, 10g de sulfato de sodio anhidro, 25 ml de ácido sulfúrico y perlas de ebullición.

Colocar al matraz en el digestor y calentar cuidadosamente a baja temperatura hasta que todo el material esté carbonizado, aumentar gradualmente la temperatura hasta que la disolución esté completamente clara y dejar por 30 minutos más a esa temperatura.

Enfriar y añadir de 400 a 450 cm³ de agua para disolver completamente la muestra, agregar 3 ó 4 gránulos de zinc, un poco de parafina cuando sea necesario y 50 ml de hidróxido de sodio 1:1.

Inmediatamente conectar el matraz a un sistema de destilación, el cual previamente se le ha colocado en la salida del refrigerante un matraz erlenmeyer de 500ml que contenga 50ml de ácido bórico y unas gotas del reactivo Shiro Tashiro como indicador.

Destilar hasta que haya pasado todo el amoniaco, que unas gotas de destilado no den alcalinidad con el papel tornasol, aproximadamente 300ml.

Nota: las primeras gotas de destilado deben hacer virar el color del indicador de violeta a verde. (de ácido a alcalino).

Retirar el matraz receptor y titular el destilado con ácido clorhídrico 0.1N.

Expresión de resultados.

El nitrógeno presente en la muestra, expresado en %, se calcula mediante:

$$\% \text{ de nitrógeno} = (V \times N \times 0.014 \times 100) / m \text{ en donde:}$$

V = volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación en ml

N = Normalidad del ácido clorhídrico

m = masa de la muestra en g

0.014 = miliequivalentes del nitrógeno

El % de proteínas se obtiene multiplicando el % de nitrógeno obtenido por el factor correspondiente. 6.25 maíz.

Anexo 7.

TECNICAS DE LABORATORIO PARA ANALISIS QUIMICO PROXIMAL

Carbohidratos asimilables:

$100 - (\% \text{ proteína} + \% \text{ humedad} + \% \text{ grasa} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ fibra cruda}) = \% \text{ carbohidratos asimilables.}$

Bibliografía

- Acero Godinez María. Programa interinstitucional en ciencias pecuarias; 2000. p.19.
- Alemaný M. Obesidad y nutrición. 1992. ISBN: 84-206-0582-4.
- Almeida, H.D. y Rooney, L.W. (1996). Avances en la Manufactura y Calidad en Maíz Nixtamalizado. *Industria Alimentaria*. 18: (6) 4-13.
- Allen, M.D.R. (1993), Nutrition and health, ingredient analysis table. Eds. Scheid J. And Muirhead. 24-35.
- Amadori, M.E. 1989. Ácidos grasos esenciales. *Alimentos*, 14(2): 76-79.
- Anderson, R.A. 1970. Corn wet milling industry. Cap. 9. In: *Corn: Culture, Processing products*. Mayor feed and food crops in agriculture and food series. Ed. by Inglett, G.E. The AVI publishing, Co. Inc. Westport Connecticut, USA.
- Anónimo, 1982. United States-Canadian Tables of Feed Composition. Nutricional Data for United States and Canadian Feeds, 3rd ed. Natl. Acad. Press, Washington. D.C.
- Anónimo, 2008a. URL:<http://propiedadesalimentos.jaimaalkauzar.es/propiedades-nutritivas-de-las-espinaacas.html>. Consultada el 15 de Julio de 2008.
- Anónimo, 2008b. URL:<http://www.nutricion.pro/16-05-2008/alimentos/propiedades-nutritivas-de-la-espinaaca>. Consultada el 17 de Julio del 2008.
- Anónimo, 2008c. URL: <http://ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0534s/a0534s00.pdf>. Consultada el 18 de Julio del 2008.
- Anzaldúa – Morales, A. (1982). The texture of fibrous fruits and vegetables. Tesis doctoral. University of Reading, National College of Food Technology, Inglaterra.
- Anzaldúa – Morales, A., Léver, C. Y Vernon, E.J. (1983). Nuevos métodos de evaluación sensorial y su aplicación en reología y textura. *Tecn. Alimentos*. 18 (5), 4.
- Anzaldúa – Morales, A. (1984). La evaluación sensorial en la industria alimentaria. Conferencia durante la VI Semana de Química. Universidad La Salle. México,D.F.
- Anzaldúa – Morales, A. (1984a). Reología y textura en la industria de la confitería. Curso impartido a personal de la Cía. Chicless Adams, S.A. México, D.F.
- Artchey D. 1992. Procesado de hortalizas. España. Ed. Acribia S.A. Pág. 134,182 – 188.
- Baez-Ramírez, O.A. y Martínez-Borrego, A. 1990. Estudio de la influencia de las condiciones de proceso sobre la calidad de harina de maíz nixtamalizado para

- tortillas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Bello, P. L., Osorio, D.P., Agama A.E., Núñez, S. C., y Paredes L. O. (2002). Propiedades de masas y harinas de maíz nixtamalizado. *Agrociencia* (36)3, pp. 319-328.
- Bender A.E. *Nutrición y alimentos dietéticos*. 1977. ISBN: 84-200-0296-8.
- Berner Louise A. and Joseph A. O'Donnell, *Functional foods and health claims legislation: applications to dairy products*, *Dairy and Food Culture Technologies* 8 (1998), 355-362
- Bourgeois. C. M. 2002. *Tecnología de las Hortalizas*. España. Ed. Acribia S.A. Pág. 4752.
- Bourne, M.C. (1982). *Food texture and viscosity, concept and measurement*. Academic Press. New York.
- Bourne, M.C. (1982a). *Reología y textura de los alimentos*. Curso organizado por la Asociación de Técnicos en Alimentos de México. México, D.F.
- Brennan, J.G. (1980). *Measurement of food texture*, en: *Advances in food analysis*, editado por N. D. King y R. L. Kenchington. Applied Science Publishers. Londres.
- Bressani, R. (1990). *Chemistry, Technology and nutritive value of corn tortillas*. *Food Rev. Ind.* 6. 225-269.
- Brown L, Rosner B, Willet WW, Sacks FM. (1999); *Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis*. *American-Journal-of-Clinical-Nutrition*. p. 69:30-42.
- Cabrera L. (1972). *Diccionario de Aztequismos*. Colofón, S.A. Primera edición, México.
- Camacho, S.R. (1999). *Legislación de la fortificación de la tortilla en México*. Seminario "Excelencia en calidad para tortillas y botanas de maíz". Asociación Americana de la Soya en la Ciudad de México.
- Cámara Nacional de la industria del Maíz (2001). 16 de octubre de 2001.
- Cervera P, Clapés J, Rigolfas R. (1993); *Alimentación y Dietoterapia*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; p. 63-64.
- Civille, G.V. y Szczesniak, A.S. (1973). *Guidelines to training a texture profile panel*. *J. Texture Studies* 4, 204.
- Chapuy P. H. *Cuadernos de dietética*. 1994. ISBN: 84- 311- 0653-0.

- Dendy David A.V, Aron D.G. y. Dobraszczyk Bogdan J, 2000. Cereales y Productos Derivados, Química y Tecnología.Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Durán, C. (1996). La extrusión alcalina una tecnología útil para procesar granos. *Industria Alimentaria*. 18 (6) 20-32.
- Duvick, D.N. 1961. Protein granules of maize endosperm cells. *Cereal Chem*. 38, 374-385.
- Espejo Solá J. Manual de dietoterapia de las enfermedades del adulto. 1998- ISBN: 950-02-0043-0.
- Fennema, O.R. Food Chemistry.Marcel Dekker, 3ª. Edición. 1996.
- Figueroa JDC, Martínez BF, González-Hernández J, Sánchez F, Martínez L, Ruiz M. Modernización Tecnológica del Proceso de Nixtamalización. *Avance y Perspectiva* 1994; 13:323-329.
- Fristcher, M. (1999). “El maíz en México, auge y crisis en los noventa” en *Cuadernos Agrarios*, nueva época, núm. 17-18.
- Gibney MJ. Nutrición, dieta y la salud. 1990. ISBN: 84-200-0685-8.
- Gómez, M.H., Rooney, L.W., Waniska, R.D., and Pflugfelder, R.L. 1987. Dry corn masa flours for tortilla and snack food products. *Cereal Foods World* 32(5): 372-377.
- Hernández Rodríguez M. A. Tratado de nutrición. 1999. ISBN: 84-7978-387-7.
- Hernández T, Hernández A, Martínez C. 1995; Fibra alimentaria, concepto, propiedades y métodos de análisis. *Alimentaria*. p.19-30.
- Inglett, G.E. 1970. Kernel structure, composition, and quality. Cap. 7. In: *Corn: Culture, Processing products*. Mayor feed and food crops in agricultura and food series. G.E. Inglett (ed). The AVI publishing, Co. Inc. West port Connecticut, USA.
- Jasmen ME, Poirrier P. 1993; Características, producción y utilización de pectinas. *Alimentación Equipos y Tecnología*. p.61-69.
- Larmond, E. (1977). Laboratory methods for sensory evaluation of foods. Can. Dept. Agr., Publ. 1637
- López- Nomdedeu C. Manual de alimentación y nutrición. 1992. ISBN: 84- 604- 4608-5.
- Mahan LK. Nutrición y dietoterapia. México: McGraw-Hill Interamericana; 1998.
- Mauricio, S.A. (1997). Efecto de los hidrocolides en las características de deshidratación de masa de harinas instantáneas y en la calidad de la tortilla demaíz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro.

- Marín-Sánchez, A. Guerrero Velázquez, L.F. 1991. La nixtamalización del maíz en Miconsa Tlalnepantla. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Mertz, E.T. 1970. Nutritive value of corn and its products. Cap. 18. In: Corn: Culture, Processing products. Mayor feed and food crops in agricultura and food series. G. E. Inglett (ed). The AVI publishing, Co. Inc. Westport Connecticut, USA.
- Molina Montes y Paz Martín Islán. La fibra dietética procesada como alimento funcional. *Ambito Farmacéutico, Nutrición*. Vol.26, Núm. 1. 2007.
- Moreno Rojas (2000). *Nutrición y Dietética para Tecnólogos en Alimentos*. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid, España.
- Norma Oficial Mexicana para la determinación de Cenizas (NOM-F-66-S-1978)
- Norma Oficial Mexicana para la determinación de Fibra Cruda (NMX-F-090-S-1978)
- Norma Oficial Mexicana para la determinación de Grasa (NOM-086-SSA1-1994)
- Norma Oficial Mexicana para la determinación de Humedad (NOM-F-83-1986)
- Norma Oficial Mexicana para la determinación de Proteína Cruda (NOM-F-68-9-1980)
- O'Dell, B.L., Boland, A.R., and Koirtyoann, S.R. 1972. Distribution of phytate and nutritionally important elements among the morphological components of cereal grains. *J. Agric. Food Chem.* 20: 718-721.
- Ordaz, O. J. J. (1994). "Vida de anaquel y evaluación sensorial en tortillas de maíz elaboradas con conservadores y mejoradores". Tesis de Licenciatura. Departamento de Agroindustrias. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Paredes, L.O. and Saharópulos P. M. E., (1993). Maize: A review of tortilla production technology. *Bakers Digest*. 57: 16-25.
- Pflugfelder, R.L., Rooney, L.W. and Waniska, R.D. 1988. Dry matter losses in commercial corn masa production. *Cereal Chem.* 65: 127-132.
- Reyes, C.P. 1990. *El maíz y su cultivo*. Edit. AGT Editor S.A., 1ra. Edición. México, D.F.
- Rodríguez Gil. Desarrollo y evaluación de harina para tortillas a base de maíz y harina de soya parcialmente desgrasada; 2005. p. 16.
- Rooney, L. W. (1996). Tortilla y alimentos tipo botana de maíz nixtamalizado. *Soya noticias oct- dic.* 1- 7.
- Scott- Blair, G.W. (1976). How far can studies of food texture be scientific, en: *Rheology and texture in food quality*, editado por J. M. de Man, P. W. Voisey, V.F. Rasper y D.W. Stanley. The A VI Publishing Co., Inc. Westport, Conn.

-
- Sebrell, W.H., Jr., and Harris, R.S. 1972. The vitamins, 2nd ed., Vol. V. Academic Press, New York.
- Serna, S.S.O., Rooney, LL. W. And Greene W. L. (1990). Effect of lime treatment on the availability of calcium in diets of tortillas and beans; rat growth and balance studies. *Cereal Chemist*. 68: (6), 565-570.
- Souci, N. – Fachmann, H – Kraut, F. 1994. *Tablas de composición de alimentos*. Edición del Deutsche Forschungsanstalt für L. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Trejo, G. A., Feria, M. A. and Altamirano, W. C. (1982). The role of lime in the alkaline treatment of corn for tortilla preparation. *Foods, nutritional and pharmacological aspects*. (Eds.) *Adv. Chem. ser.* No. 198. American Chemical Society, Washington, D.C. 245- 262.
- Watson, S. A. (1987). Structure and composition in corn, food user of whole corn and dry – miller fraction in corn. *Chem. And Tech.* Edit. S. Watson and P.E. Ramstad (1987). American Association of Cereal Chemist, Inc. S. T. Paul, M.N.
- Weber, E. J. 1987. Lipids of the kernel. Cap. 10. In: *Corn: Chemistry and Technology*. Stanley A. Watson and Paul E. Ramstad. Published by the American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul Minnesota, USA.
- Wilson, C. M. 1987. Proteins of the kernel. Cap 9. In: *Corn: Chemistry and Technology*. Ed. by Stanley A. Watson and Paul E. Ramstad. Published by the American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul Minnesota, USA.
- Wolf, M.J. Buzan, C.L., MacMaster, M.M., and Rist, C.E. 1952a. Structure of the mature corn kernel. Microscopic structure of pericarp, seed coat, and hilar layer of dent corn. *Cereal Chem.* 29: 334-348.
- Wolf, M.J., Buzan, C.L., MacMaster, M.M., and Rist, C.E. 1952b. Structure of the mature corn kernel. III. Microscopic structure of the endosperm of dent corn. *Cereal Chem.* 29: 349-361.

Glosario

Caroteno. m. *Quím.* Cada uno de los hidrocarburos no saturados, de origen vegetal y color rojo, anaranjado o amarillo. Se encuentran en el tomate, la zanahoria, la yema de huevo, etc., y en los animales se transforman en las vitaminas A.

Divertículo. (Del lat. *diverticŭlum*, desviación de un camino). m. *Anat.* Apéndice hueco y terminado en fondo de saco, que aparece en el trayecto del esófago o del intestino, por malformación congénita o por otros motivos patológicos.

Esterol. (Del gr. στερεός, sólido, y *-ol*¹). m. *Quím.* Cada uno de los esteroides con uno o varios grupos alcohólicos, muy abundantes en los reinos animal y vegetal y en microorganismos.

Fiabilidad. Cualidad de fiable. || 2. Probabilidad de buen funcionamiento de algo.

Fosfolípidos. Grupo heterogéneo de sustancias orgánicas que se encuentran en los organismos vivos, están formados por carbono, hidrógeno, oxígeno y fósforo, se distinguen de otros tipos de compuestos orgánicos porque no son solubles en agua (hidrosolubles) sino en disolventes orgánicos (alcohol, éter) y son componentes mayoritarios de la membrana de la célula, limitan el paso de agua y compuestos hidrosolubles a través de la membrana celular, permitiendo así a la célula mantener un reparto desigual de estas sustancias entre el exterior y el interior.

Fotosíntesis. Proceso en virtud del cual los organismos con clorofila, como las plantas verdes, las algas y algunas bacterias, capturan energía en forma de luz y la transforman en energía química.

Gramíneas. Nombre común de una extensa familia de plantas con flor.

Hidrólisis. (De *hidro-* y *-lisis*). f. *Quím.* Desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos por acción del agua.

Monocotiledóneas. Son los haces vasculares del tallo que están organizados de forma diferente. En las monocotiledóneas, como el maíz, el tejido vascular forma numerosos haces dispersos en el plano transversal del tallo.

Mucilago. (Del lat. *mucilāgo*). m. Sustancia viscosa, de mayor o menor transparencia, que se halla en ciertas partes de algunos vegetales, o se prepara disolviendo en agua materias gomosas.

Pectina. (Del gr. *πηκτός*, coagulado). f. *Quím.* Polisacárido complejo presente en las paredes celulares de los vegetales, especialmente en las frutas, que se utiliza como espesante en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Polinización. Paso del polen desde los estambres o estructuras masculinas de la flor al estigma del pistilo, que es la estructura femenina, de la misma flor o de otra distinta.

Remoción. (Del lat. *remotio*, *-ōnis*). f. Acción y efecto de remover.