

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS**



**Elaboración de una tortilla de maíz nixtamalizado adicionada con espinaca
(*Spinacea oleracea* L.) para incrementar su valor nutritivo.**

POR:

GERARDO URSULA DOLORES

TESIS

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Elaboración de una tortilla de maíz nixtamalizada adicionada con espinaca
(*Spinacea oleracea* L.) para incrementar su valor nutritivo.

POR:

GERARDO URSULA DOLORES

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobada por:



M.E. Laura Olivia Fuentes Lara

Asesor Principal



Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Coasesor



M.C. Xóchitl Ruelas Chacón

Coasesor



Dr. José Dueñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México. Diciembre 2017

AGRADECIMIENTOS

Desde lo más profundo de mi corazón a **Dios** por la vida, y darme la oportunidad de estar en este mundo, por brindándome todas las oportunidades, por poner en mi camino a las personas correctas que me han sabido escuchar y brindado su amistad y cariño, por brindarme a una familia maravillosa e increíble y por darme las fuerzas para levantarme día a día.

A **mis padres** Eugenia Dolores Bernabé y Antonio Ursula Martínez por todo su amor y apoyo incondicional en todo momento, agradezco sus regaños, platicas y sobre todo sus consejos, además por los sacrificios que han realizado para la culminación de este trabajo.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** mi ALMA TERRA MATER, por abrirme sus puertas y brindarme todos los conocimientos para poder enfrentar el mundo laboral.

Con cariño a la **M.E Laura Olivia Fuentes Lara** por su apoyo incondicional, paciencia y sobre todo a la enseñanza que me ha brindado al ser mi asesora de tesis.

Con cariño y respeto a la **Dra. Xochitl Ruelas Chacón** por toda la enseñanza brindada durante toda la carrera.

Al **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel** por su paciencia y apoyo en la realización de las pruebas de laboratorio.

A **mi familia**, por brindarme todo su cariño y comprensión.

A **Josefina Dolores Bernabé** por brindarme los mejores consejos e impulsarme a seguir adelante, por ser una persona ejemplar, muchas gracias tía.

A **Gabriela Escandón Bernabé** por ser mi motor de vida, mi apoyo incondicional, por estar siempre pendiente de mí, por animarme y por brindarme tu amor incondicional.

A **Anaí Mares de la Riva y Karen Belén Escobar Morales** por estar en los mejores momentos y brindarme su amistad sincera e incondicional.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Eugenia Dolores Bernabé y Antonio Ursula Martínez que amo con todo mi corazón y a quienes debo la vida y porque cada uno de sus sacrificios se ve reflejado en la finalización de este trabajo.

A mis hermanos:

Mayra, Jorge Luis, Laura y Alberto Antonio, por estar presente en todo momento, por el amor que cada uno me brinda los quiero.

A mis tíos:

Josefina Dolores Bernabé por estar al pendiente de mí por darme muy buenos consejos y brindarme todo su amor la quiero.

Senén Dolores Bernabé por ser un ejemplo a seguir y por todos los buenos consejos brindados.

A la Ing. Gabriela Escandón Bernabé por formar parte de mi vida, por tu amor incondicional, por ser mi persona favorita, por estar a mi lado en las buenas y en las malas y sobre todo por compartir tu tiempo conmigo, te amo.

ÍNDICE GENERAL

	Páginas
1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación.....	3
1.2.- Hipótesis.....	4
1.3.- Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Maíz.....	5
2.1.1 Producción.....	5
2.1.2 Usos.....	6
2.2 Nixtamalización.....	6
2.2.1 Definición.....	6
2.2.2 Historia.....	6
2.2.3 Proceso.....	7
2.3 Masa.....	7
2.3.1 Definición.....	7
2.3.2 Composición.....	7
2.3.3 Usos.....	8
2.4 Tortilla.....	8
2.4.1 Definición.....	8
2.4.2 Popularidad.....	8
2.4.3 Usos.....	10
2.5 Espinaca.....	10
2.5.1 Antecedentes.....	11
2.5.2 Condiciones de cultivo.....	12
2.5.3 Taxonomía.....	12
2.5.4 Clorofila.....	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1 OBTENCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES Y ELABORACION DE TORTILLA.....	13
3.2 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE ESPINACA.....	14

3.3 ELABORACIÓN DE LAS TORTILLAS	14
3.4 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA TORTILLA.	16
3.5 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA SU ANÁLISIS	16
3.6 DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA TOTAL	17
3.7 DETERMINACION DE CENIZAS.....	18
3. 8 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA	19
3.9 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO O GRASA.....	21
3.10 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA	22
3.11 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO	24
3. 12 DETERMINACIÓN DE COLOR	25
3.13 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO CALÓRICO	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 MATERIA SECA TOTAL Y HUMEDAD.....	26
4.2 CENIZAS.....	28
4.3 PROTEÍNA CRUDA	29
4.4 EXTRACTO ETÉREO O GRASA.....	30
4.5 FIBRA CRUDA.....	31
4.6 EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO (CARBOHIDRATOS)	32
4.7 CONTENIDO CALÓRICO (kcal/100g)	33
4.8 COLOR (L*, a* y b*)	34
5. CONCLUSIONES	36
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas.
Cuadro 1. Valor nutricional de la espinaca (<i>Spinacea oleracea</i> L.)	11
Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la espinaca	12
Cuadro 3. Concentraciones de espinaca y masa.	13
Cuadro 4. Comparación de medias de cada una de las variables de estudio con respecto a las concentraciones de espinaca (<i>Spinacea oleracea</i> L.)	26
Cuadro 5. Resultados de la materia seca total y humedad	26
Cuadro 6. Promedios de L*, a* y b* de las concentraciones de espinaca	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas.
Figura 1. Identificación de las tortillas con sus respectivas concentraciones.....	16
Figura 2. Trituración de la muestra.....	16
Figura 3. Crisoles con muestra.....	17
Figura 4. Crisoles en parrilla eléctrica.....	18
Figura 5. Matraces en aparato Kjeldhal.....	19
Figura 6. Obtención del destilado.....	20
Figura 7. Matraces titulados (color rosa pálido).....	21
Figura 8. Matraces en aparato Soxleth.....	22
Figura 9. Parrilla de calentamiento.....	23
Figura 10. Muestra filtradas.....	24
Figura 11. Determinación de color.....	25
Figura 12. Diagrama de cromaticidad.....	34

ÍNDICE DE GRAFICAS

	Páginas.
Grafica 1. Determinación de humedad de las concentraciones de espinaca	27
Grafica 2. Comparación de medias con las diferentes concentraciones de espinaca en cuanto a % de cenizas.	28
Grafica 3. Comparación de medias con las diferentes concentraciones de espinaca en cuanto al % de proteína.....	29
Grafica 4. Comparación de medias con las diferentes concentraciones de espinaca en cuanto al % de grasa.....	30
Grafica 5. Comparación de medias con las diferentes concentraciones de espinaca en cuanto al % de fibra.....	31
Grafica 6. Comparación de medias con las diferentes concentraciones de espinaca en cuanto al % de carbohidratos.....	32
Grafica 7. Comparación de medias con las diferentes concentraciones de espinaca en cuanto a (kcal/100 g).....	34

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con la finalidad de elaborar una tortilla de maíz nixtamalizado adicionada con espinaca (*Spinacea oleracea* L.), para incrementar su valor nutritivo con diferentes concentraciones de espinaca, en comparación con una tortilla convencional.

La espinaca se sometió a diferentes procedimientos físicos y químicos para la posterior elaboración de una tortilla para incrementar su valor nutritivo. En donde se realizaron las pruebas correspondientes del estudio bromatológico (% humedad H, %ceniza total C, %extracto etéreo EE, %fibra cruda FC, %proteína cruda PC, %ELN (carbohidratos), contenido calórico kcal y color de las diferentes muestras de tortillas.

Los resultados obtenidos indican que la concentración que se le adiciono a la tortilla es donde se utilizó 5/100g de espinaca en donde resaltan los valores de %proteína cruda, %fibra cruda, y minerales. Con bajo contenido en carbohidratos y contenido calórico en comparación con una tortilla de maíz nixtamalizado de forma tradicional.

Palabras clave: tortilla, espinaca, maíz nixtamalizado, bromatológico.

1.- INTRODUCCIÓN

En México los productos elaborados a partir del maíz incluyen tortilla, totopos, tostadas, pinole, atoles y otros, de los cuales la tortilla constituye el principal producto y su consumo, se ha estimado en 328 g diarios per cápita (Figueroa *et al.*, 2001).

La popularidad de la tortilla se hace patente al viajar por México y observar la cantidad de expendios llamados tortillerías y los molinos de nixtamal que existen aún en los poblados más pequeños. En algunos casos las familias pueden llevar su propio maíz a moler para obtener la masa lista para elaborar las tortillas y otros platillos. En el pasado la molienda era hecha por las mujeres de la casa en las piedras de moler conocidas como metates. Esta tarea era físicamente pesada y exigía gran cantidad de tiempo (Vargas, 2007).

La tortilla de maíz es uno de los alimentos más consumidos en México, ya que es un alimento de fácil obtención en cualquier tortillería, tienda o supermercado, es muy accesible además que proporciona energía para las labores diarias, siendo esta la base de la dieta en México.

Pero para poder mejorar la calidad nutritiva de la tortilla es necesario la adición de nutriente, (Lachance, 1972) mencionó que por tal motivo se realizan estrategias de fortificación o enriquecimiento que se basan en el potencial para favorecer, en el menor tiempo, a la mayor parte de la población que padece desnutrición por medio del aumento de la calidad del alimento o alimentos que componen la mayor parte de la dieta.

La espinaca es un vegetal que está formado por un tallo ramificado de unos 15 cm del que surgen las hojas lisas o rizadas dispuestas en forma circular o en roseta, la temporada se da entre primavera y otoño. Las recomendaciones de su uso por su alto contenido en folatos las hace aconsejables en dietas de mujeres embarazadas ya que previene malformaciones del feto durante las primeras semanas de

embarazo. Los aportes en fibra proporcionan un suave efecto laxante que mejora el estreñimiento y colabora en la reducción del colesterol. Para mejorar la salud ocular, las espinacas pueden ser incluso más efectivas que las zanahorias, ya que contiene una gran cantidad de vitamina A (Caballero, 2013).

En la alimentación, la espinaca ocupa un lugar importante por su notable valor nutritivo ligado al contenido de proteínas, hidratos de carbono, grasas, contenido de hierro, vitaminas A y C y posee una ligera actividad laxante y emoliente (Bacho, 2011).

Debido a la vida tan acelerada que se tiene hoy en día, el consumidor demanda de alimentos con mayores aportes nutritivos.

Por ello, al ser la tortilla de maíz nixtamalizado uno de los principales alimentos en la dieta mexicana, se decidió agregarle un valor nutritivo, en la que se incrementara las proteínas, minerales, y se podrá obtener un alimento bajo en carbohidratos y contenido calórico, para esto se utilizaron concentraciones de 1, 3 y 5 % de espinaca Utilizando como testigo la tortilla con 0 % de espinaca por cada 100 g de maíz nixtamalizado.

1.1. Justificación

El ritmo de vida tan acelerado que se lleva en la actualidad, aunado con el incremento poblacional, así como la demanda del consumidor por obtener productos de alta calidad nutritiva, crean la necesidad de elaborar una tortilla con un alto valor nutritivo.

La tortilla de maíz nixtamalizado es uno de los alimentos más consumidos en México, ya que es un alimento de fácil obtención en cualquier tortillería, tienda o supermercado, es muy accesible además que proporciona energía para las labores diarias, siendo esta la base de la dieta en México.

Desafortunadamente el maíz no es un alimento completo debido a que carece de proteína de buena calidad parámetros inadecuados de proteínas, hierro, zinc y vitaminas A, D, E y B12.

Las recomendaciones de consumo de espinaca se deben a su alto contenido en folatos principalmente en dietas de mujeres embarazadas ya que previene malformaciones del feto durante las primeras semanas de embarazo. Los aportes en fibra proporcionan un suave efecto laxante que mejora el estreñimiento y colabora en la reducción del colesterol. Para mejorar la salud ocular, las espinacas pueden ser incluso más efectivas que las zanahorias, ya que contiene una gran cantidad de vitamina A además de que aporta proteínas.

En base a lo expuesto anteriormente este trabajo tiene como finalidad la obtención de una tortilla adicionada con espinaca (*Spinacea oleracea* L.) para incrementar su valor nutritivo.

1.2.- Hipótesis

La obtención de una tortilla de maíz nixtamalizado con la adición de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) permite obtener una tortilla enriquecida, en comparación con la tortilla tradicional de maíz nixtamalizado.

1.3.- Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Obtener una tortilla de maíz nixtamalizado, adicionada con espinaca (*Spinacea oleracea* L.) con diferentes concentraciones, para determinar y comparar sus condiciones nutricionales con las de una tortilla tradicional de masa de maíz nixtamalizado.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar tortillas de maíz nixtamalizado adicionada con espinaca.
- Evaluar las características bromatológicas de la tortilla de maíz nixtamalizado elaborada con 1, 3 y 5 % de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) por cada 100 g de masa.
- Comparar los resultados de una tortilla tradicional de maíz nixtamalizado con los resultados de una tortilla adicionada con 1, 3 y 5 % de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) por cada 100 g de masa.
- Determinar si la tortilla adicionada con espinaca en sus diferentes concentraciones tiene mejores propiedades nutrimentales, que una tortilla convencional.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Maíz

El maíz es el cereal de los pueblos y culturas del continente americano. Las más antiguas civilizaciones de América; desde los olmecas y teotihuacanos en Mesoamérica, hasta los incas y quechuas en la región andina de Sudamérica, estuvieron acompañadas en su desarrollo por esta planta. Esta asociación entre cultura y agricultura del maíz ha motivado a científicos y humanistas a preguntarse: ¿Cuál es el origen de este cereal? ¿Cómo fue su evolución, una vez que los diferentes grupos humanos lo adoptaron y cultivaron para su provecho? Estas preguntas los han llevado a explorar el pasado y en la actualidad, junto al desarrollo científico y tecnológico, han podido descifrar varios de los enigmas que rodean la domesticación de este cultivo (Beadle, 1978).

2.1.1 Producción

El maíz es por mucho el cultivo agrícola más importante de México, tanto desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. Se produce en dos ciclos productivos: primavera-verano (PV) y otoño-invierno (OI), bajo las más diversas condiciones agroclimáticas (humedad, temporal y riego) y diferentes tecnologías, en México se produce un promedio anual de 23.5 millones de toneladas de maíz en una superficie de 7.5 millones de hectáreas. Se producen principalmente dos variedades de maíz: blanco y amarillo. El maíz blanco se produce exclusivamente para el consumo humano, en virtud de su alto contenido nutricional. México es el sexto productor de maíz en el mundo, pero también es un importante consumidor del mismo. Aunque tradicionalmente la producción nacional había cubierto la totalidad de la demanda del maíz blanco, actualmente el país tiene que importar más de 13

millones de toneladas, 5 millones de maíz blanco y 8.15 millones de maíz amarillo, lo que representa un déficit del 45% (Jhon Deere, 2016).

2.1.2 Usos

En México los productos elaborados a partir del maíz incluyen tortilla, totopos, tostadas, pinole, atoles y otros, de los cuales la tortilla constituye el principal producto y su consumo se ha estimado en 328 g diarios per cápita (Figuroa *et al.*, 2001).

2.2 Nixtamalización

2.2.1 Definición

La norma oficial mexicana (NOM-187-SSA1/SCFI-2002) define al Maíz nixtamalizado o nixtamal, como al maíz sano y limpio que ha sido sometido a cocción parcial con agua en presencia de hidróxido de calcio (cal), u otro material alcalino.

2.2.2 Historia

La nixtamalización del maíz es un proceso muy antiguo desarrollado por los aztecas, el cual todavía se utiliza para producir tortillas de buena calidad y otros productos alimenticios (por ejemplo, pozole). 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 moltura en molinos de piedra para obtener una pasta suave y cohesiva conocida como masa (Campus-Baypoli *et al.*, 1999).

El nixtamal es la materia prima para dos de los grandes caminos que tomó la cocina con maíz. El primero cronológicamente es la elaboración de tamales (Vargas, 2001), al que siguieron las tortillas y sus derivados. (Museo de Culturas Populares, 1982) recopiló 605 recetas diferentes para preparar el maíz, bajo 124 formas para cocinarlo. De ahí resultó el Recetario del maíz (Echeverría y Arroyo, 2000), que se

complementa con el Repertorio de tamales (Pérez, 2000) y recientemente con el Larousse de la cocina mexicana (Gironella de'Angeli, 2006).

2.2.3 Proceso

El proceso tradicional es el siguiente: se hierva el maíz en agua con 1-3% de cal (hidróxido de calcio) de 20 a 40 minutos. El tiempo de cocción depende del tipo de endospermo del maíz. La proporción de maíz: agua es de 1:3 (peso: volumen), con un pH de 11-13%. Posteriormente se deja reposar al maíz de 12 a 16 horas. El agua de cocción denominada "nejayote" se elimina y el maíz se lava con agua limpia para eliminar el exceso de álcali. Finalmente, el maíz se muele en un molino de piedras para obtener la masa cuya textura servirá para la preparación de productos nixtamalizados (los cuales conforman, hasta cierto punto, la base alimenticia de la mayor parte de la población en México) (Soler, 2014).

El maíz nixtamalizado es molido en un metate para producir la masa que se utiliza para formar a mano discos que luego son cocidos en un comal de barro. Cuando el maíz nixtamalizado se muele pierde su estructura debido a que los componentes del grano fueron acondicionados por la cocción y el remojo. La masa resultante de la molienda consiste en fragmentos de germen, residuos del pericarpio y endospermo unidos por el almidón parcialmente gelatinizado, y por las proteínas y los lípidos emulsificador (Paredes, *et al.*, 2009).

2.3 Masa

2.3.1 Definición

La norma oficial mexicana (NOM-187-SSA1/SCFI-2002) define a la Masa, como al producto obtenido de la molienda húmeda de granos de maíz nixtamalizado o pasta que se forma a partir de harina de maíz nixtamalizado, harina de trigo, harinas integrales o sus combinaciones y agua. Pudiendo estar mezclada con ingredientes opcionales y aditivos permitidos para alimentos.

2.3.2 Composición

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).

2.3.3 Usos

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 (Campus-Baypoli *et al.*, 1999).

2.4 Tortilla

2.4.1 Definición

La norma oficial mexicana (NOM-187-SSA1/SCFI-2002) define a la Tortilla, como el producto elaborado con masa que puede ser mezclada con ingredientes opcionales, sometido a cocción.

2.4.2 Popularidad

En México, la tortilla se consume todos los días. En 2005 el consumo por persona fue de 121.1 kg al año (FAO, 2007). En la región de Valles Altos Centrales de México, ubicada en los estados de México, Tlaxcala, Puebla, Hidalgo y Distrito Federal, existe un consumo potencial de tortilla, ya sea a partir de masa fresca o harina de maíz nixtamalizado, de 3 a 2 millones anuales al considerar una población superior a los 26.7 millones de habitantes con edad igual o mayor a los ocho años (INEGI, 2007).

La popularidad de la tortilla se hace patente al viajar por México y observar la cantidad de expendios llamados tortillerías y los molinos de nixtamal que existen aún en los poblados más pequeños. En los primeros se adquieren tortillas hechas al momento, en nuestros días con harina de maíz industrializado y en los segundos las familias pueden llevar su propio maíz a moler para obtener la masa lista para elaborar las tortillas y otros platillos. En el pasado la molienda era hecha por las mujeres de la casa en las piedras de moler conocidas como metates. Esta tarea era físicamente pesada y exigía gran cantidad de tiempo (Vargas, 2007).

Aquí vale la pena hacer un comentario sobre la situación actual de la tortilla de maíz nixtamalizado. Desde luego sigue siendo el producto básico de la dieta de los estratos más pobres de México, pero los grupos en mejor situación económica la consideran un alimento popular, con menor jerarquía estimativa comparada con otros como el pan y todo lo que consideran sofisticado. Esto es particularmente cierto aún en estratos sociales pobres, donde consumir pan industrializado de las marcas comerciales más anunciadas en los medios de comunicación es un símbolo de prestigio, aunque el beneficio nutrimental, tomando en cuenta su costo en dinero sea inferior al de la tortilla de maíz nixtamalizado. Por lo tanto, los grupos sociales consumen menos tortillas conforme mejor es su situación económica, debido fundamentalmente a dos mecanismos complementarios. En primer lugar, prefieren otros alimentos a los que tienen acceso y a los que otorgan mayor prestigio, aunque las tortillas sigan teniendo un lugar especial como parte de una dieta considerada tradicional y muy mexicana de la que forman parte importante los tacos, enchiladas, chilaquiles y otros platillos semejantes. Pero además se atribuye a la tortilla la propiedad de ofrecer altas cantidades de energía que se supone contribuyen para generar la obesidad. Los grupos en mejores condiciones económicas están también más conscientes de la necesidad de controlar su dieta para mantener un peso corporal adecuado para su estatura y evitar así la obesidad y sus consecuencias negativas para la salud (Vargas, 2007).

Las preferencias del consumidor se inclinan hacia las tortillas elaboradas en forma tradicional por su sabor, sus propiedades texturales (rollabilidad, suavidad,

flexibilidad) y su mejor desempeño durante el recalentamiento, doblado, enrollado y freído (Ordaz, y Vázquez, 1997).

2.4.3 Usos

La tortilla en la mayoría de los casos, son acompañados con otros alimentos tales como frijoles, carne de diferentes especies animales, huevo, diferentes tipos de queso, etc. (Reyes Vega, 1998), ya que la tortilla es el alimento mexicano por excelencia, hecha de maíz, un grano nacido en México como resultado de siglos de experimentación y amoroso cultivo, representa un símbolo nacional y ha sido uno de los ejes de desarrollo de nuestra cultura (Méndez López, 2009).

El maíz (*Zea mays* L.) en forma de tortilla, es uno de los principales componentes de la dieta del pueblo mexicano. Además de la tortilla, el maíz se utiliza para la obtención de botanas, atoles, pinoles, y en general para una amplia variedad de productos, cuyos usos están asociados con los tipos y características del material y su adaptación a diversas regiones agrícolas. Tal diversidad genética de las poblaciones nativas se ha logrado a través de selecciones recurrentes por sus usos en aplicaciones culinarias (Ng *et al.*, 1997).

La calidad de la tortilla es influida por las características del grano y condiciones de elaboración (Bourne, 1982).

2.5 Espinaca

El nombre científico de la espinaca es (*Spinacea oleracea* L.), perteneciente a la familia *Chenopodiaceae*. Este vegetal está formado por un tallo ramificado de unos 15 cm del que surgen las hojas lisas o rizadas dispuestas en forma circular o en roseta, la temporada se da entre primavera y otoño. Las recomendaciones de su uso por su alto contenido en folatos las hace aconsejables en dietas de mujeres embarazadas ya que previene malformaciones del feto durante las primeras semanas de embarazo. Los aportes en fibra proporcionan un suave efecto laxante que mejora el estreñimiento y colabora en la reducción del colesterol. Para mejorar la

salud ocular, las espinacas pueden ser incluso más efectivas que las zanahorias, ya que contiene una gran cantidad de vitamina A (Caballero, 2013).

En la alimentación, ocupa un lugar importante por su notable valor nutritivo y calórico, ligado al contenido de proteínas, hidratos de carbono, grasas, contenido de hierro, vitaminas A y C y posee una ligera actividad laxante y emoliente (Bacho, 2011).

Los valores nutrimentales de la espinaca se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Valor nutricional de la espinaca (Spinacea oleracea L.)

Composición nutrimental	
Hoja de espinaca (100 g)	
Energía	30 kcal
Proteína	2.86 g
Hidrato de carbono	3.67 g
Lípidos	0.39 g
Fibra	4 g
Vitamina A	469 µg
Vitamina C	28.10 µg
Ácido fólico	140 µg
Hierro	2.71 mg
Potasio	130 mg

Fuente: Ledesma *et al.*, 2010.

2.5.1 Antecedentes

La espinaca fue introducida en Europa alrededor del año 1000 procedente de regiones asiáticas, probablemente de Persia. La espinaca es una hortaliza con un elevado valor nutricional y carácter regulador, debido a su alto contenido en agua y riqueza en vitaminas y minerales (Rozano *et al.*, 2004).

2.5.2 Condiciones de cultivo

Temperatura: La temperatura de desarrollo vegetativo va desde los 5°C a 20°C; mientras que la temperatura óptima de germinación está entre los 12°C y 17°C.

Luminosidad: Requiere de luz solar durante todo su ciclo de cultivo. La humedad relativa está comprendida entre el 50 y 90% en cultivos de invernadero.

Suelo: La espinaca requiere de suelos franco a franco arcillosos con un pH entre 6 y 7, fértiles, profundos, bien drenados, de consistencia mediana, ligeramente sueltos, ricos en materia orgánica y nitrógeno, que no se secan fácilmente ni permitan el estancamiento del agua, la pluviosidad alrededor de 1.200 mm anuales y la altitud entre los 2600 y 2700 msnm (Cronquis, 1975).

2.5.3 Taxonomía

En el cuadro 2 se describe la clasificación taxonómica de la espinaca.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la espinaca

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Caryophyllidae</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
familia	<i>Amaranthaceae</i>
subfamilia	<i>Chenopodioideae</i>
Genero	<i>Spinacea</i>
Especie	<i>S. oleracea</i>
Nombre Científico	<i>Spinacea oleracea</i>

Fuente: base de datos de nutrientes espinaca

2.5.4 Clorofila

Las clorofilas se encuentran en todas las plantas que realizan la fotosíntesis; la clorofila es el principal agente capaz de absorber la energía lumínica y transformarla en energía química para la síntesis de los compuestos orgánicos que necesita la planta. Las hojas de la mayoría de las plantas deben su color verde a la clorofila, aunque ésta va desapareciendo al acercarse a la senescencia para dejar paso a otros pigmentos como los carotenoides (Badui Dergal, 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento del mismo nombre, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en la Ciudad de Saltillo, Coahuila, México. El material de laboratorio y los reactivos utilizados se mencionarán durante la descripción de las actividades del proceso.

Las determinantes se realizaron de acuerdo al manual de técnicas utilizadas por la A.O.A.C. (1983).

3.1 OBTENCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES Y ELABORACION DE TORTILLA

Se realizaron 4 concentraciones de espinaca para adicionar a la elaboración de las tortillas, estas concentraciones están detalladas a continuación en el cuadro 3.

Cuadro 3. Concentraciones de espinaca y masa.

Espinaca	0 g	1 g	3 g	5 g
Masa de maíz nixtamalizado	100 g	99 g	97 g	95 g

3.2 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE ESPINACA

La espinaca se obtuvo en el supermercado HEB de la ciudad de Saltillo, fue lavada y desinfectada con hipoclorito de sodio a una concentración del 1%, se realizó agregando 3 litros de agua y cinco gotas (0.25 ml) de hipoclorito de sodio al 1%, en un recipiente de plástico, dejando reposar durante diez minutos, una vez transcurrido este tiempo se le retiró el agua y se secó.

Posteriormente la espinaca se cortó en pequeños trozos de (0.5 cm), tratando de que todos fueran del mismo tamaño (con la finalidad de que el secado fuera lo más homogéneo posible) a continuación se colocó en charolas de aluminio, las charolas fueron previamente pesadas e identificadas.

Se llevó a la estufa con circulación de aire caliente con una temperatura de 55 °C a 60 °C durante un lapso de 48 horas, transcurrido el tiempo se retiraron todas las charolas y la espinaca se molió en un mortero hasta obtener una harina lo más homogénea posible, la harina obtenida se colocó en un frasco de plástico previamente lavado, secado e identificado.

3.3 ELABORACIÓN DE LAS TORTILLAS

Para la realización de las tortillas con espinaca se pesó la cantidad de ésta de acuerdo a la formulación descrita anteriormente en el cuadro 3, es decir 1, 3, y 5 g, mencionando que la primera formulación es el testigo.

Con todas las porciones pesadas, se agregó cada una de ellas a su correspondiente formulación una vez agregadas cada porción, se llevó a una mezcla de la harina de espinaca con la masa de maíz nixtamalizado.

Mezcladas homogéneamente se pesó cada bolita o testal en promedio de 30 g cada una. Una vez obtenidas las bolitas de masa se llevó a una tortilladora manual, la cual tenía colocado un plástico en cada lado de la tortilladora con el fin de que la masa no se pegara, se realizó una presión suave para obtener la tortilla deseada, se colocaron en un comal precalentado a 150 °C el tiempo de cocción para cada tortilla fue de 1:55 min., repartido de la siguiente manera: 35 segundos en la primera cara para luego ser volteada a la segunda cara con un tiempo de 55 segundos y regresando a la primera cara con un tiempo de 25 segundos.

Obtenidas todas las tortillas, se identificaron de acuerdo a la concentración utilizada de espinaca (Figura 1) para realizar los análisis correspondientes a este trabajo de investigación.



Figura 1. Identificación de las tortillas con sus respectivas concentraciones.

3.4 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA TORTILLA.

Se analizaron las muestras (0, 1, 3 y 5 g de espinaca) en las tortillas de masa de maíz nixtamalizado con las concentraciones antes mencionadas por triplicado.

3.5 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA SU ANÁLISIS

Para el análisis de las tortillas adicionadas con las diferentes concentraciones de espinaca se identificaron las charolas de aluminio y se pesaron, se registró el peso tanto de las charolas como de las muestras en una balanza con capacidad de 200 g, posteriormente se mantuvo por 24 horas a una temperatura de 55-60 °C en una estufa con circulación de aire caliente, pasado el tiempo se retiraron las charolas se dejaron a temperatura ambiente y se registró nuevamente el peso.

Posteriormente se trituro la muestra en un mortero (figura 2) hasta obtener un polvo, se almacenó en recipientes de plástico limpios, sellados e identificados para su conservación y uso en las pruebas que a continuación se mencionan.



Figura 2. Trituración de la muestra

3.6 DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA TOTAL

Se pusieron a peso constante los crisoles de porcelana durante 24 horas en la estufa de 80 a 110 °C y con ayuda de unas pinzas se colocaron en un desecador para dejar enfriar durante 20 minutos, pasado el tiempo se pesaron en una balanza analítica, posteriormente se puso una muestra de 2 g que fueron pesadas por separado sobre un papel destarando el peso del papel.

Después se colocaron con ayuda de unas pinzas para crisol en una estufa de secado con circulación de aire a una temperatura de 100 °C durante un periodo de 12 horas; transcurrido el tiempo se sacaron de la estufa y se dejó enfriar 20 minutos en el desecador (figura 3).



Figura 3. Crisoles con muestra.

Se tomó el peso del crisol con muestra seca, se registraron los datos y se realizaron los cálculos correspondientes mediante la siguiente fórmula:

$$\%MST = \frac{\text{peso de crisol} + \text{muestra seca} - \text{peso de crisol vacío}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

$$\%H = 100 - \%MST$$

3.7 DETERMINACION DE CENIZAS

Se utilizaron la muestra usada en la determinación de materia seca total, las cuáles se pre-incineraron en parrillas eléctricas, hasta que se quemaron y dejaron de emitir humos (Figura 4), posteriormente se colocaron en la mufla por un periodo de tiempo de 2-3 horas a una temperatura de 600 °C.



Figura 4. Crisoles en parrilla eléctrica

Al pasar el tiempo se sacaron los crisoles de la mufla con la ayuda de las pinzas y se colocaron en el desecador por 20 minutos para dejar enfriar, una vez que se

enfriaron se pesaron los crisoles en la balanza analítica se registraron los datos y se realizaron los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\%C = \frac{\text{peso de crisol} + \text{cenizas} - \text{peso de crisol solo}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

3. 8 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA

Digestión: Se pesó 1 g de muestra en una balanza analítica sobre un papel filtro y se le realizó unos dobleces de modo que no se saliera la muestra, se colocó en el fondo de un matraz Kjeldhal, a este matraz se le agregaron 3 perlas de vidrio (para que esté en ebullición constante), se colocó una cucharada de catalizador (mezcla reactiva de selenio) y 30 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado, posteriormente el matraz se colocó al aparato Kjeldhal en la sección de digestión (Figura 5) conectando el extractor de humos.



Figura 5. Matrazes en aparato Kjeldhal.

Destilación: Se enfrió el matraz en un chorro de agua de la llave mientras se le agregaban 300 mL de agua destilada. Aparte en un matraz Erlenmeyer de 500 mL se agregó 50 mL de ácido bórico (H_3BO_3) al 4 % y 5 gotas de indicador mixto. Posteriormente al matraz Kjeldhal se le agregó 100 mL de hidróxido de sodio ($NaOH$) al 45 % y 5 g de zinc sin agitar. Se conectó a la parte destiladora del aparato Kjeldhal y se abrió la llave del agua, se esperó hasta recibir en el matraz 250 ml del destilado (Figura 6).



Figura 6. Obtención del destilado

Titulación: A los 250 mL de destilado se tituló con ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.105263 N hasta obtener un color de rosa pálido (Figura 7) y con la lectura obtenida de los mL gastados del ácido sulfúrico (H_2SO_4).



Figura 7. Matraces titulados (color rosa pálido)

Finalmente se realizaron los cálculos correspondientes utilizando la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(ml\ H_2SO_4 - ml\ blanco)(0.014(N\ del\ acido))}{g\ de\ muestra} \times 100$$

$$\%PC = (\%N) \text{ (factor de corrección)}$$

3.9 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO O GRASA

Se pusieron los matraces de fondo plano con tres perlas de vidrio dentro de la estufa durante 12 horas para tenerlos a peso constante, posteriormente se pesaron 4 g de cada muestra seca colocándolo en un dedal de asbesto doblando con cuidado el papel que contiene la muestra, con la ayuda de las pinzas se retiraron los matraces de la estufa y se pusieron en un desecador durante 20 minutos para dejar enfriar y posteriormente se pesaron y se registraron los datos.

Posteriormente se les agregó a los matraces 250 mL de hexano, y los dedales se pusieron en el sifón Soxleth junto con los matraces se encendió la parrilla y se abrió la llave del agua y se dejó por 8 horas sifoneando (Figura 8).

Por último, se recuperó el solvente y los matraces se colocaron de nuevo a peso constante en la estufa a una temperatura de 100 °C por un periodo de 12 horas, transcurrido el tiempo se retiró los matraces de la estufa y con las pinzas para matraz se colocaron en el desecador por 20 minutos, una vez que se enfriaron se pesaron los matraces en la balanza analítica se registraron los datos y se realizaron los cálculos correspondientes con la siguiente fórmula:

$$\%EE = \frac{\text{peso de matraz} + \text{grasa} - \text{peso de matraz vacío}}{\text{g de muestra}} \times 100$$



Figura 8. Matraces en aparato Soxleth

3.10 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

Se pesaron 2 g de muestra desengrasada y se colocó en un vaso Berzelius, se agregaron 100 mL de ácido sulfúrico al 0.255 N.

Los vasos Berzelius se pusieron en una parrilla de calentamiento a 200 °C, a partir de que la muestra empezó a hervir se tomó el tiempo por 30 minutos (Figura 9).



Figura 9. Parrilla de calentamiento.

Transcurrido el tiempo se retiraron los vasos y el contenido se filtró a través de una tela y se lavó con agua destilada caliente por 3 veces con 100 mL cada vez (Figura 10).

A continuación por medio de una espátula se juntó el residuo que quedó en la tela y se volvió a vaciar en el vaso Berzelius posteriormente se agregó 100 mL de hidróxido de sodio (NaOH) 0.313 N se puso de nuevo en la parrilla de calentamiento a 200 °C por otros 30 minutos contados a partir de que empezó la ebullición, transcurrido el tiempo se retiraron los vasos y nuevamente el contenido se filtró usando la tela, lavándolos con 3 porciones de 100 mL de agua destilada caliente exprimiendo el exceso de agua de cada tela.

Posteriormente se sacaron los crisoles de la estufa y con la ayuda de la espátula se retiró la muestra que quedó en las telas para vaciarla en los crisoles, se dejó el crisol con la muestra en la estufa durante 12 horas al pasar este tiempo se dejó enfriar en el desecador por 20 minutos para poder tomar los pesos y registrarlos.

Por último, se colocaron los crisoles en la mufla durante 2 horas para después dejarlas enfriar en el desecador durante 20 minutos para obtener el peso y registrarlo, calculando los datos mediante la siguiente fórmula:

$$\%FC = \frac{\text{peso del crisol} + \text{muestra seca} - \text{peso del crisol mas cenizas}}{\text{g de muestra desengrasada}} \times 100$$



Figura 10. Muestra filtradas

3.11 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO

En realidad, no se determina por análisis en el laboratorio, sino que se calcula por diferencia. El ELN corresponde a los azúcares, el almidón y gran parte del material clasificado como hemicelulosa. Se obtiene de la suma de los resultados del % ceniza, % extracto etéreo, % proteína cruda y % fibra cruda y se resta de 100 partes de muestra analizada.

El E.L.N. Es necesario para realizar el cálculo total de nutrientes digestibles. Para la realización de los cálculos se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{ELN} = 100 - (\% \text{cenizas} + \% \text{extracto etéreo} + \% \text{proteína cruda} + \% \text{fibra de cruda})$$

3.12 DETERMINACIÓN DE COLOR

Para utilizar el colorímetro primero se encendió y calibró el blanco usando la placa de calibración del propio aparato.

Se ajustó el colorímetro a los parámetros L*, a* y b*, ya ajustados estos parámetros se hizo la lectura a cada una de las muestras de tortilla, las lecturas se realizó en cada m muestra colocando el tubo proyector de luz en 3 puntos diferentes de la



tortilla (Figura 11).

Figura 11. Determinación de color

3.13 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO CALÓRICO

Se utilizaron los resultados obtenidos de % proteína cruda, % extracto etéreo y % extracto libre de nitrógeno (Carbohidratos), que, de acuerdo a la FAO, maneja conversiones para cada uno de ellos:

Grasa = 9 kcal/g

Proteína = 4 kcal/g

ELN (Carbohidratos) = 4 kcal/g

Con estos datos y los obtenidos de cada una de las muestras, se determinaron los resultados por regla de tres, los datos obtenidos de las conversiones se metieron a la siguiente formula:

$$\frac{Kcal}{100\ g} = \left(PC \frac{Kcal}{g} + EE \frac{Kcal}{g} + CHO \frac{Kcal}{g} \right) * 100$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la etapa experimental se llevaron a un análisis de varianza (ANVA), y pruebas de media de Fisher ($\alpha \leq 0.05$) en donde se analizaron los resultados de las variables de estudio (% cenizas, % de proteína cruda, % de extracto etéreo, % de fibra cruda, % de carbohidratos y % de contenido calórico (kcal/g)

Los resultados obtenidos se expresan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Comparación de medias de cada una de las variables de estudio con respecto a las concentraciones de espinaca (*Spinacea oleracea* L.)

Tortilla de maíz con espinaca	0 g	1 g	3 g	5 g
% Cenizas	2.81 d	3.00 c	3.72 b	4.37 a
% Proteína	8.37 b	8.93 b	10.13 a	10.37 a
% Extracto etéreo	2.51 c	2.59 bc	2.74 b	3.14 a
% Fibra	1.62 b	1.73 b	1.70 b	2.16 a
% Carbohidratos	84.67 a*	83.73 b	81.68 c	79.93 d
Contenido calórico (kcal/g)	394.82 a	393.99 a	391.98 b	389.57 c

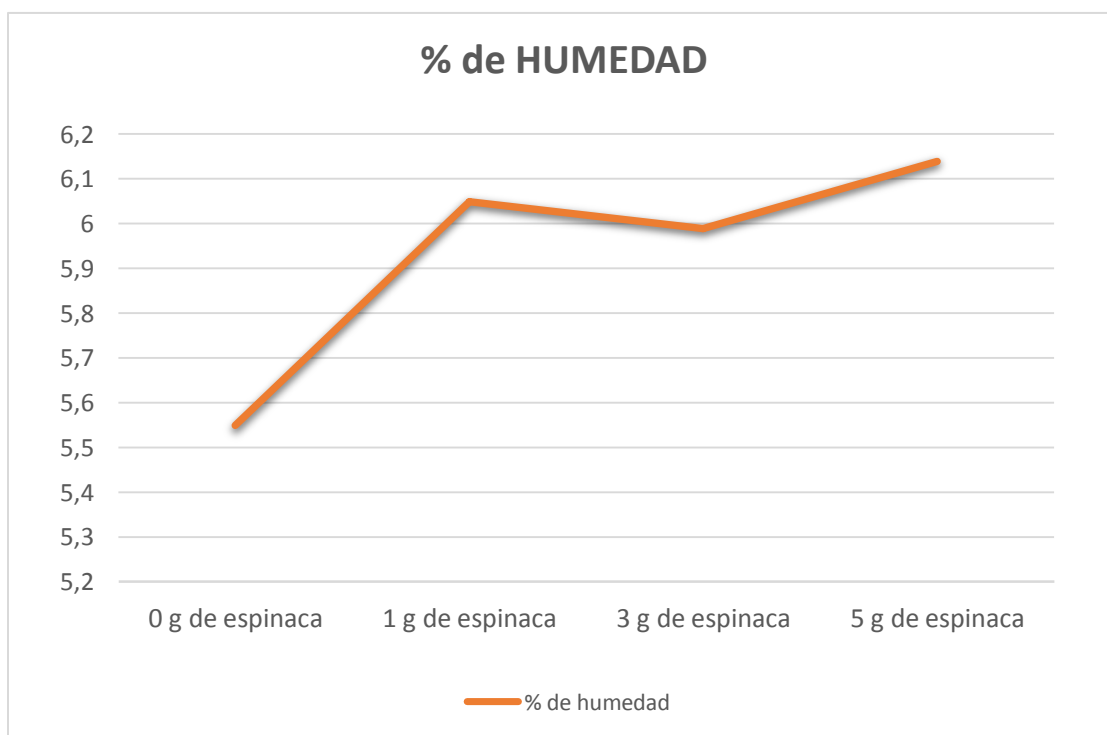
*Los valores promedio de la misma literal no son diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$)

4.1 MATERIA SECA TOTAL Y HUMEDAD

En el cuadro 5 se muestran los promedios de los resultados de materia seca total y de humedad.

Cuadro 5. Resultados de la materia seca total y humedad

	%Materia seca total	% de humedad
0 g de espinaca	94.45	5.55
1 g de espinaca	93.95	6.05
3 g de espinaca	94.01	5.99
5 g de espinaca	93.86	6.14

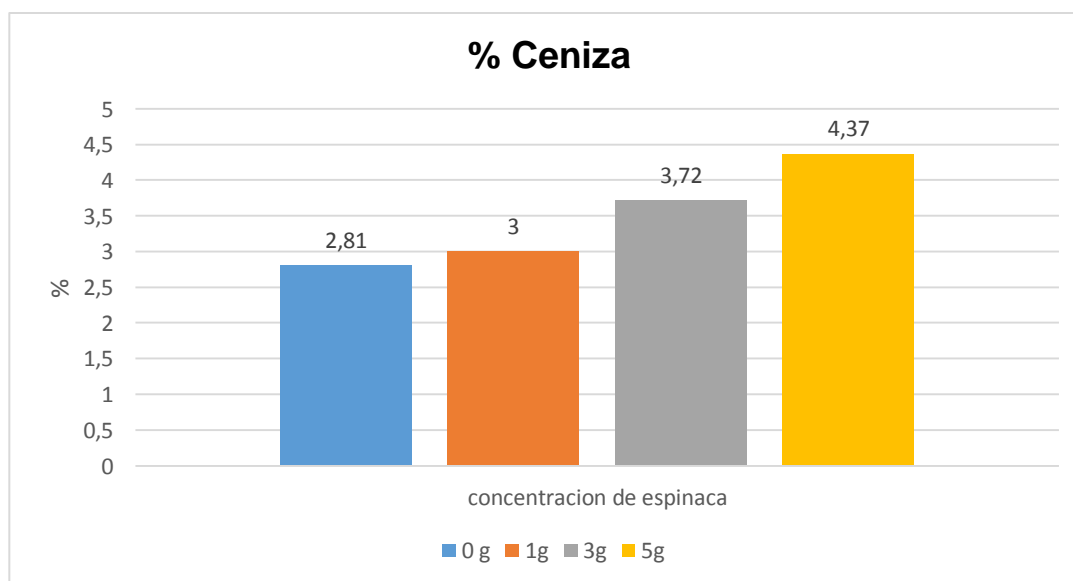


Gráfica 1. Determinación de humedad de las concentraciones de espinaca

La gráfica 1 muestra el comportamiento del porcentaje de humedad en las concentraciones de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) de 1, 3 y 5 g en el contenido de la tortilla de maíz nixtamalizado, en comparación con el Testigo con 0 g de espinaca. En la cual se demuestra que la concentración de 5 g tiene el porcentaje más alto de humedad esto pudo deberse a que la espinaca tiene una humedad muy alta y al adicionarse a las tortillas aún tenían un porcentaje de humedad.

4.2 CENIZAS

En la gráfica 2 nos muestra los porcentajes de cenizas de acuerdo a la concentración de espinaca en donde según Fisher ($\alpha \leq 0.05$) son estadísticamente diferentes.



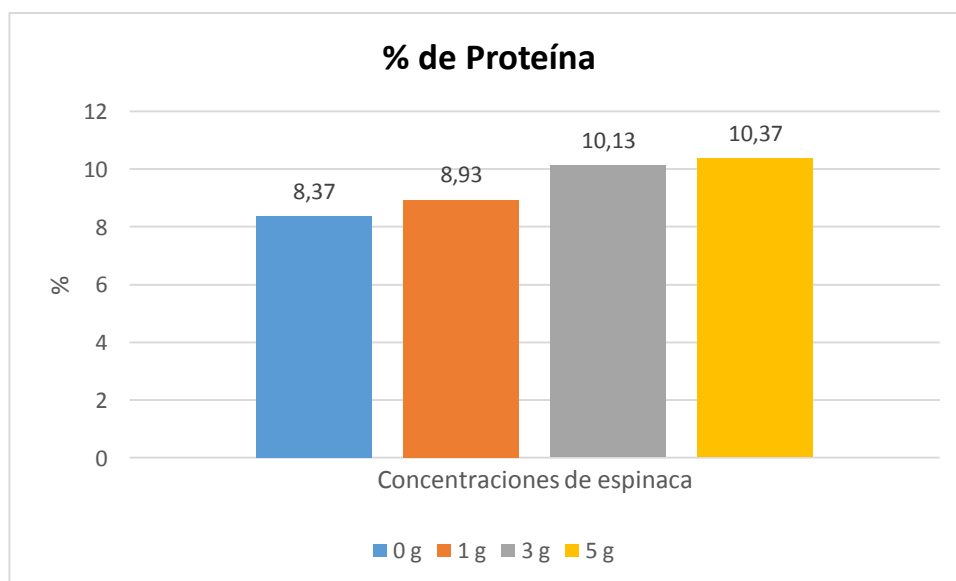
Gráfica 2. Comparación de medias con las diferentes concentraciones de espinaca en cuanto a % de cenizas.

Como se muestra en la gráfica 2 el mayor porcentaje de cenizas (minerales) fue la concentración en la que se le agrego a la tortilla 5 g de espinaca con un % de cenizas de 4.37 en comparación con el testigo que tuvo un 2.81 %, según menciona

(Mendoza, 2017) que una tortilla de maíz nixtamalizado tiene un 2.31 % de cenizas, los resultados obtenidos en comparación con la literatura son similares, así mismo cabe resaltar que los resultados tienen mayor cantidad de minerales, esto indica que a mayor concentración de espinaca mejor el porcentaje de minerales.

4.3 PROTEÍNA CRUDA

En la gráfica 3 nos muestra los porcentajes de proteína de acuerdo a la concentración de espinaca en donde según Fisher ($\alpha \leq 0.05$) son estadísticamente diferentes.



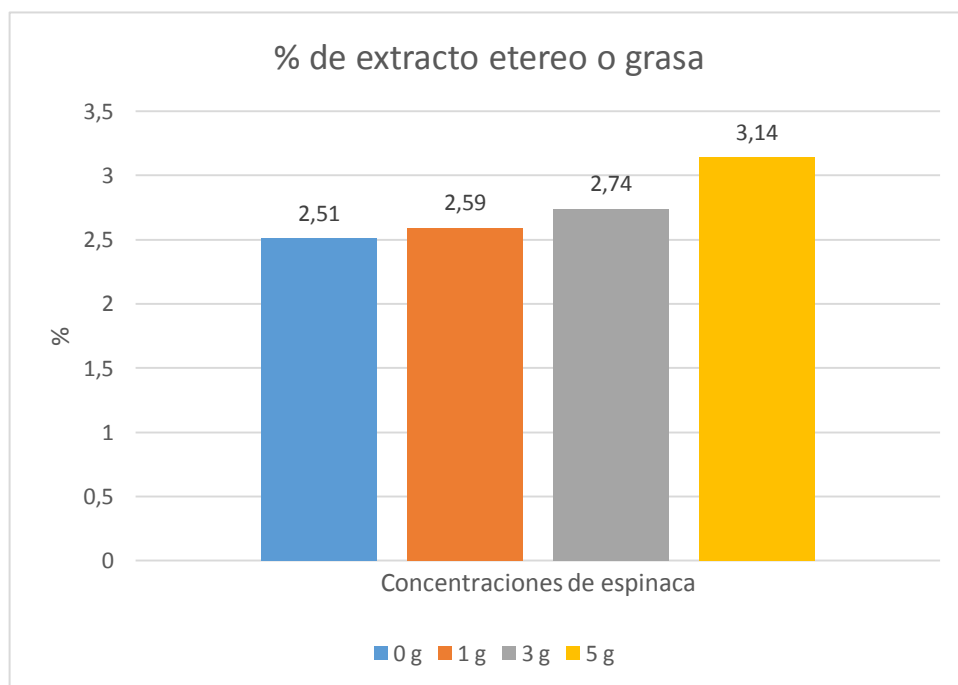
Gráfica 3. Comparación de medias con las diferentes concentraciones de espinaca en cuanto al % de proteína.

La gráfica 3 nos muestra el porcentaje de las diferentes muestras y en donde se ve claramente que la que tiene mayor concentración de proteína es la concentración con 5 g de espinaca que se le adiciono a la tortilla ya que esta tiene un 10.37 % en comparación con el testigo que solo tiene un 8.37 % según menciona (Mendoza,

2017) que la tortilla de maíz nixtamalizado tiene un 9.46 % (García, 2004), menciona que el % de proteínas de una tortilla nixtamalizada es de 9.21%, esto indica que los resultados obtenidos con los de la literatura son similares, y al agregar mayor concentración de espinaca a la tortilla nos da un mayor porcentaje de proteína, como lo menciona (Ledesma *et al*, 2010), por cada 100 g de hoja de espinaca comestible contiene 2.86 g de proteína.

4.4 EXTRACTO ETÉREO O GRASA

En la gráfica 4 nos muestra los porcentajes de grasa de acuerdo a la concentración de espinaca en donde según Fisher ($\alpha \leq 0.05$) son estadísticamente diferentes.



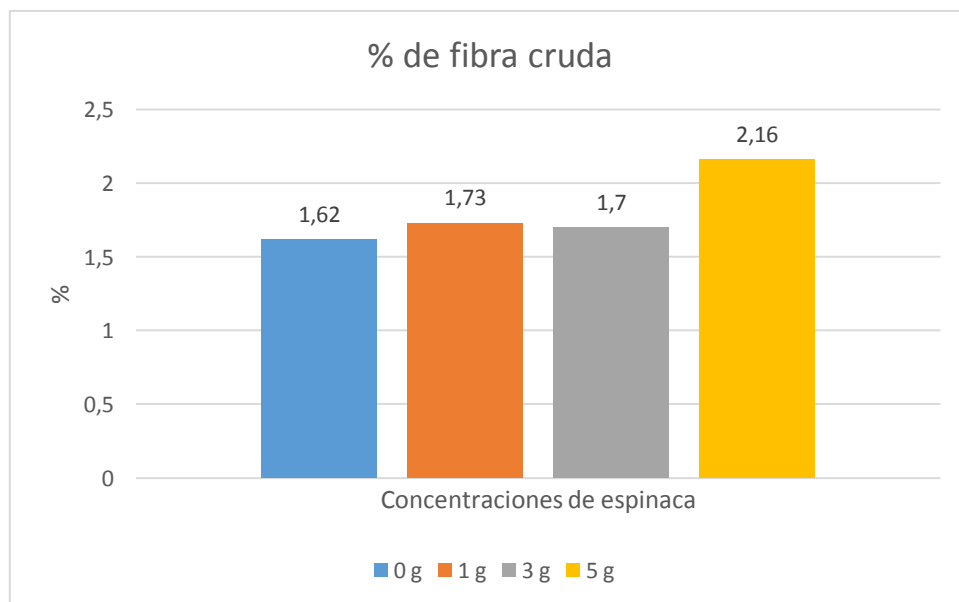
Gráfica 4. Comparación de medias con las diferentes concentraciones de espinaca en cuanto al % de grasa.

Como se muestra en la gráfica 5 aquellas tortillas en donde se les adiciono hasta 5 g de espinaca presento el mayor porcentaje de grasa con un 3.14 %, en comparación

con las demás concentraciones ya que el testigo tuvo un 2.51 % (García, 2004), menciona que la tortilla con maíz nixtamalizado tiene 1.62 % de grasa, también (Mendoza, 2017), dice que la tortilla de maíz nixtamalizado tiene 1.86 % de grasa, Según (Ledesma *et al*, 2010), por cada 100 g de hojas de espinaca comestible tiene 0.39 g de grasa, esto indica que entre más concentración de espinaca tiene mayor contenido de grasa.

4.5 FIBRA CRUDA

En la gráfica 5 nos muestra los porcentajes de fibra de acuerdo a la concentración de espinaca en donde según Fisher ($\alpha \leq 0.05$) son estadísticamente diferentes.

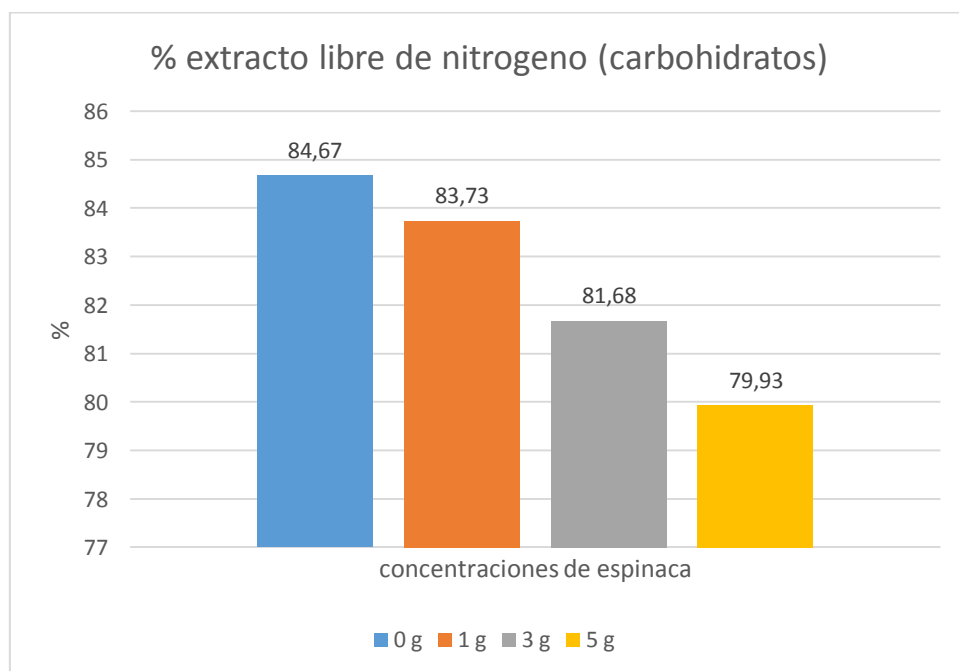


Gráfica 5. Comparación de medias con las diferentes concentraciones de espinaca en cuanto al % de fibra.

Los resultados de la gráfica 5 muestran que la tortilla con la concentración de 5 g tiene 2.16 % de fibra en comparación con las demás concentraciones y haciendo un comparativo con el testigo que tiene 1.62 % hay una diferencia de 0.54 %, según (Ledesma *et al*, 2010), por cada 100 g de hojas de espinaca comestible tiene 4 g de fibra, esto indica que a mayor concentración de espinaca mayor cantidad de fibra, (Mendoza, 2017), menciona que una tortilla de maíz nixtamalizado tiene 1.39 %, es decir, con respecto a la literatura los datos son muy similares en la tortilla de maíz nixtamalizado.

4.6 EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO (CARBOHIDRATOS)

En la gráfica 6 nos muestra los porcentajes de carbohidratos de acuerdo a la concentración de espinaca en donde según Fisher ($\alpha \leq 0.05$) son estadísticamente diferentes.

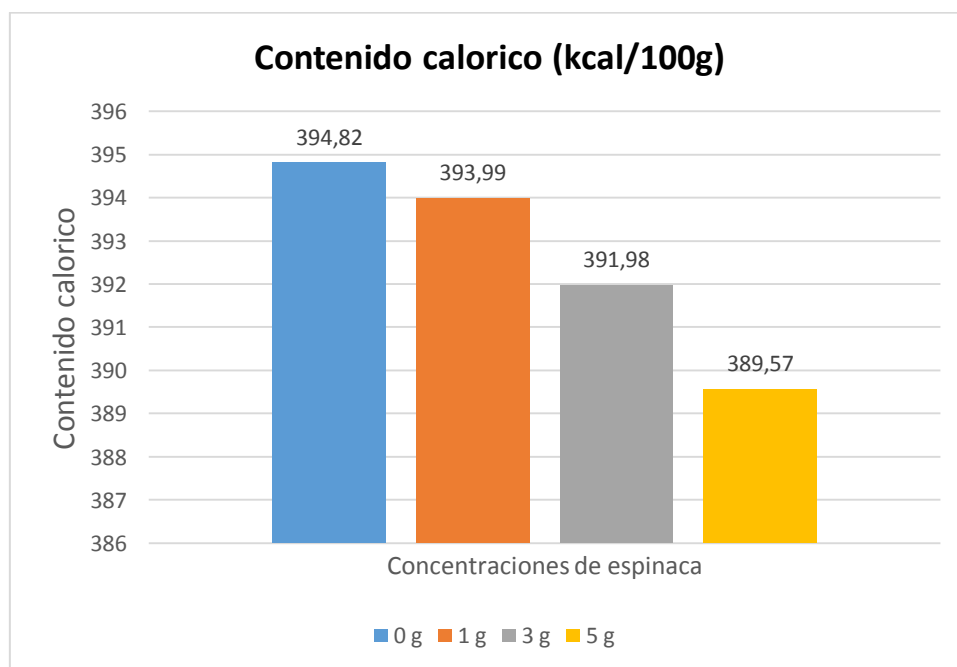


Gráfica 6. Comparación de medias con las diferentes concentraciones de espinaca en cuanto al % de carbohidratos.

Como se muestra en la gráfica 6 en el caso de la concentración de espinaca, en comparación con las demás concentraciones a mayor concentración de espinaca en la tortilla, ésta iba disminuyendo en el porcentaje de carbohidratos en el cual las tortillas sin concentración de espinaca tuvieron un porcentaje de 84.67 % a diferencia de donde la que tenía mayor concentración de espinaca 5 g disminuyo hasta un 79.93 %, esto da como diferencia 4.74 % según menciona (Mendoza, 2017), que una tortilla de maíz nixtamalizado tiene 84.99 % y comparando los resultados obtenidos con los de la literatura son muy similares, esto indica que a mayor porcentaje de espinaca menor concentración de carbohidratos, esto es una alternativa para consumir la tortilla de maíz nixtamalizado adicionada con espinaca, por el bajo consumo de carbohidratos.

4.7 CONTENIDO CALÓRICO (kcal/100g)

En la gráfica 7 nos muestra los porcentajes de contenido calórico (kcal/100 g) de acuerdo a la concentración de espinaca en donde según Fisher ($\alpha \leq 0.05$) son estadísticamente diferentes.



Gráfica 7. Comparación de medias con las diferentes concentraciones de espinaca en cuanto a (kcal/100g).

Como se muestra en la gráfica 7 la tortilla adicionada con 5 g de espinaca tiene 389.57 (kcal/100 g) es la que presenta mucho menos calorías en comparación con las demás concentraciones, y en comparación con el testigo que tiene 394.82 (kcal/100 g), podemos decir que hay 5.25 (kcal/100 g) de diferencia.

Según menciona (Mendoza, 2017), que las tortillas con maíz nixtamalizado presenta 394.53 (kcal/100 g) y estos datos en comparación con los resultados obtenidos son muy idénticos, por otro lado, cabe resaltar que a mayor concentración de espinaca menor será el contenido calórico (kcal/100 g), esta es una alternativa para la disminución en la ingesta de calorías.

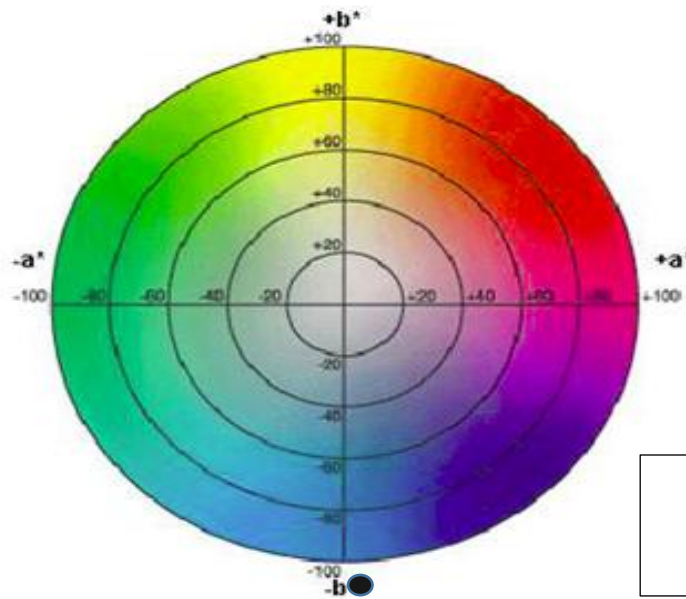
4.8 COLOR (L*, a* y b*)

En el cuadro 6 nos muestra los promedios de acuerdo a la concentración de espinaca en comparación con los términos de matriz, luminosidad y saturación, en donde: L*= Luminosidad, a*= coordenadas rojo/verde y b*= coordenadas amarillo/azul.

En la (figura 12) se muestran los puntos marcados que indican el color donde se ubican la tortilla con 0 y 5 g de espinaca.

Cuadro 6. Promedios de L*, a* y b* de las concentraciones de espinaca

COLOR		
0 g	L* =	65.95
	a* =	1.94



34

●	5 g de espinaca
●	0 g de espinaca

Figura 12.

Fuente: Sony Europe Limited.

Como se observa en la (Figura 12) la concentración del testigo (0 g de espinaca) tuvo un valor de color para $L^* = 65.95$, $a^* = 1.94$, $b^* = 22.71$, en comparación de las tortillas que fueron adicionadas con 5 g de espinaca con un color para $L^* = 42.39$, $a^* = -5.77$, $b^* = 14.76$, si tomamos como referencia el diagrama de cromaticidad de la figura anterior podemos determinar que L^* se encuentra en los márgenes de luminosidad para todas las concentraciones para a^* la de la tortilla adicionada con 0 g se encuentra del lado positivo a diferencia de las demás concentraciones que se encuentran del lado negativo es decir con una tonalidad verde y para b^* las concentraciones se encuentran del lado negativo excepto la de 0 g de espinaca que se localiza del lado positivo es decir que es de una tonalidad amarilla en comparación de las demás que presentan un color más verde esto se puede deber a la clorofila presente en la espinaca.

5. CONCLUSIONES

Se obtuvo una tortilla de maíz nixtamalizado, adicionada con espinaca (*Spinacea oleracea* L.) con diferentes concentraciones, en la que se determinó y comparo sus condiciones nutricionales con las de una tortilla tradicional de masa de maíz nixtamalizado.

Se elaboraron tortillas de maíz nixtamalizado adicionando espinaca en sus diferentes concentraciones.

Se evaluaron las características bromatológicas de la tortilla de maíz nixtamalizado elaboradas con 0, 1, 3 y 5 g de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) por cada 100 g de tortilla en donde se demostró que la concentración de 5/100 g presentó los mejores resultados.

Se compararon los resultados de una tortilla tradicional de maíz nixtamalizado con los resultados de una tortilla adicionada con 0, 1, 3 y 5 g de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) por cada 100 g de tortilla en donde se determinó que la tortilla con la concentración de 5/100 g presenta los mejores resultados en cuanto a las variables estudiadas (cenizas 4.37 %, proteína cruda 10.37 %, extracto etéreo 3.14 %, fibra cruda 2.16 %) carbohidratos 79.93 %, así como contenido calórico 389.57 (kcal/100g) en comparación con los resultados de una tortilla con 0 g de espinaca con respecto a las mismas variables (cenizas 2.81%, proteína cruda 8.37%, extracto etéreo 2.57%, fibra cruda 1.62%) y la mayor cantidad de carbohidratos 84.67%, así como más calorías 394.82 (kcal/100g).

Se determinó que la tortilla adicionada con espinaca en sus diferentes concentraciones si tiene mejores propiedades nutrimentales, que una tortilla convencional por lo cual es recomendable su utilización.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AOAC. (1983). Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of Analytical Chemist. Washinton D.C.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos* (Vols. 4; ISBN 970-26-0670-5). México: Pearson Educación.
- Bacho, J. (2011). FOTOSÍNTESIS, TRANSPIRACIÓN Y RENDIMIENTO DE ESPINACA (*Spinacea oleracea* L.) BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD Y RIEGO POR GOTEO (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.
- Beadle, G.W. 1978. "Teosinte and the origin of maize". Maizebreeding and genetics; D.B. Walden (Ed.), Wiley Interscience; páginas 113-128.
- Bourne, M. C. 1982. Food texture analysis. Food Technology 32:62-66
- Caballero R. (2013). Hojas verdes: Alimentos saludables Opciones prácticas para su consumo. Primera edición. pp. 39, 40 Recuperado el 5 de sep del 2017 en:
<https://repositorio.unicach.mx/bitstream/20.500.12114/81/1/HojasVerdes.pdf>
- Campus-Baypoli, O. N., E. C. Rosas-Burgos, P. I. Torres-Chávez, B. Ramírez-Wong, and S. O. Serna-Saldívar. 1999. Physicochemical changes of starch during maize tortilla production. Starch/Starke 51: 173-177
- CRONQUIST, A (1975). Introducción a la botánica edit. Continental S.A México. 266-278p.
- Echeverría, María Esther y Arroyo, Luz Elena (2000 [1982]) Recetario del maíz. México D.F., Museo de Culturas Populares – CONACULTA.

- FAO. Food and Agriculture Organization. (2007) FAOSTAT (FAO Statistical Databases) Agriculture, Fisheries, Forestry, Nutrition. Rome, Italy, <http://faostat.fao.org/default.aspx/>. Consultado el 15 de noviembre de 2007.
- Figueroa C J D, M G Acero-Godínez, N L Vasco-Méndez, A Lozano-Guzmán, L M Flores-Acosta, J González-Hernández (2001) Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal. Arch. Lati-noam. Nutrición 51(3):293-302.
- García, S. (2004). Estudio Nutricional Comparativo y Evaluación Biológica de Tortilla de Maíz Elaboradas por Diferentes Métodos de Procesamiento (Tesis de maestría) Instituto Politécnico Nacional, Querétaro, México.
- Gómez, M. H., L. W. Rooney, R. D. Waniska, and R. L. Pflugfelder. 1987. Dry corn masa flours for tortilla and snack food production. Cereal Foods World 32: 372-377
- Gironella de'Angeli, Alicia y de'Angeli Giorgio (2006) Larousse de la cocina mexicana. México D.F., Ediciones Larousse.
- INEGI. (2007). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Estadística, <http://www.inegi.gob.mx/inegi/>. Consultado el 15 de noviembre de 2007.
- Jhon Deere (2016). VARIEDADES, CALIDAD, EXPORTACIONES, PRODUCCIÓN Y CONSUMO NACIONAL DE MAÍZ MEXICANO. Recuperado el 6/nov/2017 en: https://www.deere.com.mx/es_MX/our_company/news_and_media/press_releases/2016/june/consumomaiz_mexicano.page
- Labrada, R., J.C. Carseley y C. Parker. 1996. Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal - 120). En: <http://www.fao.org>; consulta: febrero de 2007.
- Lachance P, A. (1972). La Filosofía de la Fortificación Aplicada al Maíz. Guatemala: Mejoramiento Nutricional del Maíz.

- Ledesma, J., Chávez, A., Pérez, F., Mendoza, E. y Calco, C. (2010). Composición de alimentos Miriam Muñoz de Chávez. Valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo. México: Mc Graw Hill. 364 pp.
- Méndez López, L. (2009). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la tortilla de maíz con pulque (POLIUQUI) (Vol. I). Saltillo, Coahuila: Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Mendoza Flores S. (2017). CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE UNA TORTILLA DE MAÍZ ENRIQUECIDA CON ACELGA (*Beta vulgaris var. Cycla*). (tesis de licenciatura) Universidas Autonoma Agraria Antonio Narro.
- Museo Nacional de Culturas Populares (1982) El maíz. México D.F., Museo de Culturas Populares – SEP.
- NOM-187-SSA1/SCFI-2002. (s.f.). Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba.
- Ng K Y, L M Pollak, S A Duvick, P J, White 1997. Thermal properties of starch rom 62 exotic maize (*Zea mays L.*) lines grown in two locations. *Cereal Chem.* 4(6):837-841
- Ordaz O, J. J., & Vázquez C, M. G. (1997). *Vida de anaquel y evaluación sensorial en tortillas de maíz elaboradas con conservadores y mejoradores* (Vol. 4). Arch. Latinoamer. Nutr.
- Paredes O., Guevara F., & Bello L. (2009). *La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz*. México: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- Pérez San Vicente, Guadalupe (2000) Repertorio de tamales. México D.F., Museo de Culturas Populares – CONACULTA.

- Reyes Vega, M. (1998). *Efecto del empaquetado con películas plásticas sobre la calidad microbiológica, bioquímica y sensorial de la tortilla de maíz* (Vol. I). México: Tesis de Doctorado en Ciencias. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. Centro de Investigación y Estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- Rozano L. G, Quiróz S., Acosta P., Pimentel A. Quiñones R. (10 de agosto del 2004). Hortalizas las llaves de la energía. Revista Digital Universitaria. Recuperado el 5 de noviembre del 2017 de <http://www.ru.tic.unam.mx/tic/bitstream/handle/123456789/963/376.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soler, E. (2014). *Nixtamalización del maíz. Cocina en casa*. (Blogspot) Recuperado en Marzo de 2017, de Blogspot: <http://esolercocina.blogspot.mx/2014/07/nixtamalizacion-del-maiz.html>.
- Urzúa, S.F. 2006. Manejo de arvenses y dinámica de sus poblaciones en cultivos bajo labranza de conservación. Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Vargas, Luis Alberto (2001) "La seguridad alimentaria en el México antiguo". En: Antonio Garrido Aranda (comp.) Comer cultura. Estudios de cultura alimentaria. Córdoba, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba: 87-95.
- Vargas, Luis Alberto. (2007). EL ALIMENTO BÁSICO EN LAS COCINAS DE LA HUMANIDAD. EL CASO DE MESOAMÉRICA. PP. 48 y 49 Recuperado el 6 de noviembre del 2017 en: <file:///C:/Users/david/Downloads/Dialnet-EIAlimentoBasicoEnLasCocinasDeLaHumanidadEICasoDeM-5608486%255b1%255d.pdf>