

Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Licenciatura en Nutrición

**ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE CUATRO MARCAS
COMERCIALES DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO.**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el título de:

Licenciado en Nutrición

Presenta:

C. Guadalupe Patricia Hernández Jiménez

Director de tesis:

M. en C. Juana Isela Rojas Molina

Dr. Mario Enrique Rodríguez García

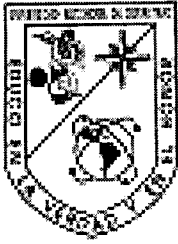
Santiago de Querétaro, Qro., 2004.

N^o Adq. H68864

Clas TS

664.724

H557a



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Licenciatura en Nutrición

Análisis químico proximal de cuatro marcas comerciales de harina de maíz nixtamalizado.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el título de:

Licenciado en Nutrición

Presenta:

C. Hernández Jiménez Guadalupe Patricia

Dirigido por:

M. en C. Juana Isela Rojas Molina

Dr. Mario Enrique Rodríguez García

SINODALES.

M en C. Juana Isela Rojas Molina

Firma

M. en C. Guadalupe Puga Sánchez

Firma

Dr. Mario Enrique Rodríguez García

Firma

Dr. José Luis Fernández Muñoz

Firma

El presente trabajo fue realizado en el laboratorio de bromatología de la Licenciatura en Nutrición de la Facultad de Ciencias Naturales y laboratorio de Fisicoquímica de alimentos del Centro de Física Aplicada a la Tecnología Avanzada (CFATA – UNAM) del Campus Juriquilla bajo la dirección de la M. en C. Juana Isela Rojas Molina y Dr. Mario Enrique Rodríguez García.

RESUMEN.

El presente estudio tuvo el objetivo de analizar sistemáticamente las propiedades nutrimentales de las harinas instantáneas de maíz nixtamalizado, elaboradas por procesos industriales. Se adquirieron 4 marcas comerciales (Maseca, Minsa, Comercial Mexicana y Soriana) por triplicado en un periodo de 5 meses. Se evaluó por el medio AOAC el porcentaje de humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra cruda, fibra dietética total, fibra soluble, fibra insoluble y carbohidratos totales.

En los resultados se observan variaciones en cuanto a la composición nutrimental de las harinas comerciales de harina de maíz nixtamalizado entre marcas sin embargo aún con variedades, los resultados obtenidos están dentro del rango establecido por la Norma Oficial Mexicana para harinas de maíz nixtamalizado MNX-F-046-S-1980, sin embargo se sugieren efectuar estudios más detallados para detectar la presencia de aditivos, conservadores o cualquier otra sustancia cuyo uso no está legislado en dicha norma.

Palabras claves: harina de maíz nixtamalizado, características nutrimentales.

**A mis padres por su amor y apoyo
incondicional que me han brindado
toda mi vida.**

Gracias.

AGRADECIMIENTOS.

Primeramente doy Gracias a Dios por la vida y todas las cosas hermosas que me ha regalado y por haberme permitido concluir con esta meta tan importante para mí.

A mis padres por su amor y apoyo que me han brindado durante este tiempo para que este trabajo se culminara satisfactoriamente así como sus sabios consejos que siempre me dieron para ser mejor persona.

A mis hermanos Cecy, Carlos, José Luis y Dany por su apoyo y paciencia durante este tiempo y por ser parte importante para mí.

A mi directora y asesora de tesis la M. en C. Juana Isela Rojas Molina un enorme agradecimiento por todo su apoyo incondicional y tiempo que me brindo para la realización de este trabajo así como todas sus enseñanzas que fueron útiles para hacer mejor las cosas

A mi asesor y director el Dr. Mario Enrique por todos sus consejos y observaciones que hizo para este trabajo y sobre todo por su paciencia.

A mis asesores la M. en C. Guadalupe Puga Sánchez y el Dr. José Fernández Muñoz por su revisión tan acertada para mi trabajo siempre con la finalidad que fuera un trabajo de calidad.

A todos mis amigos y familiares que siempre han estado conmigo en momentos felices y difíciles pero siempre enseñándome que lo más importante en la vida es sonreír y encontrar la verdadera amistad.

A todos mis profesores que durante mi trayectoria como estudiante han contribuido en mi formación así como sus valiosos consejos que me han servido para enfrentar obstáculos y solucionarlos satisfactoriamente.

¡GRACIAS!

INDICE

	<i>Página</i>
Resumen	I
Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
Índice	IV
Índice de cuadros	V
Índice de figuras	VI
1 Introducción	1
2 Revisión de Literatura	3
2.1 El origen del maíz como base de la alimentación en México y Centroamérica	3
2.2 Harinas instantáneas de maíz nixtamalizado	4
2.3 Estructura del grano de maíz	5
2.4 Nixtamalización	6
2.4.1 Proceso de nixtamalización tradicional	8
2.4.2 Proceso Industrial de nixtamalización	12
2.5 Fortificación de la tortilla	14
2.6 Suplementación de la tortilla	14
3 Justificación	15
4 Planteamiento del problema	16
5 Hipótesis	17
6 Objetivos	18
6.1 Objetivo general	18
6.2 Objetivos específicos	18
7 Material y Métodos	19
7.1 selección de la muestra	19
7.2 Análisis químico proximal	19
7.2.1 Determinación de cenizas en harinas	19
7.2.2 Determinación de humedad en harinas	20
7.2.3 Determinación de proteína en harinas	20
7.2.4 Determinación de grasa en harinas	21
7.2.5 Determinación de fibra cruda en harinas	22
7.2.6 Determinación de fibra dietética	23
7.2.7 Determinación fibra insoluble	24

	7.2.8 Determinación de fibra soluble	24
	7.3 Extracto libre de Nitrógeno	25
	7.4 Análisis estadístico	25
8	Resultados y Discusión	26
	8.1 Resultado cenizas	26
	8.2 Resultado Humedad	30
	8.3 Resultado Proteína	33
	8.4 Resultado grasa	35
	8.5 Resultado fibra cruda	38
	8.6 Resultado de Fibra Dietética Total	39
	8.7 resultado de Extracto libre de Nitrógeno	42
9	Conclusiones	44
10	Referencias bibliográficas	45

INDICE DE TABLAS

TABLA		Página
8.1	Contenido de cenizas en harinas de maíz nixtamalizado	27
8.2	Contenido de humedad en harinas de maíz nixtamalizado	32
8.3	Contenido de proteína en harinas de maíz nixtamalizado	33
8.4	Contenido de grasa en harinas de maíz nixtamalizado.	36
8.5	Contenido de fibra cruda en harinas de maíz nixtamalizado	38
8.6.1	Contenido de fibra dietética soluble	39
8.6.2	Contenido de fibra dietética insoluble	40
8.6.3	Contenido de fibra dietética total	40
8.7	Contenido extracto libre de nitrógeno	42

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
2.4.1	Diagrama del proceso tradicional de nixtamalización	9
2.4.2	Diagrama del proceso industrial de Nixtamalización	13
8.1	Porcentaje de cenizas en función del tiempo de análisis	28
8.2	Porcentaje de humedad en función del tiempo de análisis	31
8.3	Porcentaje de proteína en función del tiempo de análisis	35
8.4	Porcentaje de grasa en función del tiempo de análisis	37
8.5	Porcentaje de fibra cruda en función del tiempo de análisis	38
8.6.3	Porcentaje de fibra dietética total en función del tiempo de análisis	41
8.7	Porcentaje de fibra cruda en función del tiempo de análisis	43

1. INTRODUCCION.

La nixtamalización del maíz es un proceso muy antiguo desarrollado por los aztecas, el cual todavía se utiliza en la actualidad para producir tortillas de buena calidad y otros productos alimenticios. Después de cocer el maíz con la cal, el producto obtenido, llamado nixtamal, se lava con agua para eliminar el exceso de cal, éste se muele en molinos de piedra para obtener una pasta suave conocida como masa. La masa es utilizada para producir tortillas, las cuales son la principal fuente de calorías, proteínas y calcio para la población de bajos recursos económicos. La producción de masa a nivel industrial no sigue las condiciones tradicionales de nixtamalización, por lo que se obtienen tortillas cuya textura son de menor calidad, comparadas con las obtenidas a nivel casero o con procesos a menor escala como es el caso de las tortillerías de México (Campus-Baypoli, *et al.*, 1999).

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, *et al.*, 1987).

Además la reasociación de la amilosa y la amilopectina, que depende del tiempo y la temperatura, modifica constantemente el contenido total de agua y su distribución dentro de esta matriz (Pflugfelder, *et al.*, 1988).

El tratamiento térmico- alcalino 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 la 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 llevados a un nivel óptimo (Rooney y Suhendro, 1999).

Durante la nixtamalización pequeñas cantidades de gránulos de almidón son gelatinizados, la mayor gelatinización es debida a la fricción durante la molienda, la cual también se encarga de dispersar parcialmente los gránulos hinchados dentro de la matriz, los cuales actúan como un pegamento que mantienen las partículas de masa unidas. Mucho almidón gelatinizado (debido a un sobre-cocimiento) produce una masa pegajosa que es difícil de manejar. Por otro lado, un subcocimiento produce una masa sin cohesividad que produce tortillas de una 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 y Suhendro, 1999). Esta es la principal diferencia entre la masa obtenida en el proceso tradicional y la obtenida para producir harinas de maíz nixtamalizado (HMN). En el caso de las HMN, éstas son obtenidas por molienda utilizando nixtamal con bajo contenido de humedad, lo cual no permite la liberación de los gránulos de almidón a partir de los otros componentes presentes en el grano de maíz. Por 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 proteínas, mientras las HMN tienen partículas que contienen cantidades de almidón y proteínas similares a las presentes en el endospermo del grano de maíz. (Gómez, *et al.*, 1991; Bello-Pérez, *et al.*, 2002).

La ventaja a nivel práctico de utilizar HMN es que únicamente se debe de rehidratar con agua para obtener la masa, la cual es entonces moldeada y cocida para obtener las tortillas. Esto reduce considerablemente el costo de mano de obra, la inversión para equipo, los problemas asociados con la adquisición del grano de maíz y la generación de desechos durante la elaboración del nixtamal (Almeida-Domínguez, *et al.*, 1996). Las desventajas del uso de HMN son su precio alto, el sabor y la textura de las tortillas, comparadas con la masa, por eso los productores de HMN tratan de optimizar los procesos pero con mejoras en la calidad. (Bello-Pérez, *et al.*, 2002).

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo se circunscribe en analizar la composición química proximal, de cuatro marcas de harinas comerciales de maíz nixtamalizado, con mayor difusión de venta en la ciudad de Querétaro.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 El origen del maíz como base de la alimentación en México y Centroamérica.

El origen del maíz (*Zea mays*), se ubica en la República Mexicana, específicamente en el valle de Tehuacan, Puebla y en el norte del estado de Oaxaca (Reyes, 1990). La domesticación del maíz terminó con el nomadismo en Mesoamérica y resultó en el establecimiento de los principales establecimientos humanos. La importancia del maíz en la sociedad mesoamericana era tal, que había un dios azteca del maíz: Centeotl y Yum Kaaz, dios maya del maíz y la vegetación (Trejo-González, *et al.*, 1982).

La tortilla de maíz y algunos productos de maíz nixtamalizado han sido alimentos básicos en México y Centroamérica por siglos y en otros países en la última década. Las ventas de tortilla en 1994 en Estados Unidos fueron de 5 mil millones de dólares (Almeida, *et al.*, 1998). En México, el consumo por persona es de aproximadamente de 325 g (Flores *et al.*, 2000). La producción anual de este producto es de aproximadamente 10 millones de toneladas (Gómez *et al.*, 1996).

El maíz transformado en tortilla es el alimento que proporciona cantidades significativas de calorías (45.2 %), proteínas (38.8 %) y otros nutrimentos, principalmente calcio (49.1 %) a la dieta en grandes sectores de la población (Bressani *et al.*, 2000), principalmente en las zonas rurales más pobres y marginadas del país (Gómez *et al.*, 1996).

Dentro de los varios aspectos que unen a los mexicanos sobresale el hábito del consumo de productos de maíz nixtamalizado, único alimento que sin discriminación consumimos todos. En efecto, sin distinción económica, social, cultural, intelectual o regional, todos los mexicanos consumen maíz y sobre todo tortillas, es decir, México se conoce a través del mundo por ser una cultura maicera (<http://www.jornada.unam.mx/2001/ago01/0100820/cien-paredes.html>).

2.2 Harinas instantáneas de maíz nixtamalizado.

La industria de harina de maíz nixtamalizado en el país data de 1949, año en que inició sus actividades el grupo industrial Molinos Azteca, S.A.; en 1951 Maíz Industrializado S.A. (MINSA), registró la primera patente para la producción de esta harina, la cual fue desarrollada por el Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas (IMIT) (Sánchez-Armas, 1996)

Un logro importante en la industria de la tortilla de maíz, desde el nixtamal, el metate y el comal, ha sido la fabricación a nivel industrial de harinas instantáneas de maíz (proceso *tradicional modificado* a gran escala), que ha adquirido popularidad entre la población urbana debido a que elimina las labores intensivas y tediosas del proceso de fabricación (cocimiento, reposo, molienda y cocido), el producto se supone, es homogéneo y existe un mejor control higiénico durante su elaboración, lo que permite ser almacenado durante cierto período de tiempo. Pero su principal desventaja radica en una menor calidad de los productos elaborados respecto al sabor y la textura, comparados con los productos tradicionales (Gómez *et al.*, 1996).

La tortilla elaborada de harina representa el 22.8 % del consumo total en México, el 37.7 % se elabora con masa de molinos de nixtamal comerciales y el 40.5 % es elaborada a mano en zonas rurales (Figuerola *et al.*, 1996). Hasta hace poco tiempo, el maíz era procesado por nixtamalización a nivel doméstico, pero hoy día, el uso de harinas nixtamalizadas industrialmente se está convirtiendo en un proceso popular, por su conveniencia en la preparación de tortillas y de otras formas de consumo de maíz nixtamalizado (Bressani *et al.*, 2001).

El proceso térmico alcalino del maíz para producir harina, tortillas, etc., ha adquirido mayor importancia; con un incremento de productos elaborados con un cocimiento térmico-alcalino permitiendo que se enfatice la importancia de mantener y elaborar productos de calidad en relación a las características sensoriales y valores nutrimentales para asegurar su participación en el mercado (Almeida *et al.*, 1998).

2.3 Estructura del grano del maíz.

El grano de maíz se desarrolla mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis, la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta en la inflorescencia femenina denominada espiga. Esta estructura puede contener de 300 a 1000 granos de maíz según el número de hileras y el diámetro de la mazorca.

El grano del maíz es, botánicamente, un fruto en cariósipide que contiene sólo una semilla o grano (Tortosa, 1982). El grano está unido al olote mediante el pedicelo o cofia que mediante conductos internos llegan los productos de la fotosíntesis al mismo durante su desarrollo (Cortés *et al.*, 1972). Esta semilla está formada por: el pericarpio, el endospermo, el germen y la cofia como componentes mayoritarios; cada una de estas partes anatómicas tienen importantes propiedades funcionales. El pericarpio está constituido principalmente por fibra y además protegen la semilla; el endospermo contiene material de reserva específicamente almidón como componente mayoritario y un bajo contenido de proteínas que representan una materia prima que es utilizada para el desarrollo de una nueva planta. El germen contiene principalmente proteína y lípidos y su función principal es convertirse en embrión para generar una nueva planta.

Las variedades cultivadas fundamentalmente para la alimentación comprenden el maíz dulce y el reventador, aunque también se usan en buena medida el maíz dentado, el amiláceo o harinoso y el cristalino (<http://fao.org/docrep/T0395>).

2.4 Nixtamalización.

Lloyd Rooney en el 2001 menciona que la nixtamalización genera modificaciones nutrimentales importantes. Por ejemplo, avanza en el ser humano la digestión, además de que la cal utilizada incrementa el calcio de la tortilla. Este mineral, es el que los humanos necesitan en mayor proporción para un adecuado crecimiento y lograr mejor biodisponibilidad de algunas vitaminas como la niacina, la cual es parte del complejo B.

Con la presencia de maíces enriquecidos con mayor contenido vitamínico o modificados, se producen diferencias en el proceso de nixtamalización. Sin embargo, los programas de mejoramiento y fortificación son para que el grano tenga los elementos que beneficien al organismo de la población mexicana, sobre todo aquella de escasos recursos. (www.dgi.unam.mx/boletin/bdboletin/2001_4.html)

La nixtamalización disminuye ligeramente el contenido y solubilidad de la proteína del grano, no obstante aumenta la biodisponibilidad de algunos aminoácidos esenciales; incrementa también algunos indicadores nutricionales. Este procedimiento promueve la hidrólisis del almidón pero eleva el contenido de fibra soluble y almidón resistente; este último parámetro se incrementa cuando el consumidor guarda las tortillas y vuelve a calentarlas mejorando así el mensaje nutracéutico de éstas, es decir, su capacidad de prevenir ciertas enfermedades del colon, entre otras. El contenido de algunas vitaminas disminuye pero ello se compensa con la elevación de disponibilidad de niacina; por ello los antiguos pobladores no sufrían de pelagra. El contenido de calcio y fósforo aumenta lo que convierte a la tortilla en mensajero por excelencia de este primer mineral y cuya alternativa serían productos lácteos, pero es sabido que más de 60 por ciento de la población difícilmente los conocen en su dieta. El contenido de ácido fítico disminuye lo que ocasiona un mejoramiento en absorción de minerales. Otra aportación sobresaliente de la nixtamalización es que puede disminuir el contenido, en caso de estar presente, de algunas toxinas de hongos. (www.dgi.unam.mx/boletin/bdboletin/2001_4.html)

Actualmente las sociedades con bajos ingresos en nuestro país están reduciendo el consumo de tortilla por un entendimiento equivocado de *estatus* social, al igual que aquellas de altos ingresos con igual comportamiento, lo anterior conlleva a reflexionar que el consumo de tortilla incrementa niveles de fibra y otros importantes nutrimentos en comparación con productos de harinas refinadas como el pan blanco. El renunciar por ignorancia, o por otros factores, a este alimento ancestral conduce a dejar de lado enormes beneficios que conlleva su consumo. (www.lectura.ilce.edu.mx:3000/site/fondo2000/vol12/20/htm/SEC-11.html).

La popular tortilla de maíz —que tan familiar nos resulta, ya sea como plato flexible y comestible para enrollar cualquier alimento, dando lugar así al incomparable taco, o cortada en pedazos que permitan emplearla como cuchara también comestible— es el producto de un largo camino agrícola, industrial y comercial que conviene no olvidar.

La necesidad que tenemos los consumidores de que no falten las tortillas, los problemas económicos y laborales que derivan de varias decenas de miles de tortillerías y molinos de nixtamal en todo el país (más de 50 mil) y, desde luego, la importancia social de los campesinos que producen la materia prima para las tortillas, transforman a este producto en un importante factor de paz o de disturbios. Por ello, quienes tienen en sus manos la posibilidad de tomar las decisiones respectivas, deben contemplar el proceso maíz/nixtamal/masa/tortilla desde un ángulo no sólo económico, sino también social y político (www.jornada.unam.mx/2001/ago01/01000820/cien-paredes.html).

2.4.1 Proceso de nixtamalización tradicional.

La palabra nixtamalización proviene del náhuatl que significa ceniza o cenizas de cal y *tamalli*, masa de maíz. Consiste en los siguientes pasos:

El maíz se cose a una temperatura de 72 grados centígrados hasta punto de ebullición en agua en una proporción 1:2 (peso:volumen) a la cual se le añade de 1-3 % de cal, con la cual se alcanza un pH que varía de 11 a 13. El tiempo de cocimiento, que fluctúa entre 20 y 120 minutos, depende de las variedades del maíz, contenido de cal y temperatura de cocimiento y termina el cocimiento cuando podemos separar manualmente el pericarpio a este tiempo, se interrumpe el suministro de calor y se deja reposar de 1 a 24 horas. El agua de cocción, es llamado tradicionalmente como “nejayote”, se elimina cuando ya finalizó la fase de reposo, mediante un drenado, posteriormente el maíz recién nixtamalizado se lava con agua, el agua de lavado tiene un pH aproximado de 8.5.

Proceso tradicional de nixtamalización.

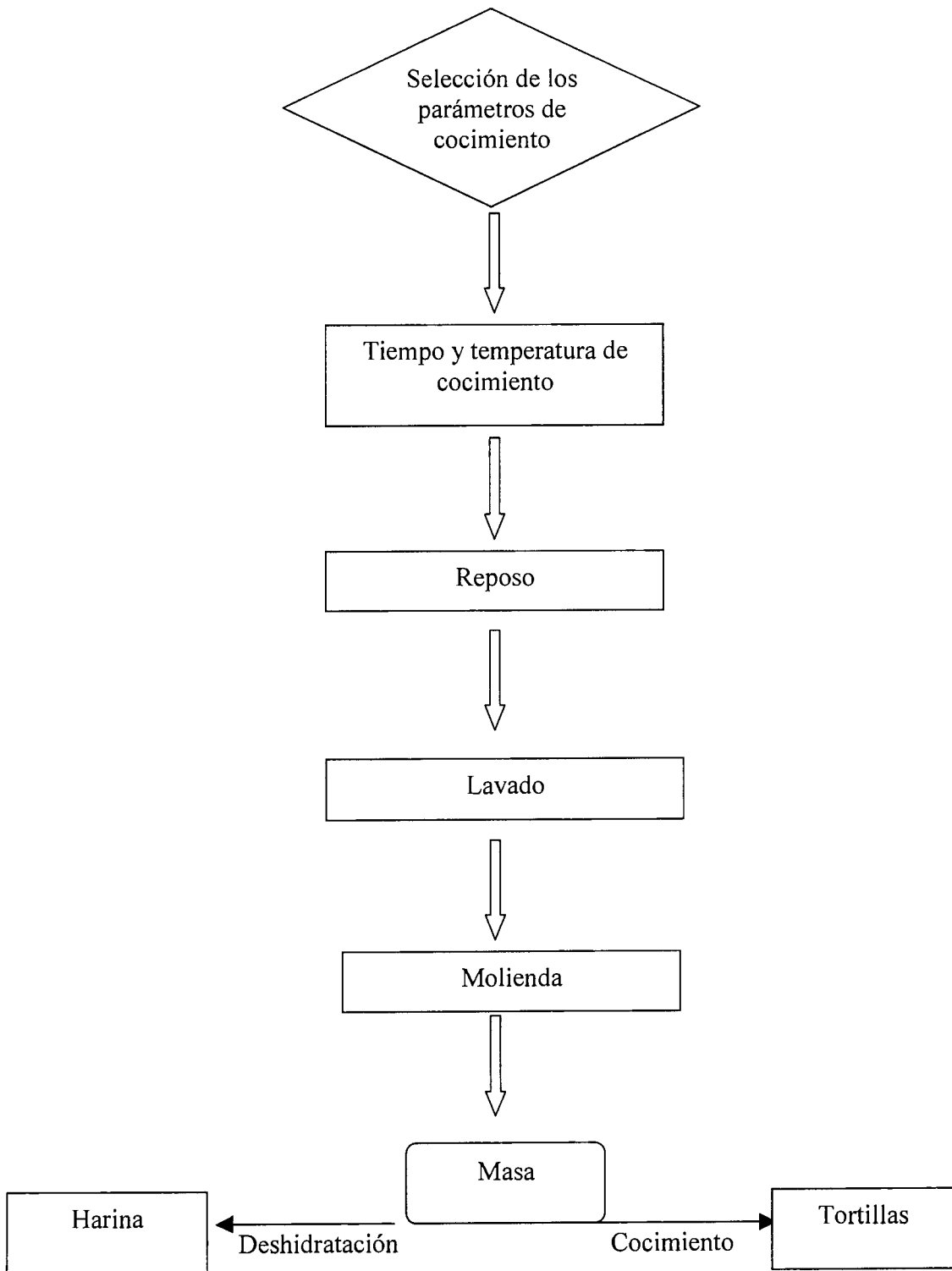


Figura 2.4.1 Diagrama del proceso tradicional de nixtamalización.

La selección de los parámetros de cocimiento, involucran: la temperatura, relación de agua-maíz: variedad de maíz y contenido de calcio inicial .

La temperatura de cocimiento puede variar de 72 a 92 grados centígrados, el tiempo de cocimiento esta directamente relacionado con la concentración de calcio y la temperatura seleccionada para el cocimiento, por otra parte el contenido de cal puede variar de 0.5 % a 4% en relación al peso del maíz.

La transformación fisicoquímica que sufre el grano durante el proceso de nixtamalización, depende de factores como son: el agua, calor e hidróxido de calcio, mismos que influyen en la calidad del producto final, modificándose el contenido de nutrimentos, minerales y aminoácidos esenciales. Los cambios se deben a pérdidas materiales y químicas del grano que pueden ser ocasionadas por la destrucción de algunos nutrimentos debido a las transformaciones de otros.

Después de transcurrido el tiempo de reposo, el grano es separado del líquido en donde reposó por drenado y puesto en los contenedores de lavado. La mayoría del pericarpio y el exceso de cal es removido durante este paso. (Serna-Saldívar *et al.*, 1981).

El maíz nixtamalizado ya lavado se muele en un molino de piedras en el que, por fricción, se genera una gran cantidad de energía que incrementa considerablemente la temperatura de la masa que se obtiene (Badui, 1996). El maíz molido (masa) debe tener distribuciones de partícula menor a 800 micras.

El maíz nixtamalizado ya adecuadamente molido se puede transformar en masa que posteriormente lo podemos transformar en tortilla o harina instantánea mediante deshidratación, para así obtener diversos productos.

Hay pocos estudios sobre los cambios fisicoquímicos que ocasionan las pérdidas de nutrimentos durante la nixtamalización. Como podemos mencionar durante el tratamiento con cal hidroliza el pericarpio que es eliminado durante el proceso de lavado, arrastrando con él la piloriza, a lo que se le puede atribuir la pérdida de fibra.

Según algunos investigadores, el proceso de cocción con cal aumenta ligeramente el contenido de nitrógeno, debido al efecto de la concentración (Sanderson *et al.*, en 1978) detectaron pequeñas pérdidas de arginina y cistina a causa del tratamiento con cal. Lunven en 1968, observó una pérdida importante de lisina y triptófano durante el tratamiento en agua de cal. La digestibilidad de las proteínas disminuye en forma leve, posiblemente a causa del tratamiento con calor.

La utilización de hidróxido de calcio durante la nixtamalización del grano de maíz aumenta considerablemente el calcio en el grano aproximadamente un 400%, y por lo tanto, el contenido de cenizas aumenta. Otros autores han demostrado que la cocción del maíz en agua con cal aumenta la disponibilidad de la niacina. (<http://fao.org/docrep/T0395>).

2.4.2 Proceso Industrial de Nixtamalización.

Los procesos industriales para la producción de harina instantánea para la elaboración de tortilla principalmente y algunos productos derivados, se basan en el método tradicional de nixtamalización con algunas modificaciones. El método industrial, es sistematizado a una producción de gran escala, el cual se muestra en la 2.4.2 (Rooney y Suhendro, 1999).

Las propiedades sensoriales y funcionales de todos los productos derivados de la masa son de suma importancia. Por ejemplo, uno de los aspectos de mayor relevancia con relación a las características de estos productos, es el tipo de maíz blanco tiene mayor aceptación. Los totopos y tostadas pueden prepararse utilizando maíz amarillo o blanco (Paredes-López y Saharópulos- Paredes 1983).

Otros factores que afectan negativamente la calidad del producto final son los agentes que deterioran al maíz, como roedores, daño microbiano o el tiempo de almacén. Estudios indican que el almacenamiento reduce la capacidad de la masa para retener humedad. Por otro lado, el daño microbiano no solamente afecta la salud humana (Paredes-López y Saharópulos- Paredes 1983).

La cocción alcalina y el remojo (nixtamalización) provocan la disolución y el hinchamiento de las capas del pericarpio, esto hace que las paredes celulares y los componentes de la fibra de esta parte del grano se vuelven frágiles facilitando su remoción. Aparentemente la adición de la cal mantiene el pH necesario para hidrolizar la hemicelulosa del pericarpio. Estas alteraciones obviamente disminuyen el contenido de fibra. El contenido de hemicelulosa del grano de maíz es del orden del 8 %, mientras que en la tortilla es de 6 %. También se ha detectado que el contenido de fibra insoluble en maíz disminuye hasta un 6 % después de la nixtamalización.

Proceso Industrial de harinas de maíz nixtamalizado.

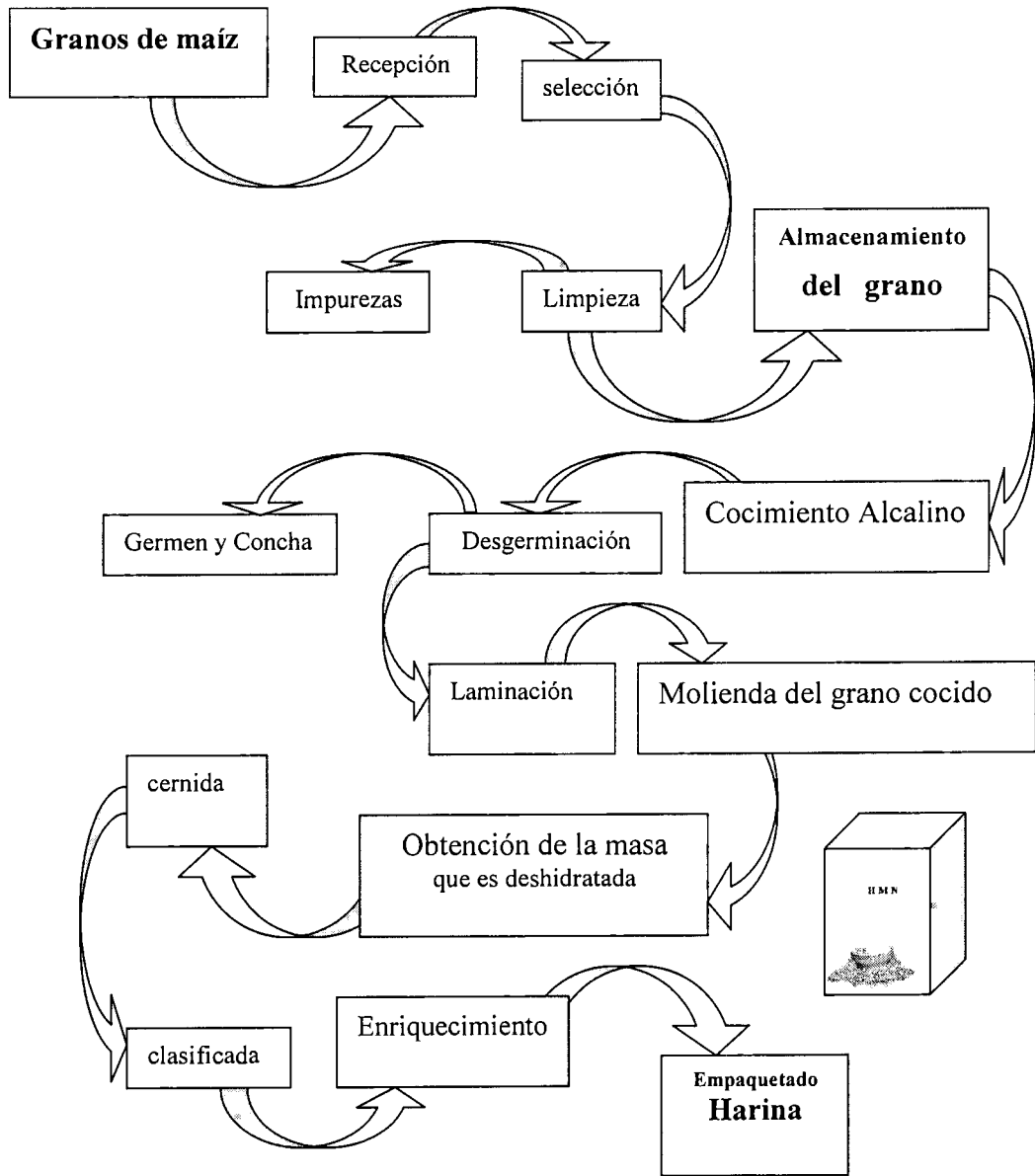


Figura 2.4.2 Diagrama del proceso industrial de Nixtamalización.

2.5 Fortificación de la tortilla

A través de los años se han realizado varios esfuerzos para mejorar la calidad nutrimental de la tortilla. Esto se puede lograr principalmente por medio de una estrategia, como es la fortificación de las tortillas a través de la adición de harinas de otros granos a la masa.

Por ejemplo, tortillas que fueron fortificadas con 16 % de soya incrementaron su PER de 1111 a 2121, mientras que aquellas que contenían un 20 % de soya lo incrementaron a 2.3 (Paredes- López y Saharópulos- Paredes.,1983).

2.6. Suplementación de la tortilla.

Otra estrategia para mejorar la tortilla es la suplementación que se refiere a la adición de nutrimentos, los cuales no se encuentran presentes en el alimento o sólo se encuentran en cantidades muy pequeñas o en niveles deficientes (Bressani 1990).

En México no existía la cultura de la suplementación; solamente se había establecido como obligatoria la adición de yodo a la sal de mesa para la prevención del bocio. No obstante, en 1997 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el proyecto de Norma Oficial Mexicana, NOM 147-SSAI- 1996, en la que se establece la adición de micronutrimentos a las harinas para restaurar las vitaminas y los minerales más importantes perdidos durante la transformación del grano. En la actualidad se están instrumentando medidas para que las harinas refinadas sean complementadas con la adición de proteína, minerales y vitaminas. (Figuroa 1999).

3. JUSTIFICACIÓN.

La historia de un pueblo sedentario estrechamente vinculada al cultivo de un producto agrícola. Tal es el caso de México con el maíz. Y más aun ha sido el alimento fundamental de sus habitantes y con frecuencia ha devenido incluso moneda indígena. De alguna manera, esta gramínea ha sido factor de unidad cultural y económica de nuestro país. De aquí que la tortilla ha sido el principal alimento del pueblo mexicano, y junto con el frijol, es la base de su supervivencia en virtud de una complementación maravillosa: en las zonas rurales la tortilla representa mas del 70 % del total de calorías consumidas (Paredes-López *et al.*, 2000)

Como es bien conocido, el consumo de tortillas tiene implicaciones nutrimentales para la población de los países en vías de desarrollo, principalmente por el suministro de calcio y fibra. Para todo el consumidor es bien conocido que la calidad hechas con harinas comerciales esta muy por abajo de las tortillas obtenidas mediante el proceso tradicional de nixtamalización. Los orígenes de esta baja calidad pueden estar concentrados en problemas en la línea de producción o problemas intrínsecos al proceso de nixtamalización (Bressani *et. al.*, 2001).

Desde el punto de vista nutrimental, para el establecimiento de estándares de la composición química y del valor nutritivo y para fines de mejoramiento de su calidad nutricional por fortificación es importante conocer la variabilidad que puede existir entre las marcas comerciales de las harinas nixtamalizadas de maíz (Bressani *et al.*, 2001); por lo que en este trabajo se presenta un estudio sistemático de las propiedades químico-proximales de harinas comerciales, con el fin de demostrar que hace falta aplicar un sistema de estandarización en la producción de harinas a nivel industrial para evitar variabilidad en las propiedades nutrimentales de las mismas.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso de nixtamalización, es un método tradicional utilizado desde hace varios siglos por los primeros moradores de México y Centroamérica y desde hace algunas décadas ha ido aumentando su popularidad llegando a comercializarse mediante la producción de harinas instantáneas para la elaboración de tortillas, productos nixtamalizados como botanas, snacks, nachos, etc., (Martínez Bustos *et al*, 1999)

Este proceso de nixtamalización se sigue utilizando sin ninguna modificación desde tiempos ancestrales, pero no obstante su gran auge como estándar de calidad para los procesos industriales o alternativos, no se conocen completamente todas las modificaciones que ocurren en el grano de maíz desde el punto de vista físico-químico, nutrimental, organoléptico, sensorial y funcional; y esencialmente en cuanto a modificaciones micro-nutrimientales y nutrimentales se refieren (Campus- Baypoli *et al*, 1999).

Durante el proceso de nixtamalización, del grano de maíz cuando es sometido a un tratamiento drásticos que modifica las propiedades de los nutrientes y micro-nutrientes que conforman el grano, incrementando algunos minerales como el calcio, lo que se refleja en la calidad del producto final.

Durante las distintas etapas del proceso de nixtamalización a nivel industrial por los factores que intervienen en ella, existen diversas transformaciones físicas, químicas y nutrimentales.

Esta investigación se centrara en analizar como se comportan nutrimentalmente las harinas comerciales ya que es sabido los procesos industriales de nixtamalización, dan como resultado de un control deficiente durante el proceso y una baja calidad del producto, ya sea harinas o tortillas en comparación con aquellos obtenidos mediante el proceso tradicional.

5. HIPÓTESIS

La composición nutrimental de las harinas de cuatro marcas comerciales de maíz nixtamalizado, presentan variaciones estadísticamente significativas entre marcas y entre lotes a lo largo de diferentes periodos de elaboración, lo anterior debido a variaciones en el proceso de producción de las mismas.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general:

Demostrar que existen variaciones en la composición nutrimental de cuatro marcas comerciales de harinas de maíz nixtamalizado elaboradas en México, durante un periodo de cinco meses mediante el análisis químico proximal de cada una de ellas.

6.2 Objetivos particulares:

- Realizar el análisis químico proximal en cuatro marcas comerciales de harinas de maíz nixtamalizado de acuerdo a los métodos establecidos por la AOAC en 1995.
- Determinar el contenido de fibra dietética soluble, insoluble y fibra total en cuatro marcas comerciales de harinas de maíz nixtamalizado.
- Evaluar el contenido de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) en cuatro marcas comerciales de harinas de maíz nixtamalizado.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Selección de la muestra

Las muestras de harina fueron seleccionadas bajo el criterio de que cada una de las marcas analizadas proviniera de una misma compañía y planta productora. Estas fueron adquiridas en el mismo supermercado, de manera periódica dentro de los primeros 5 días de cada mes.

7.2 Análisis químico proximal

A las harinas, se realizaron los diferentes análisis de acuerdo a las metodologías descritas por la AOAC, 1995:

7.2.1 Determinación de cenizas en harinas. No. 923.03 (AOAC, 1995)

Se pesa 2.5 gramos de harina en un crisol previamente llevado a peso constante. Las harinas se colocan en una mufla lo más cerca posible del centro e incinerar durante 4 horas a 550° C.

Al término de ese tiempo, las harinas se inspeccionan para verificar si la materia orgánica ha sido consumida. Una vez que la materia orgánica es consumida, las harinas se transfieren a un desecador hasta que se enfrían y se registra su peso.

Cálculo:

$$\% \text{cenizas} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{peso ceniza}) - \text{peso crisol peso constante}}{(\text{peso crisol} + \text{peso harina}) - \text{peso crisol}} \times 100$$

7.2.2 Determinación de Humedad en harinas No. 925.10 (AOAC, 1995)

Se pesa entre 5.0 y 5.5 gramos de harina en un recipiente de metal o en una cápsula de porcelana que previamente se pone a peso constante; las muestras se colocan en un horno a 110° C durante 4 horas. Al término de este tiempo, las muestras se transfieren a un desecador hasta enfriarlos. Posteriormente se registran los pesos en una balanza analítica.

Cálculos:

Para el cálculo de humedad en harinas, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \text{Humedad} = \frac{(\text{Peso del recipiente} + \text{peso harina}) - (\text{Peso del recipiente} + \text{peso harina seca})}{\text{peso harina}} \times 100$$

7.2.3 Determinación de proteína en harinas. No. 920.87 (AOAC, 1995)

La determinación de proteína se realizó por el método de Kjeldahl, el cual consiste en convertir el Nitrógeno proteínico en Nitrógeno amoniacal, y por medio de una titulación conocer el porcentaje de nitrógeno liberado.

Se pesa 1 gramo de harina. Esta muestra es agregada al digestor junto con 5 gramos de catalizador, el cual consiste en una mezcla de 3.5 g de sulfato de sodio y 0.4 g de sulfato cúprico. Después se agrega a esto 10 ml de ácido sulfúrico.

Los tubos se calientan hasta que adquieran un color verdoso, se dejan enfriar y se transfieren al destilador. En el destilador se colocan aproximadamente 50 ml de una solución de hidróxido de sodio al 50%.

En los matraces de recolección se colocan 25 ml de ácido bórico con indicador de verde de bromocresol y rojo de metilo, en los cuales se colecta el destilado. El destilado se titula con una solución de HCl 0.1 N. Posteriormente se realiza el siguiente cálculo:

$$\% \text{ Proteína} = \frac{\text{ml HCl (Normalidad HCl)} \times 0.014 \times 6.25}{\text{Peso de la harina}}$$

7.2.4. Determinación de grasa en harinas. No. 920.85 (AOAC, 1995)

Poner a peso constante los matraces de fondo plano, esto se ejecuta colocándolos en la estufa 1 hora a 110° C, después se transfieren al desecador. Se pesa el matraz y se registra como peso 1 (P1).

Se pesan 2 gramos de harina y se coloca en un cartucho de papel filtro de 15 cm de diámetro. Se coloca el cartucho en el contenedor del aparato Soxhlet para extracción de grasa

Se colocan 200 ml de éter etílico en el matraz (con cuidado de no tocar el matraz con las manos, ya que tienen grasa y podrían afectar el resultado).

Se ensamble el equipo Soxhlet completo y se verifica que el agua fluya a través del refrigerante.

Se enciende la parrilla y se calienta hasta que el goteo sea de 4-5 gotas por segundo. Una vez que se consiga el goteo adecuado, se evita que el éter no ebulle, ya que esta reacción podría ser peligrosa, por lo tanto se cuida que la temperatura no sea muy alta. Se toma el tiempo y se espera un lapso de 5 horas.

Pasadas las 5 horas, se recupera el éter y se apaga la parrilla. Se elimina el éter restante en el matraz con el calor que queda en la parrilla y se coloca en la estufa por 15 minutos.

Se coloca el matraz en el desecador por unos 10 minutos. Después se pesa y se registra como peso 2 (P2). Posteriormente se realizan los cálculos:

$$\%grasa = \frac{P2 - P1}{P \text{ harina}} \times 100$$

P harina

7.2.5 Determinación de fibra cruda en harinas. No. 920.86 (AOAC, 1995)

Una harina exenta de grasa se trata con ácido sulfúrico en ebullición y después con hidróxido de sodio en ebullición. El residuo menos las cenizas se considera fibra.

Se pesa una cantidad adecuada de muestra (normalmente 1 ó 2 gramos) en un matraz erlenmeyer de 1 litro (Nota 1), añadir 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25% que ha sido calentado hasta entrar en ebullición; utilizar los primeros 30-40 ml para dispersar la harina; se añaden unas gotas de agente antiespumante y se calienta para que entre en ebullición.

Hervir suavemente durante 30 minutos bajo condensadores de dedo frío; rotar periódicamente los matraces erlenmeyer para mezclar el contenido y desprender las partículas adheridas a la pared. Se filtra el contenido del matraz en un embudo de Hartley o Buchner preparado con papel filtro mojado de 12.5 cm ; se arrastra por lavado la muestra de nuevo hacia el matraz original utilizando 200 ml de hidróxido de sodio al 1.25% medidos a temperatura ambiente y calentados seguidamente hasta el punto de ebullición. Se hierve durante 30 minutos tomando las mismas precauciones que en el tratamiento anterior de la ebullición.

Transferir todo el material insoluble a un crisol de vidrio poroso empleando agua hirviendo; lavar sucesivamente con agua hirviendo, ácido clorhídrico al 1% y agua hirviendo de nuevo hasta que quede exento de ácido; lavar dos veces con alcohol; lavar tres veces con acetona. Se deseca a 100° C hasta peso constante y se incinera en horno de mufla a 550 ° C durante 1 hora. Enfriar el crisol en desecador y volver a pesar.

Cálculo:

Si: Peso (g) de la harina = W1

Peso (g) de la materia insoluble = W2

Peso (g) de las cenizas = W3

Entonces: Contenido de fibra cruda (%) = $[(W2-W3) / W1] \times 100$

7.2.6 Determinación de fibra dietética. No. 985.29 (AOAC, 1990).

Pesar por duplicado 1 g de harina en matraces altos de 400 ml. Los pesos de las muestras no deben variar arriba de 20 mg. Agregarle 50 ml de buffer de fosfatos pH 6.0 ± 0.2 a cada matraz. revisar y ajustar el pH 6.0 si es necesario con hidróxido de sodio 0.275 N.

Agregar a cada matraz 0.1 ml de amilasa termoestable y cubrirlos con aluminio. Colocar en baño de agua hirviendo durante 15 minutos, agitar vigorosamente en intervalos de 5 minutos; incrementar el tiempo de incubación cuando el número de matraces sea tal que se dificulte alcanzar la temperatura interna de 75-100° C. Utilizar un termómetro para asegurar que a los 15 minutos se alcance una temperatura de 95-100° C. Un baño de agua total de 30 minutos debe considerarse suficiente.

Enfriar la solución a temperatura ambiente. Ajustar el pH a 7.5 ± 0.2 mediante la adición de 10 ml de solución de NaOH 0.275 N.

Agregar 5 mg de proteasa (como la proteasa tiende a adherirse a la espátula se recomienda preparar la enzima en solución: 50 mg en 1 ml de buffer de fosfato), pipetear 0.1 ml justo antes de su uso.

Cubrir el matraz con hoja de aluminio. Incubar durante 30 minutos a 60°C con agitación continua. Enfriar.

Agregar 10 ml de solución HCl 0.325 M, medir el pH y agregar gotas de ácidos si se considera necesario (el pH final debe estar entre 4.0 y 4.6).

Agregar 0.1 ml de amiloglucosidasa, cubrir con hoja de aluminio e incubar durante 30 minutos a 60° C con agitación continua.

7.2.7 Fibra dietética insoluble

Filtrar con papel filtro y lavar el residuo dos veces con 10ml de agua a 70° C. Guardar el filtrado y el agua de lavado y transferirlo a un vaso de 600 ml y reservarlo para la determinación de fibra dietética insoluble.

El residuo obtenido después de la filtración, se lava con dos porciones de 15 cada una de etanol al 78%, dos porciones de 15 ml cada una de etanol al 95% y dos porciones de acetona de 15 ml cada una.

Se seca el residuo a 105° C y enfriar en el desecador por una hora. Analizar el residuo de uno de los duplicados para proteína, el segundo residuo incinerar por 5 horas a 525° C, enfriar en el desecador y pesar.

7.2.8 Fibra dietética soluble

Pesar los vasos de precipitado con la solución del filtrado y agua de lavado y estimar el volumen.

Adicionar cuatro volúmenes de etanol al 95% a 60° C y lavar con este etanol el matraz procedente de la fibra dietética insoluble.

Ajustar el peso de la solución de filtrado y agua de lavado a 80 g con adición de agua, adicionar 320 ml de etanol al 95% a 60° C y dejar precipitar a temperatura ambiente por 12 horas o toda la noche.

Filtrar a vacío y enjuagar el vaso con etanol al 78% para transferir todas las partículas al embudo. Lavar el residuo con dos porciones de 15 cada una de etanol al 78%, dos porciones de 15 ml cada una de etanol al 95% y dos porciones de acetona de 15 ml cada una.

Secar el residuo a 105° C en el desecador por una hora. Analizar el residuo de uno de los duplicados para proteína y el segundo residuo incinerar durante 5 horas a 525° C. Enfriar en el desecador y pesar.

Cálculos:

$$\%FDI = \frac{w \text{ residuo FDI} - (w \text{ proteína FDI} + w \text{ cenizas FDI}) (100 - \%humedad - \%grasa)}{w \text{ muestra}}$$

$$\%FDS = \frac{w \text{ residuo FDS} - (w \text{ proteína FDS} + w \text{ cenizas FDS}) (100 - \%humedad - \%grasa)}{w \text{ muestra}}$$

$$w \text{ proteína} = (\text{ml HCl gastados}) (N) (0.014) (6.25)$$

$$\%FDT = \%FDI + \%FDS$$

7.3 Extracto libre de Nitrógeno

La Determinación de extracto de nitrógeno se obtuvo por una diferencia.

Suma de todos los componentes de cada muestra restárselo al 100 así se obtuvo el resultado.

7.4 Análisis estadístico

Se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS en la versión 5.0 para analizar los resultados; sometidos a un análisis de varianza de una sola vía.

Se realizó análisis de varianza y comparación de medias mediante utilizando la prueba de Duncan con un nivel de significancia del 95 % ($p > 0.05$).

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, se muestran los resultados del análisis químico proximal de las harinas instantáneas de maíz marca: Maseca, Minsa, Comercial Mexicana y Soriana que fueron evaluadas durante un periodo de 5 meses con una periodicidad mensual.

Para facilitar la presentación de los resultados se han designado claves para identificar a las harinas comerciales, siendo las siguientes marcas: Maseca (MAS), para la marca Minsa (MIN) para la marca Comercial Mexicana (CM) y para la marca Soriana (SOR). Cada una de las series o lotes serán representadas con un número romano. Así mismo se discutirán por sección las modificaciones observadas para cada uno de los nutrimentos que se analizaron mediante el análisis químico proximal.

8.1 Resultado de cenizas.

Las cenizas como es bien conocido corresponden principalmente a los minerales presentes en el producto, entre ellos se pueden mencionar en el caso de las harinas nixtamalizadas al, calcio, fósforo, sodio y potasio. Debido al proceso de incineración de la muestra también es factible que el total reportado de cenizas corresponda a sales generadas durante el proceso de incineración.

En la tabla 8.1, se muestran los resultados del contenido de cenizas en las muestras de harinas comerciales: Maseca, Minsa, Comercial Mexicana y Soriana, para un periodo de 5 meses, así como el valor promedio de cada harina en el mismo periodo, en tanto que en la figura 8.1, se presenta el contenido de cenizas en función del tiempo de análisis para las cuatro muestras analizadas.

Tabla 8.1 Contenido de cenizas en harinas de maíz nixtamalizado

SERIE	MAS	MIN	CM	SOR
I	1.22 ± 0.003 ^{cd}	1.30 ± 0.003 ^{efg}	1.23 ± 0.003 ^{cde}	1.31 ± 0.038 ^{efg}
II	1.34 ± 0.037 ^{gh}	1.34 ± 0.010 ^{fgh}	1.14 ± 0.033 ^{ab}	1.29 ± 0.015 ^{cdefg}
III	1.24 ± 0.028 ^{cde}	1.39 ± 0.012 ^{hi}	1.12 ± 0.028 ^a	1.30 ± 0.010 ^{defg}
IV	1.21 ± 0.008 ^{bc}	1.40 ± 0.010 ^{hi}	1.27 ± 0.010 ^{cdefg}	1.30 ± 0.012 ^{efg}
V	1.26 ± 0.008 ^{cdef}	1.44 ± 0.005 ⁱ	1.25 ± 0.064 ^{cde}	1.24 ± 0.026 ^{cde}
VALOR MEDIO TOTAL	1.25 ± 0.016	1.37 ± 0.008	1.20 ± 0.027	1.28 ± 0.020

Los valores representan un promedio de 3 repeticiones ± desviaciones estándar ($\bar{x} \pm \sigma$)
 Subíndices diferentes de una misma columna indican diferencias significativas. ($p < 0.05$)

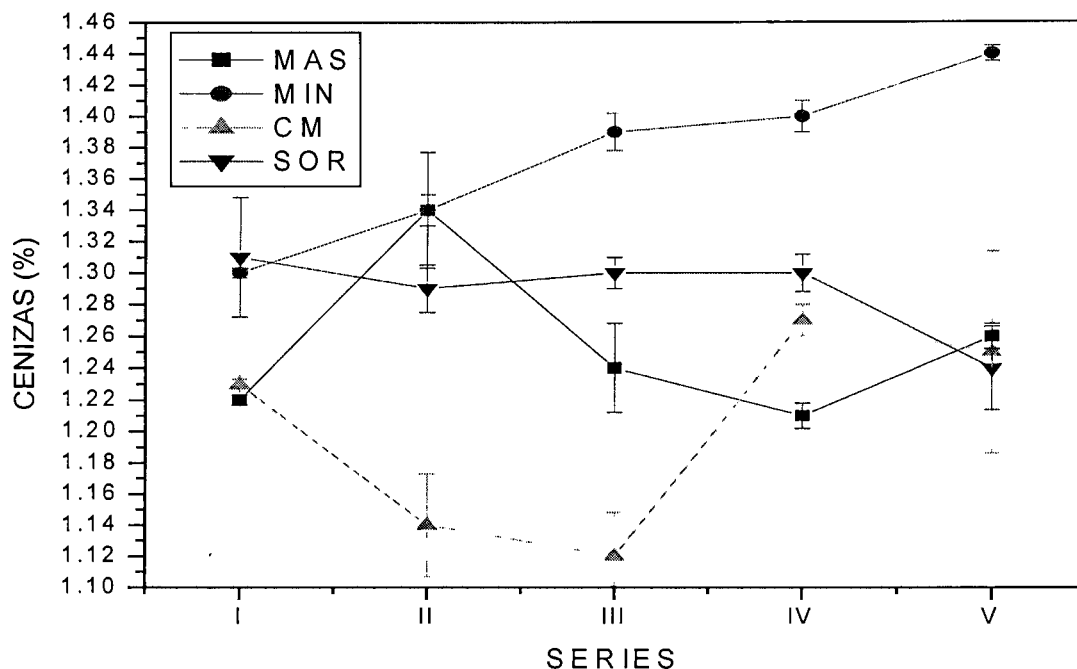


Figura 8.1. Se presenta el porcentaje de cenizas en función del tiempo de análisis (1 a 5 meses).

Como se puede observar los valores del contenido de cenizas en las muestras varían de 1.12 % a 1.44 %. El cambio en el contenido de cenizas en estas muestras es de alrededor de 22%. De acuerdo a la figura 8.1 la compañía que produce la harina Soriana, es la que presenta mayor homogeneidad en cuanto al contenido de este componente el cual varía básicamente por efecto de la adición del hidróxido de calcio Ca(OH)_2 proceso de nixtamalización, es decir esta compañía tiene un mejor control sobre el contenido de calcio en el momento de la nixtamalización; la variación en el contenido de cenizas considerando los valores máximos y mínimos durante el periodo del estudio es de 5.34%.

En el caso de la marca MINSA es de 9.70, Maseca 9.72, para la marca Comercial Mexicana de 11.81%. Estas fluctuaciones también pudieran atribuirse al fenómeno de la cinética de difusión de los iones calcio al sistema (grano), el cual las variaciones se deben básicamente a el proceso de nixtamalización puede tener estandarizado la entrada de calcio al sistema misma que se ve afectada por el tipo de maíz (variedad, calidad, temporada de cosecha y almacenamiento, etc.), o bien a que durante el proceso el producto sea adicionado directamente con cal. (Fernández-Muñoz, 2002).

Los valores más altos obtenidos en este estudio corresponden a la marca Minsa (1.37 %), sin embargo cabe señalar que de acuerdo a Fernández- Muñoz 2002, la entrada de calcio al grano de maíz, para tiempos de reposo cortos no excede el 0.11 % en un proceso industrial el cual requiere de 2 a 3 hr. para obtener una harina y si a esto se suma el hecho de que para mejorar el color de las harinas, el pericarpio (con calcio) es retirado antes del proceso de almacenamiento, se sospecharía que probablemente las harinas comerciales estuvieran adicionadas con este mineral con el objeto de cumplir con la Norma Oficial Mexicana; no obstante se requiere la consideración de varios factores entre los que destacan los niveles mínimos y máximos de adición. así como la forma o la fuente más adecuada del nutrimento.

Con respecto a este último punto deberá considerarse la reactividad de la fuente de nutrimento, la biodisponibilidad del nutrimento (grado de absorción y utilización del nutrimento en el organismo humano) en el compuesto y al momento de mezclarse con otros compuestos o nutrimentos y finalmente el costo del compuesto (Rosado, *et al.*, 1999).

De acuerdo a Breessani *et al.*, quienes estudiaron el contenido de cenizas en harinas instantáneas de maíz producidas en centro América, reportan un nivel de variación de 1.22% a 2.78 %, con un valor promedio para 12 harinas estudiadas de 1.75% \pm de 0.53. Esto significa que las harinas producidas en Centro América contienen niveles mas altos de minerales, principalmente de calcio ya puede ser que el pericarpio no se retira durante el proceso.

En otro estudio realizado por Flores-Farías y colaboradores en 2000 en donde también se determinó la composición química de harinas comerciales reportan un nivel de variación de 1.28 a 1.44.

Gómez y su grupo en 1999 efectuaron un estudio comparativo de la composición nutrimental de harinas de maíz nixtamalizadas elaboradas en los Estados Unidos y en México, ellos indican un rango entre 1.2 y 1.6 % en el contenido de minerales, estas variaciones son muy similares a las que se reportan en este trabajo. Estos valores obtenidos de cenizas estas dentro del rango establecido en la Norma Mexicana NMX –F-046-S-1980 para Harinas de maíz nixtamalizado donde el rango máximo permitido es de 1.5.

8.2. Resultados de humedad.

En la tabla 8.2 y la figura 8.2, se reporta el contenido de humedad de las cuatro harinas comerciales estudiadas en el periodo ya mencionado, la variación del contenido de humedad en estas harinas se encuentra entre un valor mínimo de 7.3 % y un máximo de 10.41% con una variación porcentual del 29%. Las harinas estudiadas mostraron contenidos de humedad de acuerdo al rango establecido por la Norma Oficial Mexicana NMX-F-046-S-1980 para Harinas de maíz nixtamalizado donde el rango máximo permitido es de 11 % y muy similares a los obtenidos para las harinas de maíz nixtamalizadas reportadas por Almeida-Domínguez et. al, 1996 (8.0-11.7%) e inferiores a lo reportado por Bello-Pérez *et al.*, 2001 (12.1 y 12.7 %), en otro estudio realizado por Flores-Farias *et al.*, en 2002 se observó una variación de 9.4 % a 11.7 % de humedad en harinas de maíz nixtamalizado, estos valores son similares los obtenidos para las marcas analizadas en esta investigación.

Desde el punto de vista nutrimental, es sabido que las harinas después de elaboradas pueden estar almacenadas para su distribución por periodos prolongados (meses) por lo que en términos de humedad la harina de Soriana y Comercial Mexicana son las menos expuestas a la proliferación microbiana.

De acuerdo a los resultados obtenidos la harina comercial Mexicana presenta un mejor estándar de control de humedad en el proceso, debiéndose principalmente al proceso de secado y pulverizado.

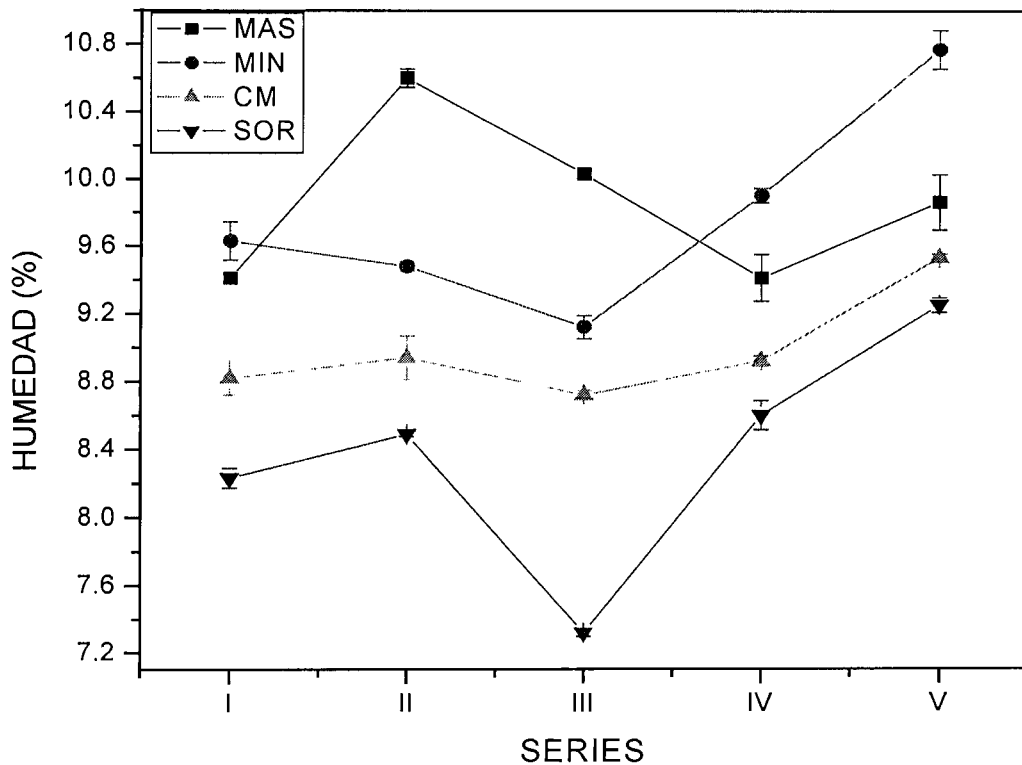


Figura 8.2. Se presenta el porcentaje de humedad en función del tiempo de análisis (1 a 5 meses).

Tabla 8.2 Contenido de humedad en harinas de maíz nixtamalizado

SERIE	MAS	MIN	CM	SOR
I	9.41 ± 0.023 ^{hi}	9.63 ± 0.115 ⁱ	8.82 ± 0.100 ^{de}	8.23 ± 0.058 ^b
II	10.60 ± 0.055 ^k	9.48 ± 0.027 ^{hi}	8.94 ± 0.129 ^{ef}	8.49 ± 0.015 ^c
III	10.03 ± 0.018 ^j	9.12 ± 0.069 ^{fg}	8.72 ± 0.030 ^{cde}	7.32 ± 0.023 ^a
IV	9.41 ± 0.139 ^{hi}	9.90 ± 0.043 ^j	8.92 ± 0.031 ^{ef}	8.60 ± 0.086 ^{cd}
V	9.86 ± 0.166 ^j	10.77 ± 0.115 ^k	9.53 ± 0.020 ⁱ	9.25 ± 0.043 ^{gh}
VALOR MEDIO TOTAL	9.86 ± 0.080	9.78 ± 0.073	8.98 ± 0.062	8.37 ± 0.045

Los valores representan un promedio de 3 repeticiones ± desviaciones estándar ($\bar{x} \pm SD$)
 Subíndices diferentes de una misma columna indican diferencias significativas. ($p < 0.05$)

8.3. Resultados de Proteína.

En la tabla 8.3 y la figura 8.3, se muestra los resultados obtenidos para el contenido de proteína en las harinas objeto de estudio. El valor promedio de la proteína encontrado en el periodo de 5 meses para todas las harinas es de 9.11 % con una desviación estándar de .08 %.

Tabla 8.3 Contenido de proteína en harinas de maíz nixtamalizado .

SERIE	MAS	MIN	CM	SOR
I	9.08 ± 0.075 ^{cdefg}	8.72 ± 0.090 ^{abc}	8.43 ± 0.100 ^a	8.59 ± 0.070 ^{ab}
II	8.74 ± 0.058 ^{abc}	9.00 ± 0.045 ^{bcdef}	9.26 ± 0.085 ^{defgh}	8.98 ± 0.041 ^{bcde}
III	9.41 ± 0.042 ^{efghi}	8.93 ± 0.051 ^{bcd}	9.39 ± 0.024 ^{efghi}	9.56 ± 0.216 ^{hi}
IV	9.44 ± 0.527 ^{efghi}	8.92 ± 0.134 ^{bcd}	9.64 ± 0.244 ^{hi}	9.74 ± 0.223 ⁱ
V	8.69 ± 0.179 ^{abc}	8.34 ± 0.137 ^a	9.00 ± 0.185 ^{bcdef}	9.46 ± 0.054 ^{ghi}
VALOR MEDIO TOTAL	9.07 ± 0.176	8.98 ± 0.091	9.14 ± 0.127	9.26 ± 0.120

Los valores representan un promedio de 3 repeticiones ± desviaciones estándar ($\bar{x} \pm SD$)

Subíndices diferentes de una misma columna indican diferencias significativas. ($p < 0.05$)

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana para Harina de maíz nixtamalizado NMX-F-046-S-1980 los valores obtenidos se encuentran dentro del rango permitido donde el valor mínimo establecido es de 8.0 %

Flores Farias *et al.*, (2001). Realizaron un estudio de proteína también en harinas comerciales elaboradas en México, los valores encontrados por estos autores para estas harinas varían entre 9.20 y 10.49%, valores cercanos a los reportados en este trabajo de tesis.

Bressani *et al.*, (2001) también reporta el contenido de proteína en harinas provenientes de Centro América hallando para 12 harinas estudiadas valores entre 6.68 a 8.11. Estos valores son inferiores a los reportados para harinas elaboradas en México, estas variaciones posiblemente se deben al tipo de maíz utilizado para el proceso. De acuerdo a estos mismos autores las variaciones en cuanto a las características químicas de las harinas sea debido a la variedad de maíz empleado y principalmente a las variaciones en el proceso mismo de nixtamalización. Almeida-Domínguez en 1996 realizó un trabajo en donde se evaluó las propiedades químicas y físicas de harinas de maíz nixtamalizado originarias de los Estados Unidos y México señalando una variación del 6.7 a 11.6 % de proteína indicando que estas diferencias pueden ocurrir debido a un efecto de segregación como resultado de una diferencia en el tamaño de la partícula en las harinas durante su reformulación, además, estos mismos autores reportan una correlación negativa entre el contenido de proteína y el color de las harinas, demostrando que las harinas con mayor contenido de este nutrimento son más oscuras y con menor intensidad de tonos amarillos, concluyendo que las diferencias en el proceso mismo de nixtamalización como con las condiciones y variaciones durante el calentamiento y perfiles de enfriamiento, niveles de humedad, condiciones de molienda, velocidad de deshidratación, reformulación de las harinas por distribución de tamaño de partícula, concentración y tipo de aditivos pueden afectar directamente las propiedades del producto final. Esto ya fue anteriormente confirmado por Pflugfelder y colaboradores en 1988, donde señalan que los valores de pH elevados y el contenido de calcio, promueven la desintegración de las paredes celulares del grano (pericarpio) y la matriz proteínica del endospermo. Salinas y su grupo en 1992 asocian la concentración de proteína de manera directa con la duraza del grano.

Los valores de proteína que se muestran en la tabla 8.3 no difieren de lo reportado por Rivelino-Flores *et. al.*, en 2000, quienes señalan un rango de 9.0 a 10.27 %, no obstante al igual que estos investigadores también se observaron diferencias estadísticamente significativas entre marcas y lotes de una misma marca ver figura 8.3.

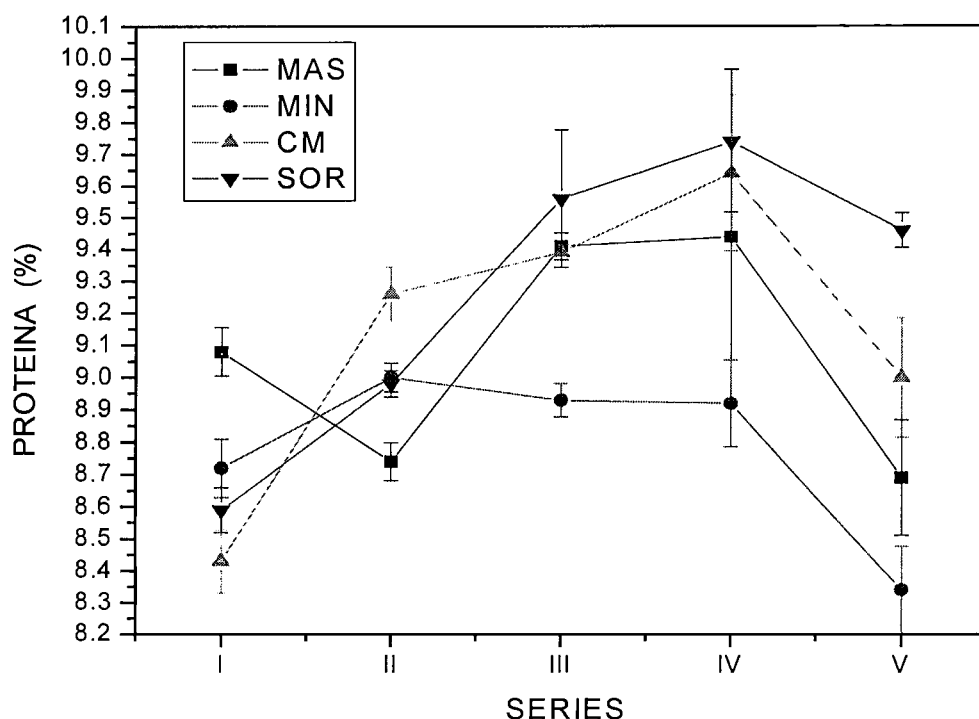


Figura 8.3. Se presenta el porcentaje de proteína en función del tiempo de análisis (1 a 5 meses).

8.4 Grasa

En la tabla 8.4 y la figura 8.4, se muestra los resultados obtenidos para el contenido de grasa en las harinas objeto de estudio. La concentración de lípidos de las harinas estudiadas variaron entre un 4.5 y 3.62 %, similar al intervalo (5.1 – 3.9 %) reportado por Flores-Farías *et al.*, (2002), no obstante es superior al rango señalado por Bressani y su grupo (2.16 y 3.83 %) en el 2001 e inferior al contenido de lípidos (5.7%) observado por Bello-Pérez *et al.*, (2001). Gómez-Aldapa *et. al.* en 1996, mencionan que los ácidos grasos pueden disminuir debido a las reacciones de complejamiento por las presiones y

temperaturas de procesamiento, las cuales pueden ser incrementadas debido a que el ión Ca^{++} interactúa de una manera más directa con los ácidos grasos y con el almidón. Esto sucede en el proceso de nixtamalización y aumenta en el proceso de extrusión. Algunos estudios indican que en la masa proveniente de harinas de maíz nixtamalizadas los sólidos disueltos y los lípidos en forma libre son los principales responsables de la textura, el sabor y la calidad de los productos elaborados con masa de maíz (Pflugfelder, 1988). Por otra parte el contenido de lípidos en las harinas se puede incrementar mediante la adición de glicéridos comerciales como por ejemplo: ácido láurico, ácido palmítico, ácido palmitoleico, ácido esteárico, ácido oleico, ácido linoleico y ácido linolénico, la cual tiene como propósito retardar el proceso de envejecimiento de la tortilla, a través de la interacción de estos compuestos con la amilosa (Twillman y White, 1988), se sugieren realizar estudios más detallados como el reportado por Flores-Farías *et al.*, (2002) con el fin de detectar la presencia de aditivos y conservadores cuyo uso no está legislado en la Norma Oficial Mexicana para las marcas de harinas de maíz nixtamalizadas contempladas en este estudio. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana para Harina de maíz nixtamalizado NMX-F-046-S-1980 los valores obtenidos en este estudio caen dentro del rango establecido donde el valor mínimo es de 4 %.

Tabla 8. 4 Contenido de grasa en harinas de maíz nixtamalizado

SERIE	MAS	MIN	CM	SOR
I	4.28 ± 0.061 ^{defg}	4.46 ± 0.260 ^{ghi}	4.23 ± 0.050 ^{cdef}	4.14 ± 0.021 ^{cd}
II	4.77 ± 0.017 ^{jk}	4.44 ± 0.172 ^{ghi}	6.68 ± 0.103 ^l	4.61 ± 0.052 ^{ij}
III	4.18 ± 0.156 ^{cde}	4.58 ± 0.029 ^{ij}	4.36 ± 0.017 ^{efgh}	4.34 ± 0.018 ^{efgh}
IV	4.88 ± 0.008 ^k	4.55 ± 0.020 ^{hi}	4.35 ± 0.012 ^{efgh}	3.86 ± 0.032 ^b
V	4.41 ± 0.040 ^{fghi}	4.07 ± 0.015 ^c	3.62 ± 0.120 ^a	4.50 ± 0.034 ^{hi}
VALOR MEDIO TOTAL	4.50 ± 0.056	4.42 ± 0.099	4.64 ± 0.060	4.29 ± 0.031

Los valores representan un promedio de 3 repeticiones ± desviaciones estándar ($\bar{x} \pm \text{SD}$) Subíndices diferentes de una misma columna indican diferencias significativas. ($p < 0.05$)

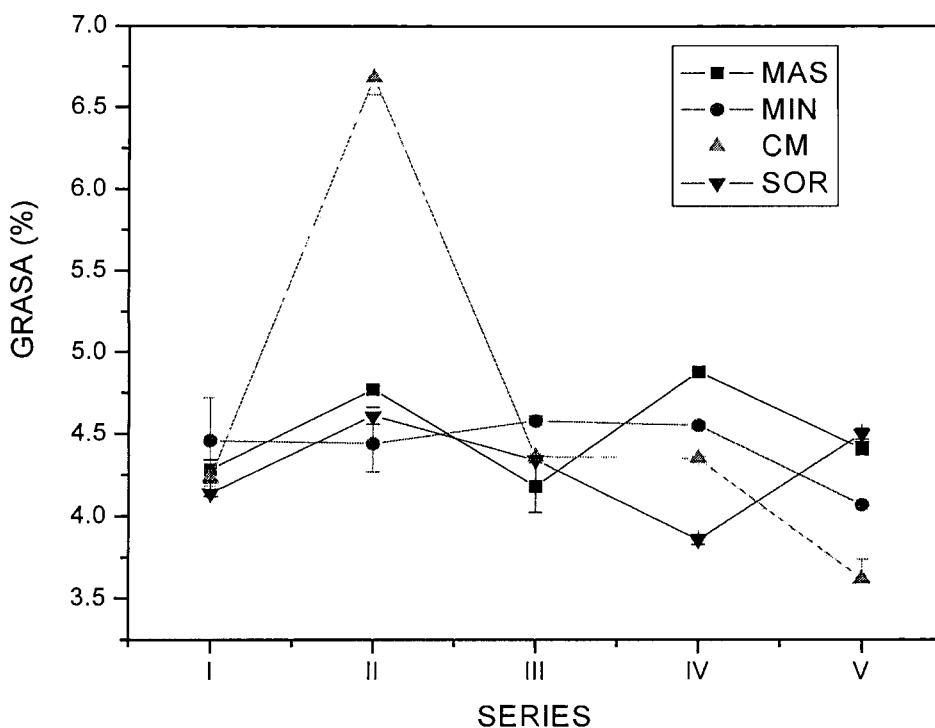


Figura 8.4 Se presenta el porcentaje de grasa en función del tiempo de análisis (1 a 5 meses).

8.5 Fibra Cruda.

El contenido de fibra cruda obtenido para las distintas marcas de harinas comerciales analizadas se encontró en un intervalo de 1.42 y 1.62 % Ver tabla 8.5, estos valores son similares a lo señalado por Flores-Farías (1.26 – 1.63 %) en 2002. En la literatura científica son muy pocos los autores que reportan el contenido de este componente en las harinas nixtamalizadas y dan mayor relevancia al contenido de fibra dietética total; por lo que lamentablemente no se tienen otros estudios como parámetro de comparación. Pak y colaboradores en 1990 describe que el análisis de Fibra Cruda solo proporciona una aproximación del contenido de celulosa y hemicelulosa, ya que a diferencia de la fibra dietética total, la lignina se

pierde debido a las condiciones tan drástica bajo las cuales se realiza la determinación. La fibra cruda representa el material resistente al tratamiento con ácidos y álcalis diluidos e hirvientes; debido a lo drástico del tratamiento, la fibra insoluble estaría subestimada y la soluble no se mediría.

Tabla 8. 5 Contenido de fibra cruda en harinas de maíz nixtamalizado

SERIE	MAS	MIN	CM	SOR
I	1.55 ± 0.065 ^{cdefg}	1.59 ± 0.080 ^{cdefg}	1.60 ± 0.085 ^{defg}	1.42 ± 0.140 ^{cdef}
II	1.38 ± 0.19 ^{cde}	1.69 ± 0.035 ^{fg}	1.64 ± 0.140 ^{defg}	1.49 ± 0.050 ^{cdefg}
III	1.29 ± 0.080 ^{bc}	1.53 ± 0.030 ^{cdefg}	1.56 ± 0.050 ^{cdefg}	0.99 ± 0.080 ^a
IV	1.34 ± 0.050 ^{cd}	1.53 ± 0.065 ^{cdefg}	1.04 ± 0.050 ^{ab}	1.48 ± 0.065 ^{cdefg}
V	1.68 ± 0.160 ^{efg}	1.77 ± 0.020 ^g	1.50 ± 0.015 ^{cdefg}	1.76 ± 0.050 ^g
VALOR MEDIO TOTAL	1.44 ± 0.109	1.62 ± 0.046	1.46 ± 0.068	1.42 ± 0.077

Los valores representan un promedio de 3 repeticiones ± desviaciones estándar ($\bar{x} \pm SD$)
Subíndices diferentes de una misma columna indican diferencias significativas. ($p < 0.05$)

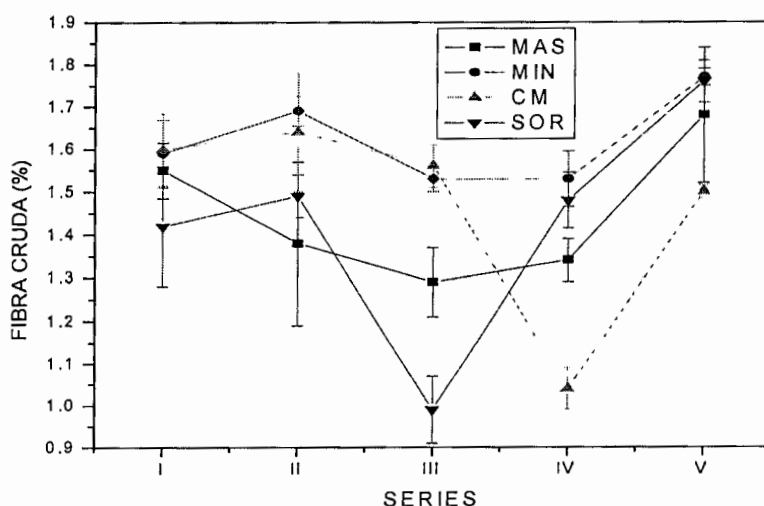


Figura 8.5 presenta el porcentaje de fibra cruda en función del tiempo de análisis (1 a 5 meses).

En la tabla 8.5 se muestran los resultados de fibra cruda el promedio que se obtuvo de las 4 marcas durante los 5 meses es de 1.48 % y una desviación estándar de 0.09. De acuerdo a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana para harinas de maíz nixtamalizado NMX-F-046-S-1980 los resultados obtenidos en este estudio caen dentro del rango establecido por esta norma donde el valor máximo permitido es de 2 %.

8.6 Fibra Dietética Total .

En las tablas 8.6.1 y 8.6.2 se muestra el contenido de Fibra Dietética Soluble y Fibra Dietética Insoluble en las cuatro marcas de harinas de maíz nixtamalizado analizadas, como se puede observar la marca Maseca presentó el valor más bajo (0.29%) de fibra dietética soluble en tanto que la marca Comercial Mexicana presentó el más alto (0.68%). Las cuatro marcas presentaron mayor contenido de fibra dietética insoluble siendo en promedio de 8.88%, en tanto que para la fibra dietética soluble en promedio fue de 0.50 % Lo anterior significa que de manera general para las harinas comerciales analizadas, la fibra dietética insoluble constituye el 94.70 % del contenido de Fibra Dietética Total en tanto que para la fibra soluble corresponde el 5.51 % de este componente (Ver figura 8.6).

Tabla 8. 6.1 Contenido de fibra dietética soluble en harinas de maíz nixtamalizado

SERIE	MAS	MIN	CM	SOR
I	0.20 ± 0.005	0.20 ± 0.002	0.1 ± 0.012	0.50 ± 0.045
II	0.70 ± 0.115	1.8 ± 0.48	2.4 ± 0.014	*
III	*	0.10 ± 0.203	0.3 ± 0.150	0.6 ± 0.17
IV	0.10 ± 0.046	0.60 ± 0.050	0.2 ± 0.025	0.5 ± 0.049
V	0.50 ± 0.003	0.4 ± 0.012	0.5 ± 0.029	0.6 ± 0.055
VALOR MEDIO TOTAL	0.3 ± 0.033	0.62 ± 0.149	0.70 ± 0.046	0.44 ± 0.063

Los valores representan un promedio de 3 repeticiones ± desviaciones estándar ($\bar{x} \pm SD$)
Subíndices diferentes de una misma columna indican diferencias significativas. ($p < 0.05$)

Tabla 8. 6.2 Contenido de fibra dietética insoluble en harinas de maíz nixtamalizado

SERIE	MAS	MIN	CM	SOR
I	6.04	8.04	9.03	9.42
II	9.47	10.63	10.83	8.07
III	8.44	8.6	8.15	9.27
IV	7.24	8.14	9.16	10.19
V	9.6	7.82	9.25	10.31
VALOR MEDIO TOTAL	8.15 ± 1.51	8.64 ± 1.14	9.28 ± 0.96	9.45 ± 0.89

Los valores representan un promedio de 3 repeticiones.

Tabla 8.6.3 Contenido de fibra dietética total en harinas de maíz nixtamalizado

SERIE	MAS	MIN	CM	SOR
I	5.86± 0.045	7.86 ± 0.050	8.95± 0.100	8.97 ± 0.295
II	8.77± 0.040	8.89± 0.060	8.41 ± 0.005	8.07 ± 0.110
III	8.44± 0.145	8.55 ± 0.360	7.86± 0.035	8.66 ± 0.070
IV	7.15 ± 0.205	7.80 ± 0.125	9.00 ± 0.360	9.70± 0.055
V	9.45 ± 0.150	7.48 ± 0.340	8.80 ± 0.155	9.76 ± 0.020
VALOR MEDIO TOTAL	7.93 ± 0.117	8.11 ± 0.187	8.60± 0.131	9.03 ± 0.110

* No se determinó

Los valores representan un promedio de 3 repeticiones ± desviaciones estándar ($\bar{x} \pm SD$)
Subíndices diferentes de una misma columna indican diferencias significativas. ($p < 0.05$)

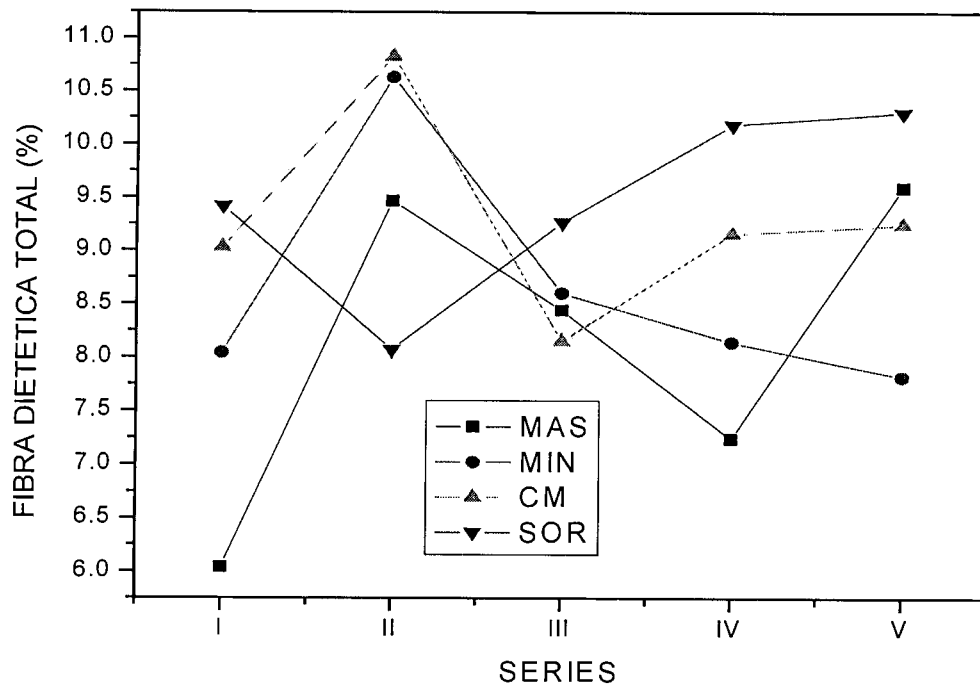


Figura 8.6.3 presenta el porcentaje de fibra dietética total en función del tiempo de análisis (de 1 a 5 meses).

Los datos de fibra dietética total que se muestran en la gráfica anterior son similares a lo reportado por Sánchez-Castillo, *et al.*, para harinas nixtamalizadas de uso urbano, indicando valores de 6.5, 5.3 y 1.1 g/100 g de fibra dietética total, fibra dietética insoluble y fibra dietética soluble respectivamente. Bressani y su grupo en 2001 mencionan valores de fibra dietética total en un rango de 12.10 y 7.75 %, de fibra dietética insoluble un rango de 10.16 a 6.31% y para la fibra dietética soluble de 0.97 a 3.87 %, los datos observados en esta investigación son muy similares a lo indicado por estos mismos autores para la harina elaborada en el área rural en donde el contenido de fibra dietética total fue de 8.3 %, para la fibra dietética insoluble de 6.2 % y para la fibra dietética soluble de 1.1 %. Es importante señalar que los valores de fibra dietética dependen en parte del método de análisis y también de la eficiencia de remoción de la cáscara del maíz durante el procesamiento (Bressani, *et al.*, 1990; Serna-Saldívar, *et al.*, 1988)

8.7 Contenido de Extracto Libre de Nitrógeno en las harinas comerciales de maíz nixtamalizado.

Tal como se observa en la tabla 8.7 y gráfica 8.7 el Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) constituye más del 50 % de la composición química de las harinas, este componente está constituido en su mayoría por carbohidratos simples (monosacáridos, disacáridos, etc.) y complejos (almidón, fracciones de amilosa y amilopectina, dextrinas etc.) . En el caso del maíz el almidón es el principal componente del grano, por lo tanto los cambios que experimenta este polímero durante el proceso de nixtamalización son los responsables de las propiedades texturales y organolépticas de la masa y la tortilla. (Campus-Baypoli, *et al.*, 1999). En un estudio realizado por Gómez y sus colaboradores en 1991 indica que la composición química de las harinas nixtamalizadas para preparar tortillas y nachos no difiere en gran medida de la composición del grano de maíz crudo, indicando que en su mayoría el ELN está constituido por almidón.

Tabla 8.7 Contenido de extracto libre de nitrógeno en harinas de maíz nixtamalizado

SERIE	MAS	MIN	CM	SOR
I	68.42	66.26	66.66	66.89
II	63.70	64.76	61.51	67.07
III	64.38	65.85	66.70	67.22
IV	66.48	65.06	65.62	64.83
V	64.50	65.79	65.85	63.48
VALOR MEDIO TOTAL	65.49 ± 1.93	65.54 ± 0.61	65.26± 2.15	65.89 ± 1.66

Los valores representan un promedio.

Promedio de las 4 marcas 65.52 desviación estándar 1.58

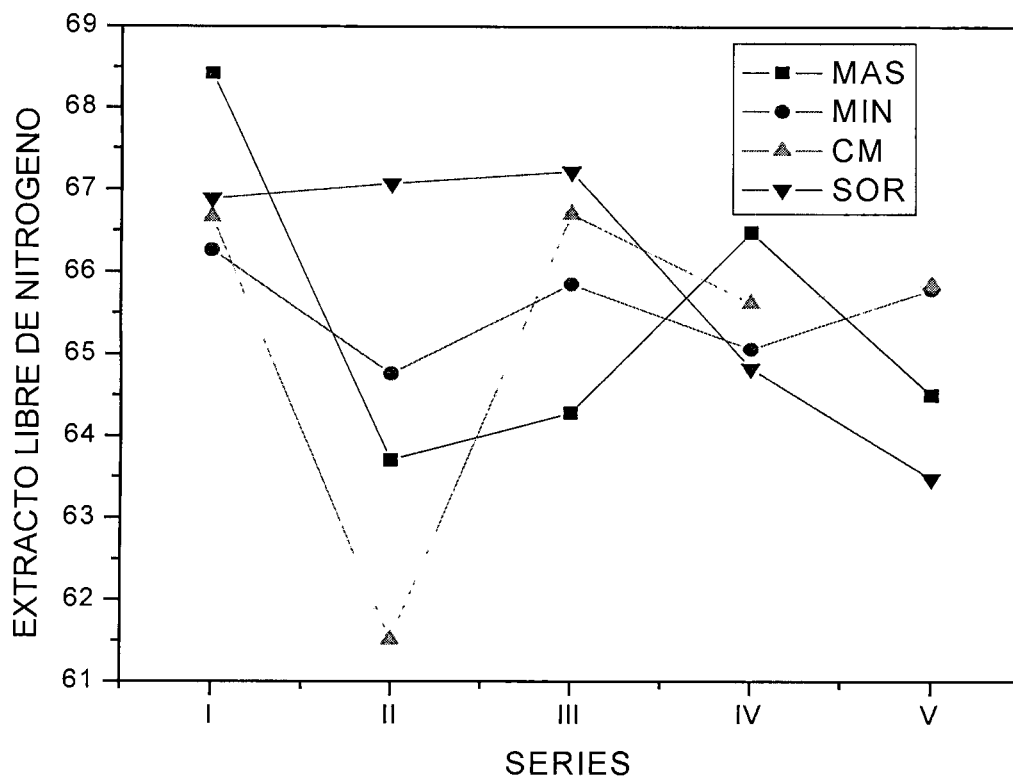


Figura 8.7 presenta el porcentaje de extracto libre de nitrógeno en función del tiempo de análisis de 1 a 5 meses).

9. CONCLUSIONES

1) Se observaron variaciones en cuanto a la composición nutrimental de las harinas comerciales de maíz nixtamalizado entre marcas y entre lotes lo anterior concuerda con lo reportado por Gómez, *et al.*, 1987, Almeida-Domínguez *et al.* 1996 y Flores-Farías *et al.*, 2000, principalmente en cuanto al contenido de fibra cruda , fibra dietética soluble, fibra dietética insoluble, fibra dietética total y cenizas.

2) Las variaciones observadas pueden atribuirse a diferencias en las condiciones del proceso mismo de nixtamalización como son: la falta de control durante las etapas de calentamiento y perfiles de enfriamiento, niveles de humedad, condiciones de molienda, velocidad de deshidratación, reformulación de las harinas por distribución de tamaño de partícula, concentración y tipo de aditivos tal como lo señala Flores-Farías en 2000.

3) La marca que presento mayor homogeneidad en cuanto al contenido de proteína, grasa y fibra cruda fue Minsa, para el contenido de humedad y fibra dietética insoluble fue la marca Comercial Mexicana, finalmente para el contenido de cenizas fue la marca Soriana.

4) El contenido de fibra dietética total y sus componentes (fibra dietética soluble y fibra dietética insoluble) están dentro de los rangos reportados en la literatura, las variaciones que pudieran observarse son imputables a las modificaciones que cada industria aplica durante el proceso de nixtamalización como por ejemplo el tiempo de reposo y lavado del nixtamal.

5) Las harinas de maíz nixtamalizado analizadas satisfacen los requerimientos químicos estipulados en la Norma Oficial Mexicana para harinas de maíz nixtamalizado NMX-F-046-S-1980 para este producto. Sin embargo se sugieren efectuar estudios más detallados para detectar la presencia de aditivos, conservadores o cualquier otra sustancia cuyo uso no está legislado en dicha Norma

6) Los datos del presente estudio muestran que las características químicas estudiadas son diferentes en las harinas comerciales de maíz nixtamalizado analizadas, lo cual pudiera reducir la eficiencia de programas de fortificación con vitaminas, minerales y cualquier otro nutrimento que se desee implementar.

7) Considerando la importancia de la tortilla en la dieta de la población mexicana y los padecimientos que esta sufre que día con día van en aumento como por ejemplo las enfermedades de tipo coronario, hiperlipidemias, diabetes, etc., debe aumentarse el valor nutricional de las harinas nixtamalizadas, lo cual podría realizarse utilizando harinas elaboradas con maíz integral, es decir, sin eliminar el pericarpio durante el proceso de nixtamalización.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Almeida, H.D., M. Cepeda, and L. Rooney. Properties of commercial nixtamalized corn flour. *Cereal Foods World*. 1996. pp 41:624-630
2. Almeida, D.H., Ordóñez, D.G., Almeida, N.G. "Influence of Kernel Damage on Corn Nutrient Composition, Dry Matter Losses, and processability during Alkaline Cooking. *Cereal Chemistry*. Vol 75, No. 1, 1998. pp. 124-128.
3. AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. K. Herlich. Association of Official Analytical Chemist Inc., Virginia (U.S.A.) Vol. 1 y 2.
4. Badui, S., "Química de los alimentos". Cap II: Hidratos de Carbono, Cap. III: Proteínas. Edit. Alambra. 3ª edición. México, D.F. 1996. pp 94-96, 197-200.
5. Bello, P. L., Osorio, D.P., Agama, A.E., Núñez S. C., Paredes, L.O. Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. 2001. p.p. 36:319-328
6. Bressani, R., Benavides, V., Acevedo, E., Ortíz, M.A. 1990. Changes in selected nutrient content and in protein content and in protein quality of common and quality protein maize during rural tortilla preparation. *Cereal Chem.* 67: 515-518.
7. Bressani, R. Chemistry technology and nutritive value of maize tortillas. *Food Rev. Int.* 1990 p.p. 225-264
8. Bressani, R., Turicos, J.C., Reyes, L., Mérida, R. "Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central". *Arch. Lat. Nut.* Vol. 51, No. 3, 2001. pp. 309-315.

9. Campus –Baypoli. O.N., E.C. Rosas – Burgos, P.I. Torres- Chávez, B. Ramírez-Wong, and S.O. Serna –Saldivar. Physicochemical changes of starch during maize tortilla production. *Starch/ Starke*. 1999. pp. 51:173-177
10. Cortés, A., Wild, A.C. “Contribución a la tecnología de la harina de maíz. El mejoramiento del maíz. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). Guatemala. 1972. pp. 12-14.
11. Figueroa, C.J., Acero, M.G., Vasco, N.L., Lozano, A., Flores, L.M., González, J. “Fortificación y Evaluación de tortillas de nixtamal”. *Arch. Lat. Nut.* Vol. 51, No. 3. 2001. pp. 293-301
12. Figueroa , J.D. La tortilla vitaminada. *Avance y Perspectiva*. 1999. p.p 149-158
13. Fernández, M. J. Cinética de difusión de iones de calcio en el grano de maíz durante el proceso de nixtamalización tradicional. 2000 p.p. 1-4
14. Fernández, M.J., Rodríguez M.E., Pless, R.C., Martínez, F.H., Leal, M., Martínez, J.L., Baños, L. “Changes in Nixtamalized Corn Flour Dependent on Postcooking Steeping Time. *Cereal Chemistry*. Vo. 79, No. 1. 2002. p.p. 162-166.
15. Flores, F.R., Martínez, B.F., Salinas, M.Y., Chang, Y.K., González, H.J., Ríos, E. “Physicochemical and rheological characteristics of comercial nixtamalised mexican maise flours for tortillas”. *J. Sci. Food Agric*. Vol. 80. 2000. pp. 657-664.
16. Gómez, A.C., Martínez, F., Figueroa, J.D., Ordorica, C.A., González, J. “Cambios en algunos componentes químicos y nutricionales durante la preparación de tortillas de maíz elaboradas con harinas instantáneas obtenidas por extrusión continua”. *Arch. Lat. Nut.* Vol. 46, No. 4. 1996. pp. 315-319.

17. Gómez, A.C, Martínez, B.F., Figueroa, J.D., Ordorica, C.A. "A comparison of the quality of whole corn tortillas made from instant corn flours by traditional or extrusion processing". *International Journal of Food Science and Technology*. Vol. 34. 1999. pp. 391-399.
18. Gómez, M.H., Rooney, L.W. Waniska, R.D. and Pflugfelder, R.L. Dry corn masa flours for tortilla and snack food production. *Cereal Foods World*, 1987. pp 32: 372-377
19. Gómez M.H. Waniska, R.D. and Rooney, L.W. . Starch characterization of nixtamalized corn flour. *Cereal Chemistry*. 1991. pp 68:578-582.
20. Martínez, B.F., García, M.N., Chang, Y.K., Sánchez, S.F., FIFUEROA, C.J. Characteristics of nixtamalised maize flours produced with the use of microwave heating during alkaline cooking. 2000. *Sci Food Agric* 80:651-656
21. Paredes L.O. and Saharópulos P.M. Maize – A review of tortilla production technology. *Bakers Digest*. 1983 p.p 13:16-25
22. Pflugfelder, R.L., Rooney, L.W and Waniska, R.D. Dry matter losses in commercial corn masa production. *Cereal Chemistry*, 1988. pp 65:262-266
23. Reyes, C.P. "El maíz y su cultivo". Edit. A.G.T.S.A. 1990. México, D.F.
24. Rooney, L.W., and Suhendro, E.L. Perspectives on nixtamalization (alkaline cooking) of maize for tortillas and snacks. *Cereal Foods World*. 1999. pp 44:266-470
25. Rosado, J.L., Camacho, S.R., Bourges H. Adición de vitaminas y minerales a harinas de maíz y de trigo en México. 1999. vol. 41, No. 2 marzo-abril p.p. 130-136

26. Sánchez-Armas, A.”La tecnología en la industria de la masa y la tortilla. In: La Industria de la Masa y la tortilla. Torres F., E. Moreno, I. Chong, y J. Quintanilla (eds). UNAM- PUAL. Pp:163-166
27. Sánchez-Castillo, C.P., Dewey, P.J., M. de L. Solano, M. Rucker & W.P.T. James. 1994. The non starch polysacharides in Mexican Pulses and Cereal Product. J. Fd. Com. & Anal. 1994. 7:260-281.
28. Serna-Saldívar, S.O. Knabe, D.A., Rooney, L.W. Tanksley, T.D. & Sproule, A.M. 1988. Nutritional value of sorghum and maize tortilla. J. Cereal Science
29. Serna, S.S.O., Gómez, M.H., Rooney, L.W. Capítulo 4: “Technology, Chemistry, and nutritional value of alkaline-cooked corn products.”, Advances in Cereal Science and Technology. Vol X. Pp 243-288.
30. Tortosa, M.E. Cap. I. E. Primo Yutera. “Química Agrícola III: Alimentos”. Edit. Alambra. 1ª edición. México, D.F. 1982. pp. 28-46, 91-102.
31. Trejo, G.A., Feria. M.A., Wild, A.C. “The role of lime in the alkaline treatment of corn for tortilla preparation”. American Chemical Society. 1982. pp. 245-263.
32. Twillman, T.J. and P.J. White. 1988. Influence of monoglycerides on the textural shelf life and dough rheology of corn tortillas. Cereal Chemistry 65: 253-257.
33. Watson S.A., Ramstad Paul E. Corn Chemistry and Technology, American Association of Cereal Chemists Inc. 1987. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
34. http://www.dgi.unam.mx/boletin/bdboletin/2001_451.html.
35. <http://www.jornada.unam.mx/2001/ago01/0100820/cien-paredes.html>
36. http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/fondo2000/vol2/20/htm/SEC_11.html
37. <http://fao.org/docrep/T0395>