

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS**



**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE UNA TORTILLA DE MAÍZ
ENRIQUECIDA CON ACELGA (*Beta vulgaris var. Cycla*).**

Por:

SERGIO CIRILO MENDOZA FLORES

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México; Mayo del 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE UNA TORTILLA DE MAÍZ ENRIQUECIDA
CON ACELGA (*Beta vulgaris var. Cycla*).**

Presentada por:

SERGIO CIRILO MENDOZA FLORES

Que ha sido aprobada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El presente trabajo ha sido asesorado y aceptado de acuerdo al artículo
89 del Reglamento Académico para Alumnos de Licenciatura por el
siguiente comité asesor:

M.E. Laura Olivia Fuentes Lara

ASESOR PRINCIPAL

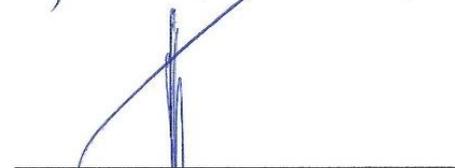
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL



Dr. Adalberto Benavides Mendoza

COASESOR

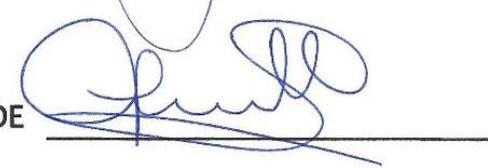
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



M.C. Xochitl Ruelas Chacón

COASESOR

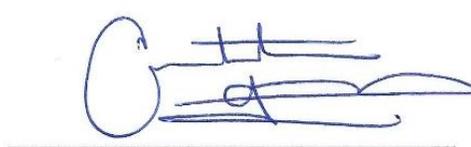
**DEPTO. DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS**



Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó

COASESOR

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL



Saltillo, Coahuila, México; Mayo del 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE UNA TORTILLA DE MAÍZ ENRIQUECIDA
CON ACELGA (*Beta vulgaris var. Cycla*).

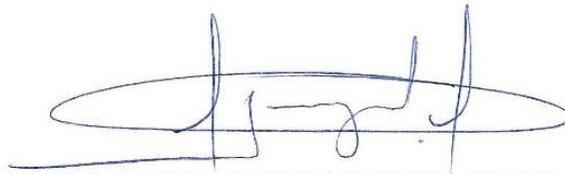
Presentada por:

SERGIO CIRILO MENDOZA FLORES

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Con la participación en la ejecución técnica de este proyecto de
investigación:



T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel

Saltillo, Coahuila, México; Mayo del 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE UNA TORTILLA DE MAÍZ ENRIQUECIDA
CON ACELGA (*Beta vulgaris var. Cycla*).**

Presentada por:

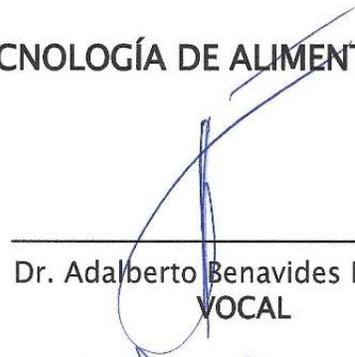
SERGIO CIRILO MENDOZA FLORES

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

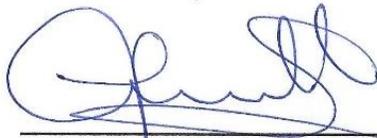
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó
PRESIDENTE



Dr. Adalberto Benavides Mendoza
VOCAL



M.C. Xochitl Ruelas Chacón
VOCAL



Q.F.B. María del Carmen Julia García
VOCAL



Dr. José Dueñez Alanís
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Saltillo, Coahuila, México; Mayo del 2017

“Lucha por lo que realmente quieres, protege lo que amas, levántate tantas veces sean necesarias para continuar y seguir tu camino”.

–Albafica de Piscis (Saint Seiya)

Dedicatoria

Este trabajo está
dedicado de una
manera muy
especial para
ustedes que son lo
más importante en
mi vida;

A MIS PADRES
Elodia Flores Jiménez y Cirilo Mendoza Acosta

A MI HERMANO
Vicente Antonio Mendoza Flores

A MI ABUELA
Dulce María Jiménez Figueroa

A MIS TÍAS
Pilar y Rosa Mendoza Acosta

Agradecimientos

En lo que creo

Sin duda a quien primero debo agradecer de todo lo que eh logrado y de donde estoy hasta ahora es a DIOS y a la Virgen de Guadalupe, gracias por todas las bendiciones recibidas. También por darme esa sabiduría en esos momentos en los que no sabía por qué estaban sucediendo y también por ponerme en el camino a varias personas que han significado mucho para mí y que me han hecho ser una mejor persona en todos los sentidos.

A mi Madre

La persona a quien más amo en el mundo y por quien yo daría todo, a quien reconozco todo el esfuerzo que ha hecho para poder sacarnos adelante, a la persona que ha sabido llenarme de fuerza en varios momentos de mi vida, y sobre todo a quien fue la primera que me apoyó en ese punto de mi vida donde decidí expresar lo que realmente soy. **TE AMO MUCHO**

A mi Padre

La persona que me ha apoyado en todo, a quien a pesar de todos los difíciles momentos que hemos pasado como familia y de la distancia a la que ha estado por su trabajo, nunca se le ha olvidado decirme cuanto me quiere y me apoya, a quien más le dedico este trabajo para que se sienta orgulloso de por fin haber concluido esta etapa. **TE AMO MUCHO**

A mi Hermano

Alguien por quien yo haría lo que fuera, a mi hermano menor el cual procuro darle los mejores consejos y que sin duda del que también eh recibido mucho apoyo, siempre nos estaremos apoyando mutuamente en todo. Todo lo que hemos pasado ha sucedido por algo y eso ha hecho que la relación de hermanos crezca de una buena manera.

A mi Abuelita

Una persona muy importante para mí, una persona que siempre me ha demostrado su cariño en diversas formas, yo sé que a veces no estoy muy presente, pero eso no hace que yo no sienta lo mismo, de verdad agradezco cuando se ha preocupado por mí en mis malos momentos vividos, y cuando me dio muchos consejos y mucho apoyo en el momento que decidí empezar esta aventura. **MUCHAS GRACIAS**

A mis Tías

Agradezco mucho a mis tías Pilar, Rosa y Guma que de igual manera me han apoyado en tantas etapas de mi vida, agradezco el haberme dado muchos consejos el día que decidí dejar mi casa para poder empezar mi carrera profesional, de igual manera aunque no eh estado muy apegado, ustedes siempre están en mi pensamiento, con mucha gratitud hacia ustedes.

A la familia Limón Reynosa

A ustedes que me recibieron y me abrieron la puerta de su casa el día que llegue a este lugar desconocido para mí, que me brindaron muchas cosas de una manera desinteresada, muchas gracias a cada uno de sus integrantes.

A mi ALMA TERRA MATER

Por todo lo recibido en esta institución, lugar donde de muchas maneras recibí grandes lecciones que me hicieron aprender algo más en mi vida, el lugar donde me formaron para poder salir y enfrentarme a la vida laboral y en donde conocí a grandes personas de varios lugares, muchos ahora mis amigos.

A mis Asesores

Principalmente a mi asesora principal y tutora durante toda mi carrera, M.E. Laura Olivia Fuentes Lara por darme la oportunidad de haber realizado este trabajo de tesis, por todo el apoyo durante el transcurso del mismo y por la dedicación puesta hasta el final. A todos los profesores involucrados en este trabajo M.C Xochitl Ruelas, Dr. Adalberto Benavides, Dr. Antonio Carbó, por su comentarios para mejorar el documento final y a la Profesora Carmen Julia, por ser parte del jurado calificador. Un especial agradecimiento a T.L.Q. Carlos Arévalo por haberme ayudado en la parte técnica dentro del laboratorio y por resolver mis dudas en las partes que no entendía muy bien.

A mis Profesores

A cada uno de ellos que me enseñaron todo lo referente a esta increíble carrera dentro y fuera del aula, cada uno con su estilo de enseñanza que los hacen ser los profesores que son ahora.

A mis Amigos

Que puedo decir de mis amigos, aquellos con los que viví muchos y grandes momentos, que sin pensarlo se volvieron parte de mi vida, a cada uno de ustedes agradezco el tiempo de convivencia, los buenos y también los malos momentos, pero que a pesar de todo eso, siempre estuvimos juntos, a ustedes que fueron mi familia en esta estancia universitaria, Ricardo Ruiz, Omar Tapia, Juan Manuel Zavala (Mane) y Mariano Nájera.

Quiero mencionar de una manera muy especial a dos amigas que son y siguen siendo muy importantes, por todos los momentos vividos, sus consejos en momentos importantes y a veces difíciles en lo que no sabía qué hacer, pero sin duda siempre disfrutando de esos agradables momentos de pláticas, fiestas y tazas de café, Isabela Vázquez y Ale Hernández (Yajan).

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE CUADROS	V
ÍNDICE DE GRÁFICOS	V
RESUMEN	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN	3
1.2 HIPÓTESIS	4
1.3 OBJETIVO GENERAL	4
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA	5
2.1.1 HUMEDAD O SUSTANCIAS VOLÁTILES	6
2.1.2 CENIZAS O MATERIAL MINERAL	7
2.1.3 EXTRACTO ETÉREO O GRASA BRUTA	8
2.1.4 FIBRA CRUDA O BRUTA	10
2.1.5 PROTEÍNA BRUTA O CRUDA	11
2.1.6 EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO (ELN) O EXTRACTO NO NITROGENADO	13
2.2 GENERALIDADES DE LA TORTILLA	13
2.2.1 CONCEPTO GENERAL DE TORTILLA	14
2.2.2. MAÍZ NIXTAMALIZADO (MN)	15
2.2.2.1 CAMBIOS EN EL MAÍZ DURANTE LA NIXTAMALIZACIÓN	16

2.2.3.	HARINA DE MAÍZ COMERCIAL (HMC)	19
2.2.3.1	EL PROCESO INDUSTRIAL DE HARINA COMERCIAL	20
2.3.	LA ACELGA	22
2.3.1	TEMPERATURA	23
2.3.2	CONDICIONES DE CULTIVO	23
2.3.3	OBSERVACIONES PARA COSECHA Y POSTCOSECHA	24
2.3.4	CONDICIONES DE CONSERVACION DEL PRODUCTO	24
2.3.5	OBSERVACIONES PARA SU MERCADEO	24
2.3.6	PLAGAS Y ENFERMEDADES	24
2.3.7	VARIEDADES	25
2.3.8	VALOR NUTRICIONAL	25
2.4.	EL COLOR EN LOS ALIMENTOS	26
2.4.1.	LA CLOROFILA	28
2.4.1.1	ESTRUCTURA	29

3. METODOLOGÍA **31**

3.1	LOCALIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL	31
3.2	MATERIA PRIMA UTILIZADA	31
3.3	MATERIALES UTILIZADOS	31
3.4	EQUIPOS UTILIZADOS	32
3.5	REACTIVOS UTILIZADOS	32
3.6	ETAPA 1: FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE LA TORTILLA	33
3.6.1	OBTENCIÓN DE LA HARINA DE ACELGA	33
3.6.2	ELABORACIÓN DE LAS TORTILLAS	34
3.7	ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA TORTILLA	36
3.7.1	PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA SU ANÁLISIS	36
3.7.2	DETERMINACIÓN DE HUMEDAD	37
3.7.3	DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES	38
3.7.4	DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO O GRASA BRUTA MÉTODO SOXHLET	39
3.7.5	DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA	41

3.7.6	DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA MÉTODO MACROKJELDHAL	42
3.7.7	DETERMINACIÓN DE MINERALES: MÉTODO HÚMEDO	44
3.7.8	DETERMINACIÓN DE MINERALES: MÉTODO COLORÍMETRIA	45
3.7.8.1	PREPARACIÓN DE LA CURVA ESTÁNDAR DE FÓSFORO (P)	46
3.7.8.2	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA LA LECTURA	48
3.7.9	DETERMINACIÓN DEL EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO (ELN)	49
3.7.10	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO CALÓRICO (KCAL)	49
3.7.11	DETERMINACIÓN DE CLOROFILA POR EL MÉTODO DE ESPECTROFOTOMETRIA	50
3.7.12	DETERMINACIÓN DE COLOR	51
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	53
4.1	HUMEDAD Y MATERIA SECA TOTAL	55
4.2	CENIZA TOTAL	57
4.3	EXTRACTO ETÉREO O GRASA TOTAL	58
4.4	FIBRA CRUDA	61
4.5	PROTEÍNA CRUDA	63
4.6	EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO (CARBOHIDRATOS)	65
4.7	CONTENIDO CALÓRICO	67
4.8	MINERALES (K), (NA), (CA), (MG), (FE), (P)	69
4.9	CLOROFILA TOTAL, A Y B	81
4.10	COLOR (L*, A* Y B*)	82
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	86
6.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de las determinaciones en una caracterización química	6
Figura 2. Esquema de extracción por el método Soxhlet	9
Figura 3. Estructura general de los aminoácidos	12
Figura 4. Tortilla de maíz	15
Figura 5. Maíz nixtamalizado	16
Figura 6. Diagrama de flujo del proceso tradicional para la elaboración de tortillas	17
Figura 7. Harina de maíz nixtamalizado	19
Figura 8. Proceso industrial de harina nixtamalizada	21
Figura 9. La acelga (<i>Beta vulgaris var. Cyclo</i>)	22
Figura 10. Coordenadas de color en el sistema CIE	27
Figura 11. Estructura de las clorofilas a y b	29
Figura 12. Acelga en charolas de aluminio	34
Figura 13. Adición de la acelga a la masa y a la harina respectivamente	35
Figura 14. Identificación de las tortillas de acuerdo a su formulación	36
Figura 15. Recipientes identificados con las muestras secas de tortilla	37
Figura 16. Crisoles en parrillas eléctricas	39
Figura 17. Dispositivo Soxhlet	40
Figura 18. Aparato de reflujo para determinar fibra cruda	41
Figura 19. Destilado en forma de amoníaco líquido	44
Figura 20. Espectrofotómetro de absorción atómica Marca Varian; Modelo AA-1275	45
Figura 21. Curva estándar de Fósforo (P)	47
Figura 22. Tubos con las diluciones de Fósforo (P)	47
Figura 23. Muestras con acetona al 85 %	51
Figura 24. Determinación de color con colorímetro Konica Minolta; Modelo CR-400	52
Figura 25. Diagrama de cromaticidad; tipo de masa	83
Figura 26. Diagrama de cromaticidad; concentración de acelga	84

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de la acelga (<i>Beta vulgaris var. Cyclo</i>)	23
Cuadro 2. Valor nutricional de la acelga (<i>Beta vulgaris var. Cyclo</i>).....	26
Cuadro 3. Materiales utilizados	31
Cuadro 4. Equipos utilizados.....	32
Cuadro 5. Reactivos utilizados.....	32
Cuadro 6. Formulaciones de la acelga y de la tortilla.....	33
Cuadro 7. Diluciones para la curva estándar de fósforo (p)	46
Cuadro 8. Comparación de medias de las variables de estudio; tipo de masa	53
Cuadro 9. Comparación de medias de las variables de estudio; concentración de acelga.....	54
Cuadro 10. Resultados de la materia seca total y humedad	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comparación de medias de ceniza total; tipo de masa _____	57
Gráfico 2. Comparación de medias de ceniza total; concentración de acelga ____	58
Gráfico 3. Comparación de medias de extracto etéreo; tipo de masa _____	59
Gráfico 4. Comparación de medias de extracto etéreo; concentración de acelga	60
Gráfico 5. Comparación de medias de fibra cruda; tipo de masa _____	61
Gráfico 6. Comparación de medias de fibra cruda; concentración de acelga ____	62
Gráfico 7. Comparación de medias de proteína cruda; tipo de masa _____	63
Gráfico 8. Comparación de medias de proteína cruda; concentración de acelga	64
Gráfico 9. Comparación de medias de ELN (CHO); tipo de masa _____	65
Gráfico 10. Comparación de medias de ELN (CHO); concentración de acelga__	66
Gráfico 11. Comparación de medias de contenido calórico; tipo de masa_____	67
Gráfico 12. Comparación de medias de contenido calórico; concentración de acelga _____	68
Gráfico 13. Comparación de medias de Potasio (K); tipo de masa _____	69
Gráfico 14. Comparación de medias de Potasio (K); concentración de acelga __	70

Gráfico 15. Comparación de medias de Sodio (Na); tipo de masa _____	71
Gráfico 16. Comparación de medias de Sodio (Na); concentración de acelga ___	72
Gráfico 17. Comparación de medias de Calcio (Ca); tipo de masa _____	73
Gráfico 18. Comparación de medias de Calcio (Ca); concentración de acelga ___	74
Gráfico 19. Comparación de medias de Fósforo (P); tipo de masa _____	75
Gráfico 20. Comparación de medias de Fósforo (P); concentración de acelga ___	76
Gráfico 21. Comparación de medias de Magnesio (Mg); tipo de masa _____	77
Gráfico 22. Comparación de medias de Magnesio (Mg); concentración de acelga _____	78
Gráfico 23. Comparación de medias de Hierro (Fe); tipo de masa _____	79
Gráfico 24. Comparación de medias de Hierro (Fe); concentración de acelga ___	80
Gráfico 25. Comparación de medias de clorofila total, a y b; tipo de masa _____	81
Gráfico 26. Comparación de medias de Clorofila total, a y b; concentración de acelga _____	82

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación fue realizado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con el objetivo de elaborar una tortilla de maíz enriquecida con acelga (*Beta vulgaris* var. *Cycla*) en diferentes concentraciones para caracterizarla y comparar sus cualidades nutricionales en una tortilla de masa de maíz nixtamalizado y una de harina de maíz comercial.

Se determinaron las concentraciones de acelga a utilizar en la elaboración de la tortilla de masa de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial.

Se realizaron las pruebas correspondientes de la caracterización química (ceniza total, extracto etéreo, fibra cruda, proteína cruda, ELN (carbohidratos) y contenido calórico) de las diferentes muestras de tortillas.

Se determinó el contenido de minerales como el potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe) y fósforo (P) de igual manera la concentración de clorofila y el color.

Los resultados obtenidos indicaron que la mejor combinación para realizar una tortilla es aquella donde se utilizó una concentración de 7/100 g de acelga en la masa de maíz nixtamalizado con los mejores valores obtenidos donde sobresalen el ELN (carbohidratos). En cuanto a contenido calórico los resultados fueron los mas bajos, y en donde el contenido de potasio (P) y calcio (Ca) fueron los mas altos, al igual que el contenido de clorofila lo que influyó que el color dentro del diagrama de cromaticidad tuviera una tendencia al color verde (-a*).

Palabras clave: Caracterización, tortillas, nixtamalizado, acelga

Correo electrónico: Sergio Cirilo Mendoza Flores;
sergio_mendozaflores@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La dieta del mexicano no es producto de unos cuantos años, sino que proviene de los habitantes prehispánicos que hace miles de años lograron domesticar el maíz, el frijol y el chile, impulsando así el desarrollo de la agricultura y el tránsito del nomadismo al ser sedentario (Escalante Monsalvo, 2009).

Y cuando hablamos de la dieta del mexicano, hacemos referencia a la tortilla de maíz que es el símbolo más antiguo de la cultura culinaria de nuestro país. Sin importar la clase social a que se pertenezca, en México se consumen alrededor de 12.3 millones de toneladas de maíz en forma de tortilla, de las cuales 64 % se elaboran a través del método tradicional de maíz-masa-tortilla y 36, % a través de la industria harinera (Sierra Macías, y otros, 2010). La tortilla sola provee 38.8% de las proteínas, 45.2 % de las calorías y 49.1 % del calcio de la dieta diaria de la población de México y en zonas rurales provee aproximadamente el 70 % del total de calorías y el 50 % de las proteínas ingeridas diariamente (Gonzalez Hernández, y otros, 1997).

Por tal motivo se realizan estrategias de fortificación o enriquecimiento que se basan en el potencial para beneficiar, en el menor tiempo, a la mayor parte de la población que padece desnutrición por medio del mejoramiento de la calidad del alimento o alimentos que componen la mayor parte de la dieta (Lachance, 1972).

La industria harinera nacional está llevando a cabo varios programas para la fortificación de la tortilla hecha de harina nixtamalizada. En este aspecto se espera enriquecer la tortilla elaborada de harina que representa el 22.8 % del consumo total en México, sin embargo no se ha contemplado el 36.7 % de la tortilla que se elabora con masa de molinos de nixtamal comerciales, ni el 40.5 % de la tortilla elaborada a mano en zonas rurales (Figuroa, y otros, 1997).

Se sabe que la calidad de la tortilla es influenciada por las características del grano, por los ingredientes que la constituyen y por las condiciones de su elaboración (Salinas Moreno, y otros, 2011). Actualmente, existen estudios de tortilla modificada para mejorar su calidad nutricional por ejemplo la tortilla de maíz mejorada con soya (Obatolu A, y otros, 2007), con nopal (Guevara A, y otros, 2011), harina de frijol y amaranto (Vázquez R, y otros, 2013), con frijol (Anton A, y otros, 2008) y masa fermentada (Ontiveros M, y otros, 2012).

La acelga, es presentada en la categoría de las verduras y hortalizas que tenemos disponibles en nuestra tienda o supermercado habitual. Este alimento, pertenece al grupo de los vegetales de hoja verde.

La acelga es una hortaliza con cantidades insignificantes de hidratos de carbono, proteínas y grasas, la mayor parte del peso se debe al elevado contenido de agua. Por ello resulta una verdura de bajo aporte calórico, aunque constituye un alimento rico en nutrientes reguladores, como fibra, ciertas vitaminas y sales minerales. Constituye un excelente aporte de fibra soluble que favorecen el tránsito intestinal y previenen el estreñimiento (Moreiras, y otros, 2013).

Es una de las verduras más abundantes en folatos (vitamina que debe su nombre del latín *folium*, hoja), con cantidades sobresalientes de beta-caroteno (provitamina A) y discretas de vitamina C. El beta-caroteno es un pigmento natural que confiere el color amarillo-anaranjado-rojizo a los vegetales. El organismo, a medida que lo necesita, lo transforma en vitamina A. En el caso de la acelga, el beta-caroteno está enmascarado por la clorofila, pigmento más abundante. Sus hojas verdes más externas son las más vitaminadas. Además, cuenta con propiedades antioxidantes. También participa en la elaboración de enzimas en el hígado y de hormonas sexuales y suprarrenales (Eroski Consumer, 2015)

En la acelga, el mineral más abundante con diferencia es el potasio. Sin embargo, esta verdura destaca respecto al resto por su mayor contenido en sodio

(responsable en parte de su marcado sabor), calcio, magnesio, yodo, fósforo y hierro. Por su alto contenido en calcio, la acelga debería de ser un alimento a incluir con regularidad en la dieta de personas mayores, embarazadas, niños en crecimiento y deportistas (Moreiras, y otros, 2013).

1.1 JUSTIFICACIÓN

La problemática de la producción de tortilla se ha venido incrementando en México, ya que actualmente se consumen 10 millones de toneladas de tortillas al año. La falta de una dieta apropiada, debido a la limitación de recursos económicos y al incremento de la población, han hecho que la población sea más dependiente de la tortilla para su alimentación diaria.

Las tortillas son consideradas como una excelente fuente energética o calórica debido a su alto contenido de almidón. También, son una buena fuente de calcio debido a la cal que es añadida durante la cocción para la obtención del nixtamal. Además, el cocimiento alcalino incrementa la biodisponibilidad de una de las más importantes vitaminas del complejo B, la niacina, sin afectar a otras vitaminas que se encuentran en niveles adecuados en el grano original, tales como la tiamina, la riboflavina y la piridoxina.

Desgraciadamente el maíz no es un alimento perfecto debido a que carece de proteína de buena calidad y de niveles adecuados de hierro, zinc y vitaminas A, D, E y B₁₂. La suplementación de las tortillas con frijoles, soya o alimentos de origen animal es la mejor solución para aminorar problemas de malnutrición pero desafortunadamente algunos grupos poblacionales no cuentan con los recursos económicos o la disponibilidad para adquirir estos alimentos.

En algunos casos, la fortificación de tortillas ha registrado avances importantes, pero en otros se han alterado las características naturales principalmente el sabor, el

color y el olor, además de la textura, provocando que el consumidor no las acepte, o lo haga con cierta resistencia.

En base a lo expuesto anteriormente, el desarrollo del presente trabajo se enfocó en la realización y caracterización química de una tortilla de maíz enriquecida con acelga (***Beta vulgaris var. Cycla***), esto con el fin de diferenciar las cualidades nutricionales en una tortilla tradicional, tanto de maíz nixtamalizado como de harina de maiz comercial.

1.2 HIPÓTESIS

La adición de la acelga (***Beta vulgaris var. Cycla***) en la formulación y elaboración de la tortilla de maíz modificará las cualidades nutricionales de ésta, a comparación de la tortilla tradicional de maíz.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Elaborar una tortilla de maíz enriquecida con acelga (***Beta vulgaris var. Cycla***) en diferentes concentraciones para caracterizarla y comparar sus cualidades nutricionales con las de una tortilla de masa de maíz nixtamalizado y una de harina de maíz comercial.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las concentraciones de acelga a utilizar en la elaboración de la tortilla.
- Elaborar tortillas de masa de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial.
- Realizar las pruebas de la caracterización química de las diferentes muestras de tortillas.
- Determinar la concentración de clorofila y el color en las diferentes muestras de tortillas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

La caracterización de los alimentos proviene de los resultados de los diferentes ensayos a que puede someterse utilizando diferentes métodos de evaluación, los cuales pueden agruparse en función de los objetivos que persigan y los principios en que se fundamentan. Esta información es crítica para el entendimiento de los factores que determinan las propiedades de los alimentos, así como la habilidad para producir alimentos que sean consistentemente seguros, nutritivos y deseables para el consumidor (Hart, 1991).

Así, la evaluación de los alimentos involucra tres tipos de análisis: análisis físico-químico, análisis microbiológico y análisis sensorial.

Entre los diversos análisis que se realizan, se encuentran un conjunto de determinaciones (figura 1) que describen la composición nutritiva de una sustancia alimenticia a la cual se le da el nombre de análisis próximo (caracterización química), comprende las determinaciones de humedad o sustancias volátiles a 105°C, cenizas o material mineral, extracto etéreo o grasa bruta, fibra bruta o cruda, proteína bruta y extracto no nitrogenado o extrato libre de nitrógeno (ELN). Entiéndase el término bruto para estas determinaciones en el sentido de que se analizan grupos de sustancias que responden a ciertas características pero no se identifican particularmente con cada una de ellas. Además se incluyen análisis representativos de varios grupos de alimentos (leche y derivados, productos cárnicos, cereales y harinas... entre otros.) encaminados a identificar y cuantificar sustancias o fenómenos que ocurren específicamente en ellos (Serna Rivera, y otros, 2010).

Las determinantes se harán de acuerdo al manual de técnicas utilizadas por la A.O.A.C. (1990, Association of Official Analytical Chemist) Washington, D. C., que

son las técnicas utilizadas como estándar a nivel internacional (Olvera Novoa, y otros, 1993).

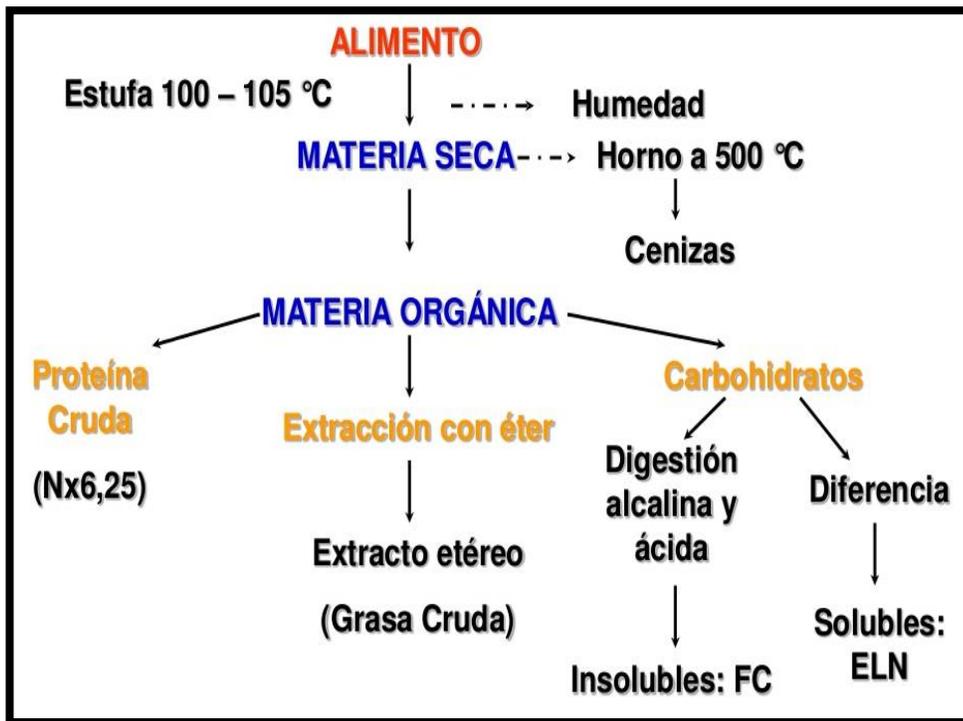


Figura 1. Diagrama de las determinaciones en una caracterización

Fuente: <http://es.slideshare.net/YendryDilibex/introd-nutricin-animal>

2.1.1 HUMEDAD O SUSTANCIAS VOLÁTILES

Las cifras de contenido en agua varían entre un 60 y un 95% en los alimentos naturales. En los tejidos vegetales y animales, puede decirse que existe en dos formas generales: “agua libre” y “agua ligada”. El agua libre o absorbida, que es la forma predominante, se libera con gran facilidad.

Los valores del agua siguen siendo un componente esencial de las bases de datos de composición de alimentos, porque el contenido de agua es uno de los elementos más variables, especialmente en los alimentos vegetales (Hart, 1991).

Los alimentos en general pueden considerarse integrados por dos fracciones primarias: su materia seca y cierta cantidad de agua o humedad; esta agua no está solamente adherida a la superficie de los alimentos sino que también se encuentra

íntimamente asociada como tal a ellos y por tanto incorporada a su naturaleza y composición química (Bernal de Ramírez, 1993).

Los métodos de secado son los más comunes para valorar el contenido de humedad en los alimentos; se calcula el porcentaje en agua por la pérdida en peso debida a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas. Aunque estos métodos dan buenos resultados que pueden interpretarse sobre bases de comparación, es preciso tener presente que: a) algunas veces es difícil eliminar por secado toda la humedad presente; b) a cierta temperatura el alimento es susceptible de descomponerse, con lo que se volatilizan otras sustancias además de agua, y c) también pueden perderse otras materias volátiles aparte de agua (Kirk, y otros, 1996).

El principio operacional del método de determinación de humedad utilizando estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra (Nollet, 1996).

La materia seca total es el complemento de la humedad, que se obtiene mediante la evaporación total de ésta a una temperatura que varía entre 100-105 °C. La materia seca total se calcula por diferencia (Mora Brautigán, 2007).

2.1.2 CENIZAS O MATERIAL MINERAL

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica (Kirk R, y otros, 1996).

En general, las cenizas se componen de carbonatos originados de la materia orgánica y no propiamente de la muestra; en las cenizas vegetales predominan los derivados del potasio y en las animales los del sodio (Bernal de Ramírez, 1993). El carbonato potásico se volatiliza apreciablemente a 700 °C y se pierde casi por completo a 900 °C. El carbonato sódico permanece inalterado a 700°C, pero sufre

pérdidas considerables a 900 °C. Los fosfatos y carbonatos reaccionan además entre sí (Hart, 1991).

La determinación en seco es el método más común para cuantificar la totalidad de minerales en alimentos y se basa en la descomposición de la materia orgánica quedando solamente materia inorgánica en la muestra, es eficiente ya que determina tanto cenizas solubles en agua, insolubles y solubles en medio ácido. En este método toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los 550-600 °C; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza (UNAM, 2007).

La determinación húmeda se basa en la descomposición de la materia orgánica en medio ácido por lo que la materia inorgánica puede ser determinada por gravimetría de las sales que precipiten, y también por algún otro método analítico para las sales que permanezcan en disolución acuosa o ácida.

Para la determinación húmeda se dan cenizas alcalinas, ácidas y neutras y esto se basa en el tipo de anión o catión ya sea metálico o complejo de tal forma hay minerales como tartratos y citratos que producirán cenizas con un carácter alcalino. Es necesario tomar en cuenta que también un índice de alcalinidad de cenizas es muestra del contenido de carbonatos en disolución acuosa (Nollet, 1996).

2.1.3 EXTRACTO ETÉREO O GRASA BRUTA

El término extracto etéreo se refiere a las sustancias extraídas con éter etílico que incluyen el grupo de nutrientes llamados grasa bruta o lípidos. La grasa bruta comprende ésteres de los ácidos grasos, y son todos los ésteres de los ácidos grasos con el glicerol a los fosfolípidos, las lecitinas, los esteroides, las ceras, los ácidos grasos libres, vitaminas liposolubles, los carotenoides, la clorofila y otros pigmentos. Los lípidos, junto con las proteínas y carbohidratos, constituyen los principales componentes estructurales de los alimentos (Nielsen , 1998).

El equipo Soxhlet (figura 2) permite hacer una extracción sólido-líquida a temperaturas superiores a la del ambiente, es posible recuperar el solvente después de la extracción utilizando el rota vapor (Nielsen, 2003).

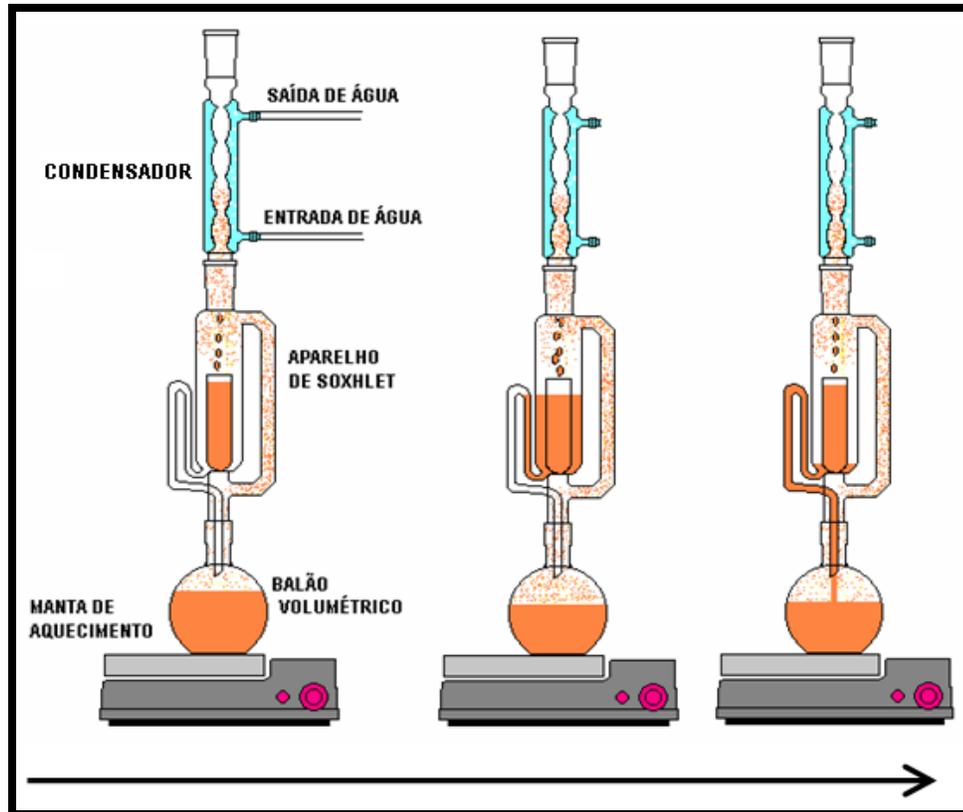


Figura 2. Esquema de extracción por el método Soxhlet

Fuente: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABN34AL/extracao-lipidios-alimentos>

La extracción por el método Soxhlet es una extracción semicontinua con un disolvente orgánico. En este método el disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso (Nielsen, 2003).

Las grasas se clasifican con las proteínas y carbohidratos, como sustancias alimenticias fundamentales y se consumen en gran cantidad, actúan como

lubricantes, plastificantes y buenos conductores del calor, comunicando sabores y texturas especiales a los alimentos que se cuecen con ellas (Vargas, 1984).

Los lípidos se definen como un grupo heterogéneo de compuestos que son insolubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos tales como éter, cloroformo, benceno, acetona, entre otros. Todos los lípidos contienen carbón, hidrógeno y oxígeno, y algunos también contienen fósforo y nitrógeno (Aurand, y otros, 1987).

2.1.4 FIBRA CRUDA O BRUTA

El contenido de fibra en los vegetales de consumo habitual oscila entre un 3-8 % de alimento comestible. En la fruta es del 1.4-2.4 %, siendo la media del 1.6 %. Los alimentos más ricos en fibra son el salvado, alcachofas, habas, espárragos, espinacas, judías verdes, berenjenas, acelgas, col lombarda, puerros, tomates, entre otros (Mendoza Montoya, 2008).

La fibra bruta constituye un índice de las sustancias presentes en los alimentos de origen vegetal cuyo valor alimenticio es igual al del heno. Está constituida fundamentalmente por celulosa, lignina y pentosanas, suberina, cutina, alginatos y pectinas; constituyentes, junto con pequeñas cantidades de sustancias nitrogenadas, de las estructuras celulares de los vegetales.

Aunque la fibra no posee un valor nutritivo apreciable, su función en el tracto intestinal es la de aumentar el volumen de las materias nutritivas y estimular el peristaltismo intestinal (Bernal de Ramírez, 1993).

La fibra sobre las bases nutritivas se define como las sustancias vegetales insolubles no digeridas por las enzimas diastáticas o proteolíticas, nutritivamente inútiles excepto por fermentación microbiana en el tracto digestivo de los animales.

La fibra dietética (FD) es el nombre que se le da a la fracción de la fibra bruta que puede ser útil para los procesos digestivos del tracto humano, en ella se incluyen compuestos tales como el almidón, los polisacáridos no celulósicos, la celulosa, la lignina, la hemicelulosa y sustancias pépticas (Bernal de Ramírez, 1993).

El método más común no ha experimentado variaciones esenciales desde su introducción (1864), se basa en la digestión ácido-alcalina de la muestra bajo condiciones específicas.

La finalidad del método es la de eliminar las proteínas, carbohidratos solubles, residuos de grasas, vitaminas y otros compuestos diferentes que interfieren en su determinación; el fundamento del método es asemejar este proceso al que desempeña el organismo en su función digestiva. La muestra deshidratada y exenta de grasa obtenida de la extracción del extracto etéreo, se trata con ácido sulfúrico en ebullición y después con hidróxido sódico en ebullición. El residuo se somete a calcinación a 550C°, la diferencia residuo - cenizas se considera fibra bruta (Bernal de Ramírez, 1993).

Los valores de fibra bruta o cruda no tienen relación con el verdadero valor de FD de los alimentos humanos ya que el valor de FD generalmente son 3 a 5 veces mayores que los valores de fibra cruda, pero no puede hacerse un factor de corrección porque la relación entre fibra cruda y FD varía dependiendo de los componentes químicos. La fibra cruda tiene poca significancia fisiológica en la nutrición humana y no debiera usarse para informar del contenido de fibra de los alimentos (Grossi, y otros, 2016).

2.1.5 PROTEÍNA BRUTA O CRUDA

El término proteína bruta se aplica a gran número de compuestos nitrogenados, clasificados como alimentos plásticos. Estructuralmente, son polímeros cuyas unidades básicas son amino o aminoácidos (figura 3), unidos por un enlace

característico que recibe el nombre de enlace peptídico. La secuencia de grupos aminoácidos caracteriza a una proteína y las propiedades físicas, químicas y nutricionales dependen de la composición en aminoácidos de la molécula proteica y de la forma como se enlazan para conformar su estructura.

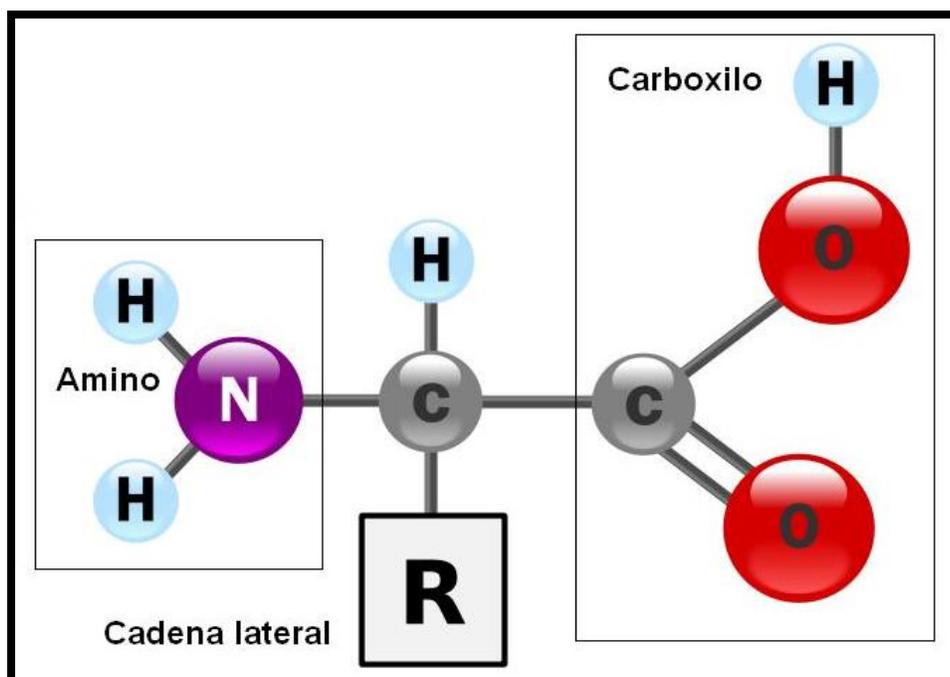


Figura 3. Estructura general de los aminoácidos

Fuente: <http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades¬e=167>

En general, el procedimiento de referencia Kjeldhal determina la materia nitrogenada total, que incluye tanto las no proteínas como las proteínas verdaderas (Aurand, y otros, 1987).

Se caracteriza por el uso de ebullición del ácido sulfúrico concentrado que efectúa la destrucción oxidativa de la materia orgánica de la muestra y la reducción del nitrógeno orgánico a amoníaco, el amonio es retenido como bisulfato de amonio y puede ser determinado *in situ* o por destilación alcalina y titulación. Este método puede ser dividido, básicamente en 3 etapas: digestión o mineralización, destilación y valoración. El procedimiento a seguir es diferente en función de si en la etapa de destilación el nitrógeno liberado es recogido sobre una disolución de ácido bórico o sobre un exceso conocido de ácido clorhídrico o sulfúrico patrón.

Ello condicionará la forma de realizar la siguiente etapa de valoración, así como los reactivos empleados (García , y otros, 2016).

Para convertir el nitrógeno a proteína se emplea el factor de 6.25 el cual proviene de la consideración de que la mayoría de las proteínas tienen una cantidad aproximada de 16 % de nitrógeno (Nielsen , 1998). Y este varía dependiendo del tipo de alimento.

2.1.6 EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO (ELN) O EXTRACTO NO NITROGENADO

En el Extracto Libre de Nitrógeno o Extracto No Nitrogenado se agrupan mono y disacáridos, la parte soluble de la celulosa, pentosanas y lignina, las hemicelulosas, el almidón, la inulina y toda clase de azúcares, materias pépticas, ácidos orgánicos y otras materias solubles libres de nitrógeno, constituyendo así la fracción más valiosa del alimento. Los carbohidratos son compuestos con características fuertemente polares, solubles en agua con algunas excepciones (polisacáridos), es por esto que su análisis se realiza generalmente en medio acuoso.

El Extracto no nitrogenado se obtiene restando de 100 la suma de los porcentajes de agua, proteína bruta, cenizas, extracto etéreo y fibra bruta. A veces se usa el término “carbohidratos por diferencia” o “carbohidratos totales”, pero en este último se incluye con frecuencia también la fibra bruta (Bernal de Ramírez, 1993).

2.2 GENERALIDADES DE LA TORTILLA

En México, como en otros países latinoamericanos, el maíz es y ha sido históricamente el alimento básico ya que se consume una gran cantidad y es parte esencial de la dieta (Billeb de Sinalbi, y otros, 2001).

Con respecto al consumo total del maíz, éste no ha registrado cambios significativos ya que mantiene un promedio anual de 15 millones de toneladas; que en su mayor

parte es canalizada al consumo humano para la elaboración de tortillas (INEGI, 1996). La importancia de la tortilla en México y Mesoamérica es tal que ha sido empleada en la dieta desde épocas muy remotas en diversos pueblos de la región, siendo parte de la cultura de muchos de los pueblos originarios de América y trascendiendo su consumo a la actualidad (Díaz del Castillo, 2005).

Sin importar la clase social a que se pertenezca, en México se consumen alrededor de 12.3 millones de toneladas de maíz en forma de tortilla, de las cuales 64 % se realizan a través del método tradicional de maíz-masa-tortilla y 36 % a través de la industria harinera (Reyes Vega, 1998).

Dada la importancia del consumo del maíz, se ha realizado varios trabajos con respecto al papel nutricional de la tortilla como producto final, pues más del 60 % del maíz para consumo humano es destinado a la elaboración de tortillas (Bendolla, y otros, 1983).

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).

2.2.1 CONCEPTO GENERAL DE TORTILLA

Según la norma oficial mexicana (NOM-187-SSA1/SCFI-2002) define a la Tortilla (figura 4), como al producto elaborado con masa que puede ser mezclada con ingredientes opcionales, sometido a cocción. La tortilla mexicana puede ser definida como un pan plano, aplastado, flaco redondo y hecho de maíz. En la cocina mexicana son populares las tortillas de maíz blanco, de maíz azul o violeta, siendo las de maíz amarillo las más populares (Hernández Alvarez, 2017).



Figura 4. Tortilla de maíz

Fuente: <http://biotrendies.com/cereales/tortilla-de-maiz>

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 otros, 1997). En México la producción de las tortillas puede realizarse a partir de masa de maíz nixtamalizado o bien a partir de harina de maíz nixtamalizado.

2.2.2. MAÍZ NIXTAMALIZADO (MN)

Se define como maíz nixtamalizado o nixtamal (figura 5), al maíz que ha sido sometido a cocción parcial con agua en presencia de hidróxido de calcio (cal, óxido de calcio) de acuerdo a la norma oficial mexicana (NOM-187-SSA1/SCFI-2002).

La nixtamalización (palabra náhuatl, derivada de *nextli* = cenizas o cenizas de cal y *tamalli* = masa de maíz) es un tratamiento térmico-alcalino que se utiliza para ablandar el grano de maíz (Soler, 2014).



Figura 5. Maíz nixtamalizado

Fuente: <http://esolercocina.blogspot.mx/2014/07/nixtamalizacion-del-maiz.html>

El proceso tradicional (figura 6) es el siguiente: se hierve 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).

2.2.2.1 CAMBIOS EN EL MAÍZ DURANTE LA NIXTAMALIZACIÓN

Durante las distintas etapas del proceso de nixtamalización ocurren las siguientes reacciones fisicoquímicas en el interior del grano de maíz: la hidrólisis de la hemicelulosa del pericarpio, la gelatinización parcial o total del almidón, la difusión de los iones Ca^{++} , y la interacción Ca -almidón (Soler, 2014).

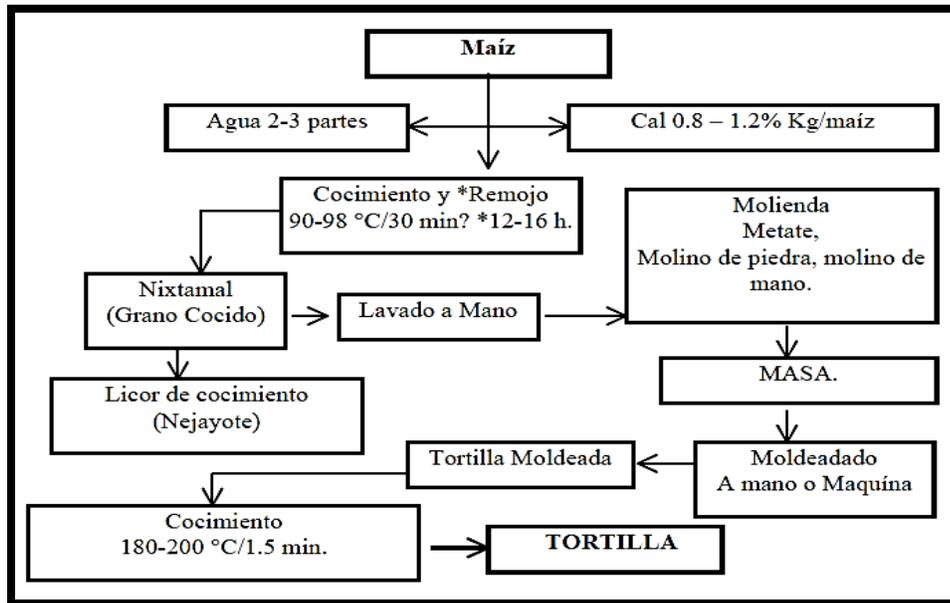


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso tradicional para la elaboración de tortillas

Fuente: Modificado de (Serna Saldivar, y otros, 1990)

Las reacciones fisicoquímicas descritas, aunadas a las características del maíz y a las condiciones de la nixtamalización, otorgan a la masa las propiedades sensoriales y mecano-plásticas adecuadas para elaborar productos nixtamalizados (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 emulsificados (Paredes López, y otros, 2009).

La cocción alcalina y el remojo provocan la disolución y el hinchamiento de las capas del pericarpio, esto hace que las paredes celulares y los componentes de la fibra dietaria de esta parte del grano se vuelvan frágiles, facilitando su remoción, lo cual obviamente disminuye el contenido de fibra dietaria insoluble. Sin embargo, y por

fortuna, en este proceso la fibra dietaria soluble pasa de 0.9% en el maíz a 1.3 % en la masa, y a 1.7 % en la tortilla. La fibra dietaria en general ha sido reconocida como un componente importante y altamente deseable en los alimentos, ya que ejerce diversas funciones fisiológicas asociadas a la salud (Paredes López, y otros, 2009).

La cocción alcalina altera la estructura y la solubilidad de las proteínas del maíz, el contenido de proteína no se ve afectado sensiblemente después que el maíz ha sido nixtamalizado y se produce la tortilla. Las diferencias en el contenido de proteína en los reportes existentes se debe a que hay diferencias en el contenido de proteína entre diferentes materiales de maíz.

La digestibilidad de la proteína disminuye ligeramente tanto en el nixtamal como en la tortilla, lo cual está relacionado con el tiempo de cocción y la concentración de cal, ya que la cocción altera las prolaminas provocando que sean menos susceptibles a la digestión (Paredes López, y otros, 2009).

Los lípidos del grano de maíz disminuyen en forma importante, hasta 3.4 % en tortilla de maíz amarillo y 2.5 % en la de maíz blanco. Estas pérdidas no se han explicado totalmente, sin embargo, pueden deberse a la pérdida del pericarpio, del pedicelo o probablemente a la del germen, que puede ser parcial o total, en donde se localiza la mayoría de los lípidos del grano (Paredes López, y otros, 2009).

El calcio (Ca) y el fósforo (P) representan el principal componente mineral del hueso. Ambos deben de estar disponibles y en cantidades suficientes para que la mineralización ósea sea la adecuada. El maíz nixtamalizado tiene una importancia nutricional al tener una relación Ca: P de 1.0 (el maíz sin nixtamalizar tiene un valor de 0.05). La relación Ca: P ideal en la dieta humana para mantener la densidad mineral apropiada en los huesos, debe de ser de 1.0 a 1.5 (una dieta con una relación Ca: P desde 0.66 a menos de 1.0, produce patologías y una precaria salud en el esqueleto) (Soler, 2014).

Aunque la nixtamalización del maíz disminuye ligeramente el contenido de vitaminas en el grano, otorga importantes ventajas, como el incremento de la disponibilidad de niacina (vitamina B₃) evitando el riesgo de desarrollar pelagra, enfermedad que se presenta en otras partes del mundo donde se consume el maíz (sin nixtamalizar) como alimento base sin otras fuentes que sean ricas en vitamina B₃; la disminución de ácido fítico que ocasiona una mejor absorción de minerales; un incremento de la biodisponibilidad de aminoácidos; y la destrucción de aflatoxinas en el maíz contaminado por *Aspergillus flavus* (Soler, 2014).

2.2.3. HARINA DE MAÍZ COMERCIAL (HMC)

Se define como harina de maíz (figura 7), al producto deshidratado que se obtiene de la molienda de los granos de maíz nixtamalizado de acuerdo a la norma oficial mexicana (NOM-187-SSA1/SCFI-2002)



Figura 7. Harina de maíz comercial

Fuente: <http://nsm.com.au/category/flour/>

De la producción nacional anual de tortillas (11 millones de toneladas), el 22.75 % se elabora con harina nixtamalizada, 40.37 % con masa de nixtamal y 36.64 % con material doméstico (INEGI, 1992).

Aunque la calidad de la tortilla preparada a partir de masa fresca es superior a la obtenida de harina nixtamalizada (Gómez, y otros, 1987), esta última ha ganado popularidad entre la población urbana porque elimina las labores intensivas y tediosas del proceso tradicional.

2.2.3.1 EL PROCESO INDUSTRIAL DE HARINA COMERCIAL

La producción industrial de harina comercial está basada en el método tradicional de nixtamalización, sistematizado a una producción a gran escala. (Rooney, y otros, 1999).

Para la preparación del grano de maíz se realizan análisis de calidad para que el producto cumpla con las normas establecidas por los gobiernos donde se opera, se almacena en silos con temperatura y humedad controlada para evitar el desarrollo de microorganismos y mantenerlo en óptimas condiciones (GRUMA, 2010).

Antes de comenzar el proceso de transformación, se separan las impurezas y el grano de maíz quebrado, ya seleccionado es mezclado con cal y puesto en grandes contenedores con agua donde se monitorean los porcentajes de cal y calidad del agua y se nixtamaliza a través de la inyección de vapor para reducir el tiempo de cocción (GRUMA, 2010).

El nixtamal se enjuaga y el agua resultante se separa para someterse a un proceso de tratamiento, se deja reposar y posteriormente pasa por un molino y el producto resultante es deshidratado a 200 °C para convertirlo en harina de maíz (GRUMA, 2010).

La harina se enfría por movimiento, se agregan vitaminas y minerales y es transportada al área de empaque, se toman muestras para análisis de calidad y se empaca el producto en diferentes presentaciones para ser almacenado (figura 8) (GRUMA, 2010).

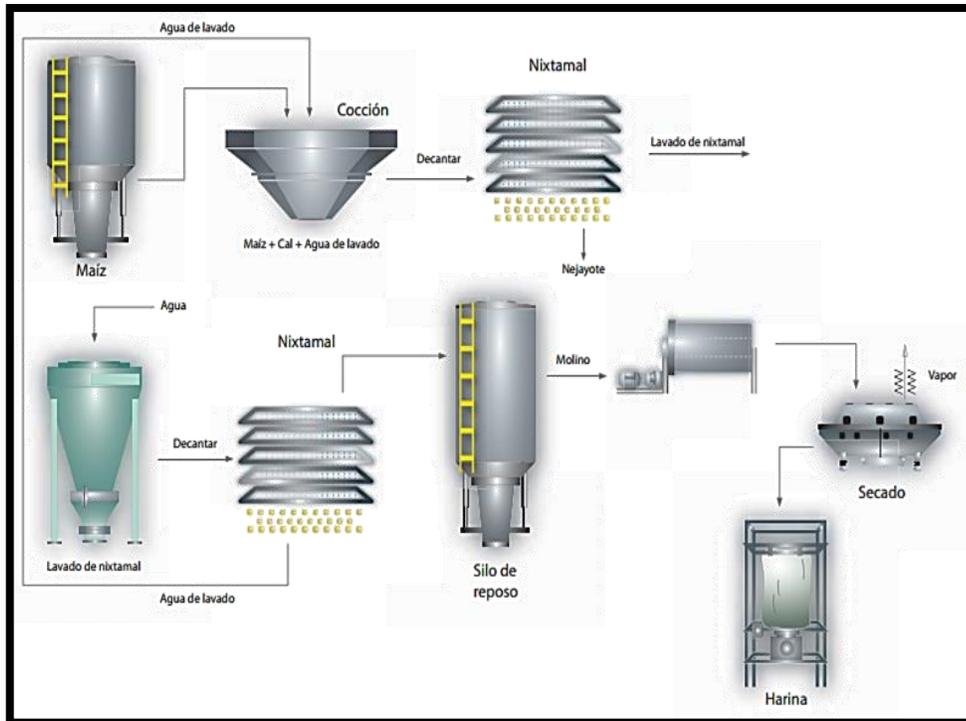


Figura 8. Proceso industrial de harina nixtamalizada

Fuente: <https://www.gruma.com/media/180388/informesustgruma2010.pdf>

Típicamente la harina de maíz nixtamalizado presenta del 10 al 12 % de humedad y una baja susceptibilidad a la contaminación microbiológica (Bressani, 1990); (Carrillo Pérez, y otros, 1989). Sin embargo la harina de maíz nixtamalizado es altamente susceptible a desarrollar sabores y olores desagradables, los cuales son asociados con la oxidación de los lípidos. Los principales factores que afectan a la oxidación de lípidos en alimentos son la presencia de catalizadores metálicos, exposición a la luz, concentración de oxígeno, actividad de agua y temperatura (Labuza, 1971); (Chan, 1987); (Porkony, 1987); (Vidal Quintanar, y otros, 2000).

El uso de harinas de maíz nixtamalizado se ha incrementado notablemente debido a que tiene una vida de anaquel de hasta un año, requieren solo de agua y una mezcladora para formar la masa que puede fácilmente transformarse en tortillas, una de las principales ventajas en el uso de estas harinas es que pueden ser utilizadas como vehículo para incorporar nutrientes deficitarios en la población (Gómez M, y otros, 1987).

2.3. LA ACELGA

Los primeros orígenes de esta hortaliza la ubican en la región del mediterráneo y en las Islas Canarias (Vavilov, 1951). Aristóteles hace mención de la acelga (figura 9) en el Siglo IV A.C. Ha sido considerada como alimento básico de la nutrición humana durante mucho tiempo. Su introducción en Estados Unidos tuvo lugar en el año de 1806 (ECURED, 2017).



Figura 9. La acelga (*Beta vulgaris* var. *Cycla*)
Fuente: <http://elhuertourbano.org/como-plantar/acelgas>

La acelga (*Beta vulgaris* var. *Cycla*) es una planta herbácea bianual cultivada como anual de la familia de las quenopodiáceas, con hojas grandes, de color verde brillante a amarillo claro. Los tallos (llamados pencas) son de color blanco, amarillento o incluso rojizo, según la variedad (Macua, y otros, 2010).

La acelga esta estrechamente relacionada con la remolacha (var. *Cycla*). Sin embargo, a diferencia de la remolacha, solo las hojas de acelga se cosechan en

lugar de las raíces. La acelga es en realidad un cultivo hortícola antiguo cultivada en los jardines de Roma y Grecia (Jett, 2010).

La acelga, a diferencia de la espinaca y el brócoli, no se amarga durante el tiempo caliente (Sloane, 2010). En el cuadro 1 se observa la taxonomía de la acelga.

Cuadro 1. Taxonomía de la acelga (*Beta vulgaris var. Cycla*)

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Quenopodiaceae

Fuente: (ECURED, 2017)

2.3.1 TEMPERATURA

La planta se hiela cuando las temperaturas son menores de 5 °C y detiene su desarrollo cuando las temperaturas bajan de 5 °C. En el desarrollo vegetativo las temperaturas están comprendidas entre un mínimo de 6°C y un máximo de 27 a 33 °C, con un medio óptimo entre 15 y 25 °C.

Las temperaturas de germinación están entre 5 °C de mínima y 30 a 35 °C de máxima, con un óptimo entre 18 y 22 °C (ECURED, 2017).

2.3.2 CONDICIONES DE CULTIVO

Se cultiva en zonas de franja altitudinal comprende entres 1200 y 2700 msnm, pero generalmente no tolera las heladas. Se adapta a suelos francos, profundos, bien

drenados, ricos en materia orgánica, con buen contenido de humedad y pH de 5.8 a 6.8, aunque es tolerante a suelos salinos.

La temperatura óptima de desarrollo esta entre los 13 °C hasta los 18 °C (Martínez, y otros, 2003).

2.3.3 OBSERVACIONES PARA COSECHA Y POSTCOSECHA

Cuando las hojas individualmente tienen aproximadamente 40 cm de largo, se pueden cosechar. Habitualmente se venden en manojos de 7 a 8 hojas, amarradas con un caucho; mas recientemente se presentan en un empaque con forma de capuchón. Se deben lavar, luego empacar y colocar en canastillas para su entrega (Martínez, y otros, 2003).

2.3.4 CONDICIONES DE CONSERVACION DEL PRODUCTO

La temperatura óptima de almacenamiento y conservación es de 1 a 4 °C, a una humedad relativa de 90 %; con estas condiciones la acelga puede permanecer en buen estado entre 8 a 10 días (Martínez , y otros, 2003).

2.3.5 OBSERVACIONES PARA SU MERCADEO

La acelga se clasifica dentro de las hortalizas como un producto de consumo directo y tambien como producto de negocio. Los empaques utilizados para la acelga son bolsas plásticas y plástico retractilado. En cada bosa o plástico retractilado se puede empacar una libra (Martínez , y otros, 2003).

2.3.6 PLAGAS Y ENFERMEDADES

Los áfidos y pulgones son a veces una molestia menor y se controlan facilmente con aerosoles de cítricos (Howard G, y otros, 1999)..

La mayoría de las acelgas son de crecimiento rápido y por lo general no son muy susceptibles a problemas de plagas y enfermedades. Con un buen manejo agronómico como rotación de cultivo por año ayuda a controlar la mayoría de las plagas y enfermedades que le pudieran afectar (Drost, 2008).

2.3.7 VARIEDADES

El número de variedades cultivadas es muy escaso. Su clasificación se establece en función del color, el tamaño de sus hojas y peciolo o penca, el grosor de la penca y la recuperación rápida en el corte de las hojas.

Las más conocidas, cultivadas y apreciadas por su calidad y gusto son:

- Amarilla de Lyon, de grandes hojas grandes, onduladas, de color verde amarillo muy claro. Su penca es de color blanco muy puro, con una anchura de hasta 10 cm. Tiene una producción abundante, es resistente a la subida a flor y por todo ello... muy apreciada por su calidad y gusto.
- Verde con penca blanca Bressane, de hojas muy onduladas, de color verde oscuro. Sus pencas son muy blancas y muy anchas (hasta 15 cm.). La planta es muy vigorosa, por lo que el marco de plantación debe ser amplio. También es una variedad muy apreciada.
- Otras variedades de interés son la Verde penca blanca, R. Niza, Paros, Green y Fordook Giant (Cuenca, 2012).

2.3.8 VALOR NUTRICIONAL

El contenido de nutrientes en los vegetales puede variar dentro de rangos muy amplios, dependiendo de diversos factores tales como la variedad, grado de madurez, tipo de suelo, uso de fertilizantes, intensidad y duración de la luz solar, temperatura, lluvias.

En efecto, la concentración de los nutrientes depende en gran parte del contenido en minerales del suelo en que se ha cultivado o producido el alimento. Esto hace que la composición de una misma variedad cultivada en distintas regiones sea tan diferente que no permita estimar el real valor nutritivo de dichos alimentos. En el cuadro 2 se muestra el valor nutricional de la acelga. (Martínez , y otros, 2003).

Cuadro 2. Valor nutricional de la acelga (*Beta vulgaris var. Cyclo*)

Componente	Acelga (hojas) (100 g)
Energía	41 Kcal
Agua	90 %
Proteína	2.4 g
Carbohidratos	4.3 g
Grasas	0.2 g
Fibra	1.0 g
Cenizas	2.1 g
Potasio	550 mg
Sodio	147 mg
Calcio	113 mg
Magnesio	71 mg
Hierro	3 mg
Fósforo	40 mg

Fuente: Modificado de (Martínez, y otros, 2003); (Moreiras, y otros, 2013)

2.4. EL COLOR EN LOS ALIMENTOS

La comprensión de la imagen y descripción de un objeto, puede ser utilizada para la evaluación de calidad e inspección de los alimentos. Las mediciones de color pueden ser realizadas de formas visuales (con el ojo humano) o instrumentales con un colorímetro, o utilizando la visión digital (Wu, y otros, 2013).

La CIE ha desarrollado los sistemas más importantes y más utilizados en la actualidad para la descripción y medición del color, los cuales se basan en la

utilización de fuentes de iluminación y observadores estándares (Giese, 1995). Los sistemas CIE usan tres coordenadas (figura 10) para ubicar un color en un espacio de color. Estos espacios de color incluyen (1) CIE XYZ, (2) CIE L*a*b* y (3) CIE L*C*h°.

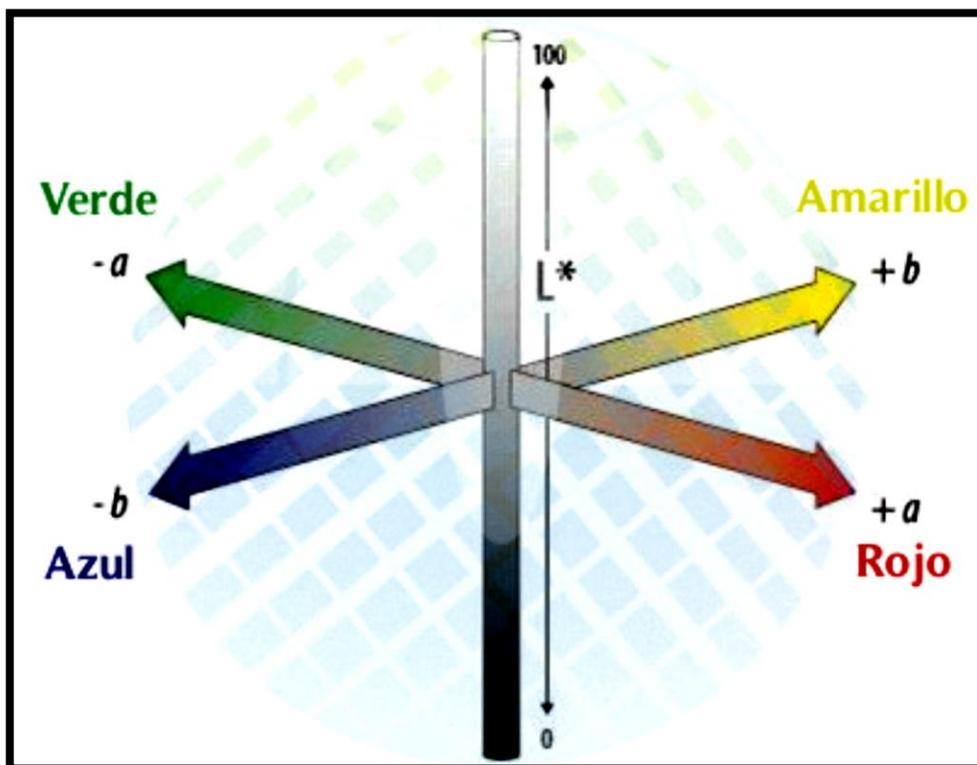


Figura 10. Coordenadas de color en el sistema CIE

Fuente: (Mathias Retting, y otros, 2014)

El color constituye una de las cualidades sensoriales más apreciables a simple vista y, en consecuencia, desempeña un papel muy importante en las características de calidad de las hortalizas (Gil Hernández, y otros, 2010).

Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos que se producen durante el manejo y procesamiento y otros que son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos (Badui Dergal, 2006).

El color de las hortalizas varía bastante de unas a otras, y en él tienen una gran importancia, sobre todo, tres tipos de compuestos, que forman parte de su

composicion química: **las clorofilas** (responsables de los colores verdes), los carotenoides (que proporcionan los colores amarillo, anarajado y rojo) y la antocianina (responsable de los colores rojo, púrpura y azulado); menos frecuentes son las betalainas, que proporcionan colores violetas o amarillos (Gil Hernández , y otros, 2010). Estos compuestos, con el transcurso del tiempo, y como consecuencia de los tratamientos culinrios y tecnologicos a los que se somenten las hortalizas, sufren cambios que originan modificaciones en las cualidades de color características de cada hortaliza.

2.4.1. LA 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).

Desde el punto de vista de la tecnología de los alimentos, el interés por las clorofilas se centra en las reacciones poscosecha que degradan a estos pigmentos, incluso los que ocurren durante el procesamiento y almacenamiento (Badui Dergal, 2006).

Originalmente, a los pigmentos involucrados en la fotosíntesis de plantas superiores se les llamó genéricamente clorofilas, actualmente el nombre se extiende a todos los pigmentos fotosintéticos con estructura de porfirinas. Existen varias clorofilas reportadas: clorofilas a y b. Las clorofilas a y b están presentes en el tejido fotosintético en una relación a:b (3:1) (Badui Dergal, 2006).

Se localizan en los cloroplastos de las hojas, éstos a la vez estan formados por granas de 0.2 μ ; estructurados por laminillas cuyo tamaño oscila entre 0.01 y 0.02 μ ; la clorofila se encuentra en dichas laminillas formando conglomerados esféricos

en un arreglo cristalino unido a lípidos, proteínas, lipoproteínas y, en ocasiones, a carotenoides. El contenido de clorofila de las hojas verdes de las plantas superiores varía con su estado de madurez, pero se puede considerar que es de aproximadamente 0.1 % en base húmeda (Badui Dergal, 2006).

2.4.1.1 ESTRUCTURA

La estructura de las clorofilas es un dihidroporfirina, compuesta por cuatro pirroles y un anillo de ciclopentanona (figura 11). Este núcleo es el cromóforo responsable de absorber en la región visible. El compuesto metal-orgánico tiene una estructura planar resonante con 10 dobles ligaduras; este componente con magnesio también tiene una fuerte influencia en el espectro de absorción y el color de los derivados de la clorofila. Por último, están presentes cadenas laterales de metilo, etilo, vinilo y ácido propiónico.

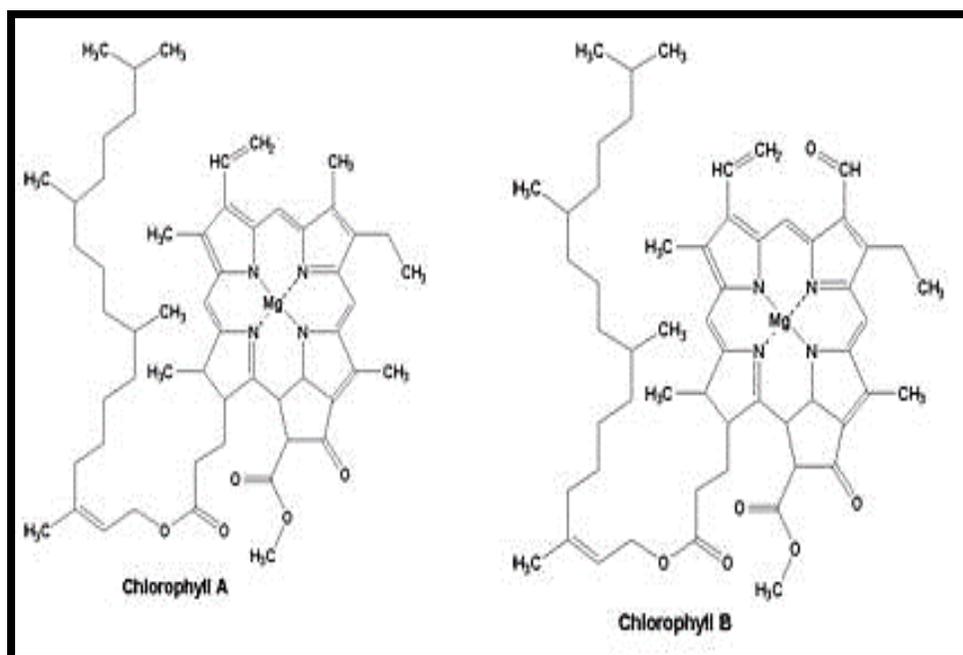


Figura 11. Estructura de las clorofilas a y b

Fuente: <https://www.emaze.com/@AWRWZFZT/Untitled>

La clorofila b difiere de la clorofila a debido a que tiene un grupo formilo que sustituye una de las cadenas metilo lateral, mientras que la clorofila a tiene un metilo en esta

posición. La cadena lateral de ácido propiónico está esterificada a un alcohol de 20 átomos de carbono, el fitol (Badui Dergal, 2006). El consumo de clorofila ayuda a oxigenar la sangre y aumenta su producción. Al aumentar la producción de sangre, el oxígeno se transporta mejor a nuestras células y esto favorece la salud del corazón y de otros órganos vitales de nuestro cuerpo.

La clorofila es recomendada para la desintoxicación del cuerpo, pues se ha demostrado que su consumo previene los efectos nocivos de la radiación, favorece la eliminación de metales pesados en el organismo y otros tipos de desechos. Es recomendada para la limpieza del colón y la prevención del cáncer, pues entre otras cosas también promueve la proliferación de la flora bacteriana intestinal (Salud, 2017).

3. METODOLOGÍA

3.1 LOCALIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Nutrición Animal, del Departamento del mismo nombre, dentro del marco de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, institución ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

3.2 MATERIA PRIMA UTILIZADA

La materia utilizada fue la acelga (*Beta vulgaris var. Cycla*), la cual fue adquirida en un supermercado de Saltillo al igual que la harina de maíz MASECA® y la masa de maíz nixtamalizado se consiguió en un molino de Saltillo.

3.3 MATERIALES UTILIZADOS

Los materiales que se utilizaron durante el desarrollo de este trabajo, se describen a continuación en el cuadro 3.

Cuadro 3. Materiales utilizados

Charolas de aluminio	Bolsas de papel	Cartucho de celulosa	Filtros de tela de lino	Tubos de ensaye
Tabla para picar	Licuadaora	Matraces de 50, 100, 500 mL	Vidrios de reloj y perlas de vidrio	Matraz de aforación
Cuchillos	Recipiente de vidrio	Pinzas para crisol y para matraces	Pizetas	Termómetro de mercurio
Papel encerado	Bolsas de plástico	Espatulas de acero inox.	Matraz Erlenmeyer	Celdillas
Papel secante	Mortero y pistilo	Matraz redondo de fondo plano	Vasos de precipitado	Agitadores
Maquina manual para tortillas	Frascos de vidrio	Parrillas eléctricas	Matraz Kjedral	Puntillas
Parilla de gas	Desecador	Vasos de bercelius	Probetas de 10, 50, 100, 500 mL	Papel aluminio y papel filtro
Comal de teflón	Crisoles de porcelana	Embudos	Buretas y desecadores	Papel sin cenizas N°42

Fuente: M.F.S.C., 2017

3.4 EQUIPOS UTILIZADOS

Los equipos que se utilizaron durante el desarrollo de este trabajo, se describen a continuación en el cuadro 4.

Cuadro 4. Equipos utilizados

EQUIPO	MARCA	EQUIPO	MARCA
Balanza digital	OHAUS; Modelo Scout Pro SP601	Extractor Soxhlet	Labconco
Colorimetro	Konica Minolta; Modelo CR-400	Aparato de reflujo	Labconco
Estufa de secado	Robertshaw	Plancha de calentamiento	Thermo Scientific; Modelo Type 2200
Estufa de secado	Thelco; Modelo 27	Aparato Kjeldhal	-----
Balanza analítica	OHAUS; Modelo Explorer	Espectrofotómetro de absorción atómica	Varian; Modelo AA-1275
Mufla	Thermo Scientific; Modelo Thermolyne	Espectrofotómetro	Thermo Spectronic
Micropipeta digital	Brandtech; Modelo Transferpette	Vortex automático	BenchMixer; Modelo BV1000

Fuente: M.F.S.C., 2017

3.5 REACTIVOS UTILIZADOS

Los equipos que se utilizaron durante el desarrollo de este trabajo, se describen a continuación en el cuadro 5.

Cuadro 5. Reactivos utilizados

Agua purificada	Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄) concentrado	Carbonato de Sodio (Na ₂ CO ₃)	Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄) 10 N
Agua destilada	Mezcal reactiva de Selenio	Anaranjado de Metilo	Molidabto de Amonio
Agua desionizada	Ácido Bórico (H ₃ BO ₃) al 4%	Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄) 0.1025641 N	Bisulfito de Sodio al 15%
Hexano	Indicador mixto	Ácido Perclorico (HClO ₄)	Sulfito de Sodio al 20%
Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄) 0.225 N o al 25%	Hidroxido de sodio (NaOH) al 45%	Ácido Nítrico (HNO ₃)	Solución Aminonaftolsinfónico (ANSA)
Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.313 N o al 25%	Granallas de Zinc	Solución patrón de Fósforo	Acetona al 85%

Fuente: M.F.S.C., 2017

3.6 ETAPA 1: FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE LA TORTILLA

Se determinaron 4 formulaciones de acelga para adicionar a la elaboración de las tortillas, estas formulaciones estas descritas a continuación en el cuadro 6 al igual que las formulaciones que se utilizaron tanto de la masa de maíz nixtamalizado como de la harina de maíz comercial.

Cuadro 6. Formulaciones de la acelga y de la tortilla

Acelga	0 g	3 g	5 g	7 g
Masa de maíz nixtamalizado	100 g	97 g	95 g	93 g
Harina de maíz comercial	100 g	97 g	95 g	93 g

Fuente: M.F.S.C., 2017

3.6.1 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE ACELGA

La acelga que se adquirió en un supermercado de Saltillo, primeramente fue lavada y desinfectada, esto se realizó agregando en un recipiente de plástico agua y cinco gotas de cloro, se dejó reposar durante cinco minutos, pasado este tiempo se le retiró el agua y se secó.

Posteriormente la acelga se cortó en cuadros pequeños, tratando de que todos fueran del mismo tamaño (con el fin de que a la hora de llevarla a la estufa, el secado fuera lo mas homogéneo posible) una vez que la acelga fue cortada se colocó en charolas de aluminio (figura 12), estas charolas previamente fueron pesadas e identificadas.

Se llevó a la estufa (Robertshaw) que está a una temperatura de 55 °C a 60 °C durante un periodo de 24 horas, pasado el tiempo correspondiente se retiró todas las charolas y la acelga se colocó en una licuadora (Ozer) se molió hasta obtener una harina lo mas homogénea posible, la harina resultante se colocó en un frasco de plástico previamente lavado, secado e identificado.



Figura 12. Acelga en charolas de aluminio
Fuente: M.F.S.C., 2017*

3.6.2 ELABORACIÓN DE LAS TORTILLAS

Se dividió la masa de maíz nixtamalizado tradicional y la harina de maíz nixtamalizado comercial, para la muestra testigo de las tortillas se utilizó una cantidad de 100 g de masa y de harina respectivamente.

Para las tortillas con acelga se pesó la cantidad de ésta de acuerdo a la formulación descrita anteriormente en el cuadro 6, es decir 3 g, 5 g, y 7 g, recordando que la primera formulación (control) es con 0 g de acelga.

Con todas las porciones pesadas, se agregó cada una de ellas a su correspondiente formulación de masa y de harina (figura 13) una vez agregadas cada porción, se llevó a una mezcla de la harina de acelga con la masa y con la harina.



Figura 13. Adición de la acelga a la masa y a la harina respectivamente

Fuente: M.F.S.C., 2017

Mezcladas homogéneamente (para la realización de la masa con la harina comercial, se le agregó 150 mL de agua purificada tibia, se mezcló hasta obtener la masa con la consistencia adecuada) se pesó cada bolita o testal de ambas masas en promedio de 16 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 adheriera, se realizó una presión suave para obtener la tortilla formada, se colocaron en un comal precalentado a 150 °C el tiempo de cocción para cada tortilla fue de 1:40 min., repartido de la siguiente manera: 30 segundos en la primera cara para luego ser volteada a la segunda cara con un tiempo de 50 segundos y regresando a la primera cara con un tiempo de 25 segundos.

Obtenidas todas las tortillas, éstas fueron identificadas de acuerdo a la cantidad utilizada de acelga (figura 14) para el uso posterior en los análisis correspondientes a este trabajo de investigación.



Figura 14. Identificación de las tortillas de acuerdo a su formulación

Fuente: M.F.S.C., 2017

3.7 ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA TORTILLA

Se analizó las muestras (0 g, 3 g, 5 g y 7 g de acelga) tanto en las tortillas de masa de maíz nixtamalizado y de las tortillas de harina de maíz comercial todas por triplicado.

3.7.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA SU ANÁLISIS

Se llevó a cabo el procedimiento de secado para las muestras de tortillas ya elaboradas.

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 600 g, posteriormente se mantuvo por 24 horas a una temperatura de 55-60 °C en una estufa con circulación de aire caliente, transcurrido el tiempo se sacaron las charolas se dejaron 3 minutos a temperatura ambiente y se registró el peso nuevamente.

Finalmente se molió la muestra con la ayuda de un mortero y se almacenó en recipientes limpios, sellados y previamente identificados (figura 15) para su conservación y posterior uso en las siguientes pruebas.



Figura 15. Recipientes identificados con las muestras secas de tortilla

Fuente: M.F.S.C., 2017

3.7.2 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Para la determinación de la humedad previamente se realizó la determinación de la materia seca total o sólidos totales y mediante estos datos se realizaron los cálculos correspondiente para así obtener el resultado correspondiente de humedad.

Se puso a peso constante los crisoles de porcelana y con ayuda de unas pinzas se colocaron en un desecador con silica gel (que enfría las muestras sin aumentar la humedad) para dejar enfriar durante 20 minutos, transcurrido el tiempo se pesaron en una balanza analítica y posteriormente se les colocó una muestra de 2 g que

fueron pesadas por separado sobre un papel limpio 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 100-103 °C durante un periodo de 24 horas; pasado este tiempo se sacaron de la estufa y se dejó enfriar 20 minutos en el desecador.

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

$$\% \text{ MST} = \frac{\text{peso crisol con muestra seca} - \text{peso crisol solo}}{\text{g de muestra utilizada}} * 100$$

$$\% \text{ H} = 100 - \% \text{ MST}$$

Dónde:

MST = Materia Seca Total

H = Humedad

3.7.3 DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES

Este análisis se llevo a cabo mediante un método seco y se utilizó la muestra usada en la determinación de materia seca total, las cuáles se pre-incineraron en parrillas eléctricas (figura 16), hasta que dejaron de emitir humos, posteriormente se colocaron en la mufla por un periodo de tiempo de 2-3 horas a una temperatura de 600 °C.

Transcurrido el tiempo correspondiente se sacaron los crisoles de la mufla con 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 (usando siempre la misma balanza para evitar errores de peso) se registraron los datos y se hizo los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\% C = \frac{\text{peso del criol con ceniza} - \text{peso del crisol solo}}{\text{g de muestra utilizada}} * 100$$

Dónde:

C = Ceniza

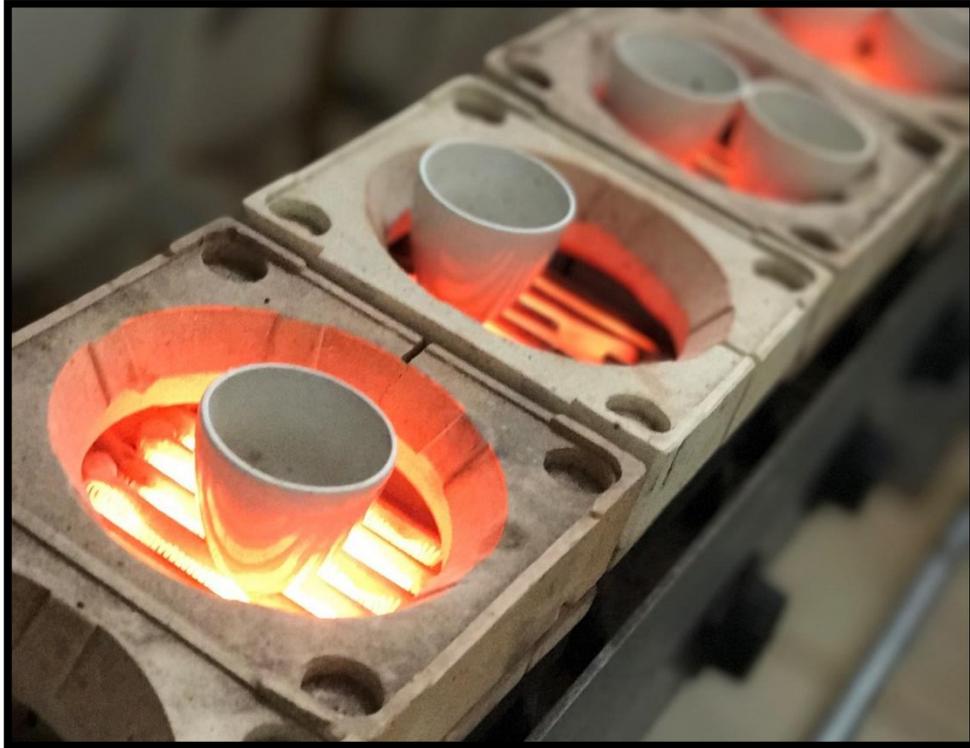


Figura 16. Crisoles en parrillas eléctricas

Fuente: M.F.S.C., 2017

3.7.4 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO O GRASA BRUTA MÉTODO SOXHLET

Se pesaron 4 g de cada muestra seca sobre un papel filtro en una balanza analítica y posteriormente se depositaron en cartuchos poroso de celulosa, éstos cartuchos ya doblados se introdujeron en un sifón, se emplearon matraces redondos fondo plano a peso constante e identificados, se enfriaron durante 20 minutos en un desecador y al transcurrir el tiempo se sacaron y posteriormente se registraron sus pesos.

A los matraces se les adicionó hexano hasta la mitad, acoplando al refrigerante del dispositivo Soxhlet (figura 17), extrayendo por un periodo de 8 horas contando el tiempo a partir de cuando comenzó su ebullición.

Al finalizar la extracción se recuperó el solvente y los matraces se colocaron de nuevo a peso constante en la estufa a una temperatura de 100-103 °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 con silica gel por 20 minutos, una vez que se enfriaron se pesaron los matraces en la balanza analítica (usando siempre la misma balanza para evitar errores de peso) se registraron los datos y se hizo los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ EE} = \frac{\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso del matraz solo}}{\text{g de muestra utilizada}} * 100$$

Dónde:

EE = Extracto Etéreo



Figura 17. Dispositivo Soxhlet

Fuente: M.F.S.C., 2017

3.7.5 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

Se utilizó la muestra previamente desengrasada, se pesó 2 g y se colocaron en vasos de Bercelius de 600 mL, a cada vaso se le agregó 100 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.225 N, se conectó al aparato de reflujo (figura 18) por un periodo de 30 minutos contados a partir de que empezó la ebullición y manteniéndola suave.



Figura 18. Aparato de reflujo para determinar fibra cruda

Fuente: M.F.S.C., 2017

Transcurrido el tiempo se sacaron los vasos y el contenido se filtró a través de una tela de lino y se lavó con 3 porciones de 100 mL de agua destilada caliente para cada vaso. Se pasó la fibra (residuo que quedó en la tela de lino) de nuevo al vaso de Bercelius agregando ahora 100 mL de hidróxido de sodio (NaOH) 0.313 N y se conectó al aparato de reflujo por otros 30 minutos contados a partir de que empezó la ebullición, transcurrido el tiempo se sacaron los vasos y nuevamente el contenido se filtró usando la tela de lino, lavando con 3 porciones de 100 mL de agua destilada caliente exprimiendo el exceso de agua de cada tela de lino.

Para obtener la muestra a evaluar, es necesario sacar la tela del embudo, extender y retirar la fibra con una espátula y depositarla en un crisol de porcelana previamente identificado, el crisol se puso a peso constante en una estufa de secado a una temperatura de 100-103 °C por un periodo de 12 horas, transcurrido el tiempo se retiró los crisoles de la estufa y con las pinzas se colocaron en el desecador con silica gel por 20 minutos, una vez que se enfriaron se pesaron en la balanza analítica (usando siempre la misma balanza para evitar errores de peso), por último las muestras en los crisoles se pre-incineraron en parrillas eléctricas y se metieron a la mufla por 3 horas a una temperatura de 600 °C, transcurrido el tiempo éstos crisoles se sacaron de la mufla, se colocaron en un desecador con silica gel y se dejaron enfriar por 20 minutos, una vez que se enfriaron se pesó, se registraron los datos y se hizo los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ FC} = \frac{\text{peso crisol con fibra seca} - \text{peso crisol con fibra ceniza}}{\text{g de muestra utilizada}} * 100$$

Dónde:

FC = Fibra Cruda

3.7.6 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA MÉTODO MACROKJELDHAL

La determinación por el método macrokjeldhal se realiza en tres etapas que se describen a continuación:

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, éste papel filtro doblado se colocó en el fondo de un matraz Kjeldhal de 800 mL, 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, finalmente el matraz se colocó al aparato kjeldhal en la sección de digestión conectando el extractor de humos. Esto se realizó para cada una de las repeticiones de las muestras.

Destilación: Se diluyó con 300 mL de agua destilada al resultado de la digestión y se enfrió. 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 (rojo de metilo y verde de bromocresol). Posteriormente al matraz Kjeldhal se le agregó 110 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 45 % y 3 granallas 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 en forma de amoniaco líquido (figura 19).

Valoración: A los 250 mL de destilado se tituló con ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.1025641 N hasta obtener un vire de color azul a rosa pálido y con la lectura obtenida de los mL gastados del ácido sulfúrico (H_2SO_4) se realizaron los cálculos correspondientes usando la siguiente fórmula:

$$\% N = \frac{(\text{ml gastados del ácido} - \text{ml del blanco})(N \text{ del ácido})(0.014)}{\text{g de muestra utilizada}} * 100$$

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

Dónde:

N = Nitrógeno

PC = Proteína Cruda

N del ácido (H_2SO_4) = 0.1025641 N

0.014 = miliequivalente del Nitrógeno

Factor de Conversión para tortilla = 6.25



Figura 19. Destilado en forma de amoníaco líquido

Fuente: M.F.S.C., 2017

3.7.7 DETERMINACIÓN DE MINERALES: MÉTODO HÚMEDO

En esta prueba los minerales que se determinaron por medio del espectrofotómetro de absorción atómica (figura 20) fueron el Potasio (K), el Sodio (Na), el Calcio (Ca), el Magnesio (Mg) y el Hierro (Fe) para todas las muestras de las tortillas.

Se pesó 1 g de muestra molida y deshidratada, esta muestra se colocó en un vaso de precipitado de 100 mL, se le agregó una mezcla de ácido perclórico (HClO_4) y ácido nítrico (HNO_3) en una relación 1:3, es decir 240 mL de ácido perclórico (HClO_4) y 720 mL de ácido nítrico (HNO_3) para 24 muestras en total, a cada vaso se le agregó 40 mL de la mezcla.

Se colocó en un parrilla de calentamiento y se taparon con vidrios de reloj; llevando las muestras a digestión hasta obtener un líquido claro/transparente, el líquido resultante se filtró en un matraz volumétrico de 100 mL en el cual se usó un papel filtro sin cenizas N°42 y se aforó hasta la marca con agua des-ionizada.

Se procedió a la lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica, se registró los datos del mineral en porcentaje (%) o en partes por millón (ppm) y se convirtió en mg/100 g mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{mg}}{100 \text{ g}} = (\text{ppm} * 0.1 * 50) * 100$$

Dónde:

Ppm = Lectura de las partes por millón del espectrofotómetro

0.1 = Factor de la primera dilución a 100 mL

50 = Factor de la segunda dilución a 50 mL



Figura 20. Espectrofotómetro de absorción atómica Marca Varian; Modelo AA-1275

Fuente: M.F.S.C., 2017

3.7.8 DETERMINACIÓN DE MINERALES: MÉTODO COLORÍMETRIA

En esta prueba el único mineral que se determinó fue el Fósforo (P) por medio del espectrofotómetro para la lectura de la absorbancia.

3.7.8.1 PREPARACIÓN DE LA CURVA ESTÁNDAR DE FÓSFORO (P)

Para la preparación de la curva estándar de Fósforo (P) se utilizó diferentes concentraciones de solución estándar de fósforo (1000 ppm), las cuáles fueron de 0, 20, 40, 60, 80 y 100 ppm.

Éstas concentraciones se agregó cada una a un tubo de ensaye diferente previamente identificado, posteriormente se realizó, como muestra el cuadro 7, las siguientes diluciones al tubo correspondiente:

Cuadro 7. Diluciones para la curva estándar de Fósforo (P)

N° de tubo	1	2	3	4	5	6
Concentración	0 ppm	20 ppm (200 µl en 10 mL)	40 ppm (400 µl en 10 mL)	60 ppm (600 µl en 10 mL)	80 ppm (800 µl en 10 mL)	100 ppm (1000 µl en 10 mL)
Solución estándar de fósforo	--	1 mL				
Agua destilada	1 mL	--	--	--	--	--
Molibdato de amonio *	5 mL	5 mL	5 mL	5 mL	5 mL	5 mL
ANSA *	2 mL	2 mL	2 mL	2 mL	2 mL	2 mL

Fuente: M.F.S.C., 2017

***Molibdato de amonio:** Para la preparación, se disolvió 12.5 g de molibdato de amonio en 100 mL de agua destilada y se le agregó 150 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 10 N, y se aforó en un matraz de aforación de 500 mL, forrando con papel aluminio para evitar la entrada de luz.

***ANSA (Aminonaftolsinfónico):** Para la preparación, se pesó 0.250 g de ANSA, se colocó en un matraz de aforación de 500 mL, se le añadió 7.5 mL de bisulfito de sodio al 15 % y 2.5 mL de sulfito de sodio al 20 % y se aforó a 500 mL con agua destilada, forrando con papel aluminio para evitar la entrada de luz.

Una vez que se agregó cada una de las diluciones a su tubo correspondiente se agitó cada uno en un vortex, hasta homogeneizar en su totalidad, ya agitados se

reposó por un periodo de 20 minutos (figura 21), transcurrido el tiempo se vertió un poco del contenido del tubo a una celdilla para su lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 640 nm.



Figura 21. Tubos con las diluciones de Fósforo (P)

Fuente: M.F.S.C., 2017

Después de la lectura de las diluciones, se realizó la curva de Fósforo (P) (figura 22) donde nos muestra los valores corregidos por el método de regresión lineal, colocando los datos de la absorbancia en el eje de las Y y la concentración de Fósforo (ppm) en el eje de las X.

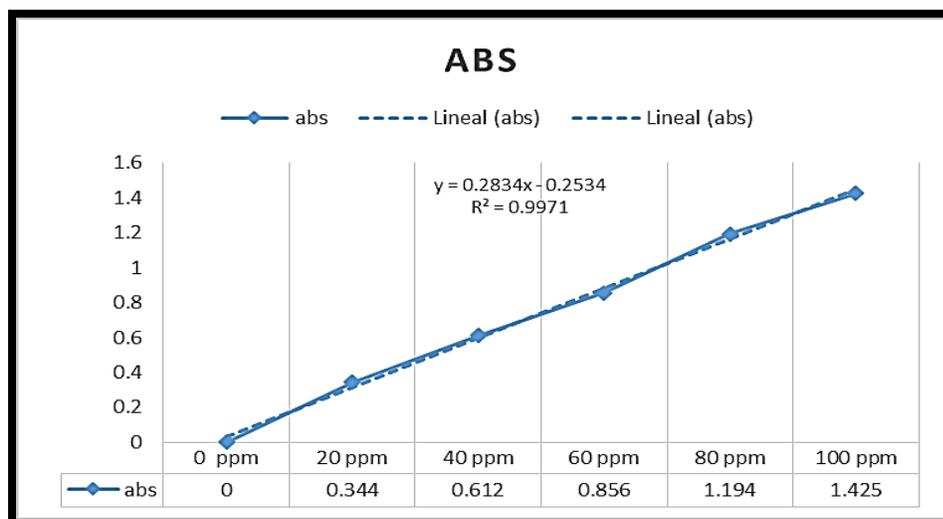


Figura 22. Curva estándar de Fósforo (P)

Fuente: M.F.S.C., 2017

3.7.8.2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA LA LECTURA

La muestra utilizada para la determinación por el método de colorimetría es la misma utilizada en la determinación del método húmedo, se usa la que está en la de dilución 1:100.

Se vertió 1 ml de la muestra de cada matraz a un tubo de ensaye previamente identificado, a cada tubo se le agregó 5 mL de molibdato de amonio y 2 mL de ANSA. Una vez que se agregó cada una de las diluciones a su tubo correspondiente se agitó cada uno en un vortex, hasta homogeneizar en su totalidad, ya agitados se reposó por un periodo de 20 minutos, transcurrido el tiempo se vertió un poco del contenido del tubo a una celdilla para su lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 640 nm.

Teniendo la lectura de cada tubo se realiza los cálculos correspondientes a partir de la fórmula del método de regresión lineal de la curva estándar de fósforo, que se muestra a continuación:

$$y = 0.2834x - 0.2534$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{Abs}_{640} + 0.2534}{0.2834}$$

$$\frac{\text{mg}}{100 \text{ g}} = (\text{ppm} * 0.1) * 100$$

Dónde:

ABS₆₄₀ = Absorbancia a una longitud de onda de 640 nm

Ppm = Partes por millón de Fósforo

3.7.9 DETERMINACIÓN DEL EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO (ELN)

El ELN corresponde a los azúcares, el almidón y gran parte del material clasificado como hemicelulosa. En realidad no se determina por análisis en el laboratorio, sino que se calcula restando de 100 partes de muestra analizada la suma de los resultados del % ceniza, % extracto etéreo, % fibra cruda y % proteína cruda solamente se considera el % de humedad cuando los anteriores resultados no están ajustados en base seca, teniendo esto en cuenta los cálculos para determinar el ELN se realizan a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ELN} = 100 - (\% \text{ C} + \% \text{ EE} + \% \text{ FC} + \% \text{ PC})$$

Dónde:

ELN = Extracto Libre de Nitrógeno

C = Cenizas

EE = Extracto Etéreo

FC = Fibra Cruda

PC = Proteína Cruda

3.7.10 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO CALÓRICO (Kcal)

Se utilizó los resultados obtenidos de % proteína cruda, % extracto etéreo y % extracto libre de nitrógeno (carbohidratos), realizando los cálculos a partir de las siguientes fórmulas:

$$\frac{4 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} - 100 \%}{x - \text{PC} \%} \frac{9 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} - 100 \%}{x - \text{EE} \%} \frac{4 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} - 100 \%}{x - \text{CHO} \%} \longrightarrow \frac{\text{Kcal}}{100 \text{ g}} = \left(\text{PC} \frac{\text{Kcal}}{\text{g}} + \text{EE} \frac{\text{Kcal}}{\text{g}} + \text{CHO} \frac{\text{Kcal}}{\text{g}} \right) * 100$$

Dónde:

PC = Proteína Cruda

EE = Extracto Etéreo

CHO = Extracto Libre de Nitrógeno (Carbohidratos)

3.7.11 DETERMINACIÓN DE CLOROFILA POR EL MÉTODO DE ESPECTROFOTOMETRIA

Se pesó 2.5 g por cada muestra, una vez pesado se colocó cada una en un vaso de precipitado de 50 ml, a cada vaso de precipitado se le agregó, hasta cubrir la muestra, acetona al 85 % (figura 23). Se tapó cada vaso con papel aluminio con el fin de no dejar entrar luz a la muestra y se dejó en refrigeración por un periodo de 24 horas. Transcurrido el tiempo cada vaso se colocó en un mortero y se trituró, posteriormente se transfirió el líquido a un matraz de aforación de 100 mL filtrando la muestra a través de una tela de lino. Se lavó el mortero con 4 porciones de 20 ml cada una de acetona al 85 %, cada lavado se filtró y se agregó al matraz de aforación, después del lavado se aforó el matraz con acetona al 85 %. De cada matraz se transfirió una porción de líquido a una celdilla para espectrofotómetro y se prosiguió a la lectura a una longitud de onda de 642 nm y 660 nm, se utilizó como blanco acetona al 85 %. Con las lecturas registradas se realizaron los cálculos correspondientes de clorofila total, clorofila a y clorofila b utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{Clorofila total } \frac{\text{mg}}{\text{g}} = \frac{(7.12 * \% \text{ Abs}_{660 \text{ nm}}) + (16.8 * \% \text{ Abs}_{642 \text{ nm}})}{10 * \text{g de muestra utilizada}}$$

$$\text{Clorofila a } \frac{\text{mg}}{\text{g}} = \frac{(9.93 * \% \text{ Abs}_{660 \text{ nm}}) - (0.777 * \% \text{ Abs}_{642 \text{ nm}})}{10 * \text{g de muestra utilizada}}$$

$$\text{Clorofila b } \frac{\text{mg}}{\text{g}} = \frac{(17.6 * \% \text{ Abs}_{642 \text{ nm}}) - (2.81 * \% \text{ Abs}_{660 \text{ nm}})}{10 * \text{g de muestra utilizada}}$$

Dónde:

Abs = Lectura de absorbancia

Subíndices (642 nm y 660 nm) = Longitud de onda



**Figura 23. Muestras con acetona al 85 %
Fuente: M.F.S.C., 2017**

3.7.12 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 realizó la lectura a cada una de las muestras de tortilla (figura 24), las lecturas se realizó en cada muestra colocando el tubo proyector de luz en 5 puntos diferentes de la tortilla.

Con el promedio de las lecturas y usando el diagrama de color, se colocó las coordenadas de los parámetros y así se identificó el color de las muestras de las tortillas a diferentes concentraciones.



Figura 24. Determinación de color con colorímetro Konica Minolta; Modelo CR-400
Fuente: M.F.S.C., 2017

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se detallan los resultados obtenidos de la etapa experimental del presente trabajo, para ello, se efectuó un análisis de varianza de los datos (ANVA) y prueba de medias de Fisher ($\alpha \leq 0.05$) empleando el paquete estadístico Statistics for Windows.

Se determinaron los resultados de las siguientes variables de estudio: Cenizas (%), Extracto Etéreo (%), Fibra Cruda (%), Proteína Cruda (%), ELN (Carbohidratos) (%), Contenido Calórico (Kcal/100 g), Minerales (mg/100 g) como Potasio (K), Sodio (Na), Calcio, (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe) y Fósforo (P), Clorofila (mg/g) y color (L^* , a^* y b^*) de las diferentes muestras de tortillas (tres repeticiones para cada tratamiento). Tratamiento 1: tipo de masa utilizado (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) y tratamiento 2: concentración de acelga adicionada (0 g, 3 g, 5 g y 7 g).

Los resultados de la comparación de medias de las variables de estudio por el tipo de masa se expresan en el cuadros 8, demás en base a los gráficos correspondientes se hace una discusión de los mismos de acuerdo a lo mencionado en la literatura.

Cuadro 8. Comparación de medias de las variables de estudio; tipo de masa

	Masa de maíz nixtamalizado	Masa de Harina de maíz comercial
Ceniza Total (%)	4.97 ^{a*}	2.07 ^b
Extracto Etéreo (%)	1.75 ^b	1.98 ^a
Fibra Cruda (%)	1.93 ^a	1.50 ^b
Proteína Cruda (%)	10.75 ^b	11.33 ^a
ELN (CHO) (%)	80.59 ^b	83.13 ^a

Contenido Calórico (Kcal/100 g)	381.16 ^b	395.67 ^a
Potasio (K) (mg/100 g)	483.75 ^a	443.33 ^b
Sodio (Na) (mg/100 g)	329.58 ^a	182.92 ^b
Calcio (Ca) (mg/100 g)	723.33 ^a	301.25 ^b
Magnesio (Mg) (mg/100 g)	240.83 ^a	158.75 ^b
Hierro (Fe) (mg/100 g)	3.17 ^b	8.59 ^a
Fósforo (P) (mg/100 g)	63.01 ^a	50.22 ^b
Clorofila total (mg/g)	0.14 ^a	0.13 ^b
Clorofila a (mg/g)	0.06 ^a	0.06 ^a
Clorofila b (mg/g)	0.07 ^a	0.07 ^a
Color (variable L*)	56.16 ^b	62.36 ^a
Color (variable a*)	-6.14 ^a	-5.11 ^b
Color (variable b*)	24.24 ^a	19.61 ^b

* Los valores promedio seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según Fisher ($\alpha \leq 0.05$)

Fuente: M.F.S.C., 2017

Los resultados de la comparación de medias de las variables de estudio por la concentración de acelga se expresan en el cuadros 9, demás en base a los gráficos correspondientes se hace una discusión de los mismos de acuerdo a lo mencionado en la literatura.

Cuadro 9. Comparación de medias de las variables de estudio; concentración de acelga

	0 g	3 g	5 g	7 g
Ceniza Total (%)	2.31 ^d	3.29 ^c	3.95 ^b	4.54 ^a

Extracto Etéreo (%)	1.86 ^b	1.77 ^c	1.86 ^b	1.99 ^a
Fibra Cruda (%)	1.39 ^c	1.68 ^b	1.84 ^{ab}	1.95 ^a
Proteína Cruda (%)	9.46 ^d	10.54 ^c	11.69 ^b	12.46 ^a
ELN (CHO) (%)	84.99 ^a	82.72 ^b	80.66 ^c	79.07 ^d
Contenido Calórico (Kcal/100 g)	394.53 ^a	388.98 ^b	386.14 ^c	384.01 ^d
Potasio (K) (mg/100 g)	397.50 ^d	426.67 ^c	491.67 ^b	538.33 ^a
Sodio (Na) (mg/100 g)	98.33 ^d	230.00 ^c	308.33 ^b	388.33 ^a
Calcio (Ca) (mg/100 g)	662.50 ^a	308.33 ^c	508.33 ^b	570.00 ^b
Magnesio (Mg) (mg/100 g)	137.50 ^d	173.33 ^c	225.00 ^b	263.33 ^a
Hierro (Fe) (mg/100 g)	4.58 ^c	5.80 ^b	6.23 ^{ab}	6.92 ^a
Fósforo (P) (mg/100 g)	46.30 ^c	50.28 ^{bc}	55.92 ^b	73.95 ^a
Clorofila total (mg/g)	0.11 ^d	0.12 ^c	0.14 ^b	0.18 ^a
Clorofila a (mg/g)	0.05 ^c	0.05 ^c	0.06 ^b	0.09 ^a
Clorofila b (mg/g)	0.06 ^c	0.06 ^c	0.07 ^b	0.09 ^b
Color (variable L*)	71.03 ^a	59.22 ^b	53.84 ^c	52.95 ^c
Color (variable a*)	0.15 ^a	-7.04 ^b	-7.53 ^c	-8.09 ^d
Color (variable b*)	20.63 ^b	21.86 ^b	22.31 ^a	22.90 ^a

* Los valores promedio seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según Fisher ($\alpha \leq 0.05$)

Fuente: M.F.S.C., 2017

4.1 HUMEDAD Y MATERIA SECA TOTAL

En el cuadro 10 se muestra los resultados tanto de la Materia Seca Total (%) y por ende de la Humedad (%), de las muestras de tortillas.

Se obtuvieron los resultados en base seca de las Cenizas (%), Extracto Etéreo (%), Fibra Cruda (%), Proteína Cruda (%) y partir del resultado en base seca determinar el ELN (Extracto Libre de Nitrógeno) (CHO) (%) y el Contenido Calórico (kcal/100 g).

Cuadro 10. Resultados de la materia seca total y humedad

	Masa de Maiz nixtamalizado		Masa de Harina de maíz comercial	
	% MST	% Humedad	% MST	% Humedad
0 g de acelga	93.73	6.27	94.15	5.85
3 g de acelga	93.83	6.17	94.12	5.88
5 g de acelga	94.06	5.94	94.57	5.43
7 g de acelga	94.52	5.48	94.89	5.11

Fuente: M.F.S.C., 2017

La humedad de las tortillas varía de acuerdo al tipo del origen de masa utilizado, así como de las concentraciones de acelga usadas.

El mayor porcentaje de humedad la presenta las tortillas que se realizaron a partir de la masa de maíz nixtamalizado tradicional, esto se puede deber a que el proceso tradicional de nixtamalización se usa cantidades más grandes y menos reguladas de agua dentro del proceso, a diferencia de la que se usa en el proceso industrial para obtener la harina del maíz nixtamalizado. Como lo marca un informe de sustentabilidad de GRUMA en el 2010 donde uno de los puntos dentro del proceso es que el grano de maíz seleccionado es mezclado con cal y puesto en grandes contenedores con agua donde se monitorean los porcentajes de cal y calidad del agua. El grano de maíz se nixtamaliza a través de la inyección de vapor para reducir el tiempo de cocción.

4.2 CENIZA TOTAL

En el gráfico 1 se muestra que el contenido de ceniza total (%) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

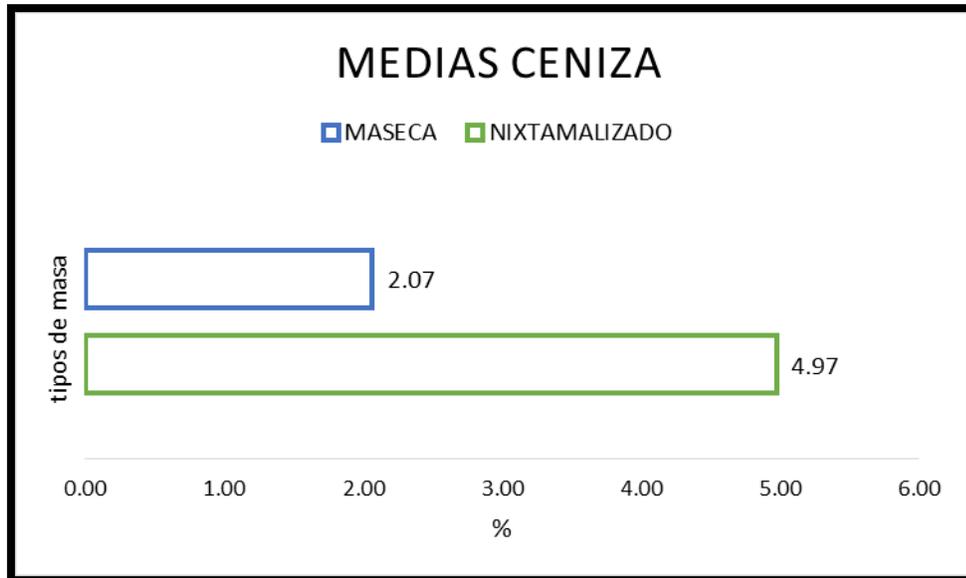


Gráfico 1. Comparación de medias de ceniza total; tipo de masa
Fuente: M.F.S.C., 2017

Por el tipo de masa, las tortillas elaboradas con la masa de maíz nixtamalizado contienen un mayor porcentaje de cenizas con un 4.97 % a diferencia de aquellas que fueron elaboradas con la masa de harina de maíz comercial que fue de un 2.07 %, este último resultado es mayor al que la norma (NMX-F-046-S-1980) establece como límite máximo.

En el gráfico 2 nos señala que el contenido de ceniza total (%) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

En cuanto al porcentaje de ceniza total por concentración de acelga, aquellas tortillas en las que se les adicionó hasta 7 g de acelga presenta el mayor porcentaje con un 4.54 % a comparación de aquellas donde se utilizaron las demás

concentraciones menores, ya que según (Martínez , y otros, 2003) y (Moreiras, y otros, 2013), por cada 100 g de acelga (porción comestible de la hoja) ésta tiene un 2.1 % de ceniza total, por lo que al haber mayor concentración de acelga en la tortilla, habrá mayor porcentaje de ceniza total.

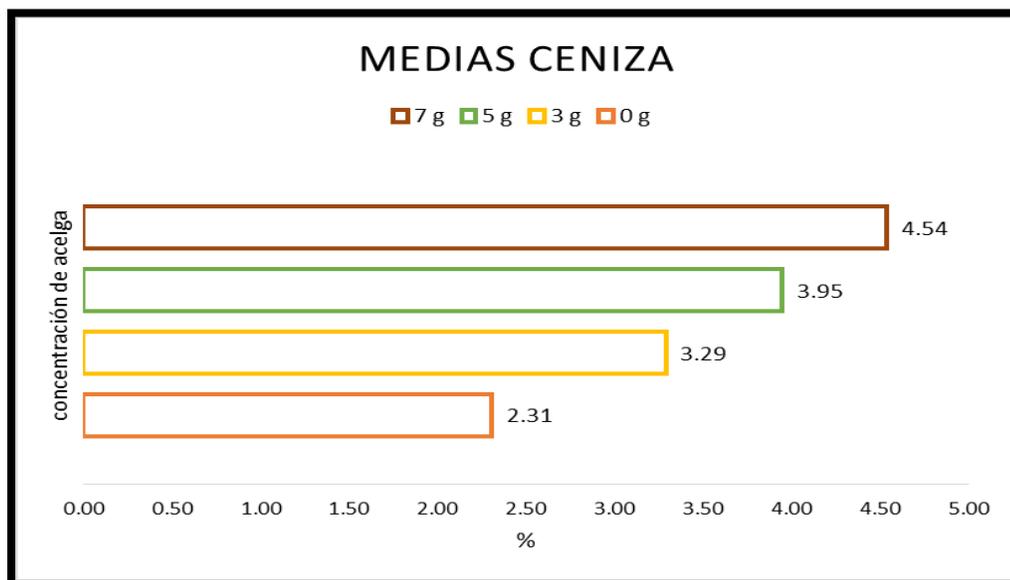


Gráfico 2. Comparación de medias de ceniza total; concentración de acelga
Fuente: M.F.S.C., 2017

4.3 EXTRACTO ETÉREO O GRASA TOTAL

En el gráfico 3 se muestra que el contenido de extracto etéreo o grasa total (%) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

Por el tipo de masa, las tortillas elaboradas con la masa de harina de maíz comercial contienen un mayor porcentaje de extracto etéreo o grasa total con un 1.98 % aunque este resultado es menor al que la (NMX-F-046-S-1980) marca como mínimo, a diferencia de aquellas que fueron elaboradas con la masa de maíz nixtamalizado que fue de 1.75 %, ya que los lípidos del grano de maíz disminuyen en forma importante, hasta 3.4% en tortilla de maíz amarillo y 2.5% en la de maíz blanco. Estas pérdidas no se han explicado totalmente, sin embargo, pueden

deberse a la pérdida del pericarpio, del pedicelo o probablemente a la del germen, que puede ser parcial o total, en donde se localiza la mayoría de los lípidos del grano. (Paredes López, y otros, 2009) Y en un proceso industrial se pueden adicionar más grasas.

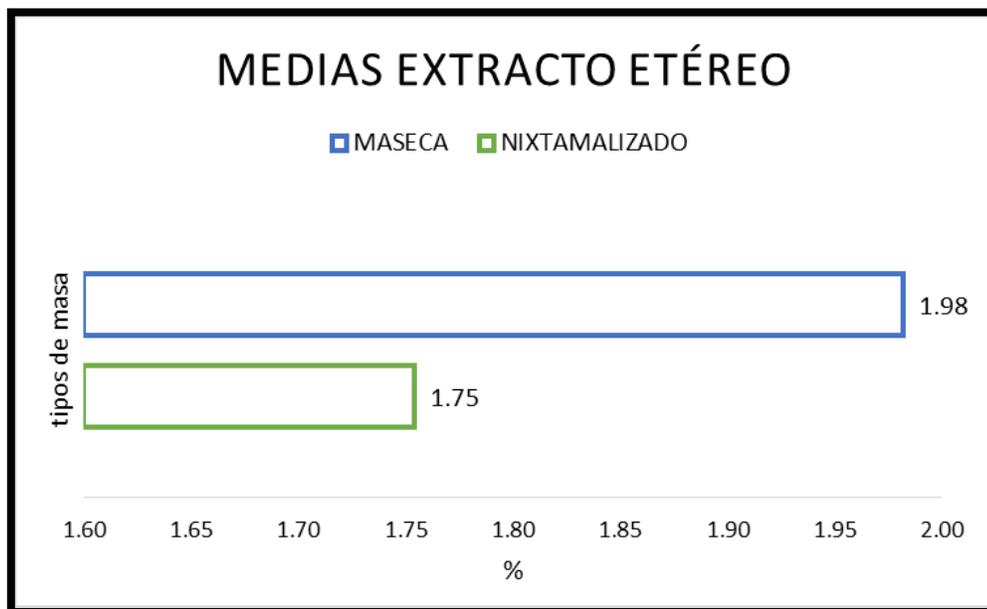


Gráfico 3. Comparación de medias de extracto etéreo; tipo de masa

Fuente: M.F.S.C., 2017

En el gráfico 4 nos señala que el contenido de extracto etéreo o grasa total (%) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

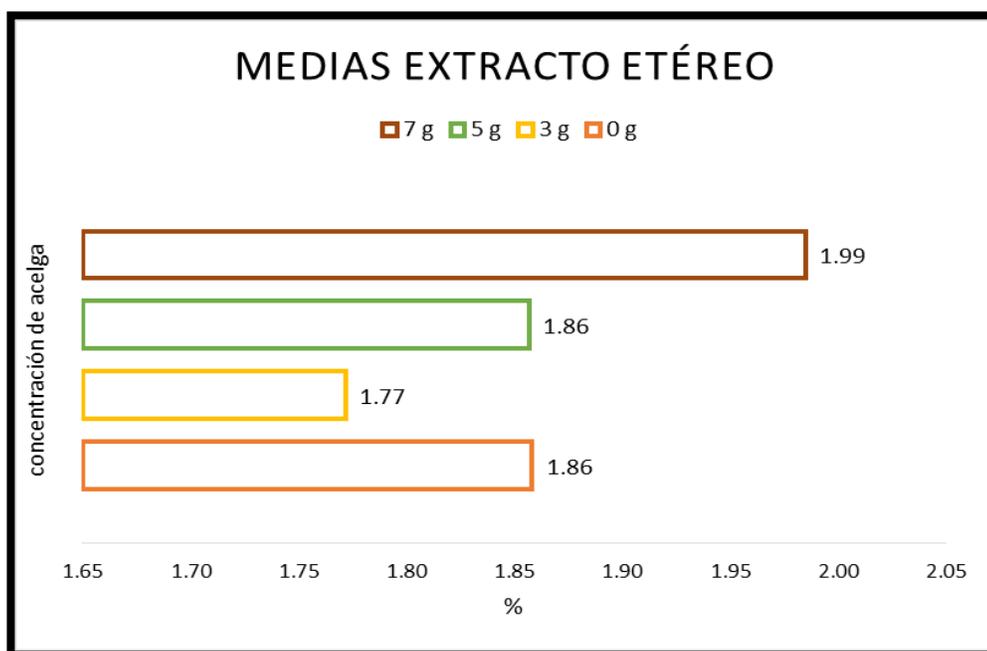


Gráfico 4. Comparación de medias de extracto etéreo; concentración de acelgas

Fuente: M.F.S.C., 2017

En cuanto al porcentaje de extracto etéreo por concentración de acelga, aquellas tortillas en las que se les adicionó hasta 7 g de acelga presenta el mayor porcentaje con un 1.98 % a comparación de aquellas donde se utilizaron las demás concentraciones menores, según (Martínez , y otros, 2003) y (Moreiras, y otros, 2013), por cada 100 g de acelga (porción comestible de la hoja) ésta tiene un 0.2 % de extracto etéreo (grasas), por lo que al haber mayor concentración de acelga en la tortilla, habrá mayor porcentaje de grasas totales, aunque las tortillas sin ninguna concentración presenta un porcentaje mayor a lo descrito en la cita.

4.4 FIBRA CRUDA

En el gráfico 5 se muestra que el contenido de fibra cruda (%) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

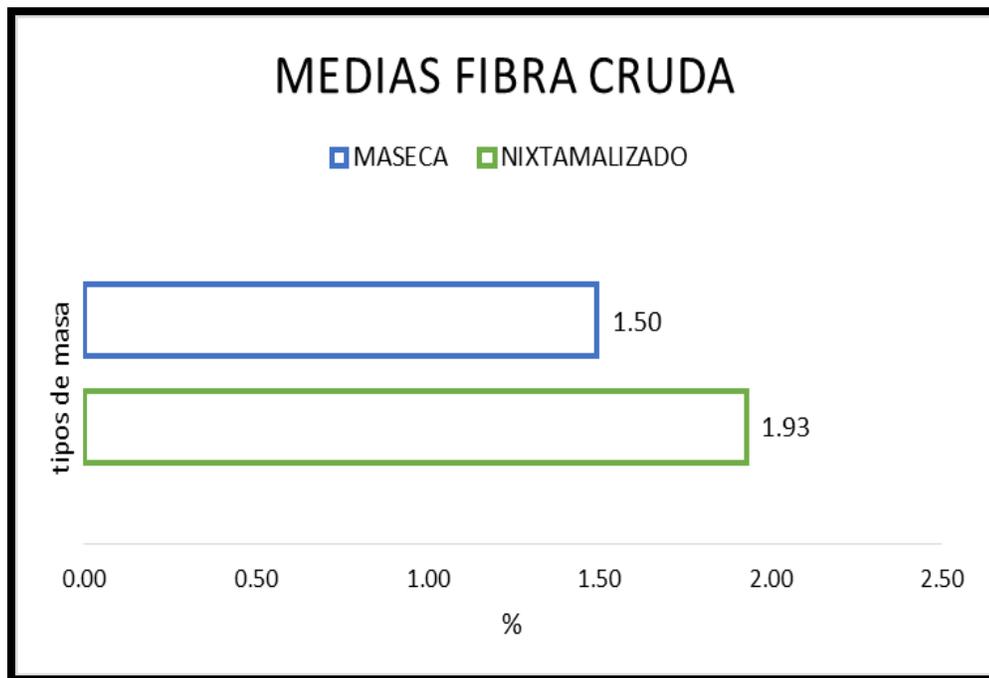


Gráfico 5. Comparación de medias de fibra cruda; tipo de masa
Fuente: M.F.S.C., 2017

Por el tipo de masa, las tortillas elaboradas con la masa de maíz nixtamalizado contienen un mayor porcentaje de fibra cruda con un 1.93 % a diferencia de aquellas que fueron elaboradas con la masa de harina de maíz comercial que fue de 1.50 %, como se menciona, la cocción alcalina y el remojo provocan la disolución y el hinchamiento de las capas del pericarpio, esto hace que las paredes celulares y los componentes de la fibra dietaria de esta parte del grano se vuelvan frágiles, facilitando su remoción, lo cual obviamente disminuye el contenido de fibra dietaria insoluble. Sin embargo, y por fortuna, en este proceso la fibra dietaria soluble pasa de 0.9% en el maíz a 1.3 % en la masa, y a 1.7 % en la tortilla (resultado muy parecido al obtenido en nuestro trabajo) (Paredes López, y otros, 2009). La fibra

dietaria en general ha sido reconocida como un componente importante y altamente deseable en los alimentos, ya que ejerce diversas funciones fisiológicas asociadas a la salud.

En el gráfico 6 nos señala que el contenido de fibra cruda (%) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

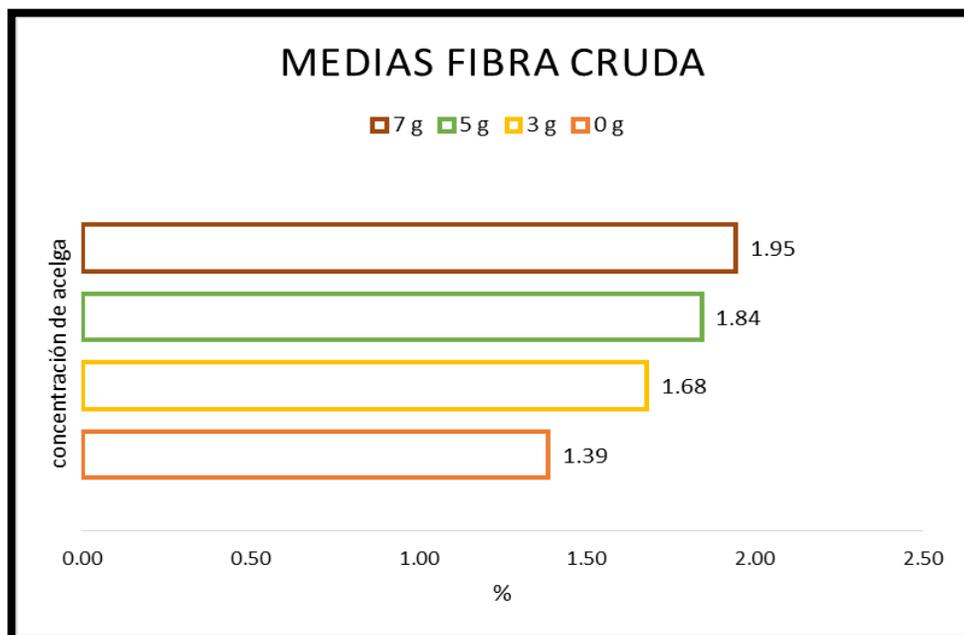


Gráfico 6. Comparación de medias de fibra cruda; concentración de acelga
Fuente: M.F.S.C., 2017

En cuanto al porcentaje de fibra cruda por concentración de acelga, aquellas tortillas en las que se les adicionó hasta 7 g de acelga presenta el mayor porcentaje con un 1.95 % a comparación de aquellas donde se utilizaron las demás concentraciones menores, como lo marca (Martínez , y otros, 2003) y (Moreiras, y otros, 2013) la acelga en su porción comestible de 100 g (hoja) solo contiene 1 % de fibra, un dato que está por debajo de los resultados obtenidos, inclusive menos que aquel de las tortillas sin ninguna concentración de acelga.

4.5 PROTEÍNA CRUDA

En el gráfico 7 se muestra que el contenido de proteína cruda (%) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

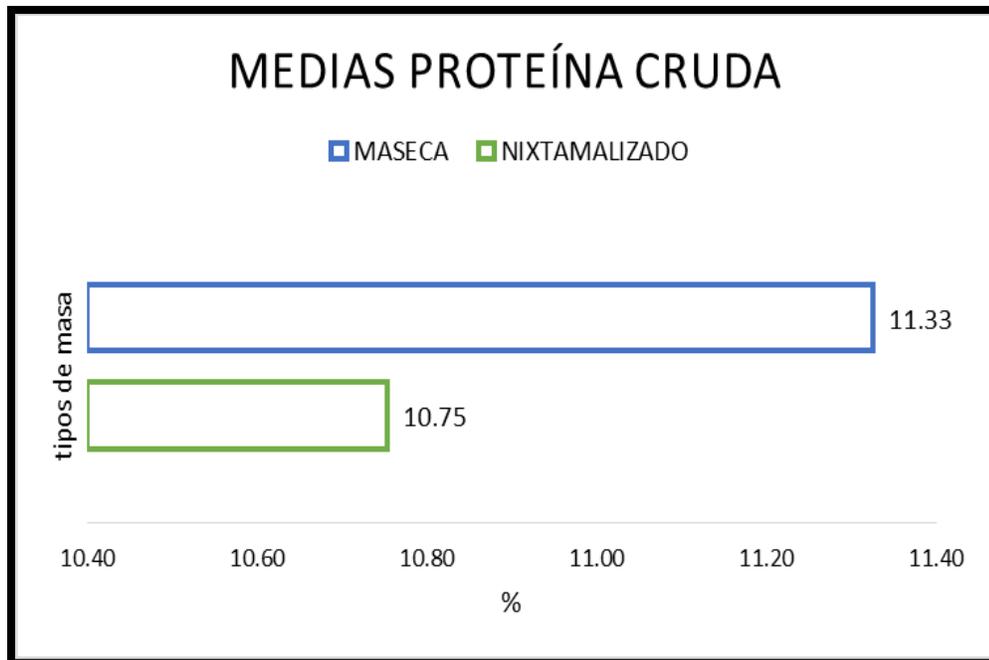


Gráfico 7. Comparación de medias de proteína cruda; tipo de masa

Fuente: M.F.S.C., 2017

Por el tipo de masa, las tortillas elaboradas con la masa de harina de maíz comercial contienen un mayor porcentaje de proteína cruda con un 11.33 % a diferencia de aquellas que fueron elaboradas con la masa de maíz nixtamalizado que fue de 10.75 %, la cocción alcalina altera la estructura y la solubilidad de las proteínas del maíz, el contenido de proteína no se ve afectado sensiblemente después que el maíz ha sido nixtamalizado y se produce la tortilla. Las diferencias en el contenido de proteína en los reportes existentes se debe a que hay diferencias en el contenido de proteína entre diferentes materiales de maíz. (Paredes López, y otros, 2009) Aunque el resultado de la harina comercial es mayor a lo que la NMX-F-046-S-1980 marca como límite mínimo.

En el gráfico 8 nos señala que el contenido de proteína cruda (%) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

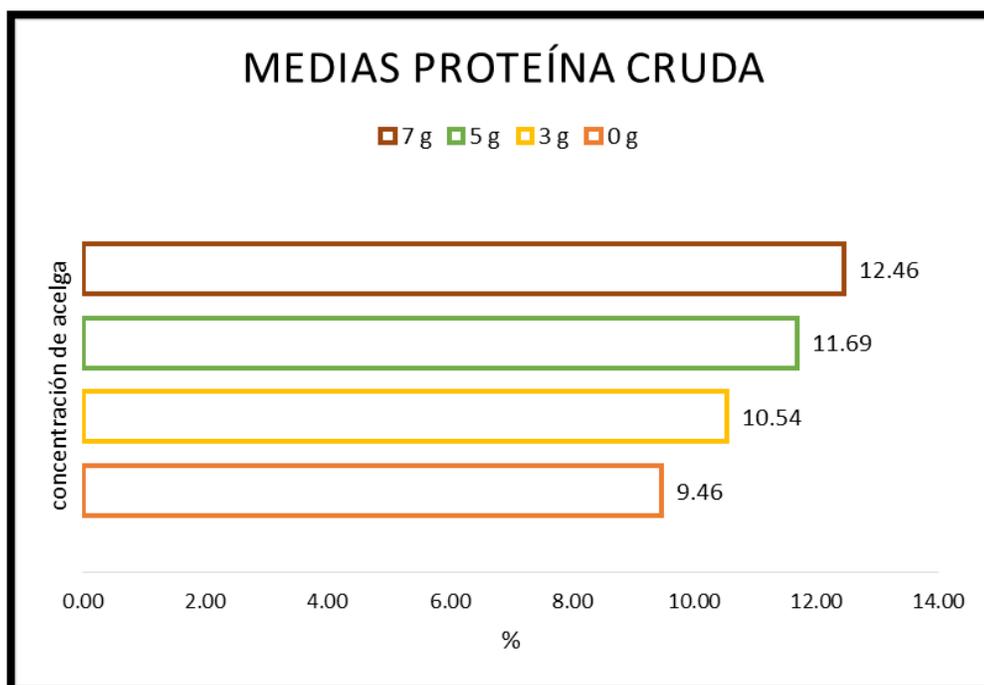


Gráfico 8. Comparación de medias de proteína cruda; concentración de acelga
Fuente: M.F.S.C., 2017

En cuanto al porcentaje de proteína cruda por concentración de acelga, aquellas tortillas en las que se les adicionó hasta 7 g de acelga presenta el mayor porcentaje con un 12.46 % a comparación de aquellas donde se utilizaron las demás concentraciones menores, como lo marca (Martínez , y otros, 2003) y (Moreiras, y otros, 2013) la acelga en su porción comestible de 100 g (hoja) contiene 2.4 g de proteína, por lo que al tener mayor concentración de acelga en la tortilla, el contenido de proteína aumentará de igual manera.

4.6 EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO (CARBOHIDRATOS)

En el gráfico 9 se muestra que el contenido de ELN (CHO) (%) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

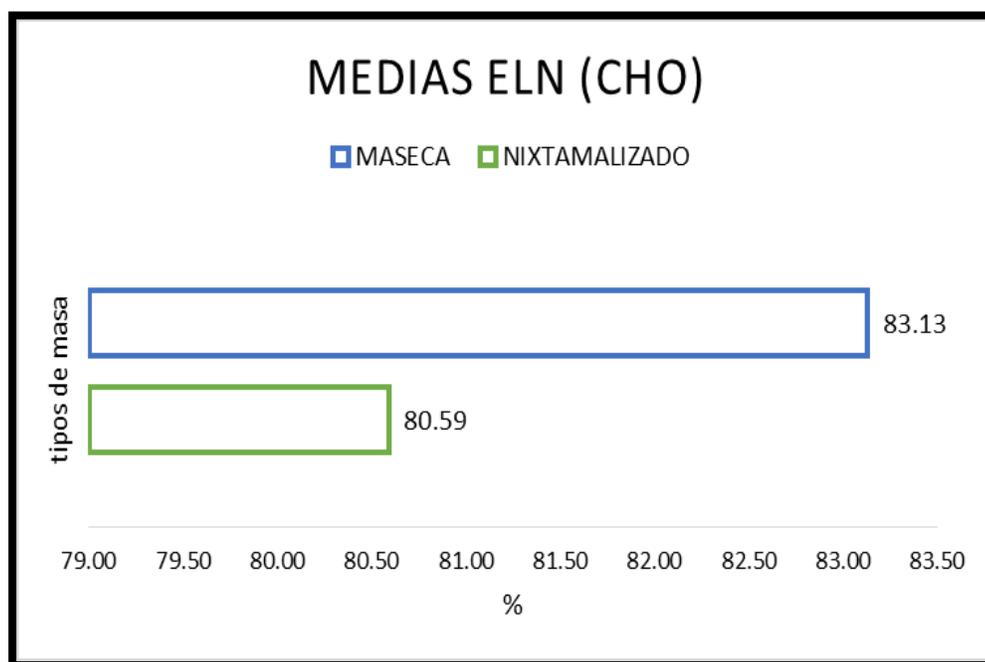


Gráfico 9. Comparación de medias de ELN (CHO); tipo de masa

Fuente: M.F.S.C., 2017

Por el tipo de masa, las tortillas elaboradas con la masa de harina de maíz comercial contienen un mayor porcentaje de ELN (CHO) con un 83.13 %, resultado muy parecido al reportado por (Hernández Hernández, 2003) en donde su testigo fue una tortilla de harina de maíz comercial con un 83.38 % de ELN (CHO), a diferencia de aquellas que fueron elaboradas con la masa de maíz nixtamalizado que fue de 80.59 %, un resultado mayor al que reportó (Benítez Rodríguez, 2016) que fue de 76.53 %, esto se puede deber a que en la investigación de Benítez utilizó un tipo específico de maíz.

En el gráfico 10 nos señala que el contenido de ELN (CHO) (%) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

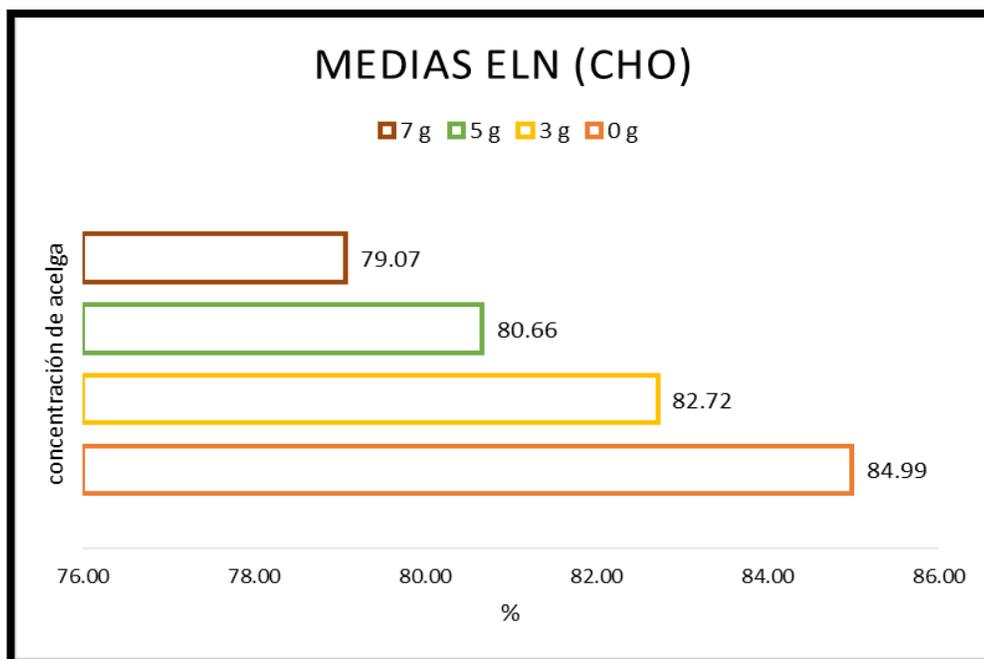


Gráfico 10. Comparación de medias de ELN (CHO); concentración de acelga
Fuente: M.F.S.C., 2017

En el caso de la concentración de la acelga, a más concentración de acelga en la tortilla, ésta iba disminuyendo en el porcentaje de ELN (CHO) donde las tortillas sin concentración de acelga tuvo un porcentaje de 84.99 % a diferencia de donde la que tenía mayor concentración de acelga (7 g) disminuyo hasta un 79.07 %, según reporta (Benítez Rodríguez, 2016) a mayor concentración de acelga adicionada a una tortilla, menor porcentaje de ELN (CHO) se tiene, y donde una tortilla adicionada con acelga es una alternativa viable para la disminución en el consumo de carbohidratos.

4.7 CONTENIDO CALÓRICO

En el gráfico 11 se muestra que el contenido de Contenido Calórico (Kcal/100 g) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

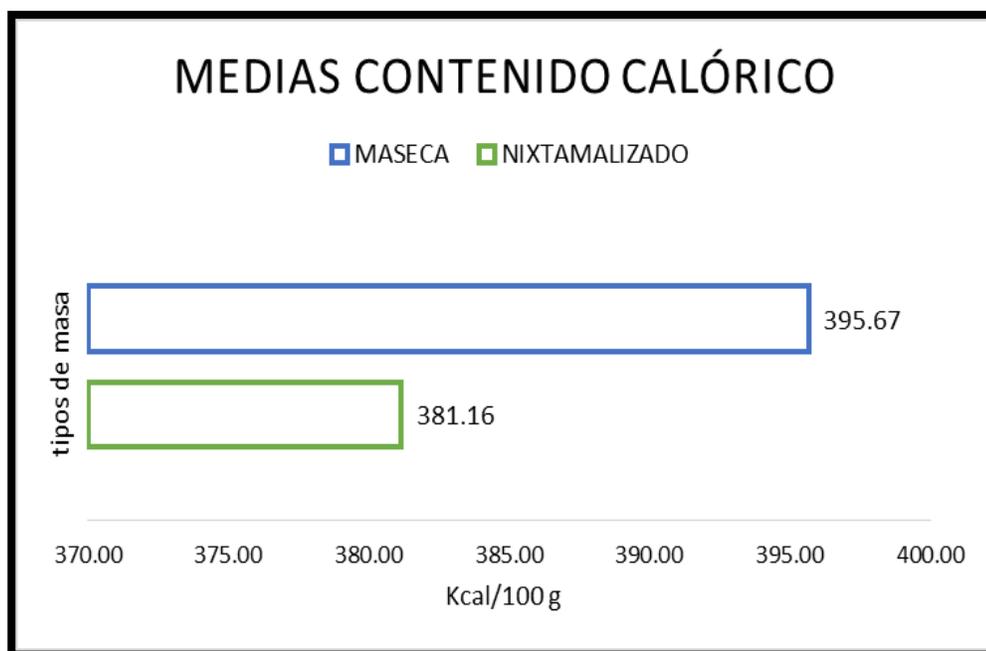


Gráfico 11. Comparación de medias de contenido calórico; tipo de masa
Fuente: M.F.S.C., 2017

Por el tipo de masa, las tortillas elaboradas con la masa de harina de maíz comercial contienen un mayor porcentaje de contenido calórico con un 395.67 Kcal/100 g a diferencia de aquellas que fueron elaboradas con la masa de maíz nixtamalizado que fue de 381.16 Kcal/100 g, este porcentaje mayor en la harina comercial se puede deber por la adición de varios componentes durante el proceso de elaboración.

En el gráfico 12 nos señala que el contenido de Contenido Calórico (Kcal/100 g) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

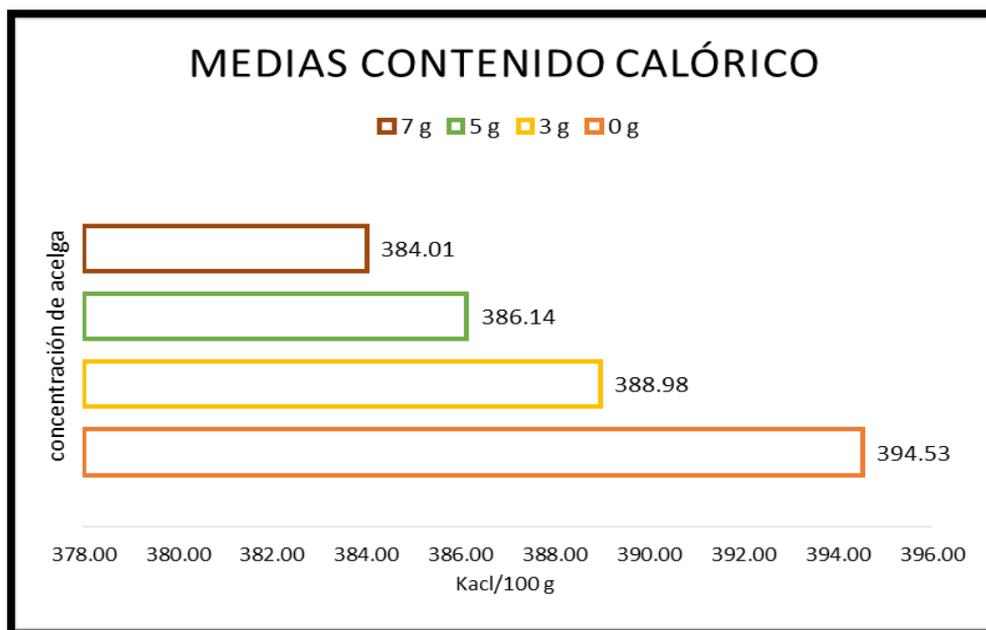


Gráfico 12. Comparación de medias de contenido calórico; concentración de acelga
Fuente: M.F.S.C., 2017

En el caso de la concentración de la acelga, a más concentración de acelga en la tortilla, disminuye el porcentaje del contenido calórico, donde las tortillas sin concentración de acelga tuvo un porcentaje de 394.53 % a diferencia de donde la que tenía mayor concentración de acelga (7 g) disminuyo hasta un 384.01 %, según reporta (Benítez Rodríguez, 2016) a mayor concentración de acelga adicionada a una tortilla, menor porcentaje del contenido calórico se tiene, y donde una tortilla adicionada con acelga es una alternativa viable para la disminución en el consumo de calorías.

4.8 MINERALES (K), (Na), (Ca), (Mg), (Fe), (P)

En los siguientes gráficos a partir del gráfico 13 se muestra que el contenido de Potasio (K) (mg/100 g) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

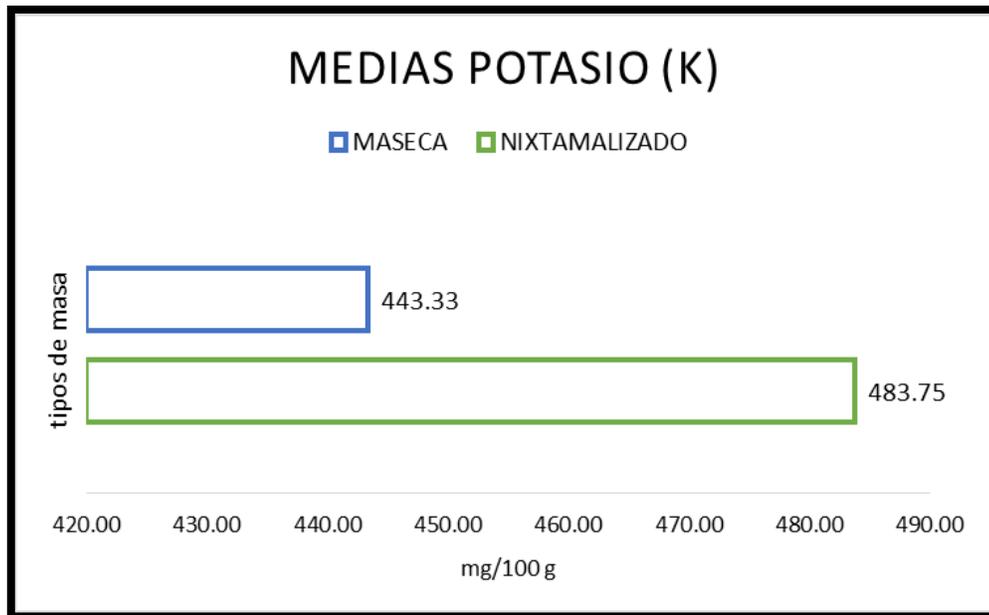


Gráfico 13. Comparación de medias de Potasio (K); tipo de masa
Fuente: M.F.S.C., 2017

El elemento mineral que sobresale de todos los demás elementos minerales es el potasio (K) ya que el resultado que se tiene por el tipo de masa varia uno del otro, donde la tortilla elaborada con la masa de maíz nixtamalizado tuvo un total de 483.75 mg/100 g mientras que las tortillas elaboradas con la masa de harina de maíz comercial solo obtuvo 443.33 mg/100 g,

En el gráfico 14 nos señala que el contenido de Potasio (K) (mg/100 g) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

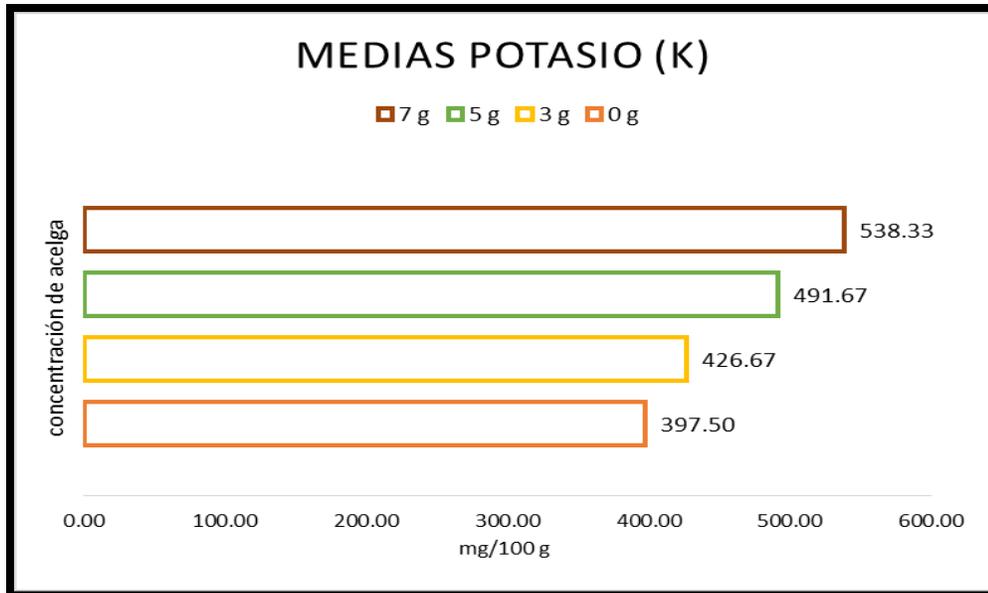


Gráfico14. Comparación de medias de Potasio (K); concentración de acelga
Fuente: M.F.S.C., 2017

En cuanto al contenido por concentración tenemos que aquellas tortillas donde se agregó 7 g de acelga tiene el mayor contenido de potasio (K) con 538.33 mg/100 g un promedio parecido a lo reportado por (Martínez , y otros, 2003) y (Moreiras, y otros, 2013) donde está con 550 mg/100 g, en cuanto más concentración de acelga se agregue a la formulación mayor será el contenido de potasio (K) que tendrá, este mineral es uno de los que mayor proporción se encuentra en la acelga, por lo que es una buena fuente.

En el gráfico 15 se muestra que el contenido de Sodio (Na) (mg/100 g) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

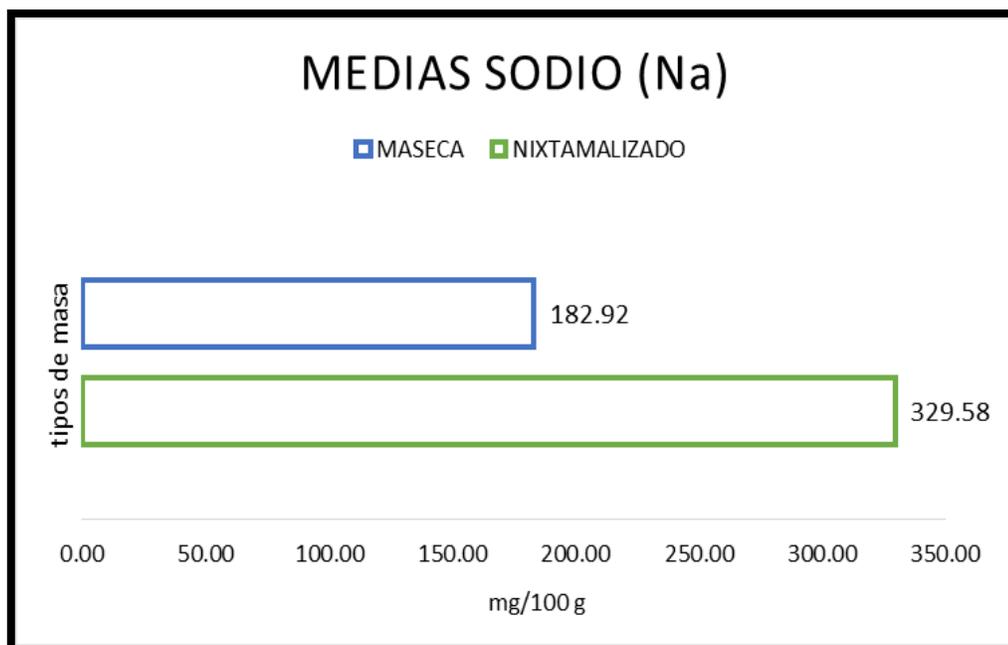


Gráfico 15. Comparación de medias de Sodio (Na); tipo de masa
Fuente: M.F.S.C., 2017

El resultado de sodio (Na) obtenido también fue considerable aunque no parecido a lo que se obtuvo de potasio (K) y de calcio (Ca), ya que en relación al tipo de masa utilizada el contenido mayor se obtuvo en las tortillas elaboradas con maíz nixtamalizado con 329.58 mg/100 g a diferencia de las que fueron elaboradas con harina de maíz comercial que fue de 182.92 mg/100 g

En el gráfico 16 nos señala que el contenido de Sodio (Na) (mg/100 g) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

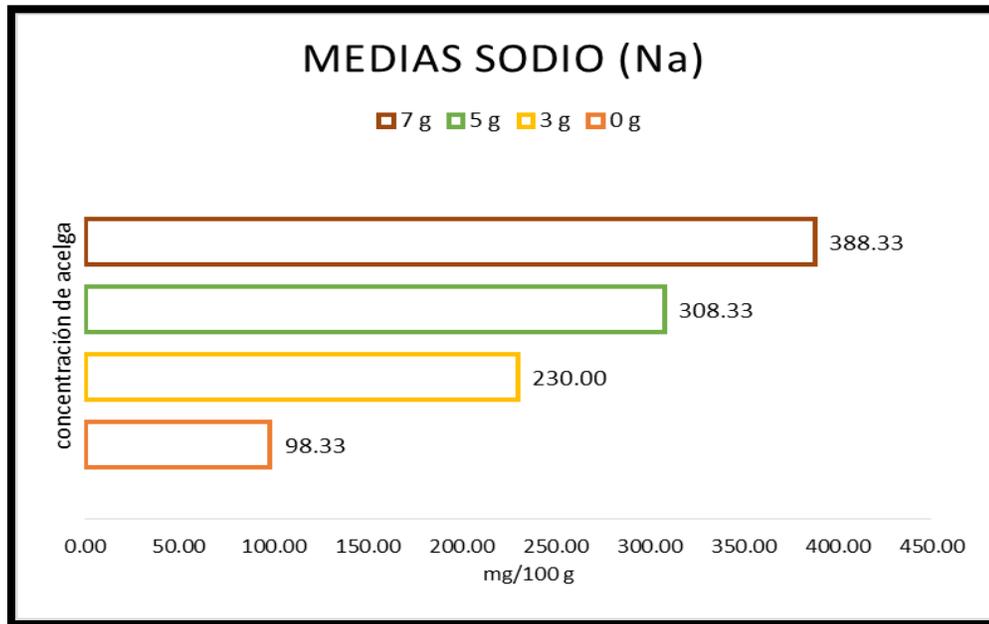


Gráfico 16. Comparación de medias de Sodio (Na); concentración de acelga
Fuente: M.F.S.C., 2017

Mientras que en relación a los resultados obtenidos por concentración de acelga el que presentó mayor contenido fue el que tiene la mayor concentración de acelga (7 g) con 388.33 mg/100 g ya que como lo menciona (Martínez , y otros, 2003) y (Moreiras, y otros, 2013) la acelga en su porción comestible es de 147 mg/100 g, por lo que al aumentar la cantidad de acelga agregada aumenta el contenido de sodio en la tortilla, y esto también repercute en el sabor característico que tiene la acelga.

En el gráfico 17 se muestra que el contenido de Calcio (Ca) (mg/100 g) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

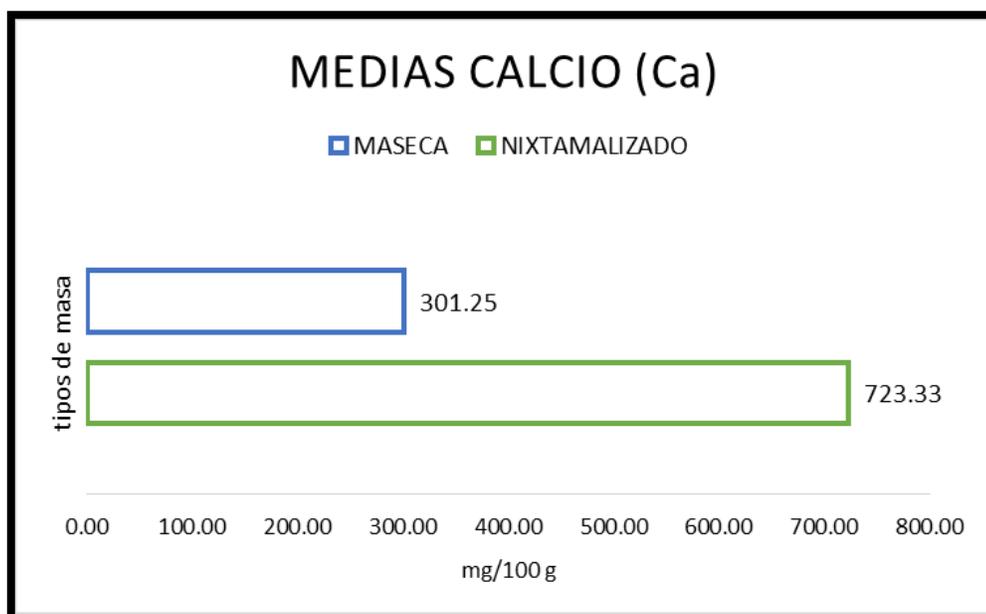


Gráfico 17. Comparación de medias de Calcio (Ca); tipo de masa
Fuente: M.F.S.C., 2017

En los resultados obtenidos tenemos que las tortillas elaboradas con maíz nixtamalizado tuvo un contenido de 723.33 mg/100 g de calcio (Ca) más del doble que la que se obtuvo de las tortillas elaboradas con la harina de maíz comercial que fue de 301.25 mg/100 g de calcio (Ca).

En el gráfico 18 nos señala que el contenido de Calcio (Ca) (mg/100 g) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

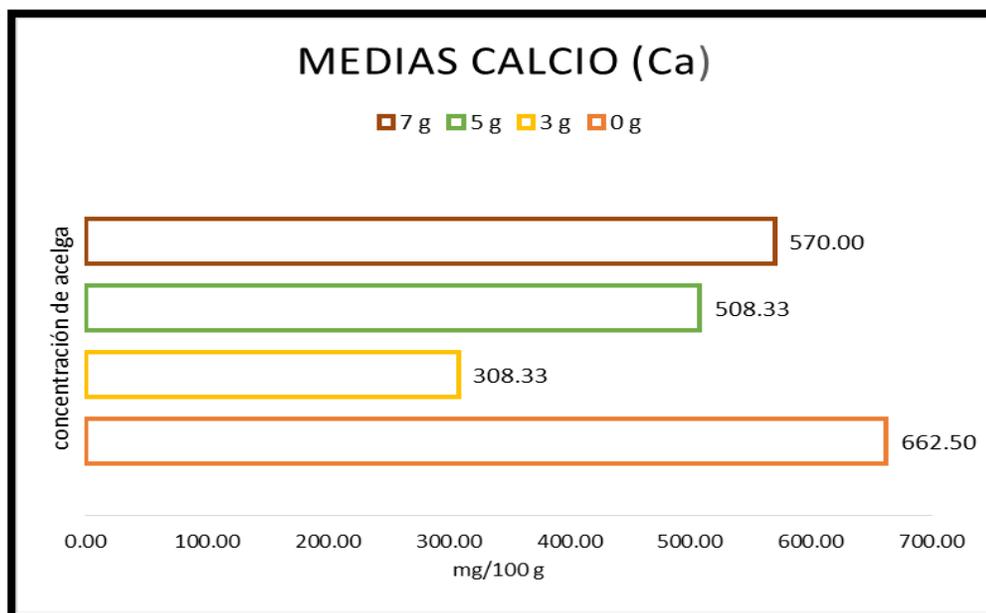


Gráfico 18. Comparación de medias de Calcio (Ca); concentración de acelga
Fuente: M.F.S.C., 2017

En relación a los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de acelga también fue en aumento el calcio (Ca) con la cantidad de acelga agregada ya que como lo marca (Martínez , y otros, 2003) y (Moreiras, y otros, 2013) la acelga contiene 113 mg/100 g de calcio (Ca), por lo que al ir aumentando la concentración agregada, irá aumentando el contenido total de estos minerales en la tortilla, aunado a la concentración que ya viene del maíz nixtamalizado.

Se debe al proceso de nixtamalización ya que si el maíz se remoja antes de la cocción, el contenido de calcio aumenta en el grano nixtamalizado, que generalmente puede contener alrededor de 30 veces el nivel original de calcio del grano crudo (Paredes López, y otros, 2009). Es interesante hacer notar que el calcio de la tortilla es altamente biodisponible, ya que cuando se alimentan ratas con tortilla absorben y retienen más calcio que aquellas que se alimentan con granos crudos de maíz

En el gráfico 19 se muestra que el contenido de Fósforo (P) (mg/100 g) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

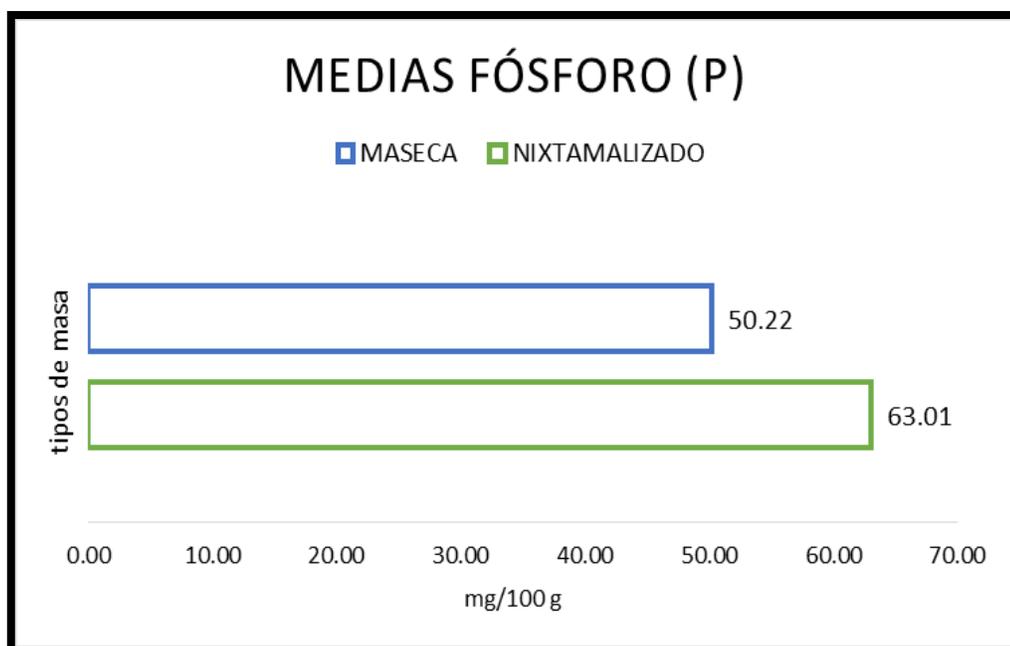


Gráfico 19. Comparación de medias de Fósforo (P); tipo de masa
Fuente: M.F.S.C., 2017

En los resultados obtenidos tenemos que las tortillas elaboradas con maíz nixtamalizado tuvo un contenido de 63.01 mg/100 g de Fósforo (P) más que la que se obtuvo de las tortillas elaboradas con la harina de maíz comercial que fue de 50.22 mg/100 g de Fósforo (P).

En el gráfico 20 nos señala que el contenido de Fósforo (P) (mg/100 g) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

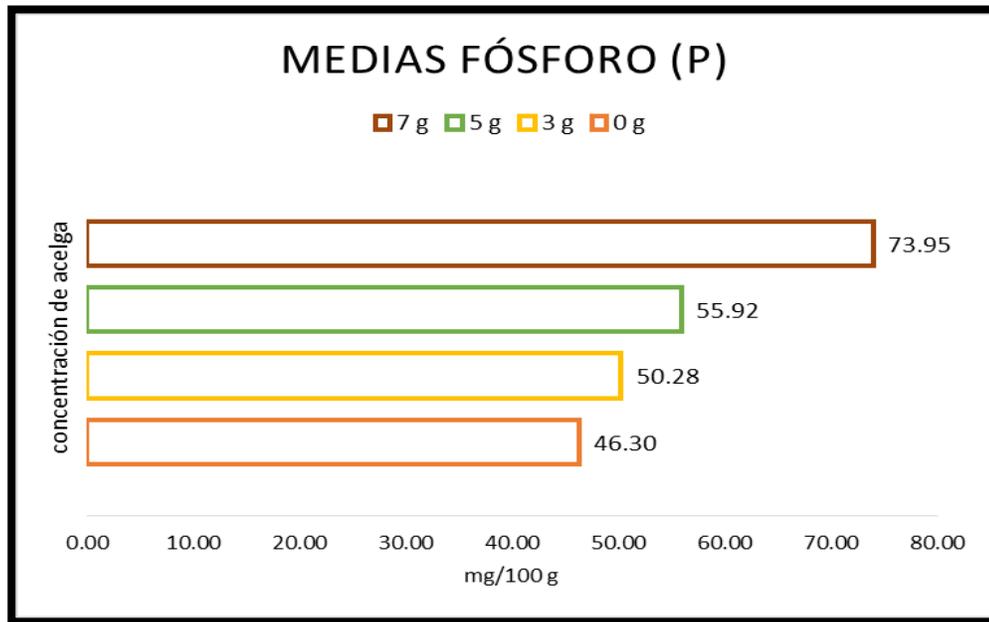


Gráfico 20. Comparación de medias de Fósforo (P); concentración de acelga
Fuente: M.F.S.C., 2017

En relación a los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de acelga también hubo un aumento de la concentración de fósforo (P) con un contenido de 73.95 mg/100 g en la concentración de 7/100 g de acelga ya que como lo marca (Martínez , y otros, 2003) y (Moreiras, y otros, 2013) la acelga contiene 40 mg/100 g de calcio (Ca), por lo que al ir aumentando la concentración agregada, irá aumentando el contenido total de estos minerales en la tortilla, aunado a la concentración que ya viene del maíz nixtamalizado.

Por lo que al igual que el potasio (K), la acelga adicionada a una tortilla será buena fuente de estos dos elementos marcando que el fósforo del maíz está presente principalmente en el ácido fítico, compuesto químico que interfiere fuertemente en la absorción de varios elementos, incluido el calcio, y cuyo contenido disminuye de 1% en el grano de maíz a 0.4% en la tortilla (Paredes López, y otros, 2009).

De acuerdo a Soler, 2014 El calcio (Ca) y el fósforo (P) representan el principal componente mineral del hueso. Ambos deben de estar disponibles y en cantidades suficientes para que la mineralización ósea sea la adecuada. El maíz nixtamalizado tiene una importancia nutricional al tener una relación Ca: P de 1.0 (el maíz sin

nixtamalizar tiene un valor de 0.05). La relación Ca: P ideal en la dieta humana para mantener la densidad mineral apropiada en los huesos, debe de ser de 1.0 a 1.5 (una dieta con una relación Ca: P desde 0.66 a menos de 1.0, produce patologías y una precaria salud en el esqueleto),

En el gráfico 21 se muestra que el contenido de Magnesio (Mg) (mg/100 g) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

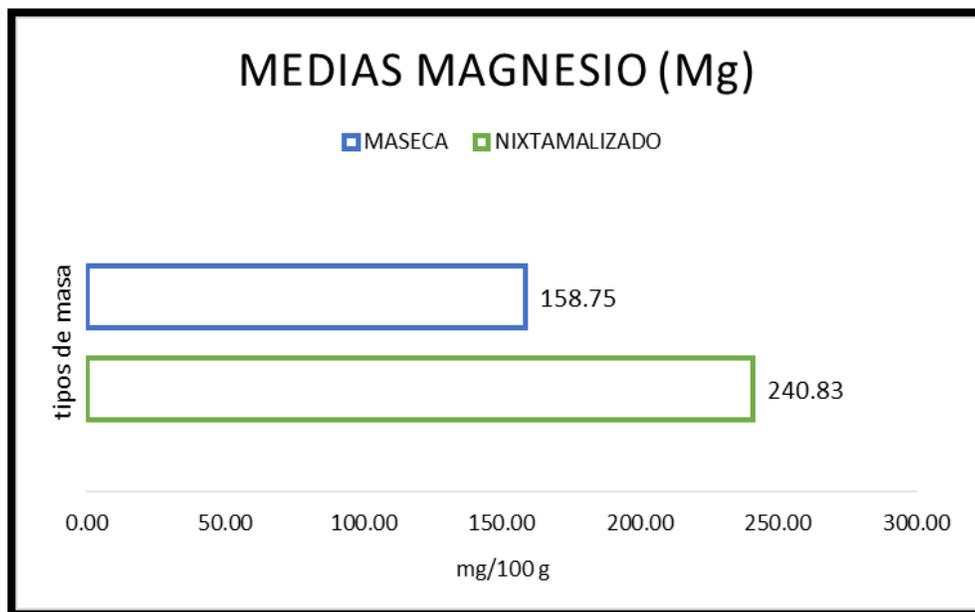


Gráfico 21. Comparación de medias de Magnesio (Mg); tipo de masa
Fuente: M.F.S.C., 2017

En los resultados obtenidos tenemos que las tortillas elaboradas con maíz nixtamalizado tuvo un contenido de 240.83 mg/100 g Magnesio (Mg) más que la que se obtuvo de las tortillas elaboradas con la harina de maíz comercial que fue de 158.75 mg/100 g de Magnesio (Mg).

En el gráfico 22 nos señala que el contenido de Magnesio (Mg) (mg/100 g) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

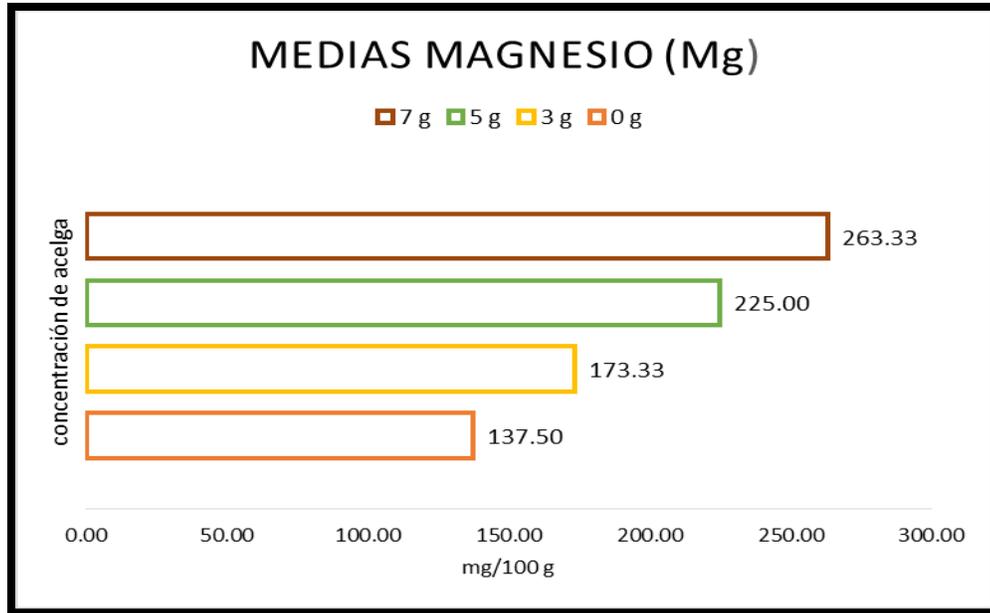


Gráfico 22. Comparación de medias de Magnesio (Mg); concentración de acelga
Fuente: M.F.S.C., 2017

En relación a los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de acelga también hubo un aumento de la concentración de Magnesio (Mg) con un contenido de 263.33 mg/100 g en la concentración de 7/100 g de acelga ya que como lo marca (Martínez , y otros, 2003) y (Moreiras, y otros, 2013) la acelga contiene 71 mg/100 g de Magnesio (mg), por lo que al ir aumentando la concentración agregada, irá aumentando el contenido total de este mineral en la tortilla, aunado a la concentración que ya viene del maíz nixtamalizado.

En el gráfico 23 se muestra que el contenido de Hierro (Fe) (mg/100 g) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

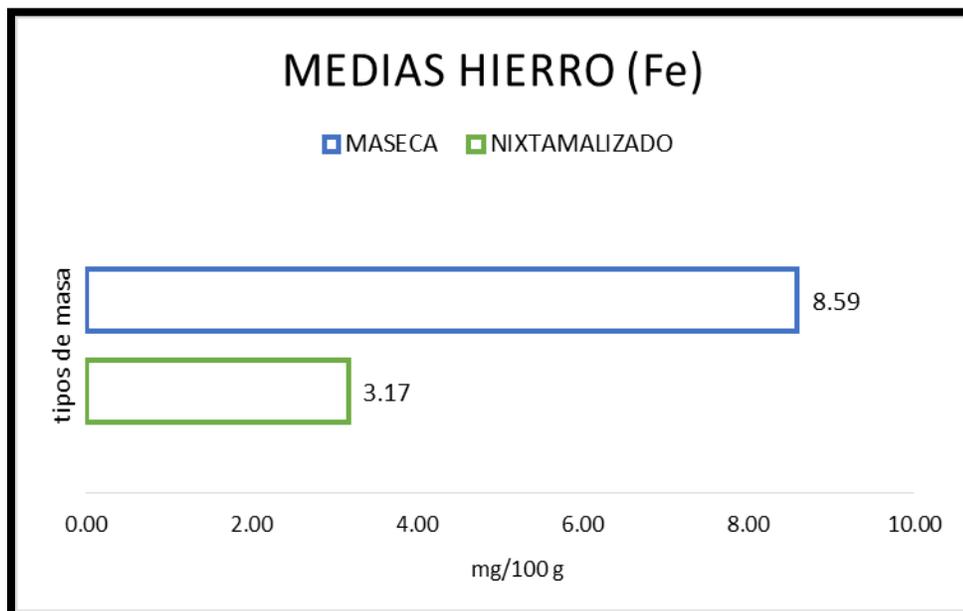


Gráfico 23. Comparación de medias de Hierro (Fe); tipo de masa
Fuente: M.F.S.C., 2017

En los resultados obtenidos tenemos que las tortillas elaboradas con maíz nixtamalizado tuvo un contenido de 3.17 mg/100 g de Hierro (Fe) un valor mucho menor al que se obtuvo de las tortillas elaboradas con la harina de maíz comercial que fue de 8.59 mg/100 g de Magnesio (Mg).

De acuerdo a (GRUMA, 2010), se le adiciona este mineral durante el proceso de la obtención de la harina, por lo que se muestra una cantidad al doble que la del maíz nixtamalizado.

En el gráfico 24 nos señala que el contenido de Hierro (Fe) (mg/100 g) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

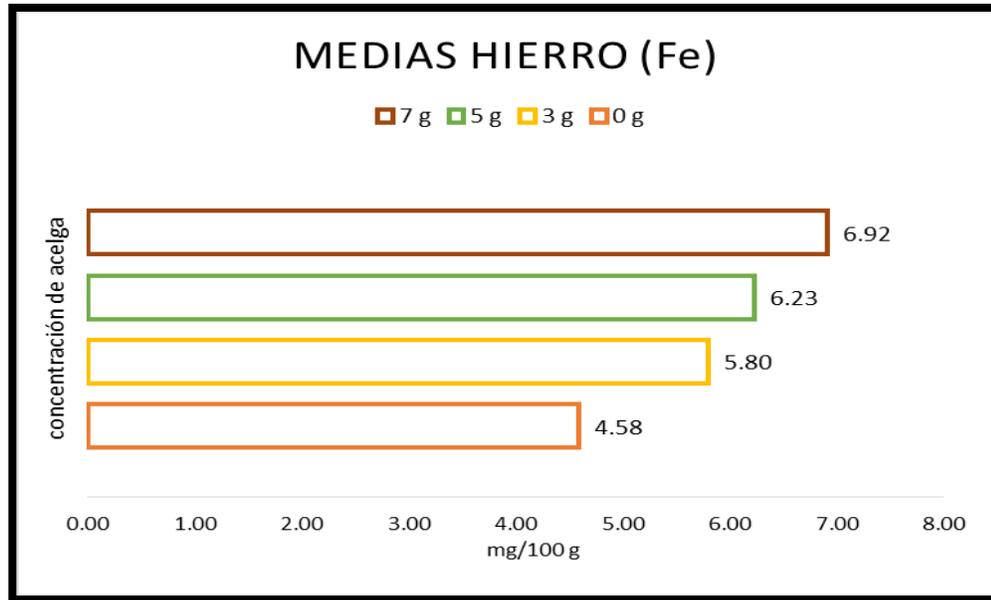


Gráfico 24. Comparación de medias de Hierro (Fe); concentración de acelga
Fuente: M.F.S.C., 2017

Para los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de acelga, se presentó el mayor contenido en aquellas tortillas donde se le adicionó la mayor concentración de acelga (7 g) ya que como lo menciona (Martínez , y otros, 2003) y (Moreiras, y otros, 2013) la acelga en su porción de 100 g contiene 3 mg/100 g hierro (Fe), a lo que mayor cantidad de acelga adicionada, mayor concentración obtenida.

Según (Pflugfelder R, y otros, 1989), en el contenido de calcio de la masa influyen los niveles de cal, las temperaturas de cocción y remojado y las características del maíz. Los cambios del contenido de otros minerales varían y dependen posiblemente de la pureza de la cal empleada y del tipo de aparato de molienda utilizado. En un estudio (Bressani, y otros, 1989); (Bressani , y otros, 1990), el contenido de magnesio pasó del 8 al 35 % del maíz a la tortilla; el de sodio no experimentó cambio alguno y se advirtió una pequeña disminución del de potasio. También aumentaron los valores del contenido de hierro, aunque posiblemente se debía a la contaminación.

4.9 CLOROFILA TOTAL, a y b

En el gráfico 25 se muestra que el contenido de clorofila tanto total como la **a** y **b** (mg/g) en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) no son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

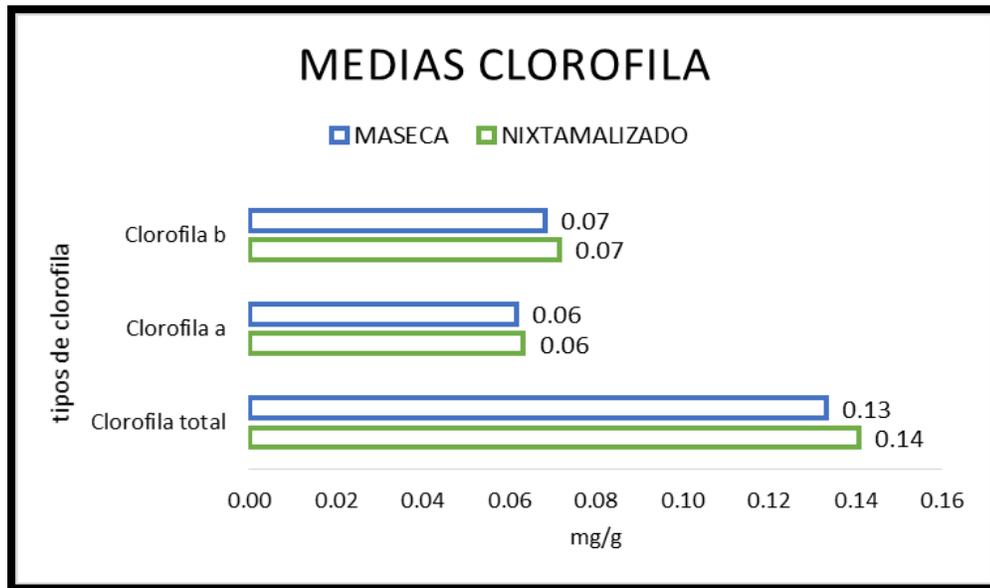


Gráfico 25. Comparación de medias de Clorofila total, a y b; tipo de masa
Fuente: M.F.S.C., 2017

Por el tipo de masa, las tortillas elaboradas con la masa de harina de maíz comercial contienen un contenido de clorofila total, **a** y **b** de 0.13, 0.06 y 0.07 mg/g respectivamente mientras que las que fueron elaboradas con la masa de maíz nixtamalizado fue de 0.14, 0.06 y 0.07 mg/g para la clorofila total, **a** y **b** respectivamente. Como se menciona anteriormente no existe diferencia significativa en el resultado de las clorofilas utilizada, ya que hay que tener en cuenta el origen del maíz utilizado.

En el gráfico 26 nos señala que el contenido de clorofila tanto total como la **a** y **b** (mg/g) en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

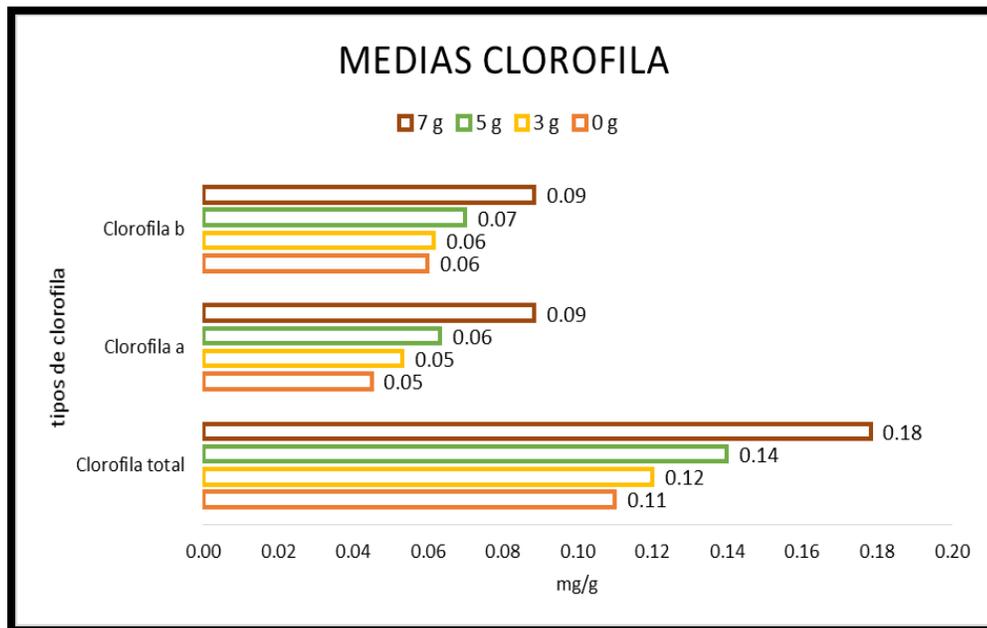


Gráfico 26. Comparación de medias de clorofila total, a y b; concentración de acelga
Fuente: M.F.S.C., 2017

Aunque esto no es igual en los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de acelga utilizada, donde a mayor concentración de acelga que fue de 7 g mayor contenido de clorofila obtenida, tanto total como **a** y **b** que fue de 0.18, 0.09 y 0.09 mg/g respectivamente, recordando que 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, como la acelga, a la clorofila, aunque ésta va desapareciendo al acercarse a la senescencia para dar paso a otros pigmentos como los carotenoides (Badui Dergal, 2006).

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

Los valores de la medición de color en base al tratamiento del tipo de masa (de maíz nixtamalizado y de harina de maíz comercial) son estadísticamente diferentes (figura 25) según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

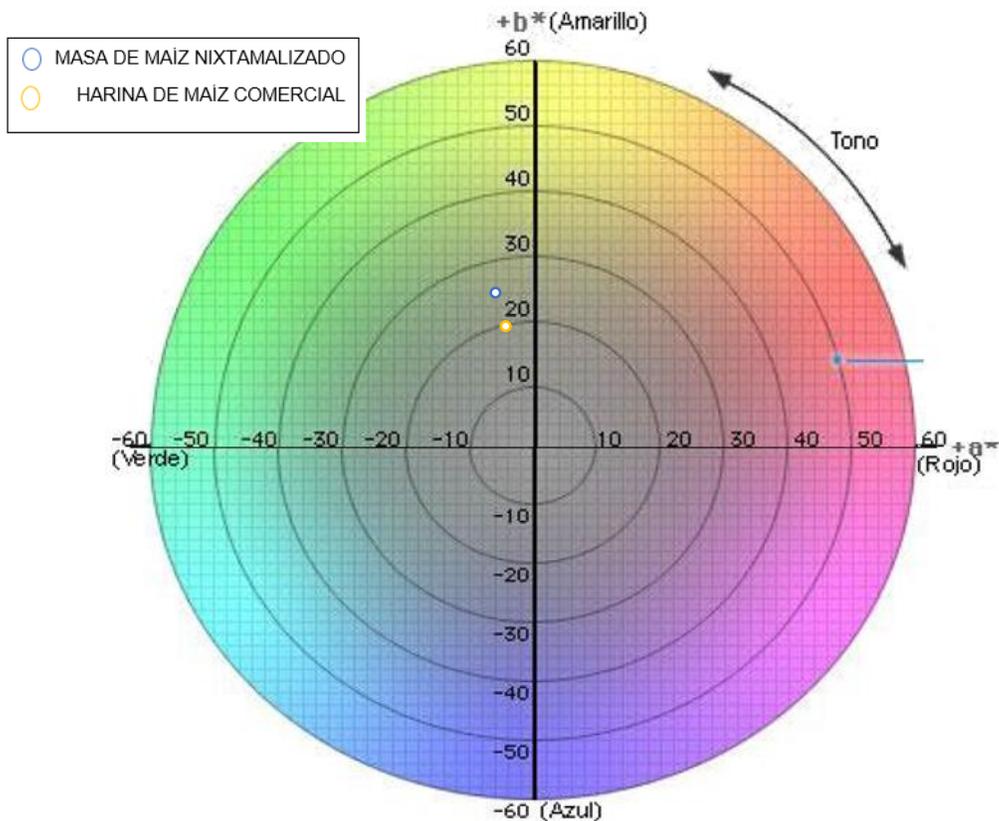


Figura 25. Diagrama de cromaticidad; tipo de masa

Fuente: M.F.S.C., 2017

Por el tipo de masa, las tortillas elaboradas con la masa de harina de maíz comercial tienen un valor de color para L^* , a^* y b^* de 62.36, -5.11, 19.61 respectivamente mientras que las que fueron elaboradas con la masa de maíz nixtamalizado fue de 56.16, -6.14, 24.24 para el valor de color L^* , a^* y b^* respectivamente. Tomando de referencia el diagrama de cromaticidad (figura 25) (Mathias Retting, y otros, 2014) podemos señalar que el valor L^* tanto para las tortillas de maíz nixtamalizado y las tortillas de harina de maíz comercial se encuentran en el parámetro de luminosidad hacia el tono blanco (positivo), para el punto a^* ambos valores están en el punto negativo, es decir una tonalidad verde, y para el punto b^* ambos valores están en el punto positivo, es decir una tonalidad amarilla.

Los valores de la medición de color en base al tratamiento de la concentración de acelga son estadísticamente diferentes según Fisher ($\alpha \leq 0.05$).

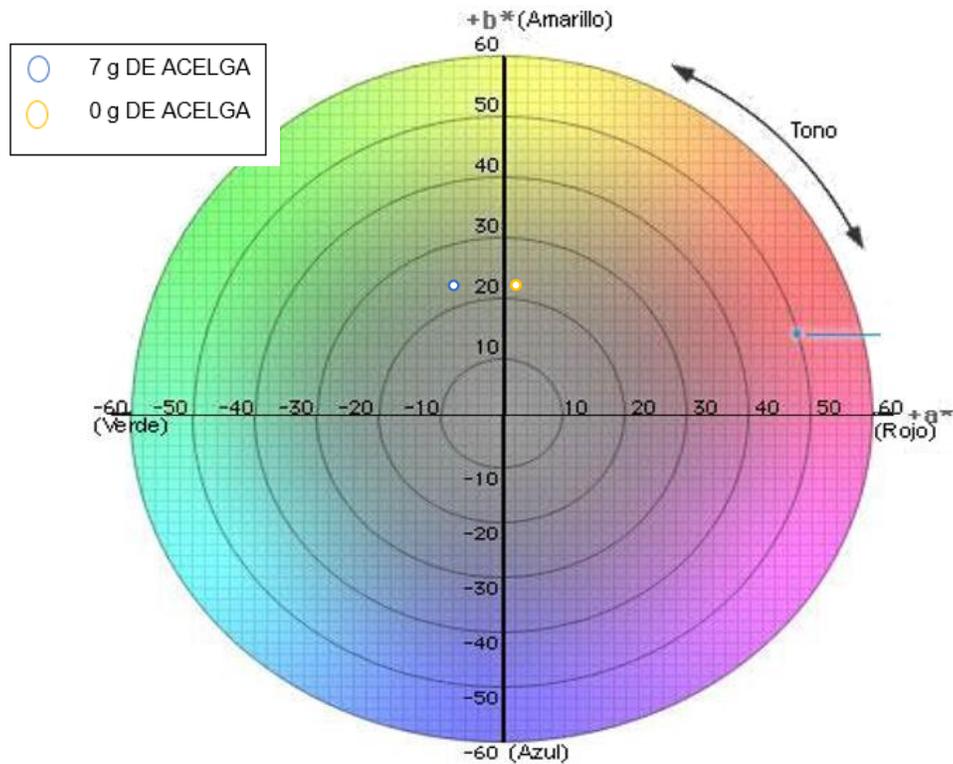


Figura 26. Diagrama de cromaticidad; concentración de acelga

Fuente: M.F.S.C., 2017

Por concentración de acelga, las tortilla sin agregado de acelga tienen un valor de color para L^* , a^* y b^* de 71.03, 0.15 y 20.63 respectivamente mientras que las que fueron elaboradas con la mayor concentración de acelga (7 g) fue de 52.95, -8.09 y 22.90 para el valor de color L^* , a^* y b^* respectivamente. Tomando de referencia el diagrama de cromaticidad (figura 26) (Mathias Retting, y otros, 2014) podemos señalar que el valor L^* de todas las concentraciones se encuentran en el parámetro de luminosidad hacia el tono blanco (positivo), para el punto a^* los valores están en el punto negativo, excepto para las tortillas con concentración de 0 g de acelga, es decir la mayoría en una tonalidad verde, y para el punto b^* los valores están en el punto positivo, es decir una tonalidad amarilla. Los datos para el punto a^* son mayores negativos por lo que el color verde está más presente lo que quiere decir que aquí también interviene la tonalidad verde de la clorofila presente en las tortillas

como los afirma (Badui Dergal, 2006) donde los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos que se producen durante el manejo y procesamiento y otros que son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos.

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos de la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se elaboraron tortillas de maíz enriquecida con acelga (*Beta Vulgaris var. Cycla*) en diferentes concentraciones en masa de maíz nixtamalizado y en harina de maíz comercial.
- Se determinaron las concentraciones de acelga utilizadas en la elaboración de las tortillas, que fueron de 0 g, 3 g, 5 g y 7 g en una porción total de 100 g encontrando que las tortillas con 7/100 g de acelga presentaron los mejores resultados para las variables estudiadas (ceniza 4.54 %, extracto etéreo 1.99 %, fibra cruda 1.95 %, proteína cruda 12.46 %, ELN 79.07 % y contenido calórico 384.01 Kcal/100g) además de los minerales, donde el potasio (K) sobresalió con un valor de 538.33 mg/100 g al igual que el calcio (Ca) con un valor de 570 mg/100 g, una característica muy importante de esta hortaliza.
- Se elaboraron las tortillas a partir de dos tipos de masa, una de masa de maíz nixtamalizado y la otra de harina de maíz comercial en una porción total de 100 g, encontrando que las tortillas de masa de maíz nixtamalizado presentaron los mejores resultados para las variables estudiadas (ceniza 4.97 %, extracto etéreo 1.75 %, fibra cruda 1.93 %, proteína cruda 10.75 %, ELN 80.59 % y contenido calórico 381.16 Kcal/100g) sobresaliendo de manera en los minerales, el Calcio (Ca) con 723.33 mg/100 g seguido del potasio con 483.75 mg/100 g.
- Se realizaron las pruebas de la caracterización química de las diferentes muestras de tortilla (acelga/tipo de masa) mostrando de manera general que las tortillas con 7/100 g de acelga combinadas con la masa de maíz nixtamalizado son las mejores desde el punto de vista de las variables estudiadas,

principalmente en el contenido de ELN (CHO) y en cuanto al contenido calórico fueron los valores más bajos.

- Se determinaron la concentración de clorofila y el color en las diferentes muestras de tortillas (acelga/tipo de masa) encontrando que el mayor contenido de clorofila total, **a** y **b** fue en las tortillas elaboradas con masa de maíz nixtamalizado y con la concentración de 7/100 g de acelga con un valor de 0.18, 0.09 y 0.09 respectivamente. El color presente en las muestras de tortillas está relacionado con el contenido de clorofila con una tendencia al color verde (-a*) dentro del diagrama de cromaticidad.

* M. F. S. C.= Mendoza Flores Sergio Cirilo, 2017

6. BIBLIOGRAFÍA

- Anton A, A., Ross K, A., Lukow O, M., Gary F, R., & Arntfield S, D. (2008). Influence of added bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas. *109*(33-41).
- Aurand L, W., Woods A, E., & Wells M, R. (1987). *Food Composition and Analysis*. NY, EU: AVI Book.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos* (Vols. 4; ISBN 970-26-0670-5). México: Pearson Educación.
- Bendolla, S., de Palacios M, G., Rooney L, W., Dichi K., C., & Khan M, N. (1983). *Cooking characteristics of sorghum and corn for tortilla preparation by several cooking methods* (Vol. 4). Cereal Chem.
- Benítez Rodríguez, M. (2016). *Caracterización del grano y mejora de la tortilla de maíz con acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.) y espinaca (*Spinaca oleracea* L.): visión transdisciplinaria* (Vol. I). México: Tesis Doctoral. Instituto Politécnico Nacional.
- Bernal de Ramírez, I. (1993). *Análisis de Alimentos*. Santa Fé, Bogotá, Colombia: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Billeb de Sinalbi, A., & Bressani, R. (2001). *Características de cocción por nixtamalización de once variedades de maíz* (Vol. 4). Archivo Latinoamericans de nutrición.
- Bressani , R., Benavides , V., Acevedo, E., & Ortiz M, A. (1990). Changes in selected nutrient contents and in protein quality of common and quality-protein maize during tortilla a preparation. *67*(515-518).
- Bressani. (1990). *Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas* (Vol. 6). Food Rev.
- Bressani, R., Breuner , M., & Ortiz M, A. (1989). Contenido de fibra ácido y neutrodetergente y de minerales menores en maíz y su tortilla. *39*(382-391).
- Carrillo Pérez, E., Serna Saldívar, S., & Rouzaud Sandez, O. (1989). *Effect of storage conditions and packaging materials on the Physicochemical, microbiological, and sensory properties of corn dry masa flour* (Vol. 13). J. Food Processing and Preservation.
- Chan H, W. S. (1987). *The Mechanism of autoxidation. In autoxidation of Unsaturated Lipids* (Vol. 1). Academic Press.

- Cuenca, F. (19 de Abril de 2012). *Varietades de acelga*. (El Huerto Urbano) Recuperado el Marzo de 2017, de El Huerto Urbano: <https://www.elhuertourbano.net/hortalizas/variedades-de-acelga/>
- Díaz del Castillo, B. (2005). *Historia verdadera de la conquista de Nueva España*. (La Insignia) Recuperado el Febrero de 2017, de La Insignia: http://www.lainsignia.org/2005/marzo/cul_047.htm
- Drost, D. (2008). *Manual de campo del Método de cultivo biointensivo*. (Educación con Base en la Agricultura Sustentable y Ecológica) Recuperado el Marzo de 2017, de EcoBASE: <http://www.cultivobiointensivo.net/EcoBASE>
- ECURED. (2017). *Acelga*. (ECURED) Recuperado el Marzo de 2017, de ECURED: <https://www.ecured.cu/Acelga>
- Eroski Consumer. (2015). *Eroski Consumer: HORTALIZAS Y VERDURAS*. (Fundación EROSKI) Recuperado el Febrero de 2017, de Eroski consumer: <http://verduras.consumer.es/acelga/introduccion>
- Escalante Monsalvo, P. (2009). *La vida urbana en el periodo clásico mesoamericano: Teotihuacán hacia el año 600 d.C* (Vol. I). México.
- Figueroa J, D., González Hernández , J., Arámbula V, G., & Morales S, E. (1997). *Tecnologías Ecológicas para la Producción de tortilla. Avance y Perspectiva*. México.
- García , E., & Fernández, I. (2016). *Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración de un ácido fuerte*. (Universidad Politécnica de Valencia) Recuperado el 22 de Febrero de 2017, de UPV: <http://riunet.upv.es/handle/10251/16338>
- Giese, J. (1995). *Measuring physical properties of food* (Vol. 49). EU: Food Technology.
- Gil Hernández , Á., & Ruiz López, M. (2010). *Tratado de Nutrición* (Vol. 2). Madrid, España: Médica Panamericana.
- Gómez M, H. L., Rooney L, W., Waniska R, D., & Pflugfelder R, L. (1987). *Dry corn masa flours for tortilla and snack food* (Vol. 32). Cereal Foods World.
- Gonzalez Hernández , J., Figueroa J, D., Vargas, H., & Sánchez Sinencio, F. (1997). *Technological Modernization of the Alkaline Cooking Process for the Production of Masa and Tortilla*. Singapore and London: World Scientific Publishing Co.
- Grossi, G. V., Ohaco Domínguez, E. H., & De Michelis, A. (2016). Determinación de Fibra dietética total, soluble e insoluble en hongos comestibles de cultivo *Pleurotus ostreatus*. *Facultad de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad Nacional de Comahue*.

- GRUMA. (2010). *Informe de sustentabilidad GRUMA 2010*. (GRUMA) Recuperado el marzo de 2017, de GRUMA: <https://www.gruma.com/media/180388/informesustgruma2010.pdf> 26 de marzo 2017
- Guevara A, J., Ornelas P, J., Rosales M, S., Soria G, R., Paz M, M., & Pimentel G, D. (2011). Biofunctional activity of tortillas and bars enhanced with nopal. Preliminary assessment of functional effect after intake on the oxidative status in healthy volunteers. *5(10)*.
- Hart F, L. (1991). *Análisis moderno de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Hernández Alvarez, P. L. (2017). *Tortilla Mexicana*. (ECURED) Recuperado el 22 de febrero de 2017, de ECURED: https://www.ecured.cu/Tortilla_mexicana
- Hernández Hernández, E. (2003). *Evaluación del efecto de la adición de harina de nopal (opuntia ssp) natural y libre de clorofila en la elaboración de tortillas de maíz* (Vol. I). Saltillo, Coahuila: Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Howard G, J., & Malcolm B, C. (1999). *Texas Organic Vegetable Gardening: The total guide to growing vegetables, fruits herbs, and other edible plants the natural way*.
- INEGI. (1992). *Abasto y comercialización de productos básicos*. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (1996). *Abasto y comercialización de productos básicos de maíz*. México: CONASUPO.
- Jett W, J. (2010). *Swiss chard: A New Look At An Old Crop. Horticulture Specialist*. (Agriculture and Natural Resources) Recuperado el Marzo de 2017, de West Virginia University: http://anr.ext.wvu.edu/commercial_horticulture/production_guide/swiss_chard
- Kirk R, S., Sawyer, R., & Egan, H. (1996). *Composición y análisis de alimentos de Pearson* (Vol. II). México: Compañía Editorial Continental SA de CV.
- Labuza, T. (1971). *Kinetics of lipid oxidation in foods critical* (Vol. 1). Review of Food Technol.
- Lachance P, A. (1972). *La Filosofía de la Fortificación Aplicada al Maíz*. Guatemala: Mejoramiento Nutricional del Maíz.
- Macua I, J., Lahoz, I., Calvillo, S., Jiménez, E., & Díaz, E. (2010). *Acelga para industria- Influencia de la densidad de plantación*. (Navarra agraria) Recuperado el Marzo de 2017, de Navarra agraria: <http://www.navarraagraria.com/n181/accelga.pdf>

- Martínez , A., A. Lee , R., Chaparro, D., & Páramo, S. (2003). *Postcosecha y mercadeo de hortalizas de clima frío bajo prácticas de producción sostenible* (Vols. ISBN: 958-9029-58-2). Bogotá, Colombia: Cuadernos del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales.
- Mathias Retting, K., & Ah-Hen, K. (2014). *El color en los alimentos un criterio medible* (Vol. 42). Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- 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 Montoya, A. (2008). *Práctica 3 Fibra cruda. Análisis de Alimentos.* (Blogspot) Recuperado el 20 de Febrero de 2017, de Blogspot: <http://qfbalimentoslaboratory.blogspot.mx/2008/11/determinacion-de-fibra-cruda.html>
- Mora Brautigán, I. (2007). *Nutrición Animal* (Vols. ISBN: 9977-64-557-4). San José, Costa Rica: EUNED.
- Moreiras, C., & colaboradores. (2013). *Tablas de Composición de Alimentos (ACELGAS FRESCAS)*. EFSA.
- Nielsen , S. (1998). *Food Analysis* (Vol. II). Maryland, NY, EU: Aspen Publication.
- Nielsen, S. (2003). *Food Analysis Laboratory Manual*. NY, EU: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- NMX-F-046-S-1980. (s.f.). *Harina de Maíz Nixtamalizado. Norma Mexicana. Dirección General de Normas. Norma Mexicanas.*
- Nollet L, M. L. (1996). *Handbook of Food Analysis*. Nueva York: M Dekker.
- 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.* México.
- Obatolu A, V., Okoruwa, A., & Iken J, E. (2007). Improvement of home-made maize tortilla with soybean. 42(420-426).
- Olvera Novoa, M., Martínez Palacios, C. A., & Real de León, E. (Mayo de 1993). *FAO. (Departamento de Pesca)* Recuperado el Febrero de 2017, de Depositos de Documentos de la FAO: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S00.htm#TOC>
- Ontiveros M, M., Ochoa M, L., González H, S., Delgado L, E., Bello P, L., & Morales C, J. (2012). Effect of Sourdough on Quality and Acceptability of Wheat Flour tortillas. 76(1278-1283).

- 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 López, O., Guevara Lara, F., & Bello Pérez, L. A. (2009). *La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz*. México: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- Pflugfelder R, L., Rooney L., W., & Waniska R, D. (1989). Fractionation and composition of commercial corn masa . 65(262-266).
- Porkony , J. (1987). *Major factors affecting the autoxidation of lipids. In Autoxidation of Unsaturated lipids*. Academy Press.
- Reyes Vega, M. (1998). *Efecto del empaqueo 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.
- Rooney L, W., & Suhendro E, L. (1999). *Perspectives on nixtamalization (alkaline cooking) of maize for tortilla and snacks* (Vol. 44). Cereal Foods World.
- Salinas Moreno, Y., Castillo Linares, E. B., Vázquez Carrillo, M. G., & Buendía González , M. O. (2011). Mezclas de maíz normal con maíz ceroso y su efecto en la calidad de la tortilla. 2(689-702).
- Salud, M. c. (2017). *Más de 15 razones para consumir clorofila*. (Mejor con Salud) Recuperado el Abril de 2017, de Mejor con Salud: <https://mejorconsalud.com/mas-de-15-razones-para-consumir-clorofila/>
- Serna Rivera, L. F., & López García, S. D. (2010). *Actualización del manual del laboratorio de análisis de alimentos del programa de tecnología química de la Universidad Tecnológica de Pereira*. Colombia: Escuela de Química. Programa de Tecnología Química.
- Serna Saldivar, S. O., Gomez M, H., & Rooney L., W. (1990). *Advances in cereal Science and Technology, Chapter 4: Technology, Chemistry, and Nutritional Value of Alkaline- Cooked Corn products* (Vol. 4). Minn. EU: American Association of Cereal Chemists.
- Sierra Macías, M., Palafox Caballero , A., Vázquez Carrillo , G., Rodríguez Montalvo, F., & Espinosa Calderón A. (2010). *Caracterización Agronómica, Calidad industrial y Nutricional de maíz para el trópico mexicano. Agronomía Mesoamericana*. México.
- Sloane, L. (2010). *Homegrown Favorite: Swiss Chard. A delicious and interesting alternative to leafy vegetables like spinach and lettuce*. (Organic Gardening)

Recuperado el Marzo de 2017, de Organic Gardening:
<http://www.organicgardening.com/learn-and-grow/homegrown-favorite-swiss-chard>

Soler, E. (2014). *Nixtamalización del maíz. Cocina en casa.* (Blogspot) Recuperado el Marzo de 2017, de Blogspot:
<http://esolercocina.blogspot.mx/2014/07/nixtamalizacion-del-maiz.html>

UNAM. (2007). *Determinación de cenizas. Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos.* (UNAM) Recuperado el Febrero de 2017, de UNAM:
http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf

Vargas O, W. (1984). *fundamentos de Ciencia Alimentaria.* Santa Fé de Bogotá, Colombia: Fundación para la investigación interdisciplinaria y la Docencia.

Vázquez R, J., Amaya G, C., Báez G, J., Núñez G, M., & Figueroa C, J. (2013). Study of the fortification with bean and amaranth flours in nixtamalized maize tortilla. 11(62-66).

Vidal Quintanar, R., Love R, L., & Johnson L, A. (2000). *Role of oil on physical properties of corn masa flours and sensory characteristics of corn tortillas* (Vol. 35). J. of Food Processing and Preservation.

Wu, D., & Sun, D. W. (2013). *Color measurements by computer vision for food quality control- A review* (Vol. 29). EU: Trends in Food Science & Technology.