UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Título de la tesis

DESARROLLO DE UNA TORTILLA DE MASA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO ENRIQUECIDA CON ALGA (Porphyra yezoensis)

Por
Andrea Dafne Rosas Rivera

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México; mayo 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS

"Desarrollo de una tortilla de masa de maíz nixtamalizado enriquecidas con Alga *Porphyra yezoensis*"

Presentada por:

Andrea Dafne Rosas Rivera

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

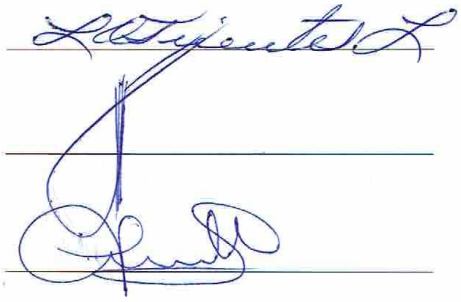
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El presente trabajo ha sido asesorado y aceptado de acuerdo con el 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

Dra. Xóchitl Ruelas Chacón
Coasesor
Departamento de Ciencia y tecnología de Alimentos



Saltillo, Coahuila, México; mayo 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS

"Desarrollo de una tortilla de masa de maíz nixtamalizado enriquecidas con *Porphyra yezoensis*"

Presentada por:

Andrea Dafne Rosas Rivera

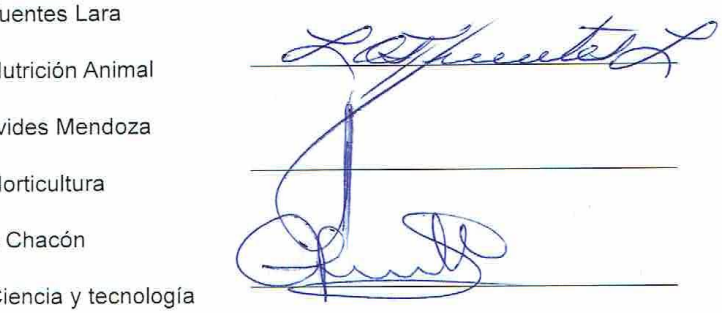
Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

M.E. Laura Olivia Fuentes Lara
Asesor principal
Departamento de Nutrición Animal

Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Coasesor
Departamento de Horticultura

Dra. Xóchitl Ruelas Chacón
Coasesor
Departamento de Ciencia y tecnología de Alimentos



MC. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México; mayo 2025

Declaración de Autenticidad y no plagio

Por medio de la presente, yo Andrea Dafne Rosas Rivera, estudiante egresado de la carrera de ingeniería en Ciencia y Tecnología de Alimentos declaro que la presente tesis titulada "Desarrollo y evaluación de tortillas de maíz nixtamalizado enriquecidas con *Porphyra yezoensis*" es el resultado de mi trabajo original y que todas las fuentes utilizadas están debidamente referenciadas y citadas. Confirmo que este trabajo no ha sido previamente presentado para la obtención de ningún otro título académico.

Aseguro que todas las ideas, conceptos, datos y conclusiones presentadas son el resultado de mi propia investigación y análisis. Cuando se han utilizado las ideas de otros autores, proporcionó referencias a las fuentes.

Andrea Dafne Rosas Rivera

Dedicatoria

Este trabajo es dedicado a las personas que siempre confiaron en mí, en aquellas personas que estuvieron en el inicio.

A mis padres:

Dulce María Rivera Ibarra y José Manuel Rosas Jaras

A mis hermanos:

Marijose Rosas Rivera y José Miguel Rosas Rivera

Y principalmente a mis abuelitos paternos, Josefina Jaras Ortiz y Apolinar Rosas Torres que a pesar de que solo estuvieron la mitad de mi vida conmigo ellos siempre confiaron en que llegaría lejos y sé que donde quiera que estén siempre me cuidan y están orgullosos de mí, ellos me hubieran dado su apoyo si estuvieran aquí. Siempre estarán en mi corazón y serán recordados con mucho cariño y amor, me dieron la infancia más bonita.

Agradecimientos

Quiero agradecer principalmente a mis padres, que siempre estuvieron conmigo en este largo camino y que dieron todo su esfuerzo para que yo pueda llegar y ser lo que soy ahora.

A mis hermanos que me dieron las fuerzas todos los días para echarle muchísimas ganas para poder ser un buen ejemplo para ellos, y para sepan que podemos lograr lo que queremos.

A mi novio Eduardo Charles llego cuando menos quería una relación la vida me resultaba demasiado complicada para agregarle más problemas. Pero llego y entro a mi vida para demostrarme que cuando hay amor, la vida se vuelve más sencilla.

Ing. Anayelli Cerda Robles por estar conmigo en la peor etapa de mi vida, que me dio los ánimos para no rendirme y que siempre estuvo al pendiente de mí, es una persona muy importante para mí.

A una de mis mejores amigas de la prepa Anahí Rojas Gamez y a su esposo Saúl Sánchez por estar en mi primer procesos y adaptación en la universidad, por ayudarme y brindarme un hogar y estar cuando siempre los ocupe.

A mi buen amigo Servando Donias por brindarme un gran apoyo en el inicio de mi carrera.

A mi abuelita Minerva Ibarra por brindarme apoyo y acompañarme en el inicio de mi carrera universitaria.

A mi Rumi y una de mis mejores amigas que me regalo mi bella universidad, Fátima Solís Nieves la que siempre estuvo conmigo en mis peores momentos, la que me escucho y ayudo, la que me dio el significado de lo que es una verdadera amistad, se apareció dónde estaba en el punto de mi vida que no me sentía bien, llego he hizo mi vida más bonita.

A la Doctora Jennifer Yáñez Casas y a su familia por brindarme de una muy bonita amistad y darme la mejor etapa de mi vida, y por motivarme a nunca rendirme por abrirme las puertas de su casa en esta adaptación de mi vida universitaria, por no dejarme sola y estar cuando yo más la necesite.

A mi asesora principal M.E. Laura Olivia Fuentes Lara por apoyarme y tenerme muchísima paciencia en realizar este trabajo.

A mi Psicóloga Luz María me ayudo a sacarme de ese pozo sin salida, me dio un motivo importante de seguir, y guiarme con esa vibra tan bonita.

Nunca dejare de agradecer a mi abuelo paterno Apolinar Rosas Torres, el que me dio la valentía de querer y luchar lo que me propongo, en darme ese coraje para guiarme en este largo camino, a mi abuelita paterna Josefina Jaras por enseñarme el verdadero significado de lo que es el verdadero amor hacia las personas cercanas, y el verdadero significado de lo que es la humildad. Siempre los recordare como el verdadero amor, ese que siempre me dieron, no se compara ni con todas las cosas del mundo. Son el tesoro más grande de toda mi existencia.

A todas esas amistades que conocí a lo largo de mi carrera, esas amistades que me brindo mi bella universidad las que un día me sacaron una sonrisa, por los gratos recuerdos, en esas bienvenidas, expos, en esos viajes en los que llegue a conocer diferentes culturas, en fin, gracias por todo.

Contenido

I. INTRODUCCIÓN 1
1.1 JUSTIFICACIÓN 3
1.2 OBJETIVOS 3
1.2.1 OBJETIVO GENERAL 3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3
2. MARCO TEÓRICO 4
2.1 Maíz 4
2.1.1 Características generales 4
2.1. 2 Uso del maíz 6
2.1. 3 Tortillas 7
2.1.4 Adición y Fortificación 9
2.1.5 Algas 9
2.1.6 Taxonomía 12
III. MATERIALES Y MÉTODOS 13
3.1 Materia prima 13
3.2 Materiales 13
3.3 Equipos utilizados 13
3.4 Reactivos utilizados 14
3.5 Formulación y Elaboración de Tortillas 15
3.6 Obtención del Alga 16
3.7 Elaboración de las Tortillas 16
3.8. Preparación de la muestra para su caracterización química 17
3.9 Determinación de materia seca total (% MST) 18
3.10 Determinación del % de Ceniza o minerales 19
3.11 Determinación del % de Proteína Cruda 20
3. 12 Determinación del % de extracto etéreo o grasa total por método Soxhlet 22
3. 13 Determinación del % de Fibra cruda. 24
3.14 Determinación del % de extracto libre de nitrógeno (% ELN) o carbohidratos 26
3.15 Determinación de contenido calórico (kcal) 27
IV. Resultado y Discusión 29
Humedad y materia seca total (%) 31

4.2 Ceniza Total 31
4.3 Proteína Cruda.....32
4.4 Extracto etéreo o grasa.....33
4.5 Fibra Cruda.....34
4.6 Extracto libre de nitrógeno o carbohidratos (% ELN).....35
4.7 Contenido calórico (kcal) 36
V. Conclusiones.....38
VI. Bibliografía Citada.....39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Composición química de diferentes tipos de algas 11
Cuadro 2: Taxonomía del alga roja *Porpyhra yezoensis* 12
Cuadro 3. Los materiales utilizados. 13
Cuadro 4. Los equipos utilizados 14
Cuadro 5. Los reactivos utilizados 14
Cuadro 6. Formulaciones de tortillas de masa de maíz nixtamalizado y alga marina (*Porphyra*). 15
Cuadro 7: Caracterización del alga 29
Cuadro 8: Caracterización de las tortillas. 30
Cuadro 9: Resultados de % Humedad y % Materia Seca Total. 31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tratamientos y concentraciones de alga. 17
Figura 2 Crisoles para determinar %MST. 18
Figura 3. Equipo Kjeldahl. 20
Figura 4. Dedales de celulosa. 23
Figura 5. Equipo de Soxhlet 24
Figura 6. Equipo para determinación de Fibra Cruda. 25
Figura 7. Comparación de medidas de ceniza total. 32
Figura 8. Comparación de medidas de proteína cruda. 33
Figura 9. Comparación de medidas de etéreo y grasa. 34
Figura 10. Comparación de medidas de Fibra Cruda. 35
Figura 11. Comparación de medidas de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos. 36
Figura 12. Comparación de contenido calórico (kcal) 37

RESUMEN

Las tortillas de maíz son la base de la alimentación mexicana, por lo que la fortificación en este producto es punto clave para dar pauta a una mejora en la dieta mexicana. El alga marina es empleada como un suplemento en la dieta alimenticia, por sus cualidades nutricionales que contienen; son ricas en vitaminas y minerales, vitaminas como A, B1, B2, C, D, E y K, además de potasio, fosforo, yodo, hierro, fibra, sodio, y pequeñas cantidades de proteínas vegetales, por lo que su adición en tortillas de maíz es una posible alternativa para la mejora de este producto.

En el presente trabajo se realizaron cinco formulaciones, 0.3 %, 0.5 %, 1.0 %, 2 % y 3.0 %. Se determinó la caracterización química de las variables; materia seca total (% MTS), cenizas (% C), extracto etéreo (% EE), proteína cruda (% PC), fibra cruda (% FC) extracto libre de nitrógeno o carbohidratos, (% ELN) y contenido calórico (% kcal/ 100 g).

Los resultados fueron analizados por medio de un análisis de varianza (ANVA) y mediante una prueba de medidas de Fisher ($p \leq 0.05$) utilizando un paquete estadístico Statistica for Windows.

Los datos mostraron que la mejor concentración, en cuanto a valor nutricional, fue la de 3.0 %, dando valores estadísticamente altos en contenidos de proteína cruda, con 17.67 %, cenizas o minerales con 2.47 % y bajo porcentaje de extracto libre de carbohidratos lo cual hace que sea uno de los puntos más importantes, debido a que la población actualmente demanda alimentos con un bajo contenido de carbohidratos.

La fortificación de las tortillas dio resultados favorables en los valores de cenizas o minerales y proteína cruda.

Palabras clave: tortilla, maíz, alga, caracterización, contenido.

I. INTRODUCCIÓN

Las algas marinas son organismos autótrofos, plantas que se ven a simple vista, no tienen tallo raíces, ni hojas viven en ambientes de aguas saladas o dulces. Son muy utilizadas en países asiáticos como complemento alimenticio son ricas en macronutrientes que aportan alto grado de valor nutricional a la salud. Tienen un elevado potencial para para el uso alimentario en humanos y animales.

Las algas son organismos autótrofos de estructura simple, con escasa o nula diferenciación celular y de tejidos complejos por lo que son talofitas. Taxonómicamente se clasifican en tres grupos: *Chlorophyta* o *clorofitas*, *Phaeophyta* o *feófitas* y *Rhodophyta* o *rodófitas*, que corresponden a algas verdes, pardas y rojas respectivamente ya que presentan pigmentos que predominan sobre los otros (Quitral R., et al., 2012).

El alga marina es empleada como un suplemento en la dieta alimenticia, por sus cualidades nutricionales que contienen; son ricas en vitaminas y minerales, vitaminas como A, B1, B2, C, D, E y K, además de potasio, fosforo, yodo, hierro, fibra, sodio, y pequeñas cantidades de proteínas vegetales (Vivaz Seguros*, 2021 https://www.bing.com/search2021*).

Las tortillas de maíz es la base de la alimentación de la población mexicana siendo un pilar de innovación alimenticia por lo que se puede modificar para así darle un valor agregado en la nutrición de la población en la dieta mexicana.

México produce y consume maíz blanco; este producto se genera alrededor de 22 millones de toneladas, de las cuales 12 millones se destinan al consumo humano comercial (industria harinera y de masa de maíz nixtamalizado, principalmente), cerca de seis millones de la producción es aprovechada en el autoconsumo de las familias, dos millones son utilizadas por el sector pecuario; el resto se parte entre semillas, mermas inventarios y exportaciones (SE, 2012).

Se ha estimado que el consumo diario de tortilla por persona en las zonas rurales es de 217.9 g (con un peso aproximado de 27 g por tortilla, arroja 8 tortillas al día), mientras que en las zonas urbanas este indicador es de 155.4 g (seis tortillas al día). Así, en 2010 el consumo de tortilla en el país se calculó en 6.9 millones de toneladas, con un valor de 72,481 millones de pesos (CONEVAL, 2010).

La tortilla de maíz se ha consumido en México como principal complemento, esto conlleva a un alto grado de valor nutricional, que aporta una buena alimentación, contiene un alto contenido de fibra soluble, entre otros nutrientes.

Los alimentos funcionales de maíz fortificados han sido los mayores en consumir en varios países como estados unidos, teniendo una demanda mayor como un producto elaborado enriquecido para una mayor aportación de nutrición, y ser más atractivo para el mismo.

La tortilla sigue siendo indispensable dentro de la mesa del pueblo mexicano aportando un 70 % de las calorías que se necesitan diariamente, a pesar de los años nunca se dejara atrás para la nutrición de los mexicanos.

1.1 JUSTIFICACIÓN

Las bases de la alimentación mexicana son las tortillas, que no solo es un alimento, sino un elemento cultural y un símbolo de identidad. En el país, la tortilla tradicional trasciende en el simple acto de alimentarse; forma parte de tradiciones, festividades y se consideran patrimonio culinario, es indispensable en la cocina mexicana, es por eso por lo que se realizó este proyecto para darle un valor nutricional más alto a nuestro complemento que es la tortilla que además de nutrir aporta propiedades que mejoran la salud.

El uso de las algas deshidratadas podrá ser un factor determinante para el valor nutrimental en nuestra tortilla, siendo así nuestro aporte nutricional, añadiendo un sabor más agradable además de que el consumidor tenga un mejor aporte nutricional.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener una tortilla de maíz enriquecida con alga *Porphyra yezoensis,* para mejorar cualidades nutritivas.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular y elaborar tortillas de maíz enriquecida con alga *Porphyra yezoensis en cada una de las diferentes concentraciones.*

- Determinar las características químicas de cada una de las formulaciones, para establecer cuál de ellas presenta las mejores cualidades nutritivas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Maíz

Historia del maíz

El maíz (*Zea mays*) tiene un antecedente de domesticación desde hace más de 7000 años. El maíz es originalmente mexicano, y es un recurso vital para el consumo de sus habitantes desde hace miles de años. Su cultivo dio inicio en Teotihuacán. El maíz proporcionó el alimento a las épocas de las civilizaciones antiguas de tierras mexicanas, como lo son los aztecas, mayas y olmecas. El maíz ha sido un símbolo alimenticio en México, por su gran antigüedad, el maíz ha sido fundamental en la alimentación mexicana es un símbolo de identidad de este.

2.1.1 Características generales

El maíz y sus parientes silvestres teocintles, se clasifican dentro del género *Zea* perteneciente a la familia *Graminea o Poaceae*, que incluye también a importantes cultivos agrícolas como el trigo, arroz, avena, sorgo, cebada y caña de azúcar. Con base en caracteres de la espiga o inflorescencia masculina, el género *Zea* se ha dividido en dos secciones luxuriantes y anuales (Doebley & Iltis, 1980).

Con base en diversos hallazgos, como cerámica y lítica principalmente, así como el estudio de sedimentos y depósitos de restos vegetales en contexto arqueológico, se cree que el maíz fue domesticado hace aproximado 8000 años. Su evolución es producto de la interacción de los procesos biológicos y factores ecológicos con la dinámica cultural y los intereses del hombre (Benz, 1997).

Las investigaciones sobre constitución de los nudos cromosómicos de varias razas de maíz de México han confirmado que ocurrieron eventos independientes de domesticación del maíz, en cuatro centros localizados en México (dos en la región de Oaxaca-Chiapas, una de las tierras más altas y una de las tierras medias del norte del estado de Morelos y Guerrero). Estos sitios son considerados como los lugares como

el germoplasma original del maíz domesticado de las poblaciones de Teocintle donde ya había ocurrido citogenética mente la diversificación (Kato, 1984).

Botánica

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una medula esponjosa si se realiza un corte transversal.

Inflorescencia

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta.

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presenta tres estambres donde se desarrolla el polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un mejor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.

Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, pueden ser lineales o lanceoladas. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es de la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias extremas.

Desarrollo vegetativo del maíz

Desde que se siembran las semillas hasta la aparición de los primeros brotes, transcurre un tiempo de 8 a 10 días, donde se ve muy reflejado el continuo y rápido crecimiento de la plántula.

Suelo

El maíz se adapta muy bien a todos los tipos de suelos, pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharque que originen asfixia radicular.

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla.

Esta plana es gramínea americana, que se caracteriza por tener tallos largos y macizos (y no huacos como sus parientes más cercanos) y al final de los cuales se dan espigas o mazorcas (inflorescencias femeninas), con sus semillas o granos de maíz dispuestos a su largo de su eje.

También se llama maíz (o choclo) a dichas mazorcas e incluso a sus granos una vez extraídos. Se trata de una fuente alimenticia sumamente popular, sobre todo en el continente americano, que suele molerse para hacer harinas (y elaborar diversos platos con ellas desde arepas y hasta tortillas).

2.1. 2 Uso del maíz

Existe un gran uso de este como lo son tortillas, atole, tamales, reflejando una gran gastronomía que por lo que hoy es identificado México. Los aztecas unas de las civilizaciones más avanzadas de Mesoamérica adoptaron este alimento en su dieta como uno de los que les aportan más calorías sino también nutrientes esenciales. Este alimento no solo aportaba un gran nutrimiento a la población sino también jugaba un papel importante en sus vidas cotidianas.

2.1. 3 Tortillas

La tortilla es la base de la alimentación para la comida de los mexicanos, el mayor consumo de tortillas en nuestro país se concentra en las zonas rurales, en donde muchas personas continúan preparándolas de forma tradicional. El proceso ancestral consiste en desgranar y limpiar el maíz, nixtamalizarlo (cocerlo en agua con cal viva), permitirle reposar durante la noche, enjuagarlo, molerlo, amasarlo, y dar forma y cocer las tortillas en un comal. Esta forma de elaboración ha pasado a través de las generaciones desde mucho tiempo antes de la llegada de los españoles a estas tierras.

Hace aproximadamente cien años, aparecieron en México las primeras máquinas tortilladoras y revolucionaron la forma de hacerlas. En la actualidad, la mayor parte de las que se comen son producidas de forma mecanizada en alguna de las más de 80 mil tortillerías que existen en el país. Pocos años después de la aparición de esas máquinas, inició la industria de la harina de maíz. Con base en un proceso de deshidratación del grano nixtamalizado, se hizo posible generar un producto que podía ser hidratado para obtener una masa “similar” a la obtenida mediante el método típico de nixtamalización.

Se estima que actualmente poco más del 40 % de las tortillas del país se prepara a base de harina de maíz. Es importante recalcar que, si bien, esta es un sustituto aceptable, jamás ha logrado igualar a la tradicional en sabor, textura y calidad.

Al ser un alimento perecedero, se han buscado muchas formas de extender lo más posible su vida de anaquel, así como preservar sus condiciones físicas de flexibilidad y textura. Esto ha derivado en que hoy existan en el mercado muchas marcas que ofrecen “tortillas” empacadas que no requieren refrigeración y que pueden ser almacenadas por periodos largos. Para lograrlo, las empresas que las comercializan recurren a diferentes conservadores; además, han desarrollado múltiples productos que se adicionan a la masa con el fin de incrementar el rendimiento, alterar el sabor, blanquearla, otorgarle flexibilidad y gelatinizarla.

Tipos de tortillas de maíz.

El resultado de la evolución de la industria de la tortilla nos lleva hoy en día a replantear el concepto que los mexicanos tenemos de lo que es. Con la aparición de tantas variantes en el mercado, resulta necesario entender como consumidores qué tipos existen, cómo reconocerlos y, sobre todo, contar con los elementos necesarios para tomar una buena decisión de compra. La base para comprender los tipos que existen, consiste en saber que la tortilla tradicional únicamente contiene tres ingredientes: maíz, agua y cal. A continuación, se mencionan algunos de los principales criterios que se pueden evaluar para reconocer las clases que hay:

- Procedencia. Cada región de nuestro país tiene sus propias variedades. Las podemos encontrar delgadas o gruesas, blandas o duras, pequeñas o grandes.
- Variedades de maíz. México es el centro originario y posee 59 razas nativas, las cuales se cultivan a lo largo de todo el territorio nacional. Cada tipo posee cualidades que le confieren una textura y un sabor distinto. Una de las características que estamos más acostumbrados a diferenciar es el color, determinado por el tipo de maíz usado para elaborarla. Un ejemplo es la tortilla azul, que adquiere ese tono gracias a la coloración natural de ciertas razas azules o negras.
- Forma. Si bien, casi todas las tortillas en México tienen forma circular, existen excepciones, como el caso de las usadas para preparar flautas, con una forma ovalada y alargada. Mediante su figura es posible reconocer también el método con el que fueron elaboradas. Cuando las tortillas se hacen a mano, o con la ayuda de una prensa tortillera, el contorno de estas siempre es irregular. Cuando veas una tortilla perfectamente redonda, puedes reconocer que fue hecha a máquina y cortada con un molde de los que vienen integrados en la tortilladora.
- La textura. De la tortilla nos puede indicar datos sobre la molienda y si ésta fue preparada con maíz o harina. Normalmente, las tradicionales molidas con metate o con molinos presentan rastros visibles de maíz, mientras que las de harina tienen unas partículas mucho más finas. Las primeras suelen tener una textura más firme y flexible, mientras que las segundas son frágiles y tienden a

romperse al ser apretadas con la mano. También se puede probar la consistencia mediante la elaboración de platillos como chilaquiles o enchiladas.

- Color. Su tonalidad suele estar determinada por el tipo de maíz con el cual fue hecha. Hay que recordar que existe una gran variedad. Los más comunes son el blanco, el azul, el amarillo, el rojo y algunos pintos. En el caso de estos últimos, las tortillas suelen quedar un poco verdosas o azuladas. Existen otras con ingredientes añadidos que pueden alterar el color del producto final, un claro ejemplo son las de nopal, con una tonalidad verde seca.

2.1.4 Adición y Fortificación

Díaz et al., (2021) Analizaron tres tipos de tortilla de maíz; la de harina de maíz, la nixtamalizada comercial y la tortilla de maíz (NB-6) fortificada con amaranto *(Amaranthus cruentus).* Los resultados proximales reflejaron que la tortilla fortificada con amaranto presento mayor contenido de proteínas 10.73 % y 53.35 % de materia seca. El contenido energético (kcal), reflejo que la tortilla fortificada con amaranto aporta 219,152 kcal, valor similar al contenido reportado por la FDA para tortillas caseras, y superior a las tortillas valoradas en el estudio, constituyendo de esta forma la alternativa que presento un valor nutricional de acuerdo con lo establecido por FAO/OMS.

De igual forma a este cultivo se le han atribuido propiedades inhibidoras en la proliferación de células cancerosas, a través de la presencia de una proteína similar a lunasin de soya, cuyas propiedades han sido demostradas contra químicos carcinogénicos, oncogenes e inhibidores de las proteínas supresores de tumores.

2.1.5 Algas

Las algas son organismos simples, fotosintéticos y acuáticos que se clasifican en el reino Protista. Estos organismos son fundamentales para los ecosistemas acuáticos y tienen una gran diversidad de formas, tamaños y colores. Pueden encontrarse en una variedad de ambientes acuáticos, desde agua dulce hasta salada y desempeñan un papel crucial en la producción de oxígeno y en la cadena alimentaria marina (Egan et

al., (2013). Las algas se clasifican en tres grupos: *Rhodophyta* o algas rojas, *Phaeophyta* o algas pardas y *Chlorophyta* o algas verdes. La clasificación mencionada se basa en la pigmentación, clorofilas (algas verdes), fucoxantina (algas marrones) y ficobilina (algas rojas) (O' Brien et al., 2022).

Las algas pardas o *Phaeophyta* corresponden a un grupo muy grande de algas marinas, en que no se conoce aún el número exacto de especies. Su pigmentación varía de amarillo pardo a pardo oscuro y produce gran cantidad mucus protector. Dentro de este grupo de algas, las más conocidas en nuestro país son *Macrocystis pyrifera* (huiro), *Lessonia nigrescens* (huiro negro), *Durvillaea antarctica* (cochayuyo). Las algas rojas o *Rhodophyta* son el segundo grupo más grande de algas y son las más primitivas, las que se encuentran en diversos medios. Las especies *Gracilaria* (pelillo), *Porphyra* (luche) y *Chondrus crispus* (liquén) son algunos ejemplos de Algas verdes o *Chlorophyta* tienen menor presencia que las algas pardas y rojas. Su pigmentación varía desde amarillo verdoso hasta verde oscuro. *Ulva lactuca* conocido como ulte o lechuga de mar es la más conocida.

Aproximadamente el 66 % de las especies de algas conocidas se usan como alimento, siendo los países asiáticos los mayores consumidores utilizando diversas formas culinarias; en cambio en países occidentales se utilizan principalmente para la extracción de hidrocoloides como agar, carragenina y alginatos.

Las algas son un recurso abundante, económico y atractivo para utilizar como ingrediente en alimentos. Aportan nutrientes y compuestos bioactivos, además de tener propiedades tecnológicas que hacen viable su incorporación. La concentración para utilizar debe ser correctamente controlada ya que la calidad sensorial no siempre se ve favorecida, por lo que es un interesante desafío su inclusión en alimentos como un ingrediente funcional.

Valor nutricional de algas

Desde el punto de vista nutricional, las algas son bajas en calorías, presentan alta concentración de proteínas, fibra dietética, minerales y vitaminas (Lahaye M. et al., 1991). Como se muestra en el Cuadro 1 el cual presenta datos de la composición

química de distintas algas. En general, las proteínas de algas son ricas en glicina, arginina, alanina y ácido

glutámico; contienen aminoácidos esenciales en niveles comparables a los que indica FAO/OMS como requerimientos, sus aminoácidos limitantes son lisina y cistina Rajapakse N, et al., (2011).

Cuadro 1: Composición química de diferentes tipos de algas

Alga	Proteínas	Lípidos	Cenizas	Fibra Dietética
Grateloupia turuturu	22.9 ± 2.0	2.6 ± 0.1	18.5 ± 0.6	60.4 ± 2.3
Uva clarathrata	20.1± 0.1	2.2 ± 0.1	27.5 ± 0.2	40.6
Ulva lactuca	27.2 ± 1.1.	0.3 ± 0.0	11.0 ± 0.1	60.5
Uva lactuca	8.46 ± 0.001	7 87 ± 0.10	19.59 ± 0.51	54.90 ± 0.95
Durvillaea antárctica (tallo)	11.6 ± 0.9	4.3 ± 0.6	25.7 ± 2.5	-
Luminaria saccharina	25.70 ± 0.11	0.79 ± 0.007	34.78 ± 0.008	-
Hizikia fusiforme	10.9 ± 1.0	1.4 ± 0.1	-	62.3 ± 0.7

Fuente: (Quitral R. et al., 2011).

Las algas son excelente fuente de vitaminas A, B1, B12, C, D y E, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y ácido fólico Dhargalkar V.K. et al., (2009).

El contenido en minerales en algas es alto, sobre un 36 % de peso seco, dentro de los macrominerales se incluyen sodio, calcio, potasio, cloro, sulfuro y fósforo. Una porción de *Ulva lactuca* aporta aproximadamente 257 mg de calcio, similar al aporte de queso (Matanjun, P. et al., 2009). En los micro minerales se incluyen el yodo, hierro, zinc, cobre, selenio, molibdeno, flúor, manganeso, boro, níquel y cobalto. Las algas son fuente primaria de yodo, llegando a aportar el requerimiento diario de yodo (150 µg/día) Rajapakse N. et al., (2011).

Las algas verdes poseen en mayor cantidad ácido linoleico y α-linolénico, palmítico, oleico y DHA (Fleurence et al.,1994). Las algas contienen una alta concentración de

hidratos de carbono como polisacáridos estructurales, de almacenamiento y funcionales, con valores de 20 a 70 %.

2.1.6 Taxonomía

En el cuadro 2: se muestra la clasificación del alga.

Cuadro 2: Taxonomía del alga roja *Porpyhra yezoensis*

Reino	**Plantae**
Division	Rhodophyta
Clase	Bangiophyceae
Orden	Bangiales
Familia	Bangiaceae
Genero	*Porphyra*

Fuente: C. AGARDH, 1824

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento del mismo nombre, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en el municipio de Saltillo, Coahuila, México.

3.1 Materia prima

Se utilizó masa de maíz nixtamalizado marca Don Cayetano y alga marina (*Porphyra Yenzoensis)*, de la marca polar Roasted seameed ambos ingredientes fueron obtenidos de un supermercado en el municipio de Saltillo, Coahuila.

3.2 Materiales

Cuadro 3. Los materiales utilizados en el presente estudio se describen a continuación.

Charolas De aluminio	**Frascos**	**Pinzas para crisol y matraces**	**Matraz redondo de fondo plano**	**Perlas de vidrio**	**Cucharas**
Máquina de manual para tortillas	Bolsas de papel	Espátulas	Vasos de Berzelius.	Matraces Erlenmeyer	Papel secante
Parilla de gas	Recipientes de plástico	Desecadores	Embudos	Matraz de aforación	Vasos de precipitado
Comal de teflón	Crisoles de porcelana	Cartucho de celulosa	Matraz Kjeldahl	Papel filtro	Buretas
Licuadora	Matraces de 50, 100, 500, ml	Papel encerado	Vidrio de reloj	Bureta	Probetas de 10, 50, 100, 500 ml

3.3 Equipos utilizados

Cuadro 4. Los equipos utilizados en el presente estudio se describen a continuación

Equipo	**Marca**	**Modelo**
Estufa de secado	Thelco	Modelo 27
Estufa de secado	Robertshaw	-
Balanza analítica	Ohaus	Explorer
Balanza digital	Ohuas	Scoul pro
Mufla	Thermolyne	Modelo 1500
Digestor	Labconico	-
Aparato Kjeldahl	Labconico	-
Extractor spxhlet	Labconco	-
Aparato de reflujo	Labconco	30001
Plancha de calentamiento	Thermolyne	Cimarec 2

3.4 Reactivos utilizados

Cuadro 5. Los reactivos utilizados en el presente estudio se describen a continuación

Ácido sulfúrico (H2SO4) 0.1 N	**Hexano**	**Acetona**
Hidróxido de sodio		
(NaOH) 45%	Granallas zinc	Agua purificada
Ácido bórico (H3BO3) 4%	Anaranjado de metilo	Agua destilada
Indicador Mixto		Agua desionizada

Mezcla reactiva de selenio		Zinc

3.5 Formulación y Elaboración de Tortillas

Para le elaboración de este trabajo de investigación se determinaron seis formulaciones, así como también las de masa de maíz nixtamalizado y algas (*Porphyra*), las cuales se describen a continuación en el Cuatro 6.

Cuadro 6. Formulaciones de tortillas de masa de maíz nixtamalizado y alga marina (*Porphyra*).

Muestra	**Formulación (%)**	**Masa Maíz Nixtamalizado (%)**	**Alga *Porphyra* (%)**
1	Testigo	100	0
2	0.3	99.7	0.3
3	0.5	99.5	0.5
4	1.0	99	1.0
5	2.0	98	2.0
6	3.0	97	3.0

3.6 Obtención del Alga

El alga se obtuvo de un súper mercado que está ubicado en el norte de Saltillo Coahuila (*Porphyra)*, de la marca polar Roasted seameed.

Son láminas de un tamaño de una hoja de maquina tamaño carta, se trituro en una licuadora hasta tener un producto final de una harina de alga.

Para obtener la harina de alga, no fue muy difícil, porque el paquete de esta alga viene deshidratado, y para obtenerla se tuvo que triturar, se guardó en un frasco de plástico para utilizarlo posteriormente y así para obtener las cantidades requeridas para la realización de nuestras tortillas.

3.7 Elaboración de las Tortillas

Se pesaron las cantidades a utilizar de acuerdo con las formulaciones mencionadas en el Cuadro 5. Procediendo a mezclar las porciones tanto la masa de maíz nixtamalizado y la porción de harina de alga de cada formulación.

Obteniendo un testigo del 100 % de masa de maíz nixtamalizada y cinco tratamientos con diferentes concentraciones de masa nixtamalizada (100 g, 99.7 g, 99.5 g, 99 g, 98 g, 97 g) y de harina alga (0 g,0.3 g, 0.5 g, 1 g, 2 g, 3 g) respectivamente.

Obtenidas las porciones correspondientes de cada tratamiento, se procedió a hacer la mezcla de los ingredientes, obteniendo una porción de 100 g de masa por cada tratamiento, la cual se dividió en bolitas de masa, de 20 g cada una. En total se obtuvieron cinco bolitas por tratamiento.

Posteriormente se elaboraron las tortillas, colocando cada una de las bolitas en una maquina manual de tortillas, (se colocaron plásticos y se limpió su superficie en cada uso).

Una vez obtenidas las tortillas se pasaron a un comal previamente precalentado y se empleó el siguiente tiempo de cocción: 30 segundos para la primera cara, se voltea y se coloca la segunda cara por 50 segundos, finalmente se regresa a la primera cara

con 25 segundos. En la Figura 1, se muestran las tortillas con los diferentes tratamientos y concentraciones de algas.

Para finalizar, las tortillas obtenidas se identificaron de acuerdo con su tratamiento y se almacenaron en bolsas de papel para su posterior análisis.

Figura 1. Tratamientos y concentraciones de alga.

3.8. Preparación de la muestra para su caracterización química

Después de la preparación de las tortillas, estas fueron colocadas en charolas de aluminio previamente identificadas y pesadas, enseguida fueron introducidas en una estufa de secado a una temperatura entre 55 ° - 60° C durante un tiempo de 24 horas. Pasado el tiempo de secado, se sacaron de la estufa y se dejaron enfriar durante tres minutos a temperatura ambiente, después, las charolas se volvieron a pesar para obtener el porcentaje para materia seca parcial.

Consecutivamente, las tortillas fueron molidas en una licuadora, hasta obtener una muestra homogénea, la muestra molida se depositó en frascos de vidrio previamente identificados y limpios, los frascos se almacenaron para su posterior uso en los siguientes análisis. Ser realizaron cinco formulaciones (0.3, 0.5, 1, 2, 3) y un testigo de harina de maíz nixtamalizado (0 %) se realizaron 3 repeticiones de cada formulación.

3.9 Determinación de materia seca total (% MST)

Para realizar la determinación de % MST se utilizaron crisoles de porcelana, los crisoles fueron sacados de una estufa de secado a una temperatura entre 100 ° - 103° C, enseguida se colocaron en un desecador con pinzas y se dejaron enfriar por 20 minutos. Pasado el tiempo, con ayuda de pinzas, los crisoles fueron identificados y pesados en una balanza analítica.

Figura 2 Crisoles para determinar %MST.
(https://www.bing.com/images/search?)

Enseguida, por triplicado de acuerdo con el A.O.A.C. 1990. Se tomaron 2 gramos de cada muestra con una espátula y se colocaron en un papel tarado, sobre la balanza, se pesó y registró la muestra.

La muestra pesada se colocó en los crisoles de porcelana previamente pesados, y fueron llevados a la estufa de secado, se dejaron por 24 horas a una temperatura entre 100°-103 °C.

Después de las 24 horas, se sacaron los crisoles de la estufa con ayuda de pinzas y se colocaron en un desecador por 20 minutos. Utilizando la misma balanza analítica, se sacan los crisoles del desecador con pinzas y se pesan. Finalmente, con los datos registrados, se realizan los cálculos correspondientes dé % MST con la siguiente formula:

$$\%\ MST = \frac{Peso\ del\ crisol + muestra\ seca - peso\ del\ crisol\ vacio}{gramos\ de\ muestra} * 100$$

Donde:

% MST= Porcentaje de materia seca

Determinación de humedad

A partir de los resultados de % MST, se calcula el porcentaje de humedad (%H) con la siguiente formula:

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

Donde:

% H = Porcentaje de humedad

3.10 Determinación del % de Ceniza o minerales

En este análisis se utilizaron las muestras de los crisoles para determinar el porcentaje de materia seca total, se colocaron los crisoles con la muestra en parrillas eléctricas para su pre-incineración, utilizando pinzas, los crisoles se dejaron en las parrillas hasta que dejó de salir humo, enseguida se colocaron en un desecador y se llevaron a una mufla, donde se dejaron por un tiempo de 2 horas a 600 ° C.

Pasadas las horas, se apagó la mufla y se dejó enfriar. Lo siguiente fue retirar los crisoles de la mufla con pinzas y se colocaron en un desecador por 20 minutos. Después, utilizando pinzas, se pesaron los crisoles en la balanza analítica utilizada

antes y se registraron los datos y se realizaron los cálculos correspondientes con la siguiente formula:

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

3.11 Determinación del % de Proteína Cruda

Esta determinación se realizó mediante el método Kjeldahl, el cual consiste en tres etapas:

Digestión: se pesó 1 gramo de cada tratamiento en una balanza analítica sobre papel filtro, se identificaron las muestras y se registraron los datos, el papel filtro se dobló para contener la muestra dentro y se colocó al fondo de un matraz Kjeldahl. Enseguida, a cada matraz se le coloco tres perlas de vidrio, una cucharada de mezcla reactiva de selenio (catalizador), y 30 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Los matraces se colocaron en el digestor del aparato Kjeldahl, se encendieron las parrillas eléctricas y el extractor de humo. Los matraces se dejaron en ebullición hasta que pasaron de un color negro a un verde cristalino.

Figura 3. Equipo Kjeldahl.
(https://s.lbing.net/hxzhwOQ76nQ)

Una vez finalizada la digestión, se apaga el equipo y se dejan enfriar los matraces por 1 hora.

Destilación: finalizada la digestión se quitaron los matraces del digestor y se colocaron en canastillas, enseguida, se colocaron los matraces en un recipiente con agua para su enfriamiento, ahí mismo, se vertió 300 mL de agua destilada por las paredes del matraz lentamente. Se hizo lo mismo con cada matraz y después se les colocó 5 g de zinc y 100 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 45 %.

Enseguida se tomaron matraces Erlenmeyer y se les colocó 50 mL de ácido bórico al 4 % y 5 gotas de indicador mixto.

El siguiente paso fue tomar los matraces Kjeldahl y los matraces Erlenmeyer y se conectaron en el destilador del aparato de Kjeldahl, se encendieron las parrillas y se abrió la llave de paso de agua del aparato, por último, se dejó encendido el aparato hasta que se obtuvo 250 mL de destilado verde, en los matraces Erlenmeyer.

Una vez obtenido el destilado deseado, se apagó el aparato, se cerró la llave del agua y se retiraron los matraces Erlenmeyer.

Titulación: para realizar la titulación se utilizó una bureta a la cual se le agregó ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 0.1 N, esta se colocó en un soporte para buretas. Antes de titular se calibró la bureta. Se utilizaron los matraces Erlenmeyer con el destilado y se colocaron debajo de la bureta. Se liberó gradualmente el ácido sulfúrico por goteo, hasta que el destilado se tornó de un color verde a un rosado pálido. Se registraron los mL de ácido sulfúrico gastados por cada tratamiento y se realizaron los cálculos de % de Nitrógeno con la siguiente formula:

$$\% N = \frac{(mL\ gastados\ del\ acido - mL\ del\ blanco)(\ N\ del\ acido)(0.014)}{gramos\ de\ muestra} * 100$$

$$\% PC = (\% N)(factor\ de\ conversión)$$

Donde:

% N = Porcentaje de Nitrógeno

% PC = Porcentaje de Proteína cruda

N del ácido (H_2SO_4): 0.1 N

0.014 = Miliequivalente de Nitrógeno

Factor de conversión de nitrógeno para la tortilla: 6.25

3. 12 Determinación del % de extracto etéreo o grasa total por método Soxhlet

En esta determinación se emplearon 18 matraces bola de fondo planos, a los cuales previamente se les había introducido 3 perlas de vidrio y fueron colocados dentro de una estufa de secado a una temperatura de 100 ° - 103 ° C por 24 horas. Se sacaron los matraces de la estufa y se colocaron en un desecador, se dejaron enfriar por 20 minutos y después se pesaron en la balanza analítica, con ayuda de pinzas. Se identificaron y se registraron los pesos de los matraces.

Enseguida se pesaron 4 gramos de muestra por triplicado por cada tratamiento en cuadros de papel filtro y se registraron los pesos, se envolvieron y se introdujeron en

dedales de celulosa previamente identificados, enseguida, los dedales fueron colocados en sifones.

Figura 4. Dedales de celulosa.
(htpps://sl.bing.net/cFqiD3liiWa)

Después se tomaron los matraces bola y se les coloco 250 mL de hexano, se procedió a unir el equipo, montando cada sifón con su respectivo matraz, parrilla eléctrica y tubo refrigerante. Antes de encender las parrillas, se colocaron recipientes con hielo en el depósito del refrigerante y se encendió para hacerlo circular, finalmente, se encendieron las parrillas y se dejó en funcionamiento el equipo por 8 horas (a partir de la ebullición). Cumplido el tiempo, se realizó la recuperación del hexano, los dedales de celulosa se dejaron secar y se almacenaron, los matraces fueron retirados y se colocaron en la estufa de secado por 12 horas a una temperatura de 100 ° - 103 ° C. Finalizado el tiempo se sacaron los matraces de la estufa con pinzas y se colocaron en un desecador por 20 minutos.

Figura 5. Equipo de Soxhlet

(https://sl.bing.net/kFutZLeSebY)

Enseguida se pesaron los matraces en una balanza analítica y se registraron los datos, y utilizando la siguiente formula se realizaron los cálculos de % de extracto etéreo (% EE):

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

Donde: % EE = Porcentaje de extracto etéreo

3. 13 Determinación del % de Fibra cruda.

En esta determinación se utilizaron 2 gramos por triplicado, de la muestra previamente desengrasada, y se colocaron en vasos de Berzelius de 600 mL, a los cuales se les agregó 100 mL de ácido sulfúrico 0.225 N (H_2SO_4) y se colocaron en el aparato de reflujo, se dejaron por 30 minutos contados a partir de la ebullición. Como se muestra en el equipo de la Figura 7.

Figura 6. Equipo para determinación de Fibra Cruda.

(https://images.app.goo.gl/J5i5tga7pmbk6LQ9)

Cumplidos los 30 minutos, se filtraron las muestras en embudos con tela de lino y se lavaron con 3 porciones de agua destilada caliente por cada vaso. Con una pequeña espátula se pasó la fibra de la tela a su respectivo vaso de Berzelius y se le agregó 100 mL de hidróxido de sodio 0.313 N (NaOH), entonces, el vaso se colocó de nuevo al aparato de reflujo por 30 minutos. Se repitió el procedimiento de filtrado, pero esta vez, se retiró la tela de lino del embudo y con una espátula se retiró la fibra de la tela y se colocó en crisoles de porcelana ya identificados.

Los crisoles se colocaron en una estufa de secado a una temperatura de 100 ° - 103 ° C por 12 horas, transcurrido el tiempo se sacaron con pinzas y se colocaron en un desecador por 20 minutos, después de enfriarse se pesaron los crisoles en una balanza analítica y se registraron los datos. Para finalizar, los crisoles se colocaron en parrillas eléctricas, la muestra se pre-incineró hasta que dejo de salir humo, se colocaron después en un desecador y finalmente, los crisoles se dejaron dentro de una mufla por 2 horas a una temperatura de 600 ° C.

Concluido el tiempo se retiraron los crisoles con pinzas y se colocaron en el desecador por 20 minutos, después se pesaron en la misma balanza analítica y se registraron los datos, para calcular el porcentaje de fibra cruda se utilizó la siguiente formula:

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

Donde:

% FC = Porcentaje de fibra cruda

3.14 Determinación del % de extracto libre de nitrógeno (% ELN) o carbohidratos

El extracto libre de nitrógeno, constituido principalmente por carbohidratos digeribles, así como también vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados, se obtiene cuantitativamente con el remanente de restarle al 100% de la muestra, la suma obtenida en los análisis de proteína, lípidos y cenizas.

Antes de realizar el cálculo, se ajustaron los datos de % ceniza, % proteína cruda, % extracto etéreo y % fibra cruda en base al % de Materia Seca Total (base seca) mediante las siguientes formulas:

$$Cenizas = \frac{\%\ cenizas}{\%\ MST} * 100$$

$$Proteina\ cruda = \frac{\%\ PC}{\%\ MST} * 100$$

$$Extracto\ etéreo = \frac{\%\ EE}{\%\ MST} * 100$$

$$Fibra\ cruda = \frac{\%\ FC}{\%\ MST} * 100$$

Ya obtenidos los datos ajustados en base seca, se calculó el % Extracto Libre de Nitrógeno o CHOS con la siguiente formula:

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

Donde:

ELN = Extracto libre de Nitrógeno

C = Cenizas

PC = Proteína cruda

EE = Extracto etéreo

FC = Fibra cruda

3.15 Determinación de contenido calórico (kcal)

Para calcular el contenido calórico, se utilizaron los resultados obtenidos de % Proteína cruda, % Extracto etéreo y % Extracto Libre de Nitrógeno (CHOS), utilizando las siguientes formulas:

Proteína:

$$1\ g = 4\frac{kcal}{g}$$

$$4\ Kcal/g = 100\ \%$$

$$X = \% PC$$

Grasa (EE):

$$1\ g = 9\frac{kcal}{g}$$

$$9\ Kcal/g = 100\ \%$$

$$X = \%\ EE$$

Carbohidratos:

$$1\ g = 4\frac{kcal}{g}$$

$$4\ Kcal/g = 100\ \%$$

$$X = \%\ CHOS$$

Una vez que se obtuvieron los valores convertidos, se utilizó la siguiente fórmula para obtener el contenido calórico por cada 100 g (kcal / 100 g).

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

IV. Resultado y Discusión

A continuación, se describen los resultados, obtenidos de la investigación, los cuales se obtuvieron por medio de un análisis de varianza (ANVA) de los datos y mediante una prueba de medidas de Fisher ($p \leq 0.05$) utilizando un paquete estadístico Statistica for Windows.

Las variables evaluadas fueron las siguientes: % materia seca total (% MST), % humedad (% H), % cenizas (% C), % proteína cruda (% PC), % Extracto etéreo o grasa (% EE), % fibra cruda (% FC), % extracto libre de nitrógeno o carbohidratos (% ELN), contenido calórico (kcal/100 g).

En el Cuadro 7 se muestra la caracterización del alga, donde se puede apreciar que el valor más alto es el del % de proteína cruda, Vázquez J. (2023) reporto 41.28 % de proteína, 7.41 % de humedad, extracto etéreo 0.63, fibra cruda 5.54% y cenizas 9.56 %. los valores obtenidos en este trabajo en cuanto al porcentaje de proteína, humedad, cenizas, y fibra cruda son similares.

Rojas V. (2018) reportó 28.56 % proteína cruda, trazas de extracto etéreo, 11.0 % de fibra cruda y cenizas 21.08 %, fueron más altos al que se reporta en este trabajo.

Cuadro 7: Caracterización del alga

	%MST	**%H**	**%C**	**%EE**	**%PC**	**%ELN**	**%kcal**
Alga	96.73≤0.7	8.27≤0.7	11.23≤0.00	1.41≤0.19	55.00≤0.08	30.72≤0.03	355.13≤0.08

En el cuadro 8: se muestra la caracterización química de las tortillas elaboradas de acuerdo con su formulación comparándolas entre sí con el testigo, en donde se observa que no hubo diferencias significativas en cuanto al % de materia seca total % MST y % de humedad (%H). La humedad es un parámetro importante para el almacenamiento ya que valores arriba de 10 % pueden desarrollar hongos. El % de

cenizas los valores son diferentes entre sí en comparación con el testigo, donde se observo que, a mayor cantidad de alga, mayor cantidad de cenizas.

El % de Extracto etéreo de acuerdo con su formulación comparándolas con el testigo, en donde se puede apreciar que la formulación 3.0 y 0.5 son diferentes entre sí y al testigo y las formulaciones 0.3, 0.5, y el testigo no son diferentes entre sí. En cuanto a los valores de % de proteína cruda, las formulaciones 3.0 y 0.3 son estadísticamente diferentes y las demás formulaciones son iguales estadísticamente. El % de Fibra cruda todas las formulaciones son estadísticamente iguales no interesando la concentración utilizada del alga.

En cuanto al extracto libre de nitrógeno solamente resulto ser diferente la formulación 0.3 y 3.0 respectivamente comparada entre las demás formulaciones y el testigo; para la variable kilo calorías las formulaciones 0.3 y 3 son diferentes estadísticamente a los demás tratamientos.

Formulación	% MST	% H	% C	% EE	% PC	% FC	% ELN	Kcal/100 g
Testigo	9.59±0.63a	4.41±0.63a	1.43±0.44d	2.36±0.89c	11.98±0.07b	0.62±0.54a	83.60±0.61a	403.59±0.61ab
0.3	97.17±0.93a	2.81±0.95a	1.99±0.04bc	2.62±1.02c	12.43±0.06b	0.92±0.09a	82.05±1.14a	401.44±0.31b
0.5	96.82±1.13a	3.17±1.13a	1.79±0.24cd	2.31±3.5c	13.31±0.03ab	0.86±0.13a	81.72±3.65a	400.95±1.00b
1.0	95.35±3.77a	4.65±3.77a	2.12±0.05abc	3.11±2.22b	14.74±0.49ab	0.90±0.32a	79.13±2.29ab	403.44±3.94ab
2.0	96.89±1.76a	3.10±1.77a	2.33±0.05ab	3.40±1.79ab	14.01±0.28ab	0.70±0.31a	79.56±1.46ab	404.83±0.39a
3.0	96.42±1.30a	3.58±1.30a	2.47±0.13a	3.58±4.46a	17.67±0.08a	0.83±0.19a	75.45±4.36b	404.70±1.06a

Cuadro 8: Caracterización de las tortillas.

Humedad y materia seca total (%)

Se representan los resultados obtenidos del porcentaje de materia seca total (% MST) y porcentaje de humedad (% H) de las diferentes formulaciones. Donde se puede observar que no hubo diferencias significativas.

Cuadro 9: Resultados de % Humedad y % Materia Seca Total.

Formulación	**%** MST	% H
0	95.60a	4.40a
0.3	97.17a	2.80a
0.5	96.82a	3.16a
1.0	95.35a	4.65a
2.0	96.89a	3.10a
3.0	96.42a	3.57a

4.2 Ceniza Total

En la Figura 7. Se representa los resultados obtenidos de ceniza total, de acuerdo con Fisher ($\alpha \leq 0.05$), las medias del tratamiento 0.3 y 0.5 % son estadísticamente iguales, la formulación que tiene una gran cantidad de cenizas totales es la 3.0 con un valor superior a las demás formulaciones con un % de 2.47.

De acuerdo con los estudios realizados por Díaz Chamorro et al., (2021) reporta que tuvo un porcentaje con valores mayores la tortilla fortificada con amaranto (1.21 %) seguido de la tortilla de harina nixtamalizada finalmente con la tortilla tradicional con (0.75 % y 0.63 %) respectivamente, comparando con el valor obtenido en este trabajo están por debajo de nuestros resultados. Vázquez J. (2023). Realizo una tortilla fortificada con la misma alga utilizada *Porphyra yezoensis* en diferentes

concentraciones dando porcentaje de 1.69 % de ceniza total y el valor más elevado es de 1.81 % aparentemente siendo un valor inferior al valor obtenido. Se puede observar que entre más adición de alga en la tortilla mayor es el porcentaje de ceniza.

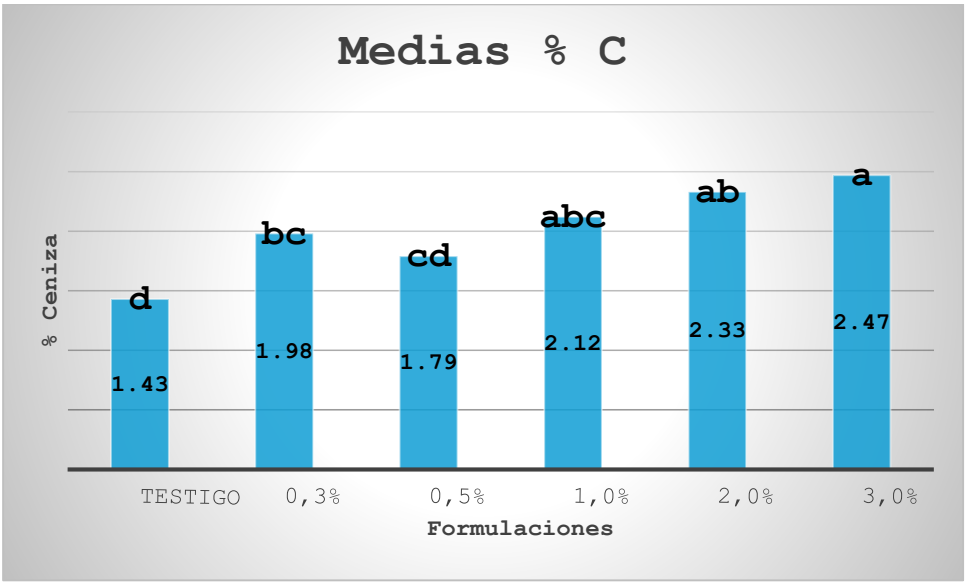


Figura 7. Comparación de medidas de ceniza total.

4.3 Proteína Cruda

En la figura 8. Se muestran las medidas de proteína cruda según Fisher ($\alpha \leq 0.05$), las medias de las formulaciones 0.5 %, 0.1 % y 0.2 % son estadísticamente iguales, la formulación 3.0 % y el testigo son diferentes entre sí. La formulación 3.0 es la que tiene una gran cantidad de valor proteico con (17.66 %) los valores reportan un alto valor proteico. Los resultados arrojan que la adición de alga aumenta el valor proteico en la tortilla elevando su valor de (12.42 % a 17.66 %). De acuerdo con Vázquez Jiménez., (2023) en su estudio obtuvo menor de cantidad de proteína con valores de en su control de 9.79 % y el mayor de 10.31 % siendo un valor inferior a los valores obtenidos en este estudio.

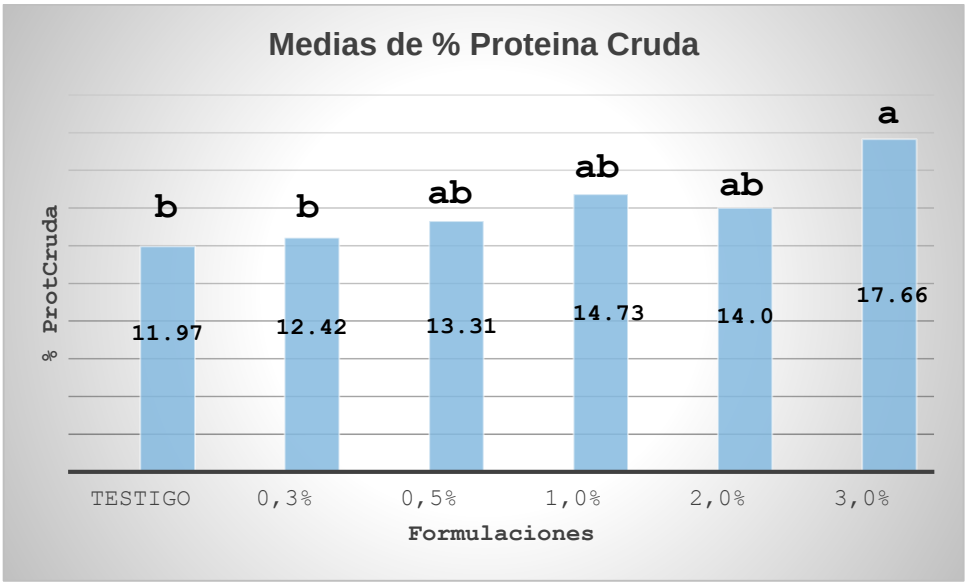


Figura 8. Comparación de medidas de proteína cruda.

4.4 Extracto etéreo o grasa

En la figura 9. Se pueden apreciar los resultados obtenidos del extracto etéreo o grasa, de acuerdo con Fisher ($\alpha \leq 0.05$), las formulaciones 3.0, 1.0 y el testigo son diferentes entre sí, los valores más altos se presentan en la formulación 3.0 con un valor de 3.58 %. El estudio realizado por Vázquez Jiménez., (2023). Obtuvo resultados menores con un porcentaje de 2.62 % y su testigo fue de 2.98 % obteniendo valores menores al de esta investigación. Dando a conocer que entre más valor de alga en la tortilla más es su valor de grasa.

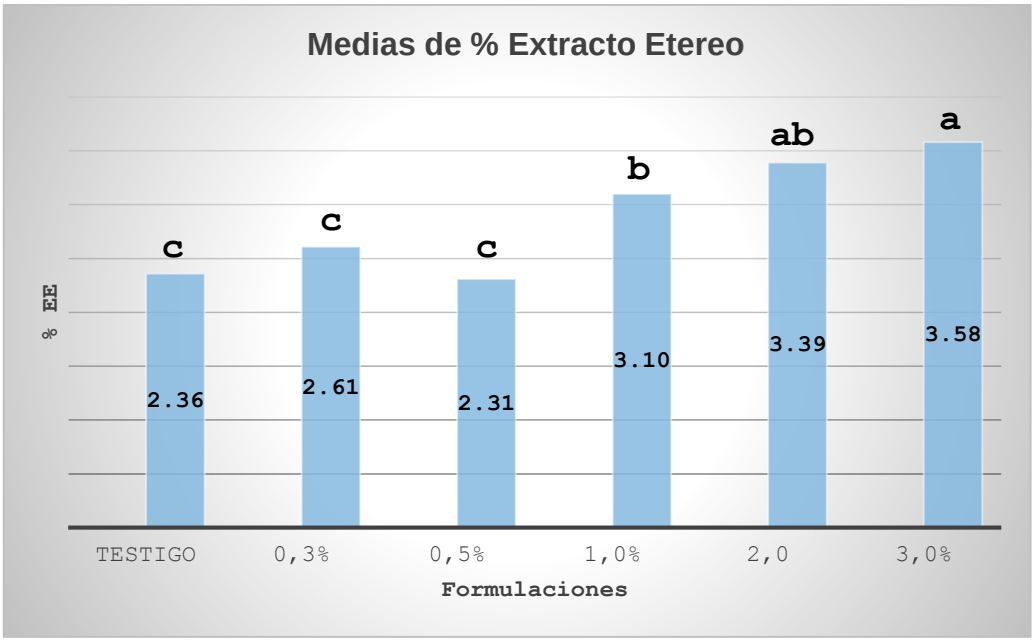


Figura 9. Comparación de medidas de etéreo y grasa.

4.5 Fibra Cruda

En la Figura 10. Se muestran los resultados que, de acuerdo con Fisher ($\alpha \leq 0.05$), no existe diferencias entre las formulaciones. Vázquez Jiménez., (2023). Obtuvo resultados de 1.92 % siendo el valor más alto, utilizando la misma alga en diferentes concentraciones, sus valores fueron más altos al que se reporta en este estudio. Rojas Vega, et al., (2018) mostró en su estudio un porcentaje de 11.4% el cual supera los valores obtenidos en estos trabajos posiblemente no se utilizó el mismo método.

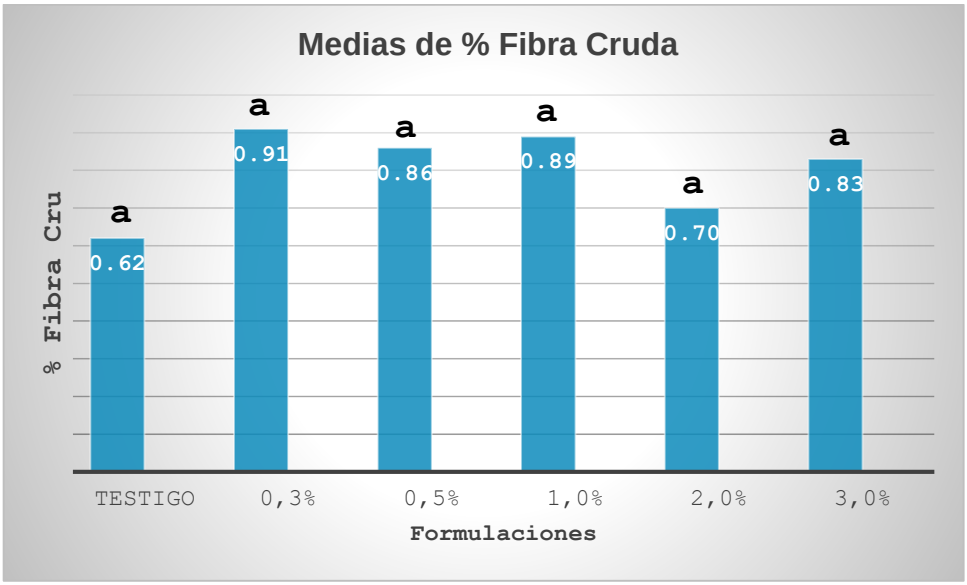


Figura 10. Comparación de medidas de Fibra Cruda.

4.6 Extracto libre de nitrógeno o carbohidratos (% ELN)

En la Figura 11. Se representa la comparación de medias del extracto libre de nitrógeno o carbohidratos, de acuerdo con Fisher ($\alpha \leq 0.05$), siento estadísticamente diferentes los tratamientos 0.3, 3.0 respectivamente. Solamente resulto ser diferente la formulación 3.0 comparada con las demás formulaciones y el testigo dando un valor de 83.60 %. El estudio realizado por Vázquez Jiménez., (2023). Reporta datos de 84.62 % de carbohidratos en la tortilla fortificada con alga el cual es superior a este estudio. Rojas Vega, et al., (2018) obtuvo un porcentaje de 39.32 % el cual no coincide con este trabajo ni con el de Vázquez Jiménez.

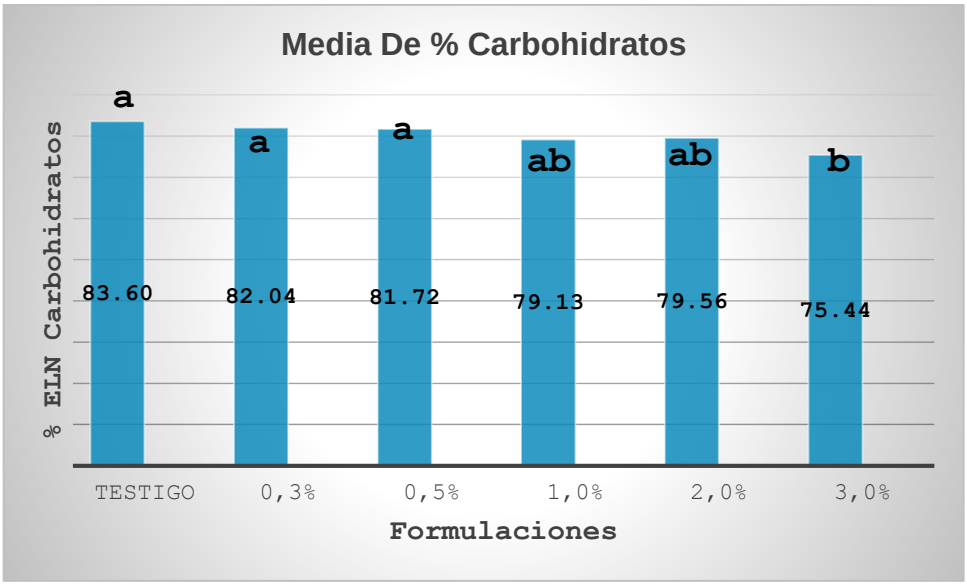


Figura 11. Comparación de medidas de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos.

4.7 Contenido calórico (kcal)

En la Figura 12. Se representa la comparación de medias del contenido calórico (kcal) de los tratamientos, de acuerdo con Fisher ($\alpha \leq 0.05$), los tratamientos 0.3 y 0.5 son estadísticamente iguales, teniendo como resultado 401.44 % y 400.95 %, pero son diferentes las formulaciones 0.3 y 3.0. Vázquez Jiménez et al., (2023). Reporta que la tortilla fortificada con alga mostro resultado de 403.39 % de (Kcal) siendo similares a los obtenidos a este estudio. Serna-Saldívar & Lloyd W., (1988) reportó 4529 cal/g convirtiéndolo a unidades de % da 452.9 %, valor cercano a los obtenidos.

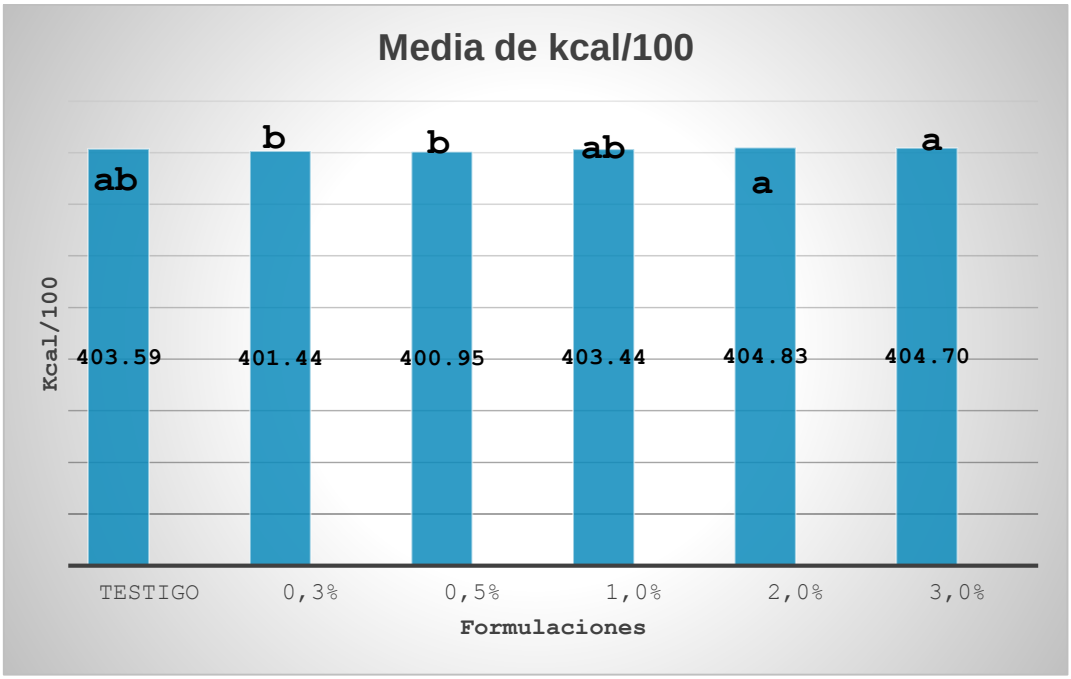


Figura 12. Comparación de contenido calórico (kcal)

V. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación se concluye lo siguiente.

Se obtuvo una tortilla de maíz enriquecida con alga *Porphyra yezoensis* y se mejoraron sus cualidades nutritivas.

- Se formularon y elaboraron tortillas de maíz enriquecida con alga *Porpyra yezoensis* en 5 formulaciones las cuales fueron 0.3, 0.5 1.0, 2.0 y 3.0 %.
- Se determinaron las características químicas de cada una de las formulaciones y se estableció que la formulación que presenta las mejores cualidades nutritivas es la formulación 3.0 %, de acuerdo con los valores de porcentaje de cenizas, % de proteína y % de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos.

VI. Bibliografía Citada.

A.O.A.C. (1990) Official Methods of Analysis, 13th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D. C. 376-384

Benz, B. F. (1997). Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano.

Benz, B. F. (1997). Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano.

Chamorro, B. T. N. D., Briceño, B. H. I. S., Carcache, E. R., & Olivas, E. (2021). Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (Amaranthus cruentus), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico. Laboratorio de Biotecnología, UNAN-Managua. Mayo-noviembre 2021.

Chávez-Santoscoy, R. A., Gutiérrez-Uribe, J. A., Serna-Saldivar, S. O., & Perez-Carrillo, E. (2016). Production of maize tortillas and cookies from nixtamalized flour Enriched with anthocyanins, flavonoids and saponins extracted from black bean (Phaseolus vulgaris) seed coats. Food Chemistry.

Cuesta, R. G., García, K. L. G., Rivera, Y. H., Suárez, Y. A., & Delange, D. M. D. M. (2017). Algas marinas, fuente potencial de macronutrientes. Revista de investigaciones marinas, 37(2), 16-28.

De México, G. (2017, January 11). Todo lo que debes saber sobre las tortillas de maíz. Gourmet de México: Vive el placer de la gastronomía; Gourmet de México. https://gourmetdemexico.com.mx/gourmet/cultura/todo-lo-que-debes-saber-sobre-las-tortillas-de-maiz/.

Iltis, H. H., & Doebley, J. F. (1980). Taxonomy of Zea (Gramineae). II. Subspecific categories in the Zea mays complex and a generic synopsis. *American Journal of Botany*, *67*(6), 994-1004.

Lahaye M. (1991). Algas marinas como fuentes de fibras: determinación de los contenidos de DF solubles e insolubles en algunas verduras marinas. J Sci Food Agr 54: 587–94.

Maíz: historia, cultivo, variedades, usos y características. (n.d.). Retrieved May 14, 2025, from https://humanidades.com/maiz/.

Mendis E, Kim S. Perspectivas presentes y futuras de las algas en el desarrollo de alimentos funcionales. Adv Food Nutr.

Ortiz J, Urquiche E, Robert P, Romero N, Quitral V, Llantén C. Functional and nutritional value of the chilean seaweeds Codium fragile, Gracilaria chilensis and Macrocystis pyr ifera. Eur J Lipid Sci Technol 2009.

Penesyan, A., Breider, S., Schumann, P., Tindall, B. J., Egan, S., & Brinkhoff, T. (2013). Epibacterium ulvae gen. nov., sp. nov., bacteria epibiótica aislada de la superficie de un alga marina. Revista Internacional de Microbiología Sistemática y Evolutiva, 1589-1596.

Quitral, R., Morales, G., Sepulveda, L., & Schwartz, M. (2012). Nutritional and health properties of seaweeds and its potential as a functional ingredient. *Revista chilena de nutrición*, *39*(4), 196-202.

Santelices B. Algas marinas de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 1989.

Serna-Saldívar, S., & Lloyd W., R. (1988). Valor Nutritivo de Tortillas de Maíz y Sorgo. http://hdl.handle.net/11036/4349

Treviño-Mejía, D., Luna-Vital, D. A., Gaytán-Martínez, M., Mendoza, S., & Loarca-Piña, G. (2016). Fortification of Commercial Nixtamalized Maize (Z ea mays L.) with Common Bean (P haseolus vulgaris L.) Increased the Nutritional and Nutraceutical Content of Tortillas without Modifying Sensory Properties. *Journal of Food Quality*, *39*(6), 569-579.

Vázquez Jiménez, E., & Fuentes Lara, L. O. (2024). Efecto de la adición de algas marinas porphyra yezoensis en la calidad nutricional de la tortilla de maíz.

Vivaz seguros 2021. (n.d.). Bing. Retrieved May 14, 2025, from https://www.bing.com/search?q=vivaz+seguros+2021.

.