

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



“EFECTO DE LA ADICIÓN DE ALGAS MARINAS *PORPHYRA*
YEZOENSIS EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LA TORTILLA DE
MAÍZ”

POR:

ELIZABETH VÁZQUEZ JIMÉNEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México; diciembre 2023

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

TESIS

“EFECTO DE LA ADICIÓN DE ALGAS MARINAS *PORPHYRA YEZOENSIS* EN LA
CALIDAD NUTRICIONAL DE LA TORTILLA DE MAÍZ”

Presentada por:

ELIZABETH VÁZQUEZ JIMÉNEZ

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

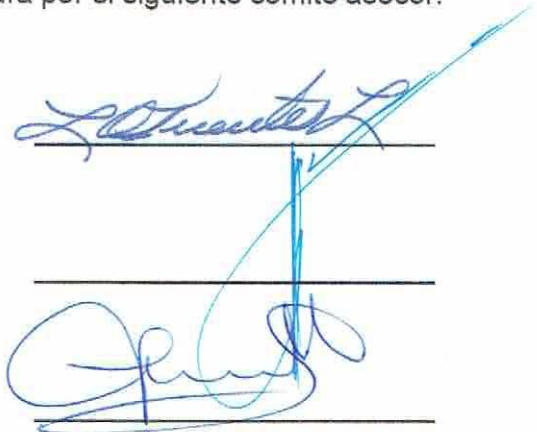
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

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. Xochitl Ruelas Chacón
Coasesor
Departamento de Ciencia y tecnología
de Alimentos



Two handwritten signatures in blue ink are positioned on the right side of the page. The first signature is on a horizontal line and appears to be 'L. Fuentes Lara'. The second signature is on a lower horizontal line and appears to be 'A. Benavides Mendoza'. A vertical blue line extends from the first signature down to the second signature.

Saltillo, Coahuila, México; diciembre 2023

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

TESIS

“EFECTO DE LA ADICIÓN DE ALGAS MARINAS *PORPHYRA YEZOENSIS* EN LA
CALIDAD NUTRICIONAL DE LA TORTILLA DE MAÍZ”

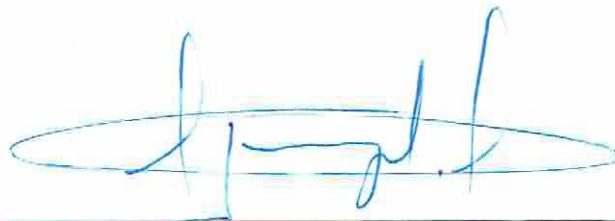
Presentada por:

ELIZABETH VÁZQUEZ JIMÉNEZ

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; diciembre 2023

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

TESIS

"EFECTO DE LA ADICIÓN DE ALGAS MARINAS PORPHYRA YEZOENSIS EN LA CALIDAD
NUTRICIONAL DE LA TORTILLA DE MAÍZ"

Presentada por:

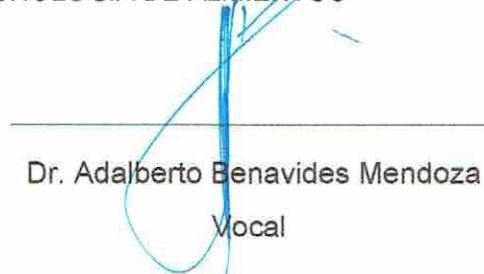
ELIZABETH VÁZQUEZ JIMÉNEZ

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

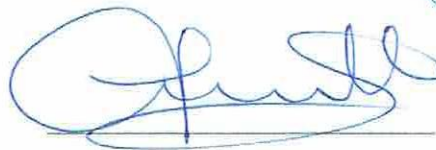
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



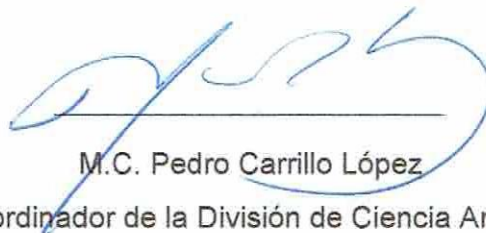
M.E. Laura Olivia Fuentes Lara
Presidente



Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Vocal



Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Vocal



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México; diciembre 2023

Declaración de Autenticidad y no plagio

Por medio de la presente, yo Elizabeth Vázquez Jiménez, estudiante egresado de la carrera de Ingeniería en Ciencia y Tecnología de Alimentos declaro que la presente tesis titulada "Efecto de la adición de algas marinas *Porphyra yezoensis* en la calidad nutricional de la tortilla de maíz" es el resultado de mi trabajo original y que todas las fuentes utilizadas están debidamente referenciadas y citadas. Confirmando que este trabajo no ha sido previamente presentado para la obtención de ningún otro título académico ni certificación.

Aseguro que todas las ideas, conceptos, datos y conclusiones presentadas en este documento son el resultado de mi propia investigación y análisis. Cuando se han utilizado las ideas o palabras de otros, proporciono referencias precisas y apropiadas a las fuentes.



ELIZABETH VÁZQUEZ JIMÉNEZ



ME. LAURA OLIVIA FUENTES LARA

DEDICATORIAS

**CON MUCHO CARIÑO Y AMOR
A LA VIDA
A DIOS
A MIS PAPÁS
POR ESTAR CONMIGO SIEMPRE.**

AGRADECIMIENTOS

A la vida, por permitirme estar en este mundo, por darme todo lo que siempre he querido. El despertar de cada mañana hace que tenga la oportunidad de seguir desarrollándome como persona y cumplir cada uno de mis objetivos.

A Dios por levantarme y mostrarme el camino de la luz, por todos los momentos y facetas de mi vida que ha sido posible para estar aquí.

A mi papá Telesforo Vázquez Vázquez, quien me ha enseñado todo lo que soy, que en la vida todo se puede si se quiere, por el amor y cariño incondicional. El apoyo de todos los momentos difíciles que se me presentaron durante el transcurso de este recorrido, por siempre estar para mí. Te amo mucho papá.

A mi mamá Alicia Jiménez Pérez, mi razón de ser, la mujer que me inspira a ser como ella, quien me ha apoyado en este trayecto universitario, por todo su cariño y amor incondicional. En todos los momentos duros siempre me brindaste tu apoyo. Te amo mucho mamá.

A mi hermana Diana Vázquez Jiménez y mi cuñado Hipacio González Gómez, por todas las motivaciones y consejos. Por creer en mí y apoyarme.

A mis sobrinos Antonio Brayand González Vázquez y Axel David González Vázquez, por siempre mostrarme el lado tierno de ser tía y permitirme ser un ejemplo para ellos, por las risas que nunca faltaron, por su cariño y amor.

A mi asesora Laura Olivia Fuentes Lara, quien siempre estuvo conmigo, me ayudó en muchas circunstancias y siempre me apoyó. Gracias a ella este proyecto salió adelante.

A la Dra. Xochilt Ruelas Chacón, quien es un gran ejemplo por seguir, por motivarme y compartir su conocimiento con nosotros.

A cada una de las personas que la vida me permitió conocer, durante el servicio social, en los salones, en el internado, cada uno de los profesores que me impartieron sus materias.

A cada uno de mis amigos, ya que sin ellos este trayecto no hubiera sido tan divertido, por todos los momentos que pasamos juntos, las risas, las reuniones, los eventos, las clases que compartimos y por qué no también los malos momentos, donde estuvimos unos a otros. Cada comida que compartimos hace de ellos felicidad al corazón. A las personas que conocí durante mi estancia de prácticas profesionales, que siempre me motivaron y me generaron muchas enseñanzas. Agradezco infinitamente a cada uno de ellos por estar para mí, escucharme y motivarme a seguir adelante.

A mí, por todo lo que superé y logré hasta hoy, por ser tenaz y valiente, recordando mi niña interior que decía “Yo quiero ser una universitaria”, “Quiero ser una científica”, vamos bien, un escalón más para continuar con mis objetivos.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Maíz.....	4
2.1.1 Características generales.....	4
2.1.2 Uso del maíz	4
2.1.3 Tortillas	5
2.1.4 Adición y fortificación de tortillas.....	5
2.2 Algas	6
2.2.2 <i>Porphyra yezoensis</i>	7
2.2.3 Taxonomía	8
2.2.4 Contenido de lípidos.....	8
2.2.6 Proteína	9
2.2.8 Uso de las algas en la industria alimentaria.....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1 Materia prima.....	12
3.2 Materiales utilizados	12
3.3 Equipos utilizados	13
3.4 Reactivos usados durante los diferentes análisis	14
3.5 Formulación de las tortillas.....	15
3.6 Molienda del alga roja <i>Porphyra yezoensis</i>	16
3.7 Tortillas	16
3.7.1 Preparación de la muestra.....	17
3.7.2 Molienda de la muestra	17
3.8 Materia seca total (%MST).....	17
3.9 Cenizas (% C).....	18
3.10 Grasa (% EE).....	19
3.11 Proteína cruda (% PC).....	20
3.12 Fibra Cruda (% FC).....	21
3.13 Extracto libre de nitrógeno (% ELN)	23
3.14 Contenido calórico (% KCAL).....	23
3.15 Minerales (% Mg, % Ca, % K, Fe mg/ 100g y Zn mg/ 100g).....	24

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.2 Ceniza	27
4.3 Extracto etéreo	28
4.4 Proteína cruda	29
4.5 Fibra cruda	30
4.6 Extracto libre de nitrógeno	31
4.7 Kilocalorías	32
4.8 Minerales	33
4.8.1 Magnesio.....	34
4.8.2 Potasio	35
4.8.3 Calcio	36
4.8.4 Hierro	37
4.8.5 Zinc	38
5. CONCLUSIONES.....	39
6. REFERENCIAS.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Clasificación del alga <i>Porphyra yezoensis</i>	8
Tabla 2. Materiales utilizados durante el análisis bromatológico	12
Tabla 3. Equipos utilizados para los distintos análisis	13
Tabla 4. Reactivos utilizados en las diferentes metodologías	14
Tabla 5. Porcentajes de cada materia prima para la formulación de las tortillas.....	15
Tabla 6. Caracterización del alga.....	25
Tabla 7. Caracterización de las tortillas	26
Tabla 8. Contenido de minerales	33
Tabla 9. Contenido de minerales en las diferentes concentraciones	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Molienda	16
Figura 2. Elaboración de las tortillas	17
Figura 3. Determinación de materia seca total	18
Figura 4. Determinación de cenizas	18
Figura 5. Determinación de grasa	19
Figura 6. Determinación de proteína cruda.....	21
Figura 7. Determinación de fibra cruda.....	22
Figura 8. Determinación de minerales.....	24
Figura 9. Porcentaje de ceniza.....	27
Figura 10. Porcentaje de grasa	28
Figura 11. Porcentaje de proteína cruda	29
Figura 12. Porcentaje de fibra cruda	30
Figura 13. Porcentaje de extracto libre de nitrógeno	31
Figura 14. Porcentaje de kilocalorías.....	32
Figura 15. Porcentaje de magnesio.....	34
Figura 16. Porcentaje de potasio	35
Figura 17. Porcentaje de calcio.....	36
Figura 18. Cantidad en mg /100 g de hierro.....	37
Figura 19. Cantidad en mg /100 g de zinc.....	38

RESUMEN

En la actualidad, la sociedad moderna se encuentra cada vez más consciente de la importancia del valor nutricional y calidad de sus alimentos. Hoy en día la industria alimentaria, en búsqueda de satisfacer esta necesidad, realiza innovaciones en aquellos alimentos más demandados en la canasta básica de los ciudadanos, a fin de mejorar la nutrición de los consumidores. Las tortillas de maíz son la base de la alimentación mexicana, siendo un pilar en el sector de innovación alimenticio, por lo que la fortificación en este producto es punto clave para dar pauta a una mejora en la dieta mexicana. Las algas son una buena fuente de proteínas, vitaminas minerales, presentan propiedades anticancerígenas, antidiabéticas, antioxidantes, entre tantas más. Específicamente, el alga *Porphyra yezoensis* ha sobresalido por su potencial actividad y efectos positivos en la salud, por lo que su adición en tortillas de maíz es una posible alternativa para la mejora de este producto.

En este estudio se realizaron cinco concentraciones diferentes, partiendo de 0.2 %, 0.4 %, 0.6 %, 1 % y 1.5 % siendo uno de los objetivos ver el incremento de la cantidad de minerales. Se determinó para cada concentración el % MTS, % C, % EE, % PC, % FC, % ELN, % kcal, % Ca, % Mg, % K y mg/100 g de Fe y Zn. Para el control o testigo y las diferentes concentraciones.

Los resultados fueron analizados mediante un análisis estadístico de LSD Fisher con un total de muestras de tres (n=3). Los datos indicaron que la mejor concentración, en cuanto a valor nutricional, fue de la de 0.4 %, dando valores estadísticamente altos en contenidos de proteína cruda, fibra cruda, cenizas y bajo porcentaje de calorías lo cual hace que sea uno de los puntos más importantes, debido a que la población actualmente demanda alimentos con un bajo contenido de calorías.

La fortificación de las tortillas dio resultados favorables en los valores de minerales a comparación del testigo, sin embargo, la mayoría de los minerales leídos fueron estadísticamente iguales entre las concentraciones.

Palabras clave: tortilla, alga, minerales, nori

1. INTRODUCCIÓN

Constantemente estamos en búsqueda de mejoras en la alimentación, cada día se consume una porción de tortillas presentadas de diferentes maneras. Existen referencias y estudios anteriores de trabajos de investigación de Dios Figueroa Cárdenas et al., (2003) realizó una fortificación con proteínas de soya, Pérez-Alva et al., (2022) adicionó algas pardas *Macrocystis pyrifera*, Hernandez et al., (2023) fortificó las tortillas con algas pardas de la especie *Algae Macrocystis*.

Un fin común es otorgarle al comensal un aporte nutricional mayor que la tortilla normal, este se basa en diferentes puntos, desde aquellos alimentos base que cumplen con características sensoriales más importantes al momento de consumir con aquellos que ofrecen ciertos componentes nutricionales.

Las algas marinas, son un grupo de organismos marinos que posee una amplia variedad de especies, que han sido sujetos de investigación en distintas áreas para su aprovechamiento, su uso en la industria de alimentos se basa en la mayoría por su contenido de minerales, vitaminas y moléculas bioactivas. El alga *Porphyra yezoensis* es conocida comúnmente como “nori” y su papel en la comida japonesa destaca por su uso en la preparación del sushi.

En el continente asiático, particularmente Japón, China y Corea, consumen grandes cantidades de algas como parte de su dieta, destacando así una menor cifra en enfermedades cardiovasculares, diabetes comparada con la población de otros continentes (O' Brien et al., 2022).

En la industria las algas han sido objeto de varios estudios como se menciona en (Ścieszka & Klewicka, 2019) y (Vijay, 2017) desde preparación de pastas, postres, pan y complementos. Existen diferentes componentes de las algas que son de suma interés en diferentes desarrollos de productos (AlFadhly et al., 2022). En México las tortillas son la base de la alimentación diaria, la mayoría de la población consume tortillas, por ello considero una buena fuente de estudio para mejorar características nutritivas más específicas y eficaces para la población en general.

1.1 JUSTIFICACIÓN

La base de la alimentación mexicana son las tortillas, a lo largo de los años se sigue optando por este producto, su consumo se basa como acompañamiento para diferentes platillos o viceversa, por la versatilidad y practicidad en su elaboración. Por ello, se considera de suma importancia que este aparte de contener los nutrientes sea fortificado o enriquecido con la finalidad de obtener mayor aporte nutricional y fácil acceso a la población en general.

El uso de las algas deshidratadas podrá ser un factor determinante para el valor agregado al cual se desea llegar, sin embargo, es importante recalcar a una escala industrial es favorecedor como materia prima un producto que ya esté libre de microorganismos o contaminantes y que se evite una contaminación durante el proceso, por ello el uso de estas algas y su caracterización es de suma importancia. Además, las algas marinas también pueden mejorar la textura y el sabor de la tortilla de maíz. El presente proyecto se enfoca en la adición de algas marinas en la tortilla de maíz, a fin de explorar sus efectos en la calidad nutricional de la tortilla de maíz.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener una tortilla de maíz fortificada con alga *Porphyra yezoensis*, para mejorar su composición nutricional en comparación a una tortilla tradicional mexicana.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular y elaborar tortillas de maíz fortificadas con alga *Porphyra yezoensis* a distintas concentraciones 0.2 %, 0.4 %, 0.6 %, 1% y 1.5%
- Determinar las características químicas de cada una de las formulaciones para establecer cuál de ellas presenta las mejores características nutritivas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Maíz

2.1.1 Características generales

Los cereales son las plantas más importantes, desde el inicio del sedentarismo los cereales han sido el sustento de la vida. A lo largo de los años siguen siendo la principal fuente de alimentación, debido a la constante mejora agrícola con técnicas de selección artificial y modificaciones biotecnológicas, hoy en día se logrado obtener diversos granos con mejores cualidades nutricionales y estéticas a sus antecedentes. Los cereales se conocen como gramíneas pertenecientes a la familia de Gramíneas, se dividen según la vía de la fotosíntesis en C3 aquellas que forman compuestos de tres carbonos a través del ciclo de Calvin está el arroz y los cereales pequeños, por ejemplo: trigo, cebada, centeno, avena, etc. En C4 se clasifican las que forman compuestos de cuatro carbonos a través de la vía metabólica ácida de las Crasuláceas es un tipo de fotosíntesis adaptado a condiciones de sequía, entre ellas se encuentra el maíz, sorgo y mijo, crecen en climas cálidos con alta intensidad de luz (Serna-Saldivar, 2016).

El fruto del cereal se conoce a nivel botánico como cariopsis, la cual se divide en tres partes principales: pericarpio, endospermo y germen. El pericarpio es la capa externa que cubre el grano y es donde se encuentra el mayor contenido de fibra. El endospermo constituye hasta un 75% del peso total y está compuesto principalmente de almidón y proteína, en la mayoría carece del contenido de fibra. El germen contiene la mayor cantidad de aceite, es rico en proteínas y vitaminas (Serna-Saldivar, 2016).

2.1.2 Uso del maíz

El maíz *Zea mays* se utiliza en la producción de tortilla, es considerado como la principal base de la dieta mexicana (Grajales-García et al., 2012). Particularmente México es considerado como la cuna del maíz. Actualmente el maíz se siembra en los cinco continentes considerando cambios en cada uno de ellos, el maíz se desarrolla a temperaturas de 25°C a 30°C, es muy susceptible a las heladas y al frío (Serna-Saldivar, 2016).

En la industria, el 85 % de la producción del maíz se destina para alimentación animal y producción de bioetanol. La mayoría de los productos procesados de maíz se

fabrican a partir de materias primas obtenidas de la molienda seca, molienda húmeda o nixtamalización. La molienda seca es un proceso de reducción de tamaño donde se tritura el material en estado seco si adición de líquidos, los productos generados de la molienda seca son usados para las industrias de panificación, elaboración de cerveza, refrigerios y cereales para el desayuno. La molienda húmeda es un proceso industrial, que consiste en remojar el maíz con agua y en ocasiones otros compuestos, con el fin de ablandarlo y luego molerlo. De aquí se produce en su mayoría almidón, el cual mediante un proceso bioenzimático se convierte en maltodextrina, maltosa, glucosa y jarabes de alto contenido de fructosa (Galindo-Olguín et al., 2021). La nixtamalización del maíz a escala industrial genera tres diferentes productos: tortillas de mesa, chips de maíz y chips de tortilla (Serna-Saldivar, 2016).

2.1.3 Tortillas

La tortilla mexicana tiene una forma circular de un grosor aproximado de 1 a 5 mm para su elaboración se puede obtener de manera tradicional, mecanizado e industrial. La primera consiste en la elaboración de las tortillas con maíz criollo, el maíz criollo se caracteriza por ser producido en una región determinada en condiciones particulares y son aquellas que han sido cultivadas de generaciones en generaciones, durante la elaboración de tortillas el proceso de cocción se basa mezclando los granos, agua y óxido de calcio. En la siguiente etapa se muelen los granos cocidos previamente lavados en un metate y finalmente se elaboran las tortillas con las manos, moldeando hasta obtener una forma circular con un diámetro aproximado de 5 cm.

La elaboración de manera mecanizada a comparación de la anterior consiste con equipos más industriales como una tortilladora, puntos más específicos de cocción lo hace que sean replicable durante el proceso y estas tortillas se venden de manera local. Por último, las tortillas elaboradas de manera industrial son aquellas que se comercializan en grades mercados con adición de compuestos para que tenga más vida anaquel y lleguen a consumidor de manera inocua y en perfectas condiciones (Sombra, 2018).

2.1.4 Adición y fortificación de tortillas

Rosado et al., (1999) adicionó vitaminas y minerales en harinas maíz y trigo con la finalidad de recuperar la cantidad de minerales perdidos durante a molienda de las

harinas de maíz y trigo. Con la finalidad de ofrecer al consumidor de un nivel económico inferior al promedio la suficiente cantidad de minerales que el cuerpo necesita y se debe consumir en dosis diarias las cuales se encuentran de manera tradicional en diferentes productos de origen vegetal como son los cereales y por los diferentes tratamientos en las cuales se lleva a cabo estas pierden estos nutrientes. (Chávez-Santoscoy et al., 2016) realizó un estudio en base al enriquecimiento de la harina de maíz nixtamalizada enriquecida con antocianinas, flavonoides y saponinas extraídas de la testa de frijol negro, donde se obtuvieron resultados favorables en base a textura y color, manteniendo un 60% de los compuestos bioactivos adicionados en su elaboración.

2.2 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 en general conforman una gran variedad de especies, la mayoría son verdes (1200 especies), marrones (2000 especies), rojos (6000 especies) (Admassu et al., 2018).

2.2.1 Generalidades

Las algas, a comparación con otros ingredientes funcionales, crecen en zonas de alta presión y en presencia de altas concentraciones de sal. Lo cual genera que sea abundante en el área y se consuma en diferentes presentaciones. Las algas son ricas en contenido de terpenoides y florotaninos. Son dos tipos de compuestos químicos que se encuentran en ciertas plantas y algas marinas, tienen diversas funciones biológicas y propiedades. Los terpenoides son una amplia clase de compuestos químicos naturales que se derivan del isopreno y se encuentran en una variedad de plantas, pueden tener múltiples funciones biológicas, incluyendo actividades

antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias. Ejemplos comunes de terpenoides son los carotenoides, los esteroides, los terpenos volátiles (como el mentol en la menta) y los compuestos aromáticos (como el limoneno en los cítricos) (Flórez Fernández, 2018). Los florotaninos son compuestos polifenólicos específicos que se encuentran en las algas pardas, como el alga *Ascophyllum nodosum* y otras especies marinas. Estos compuestos son una forma de polifenoles con una estructura química compleja que confiere propiedades bioactivas. Los florotaninos han mostrado tener una variedad de actividades biológicas, como actividad antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana y antiviral (Montes, 2012).

Las algas marinas son una buena fuente de alimentos saludables, tiene un papel fundamental en la nutrición humana, ya que tiene la capacidad de producir metabolitos secundarios que pueden ser aprovechados en diferentes maneras. Son ricos en vitamina A, B1, B12, C, D y E y minerales como Ca y P, son ricas también en microcomponentes que promueven la salud, fibra dietética, ácidos grasos omega 3, aminoácidos esenciales y vitaminas (Hamid et al., 2015). Las especies rojas y verdes son ricas en carbohidratos (Biris-Dorhoi et al., 2020).

En general las algas poseen propiedades antimicrobianas, antioxidantes y anti inflamatorias, (Praba & Sumaya, 2022) demostró en su estudio propiedades anti oxidativa en las algas *Padina gymnospora*.

2.2.2 *Porphyra yezoensis*

Es conocida como nori, especie de alga roja que comúnmente se emplea en la comida asiática. Su uso se basa principalmente como base para la elaboración de sushi. El alga es un producto vegetal muy consumido en Asia en forma de láminas secas delgadas. Su composición se basa principalmente de 40 % de polisacáridos, proteínas, péptidos lípidos, vitaminas y minerales (Jung et al., 2022).

2.2.3 Taxonomía

En la tabla 1 se muestra la clasificación del alga, agregando de igual manera su basónimo, debido que fue el nombre usado en este trabajo de investigación.

Tabla 1. Clasificación del alga *Porphyra yezoensis*

Sin rango	Organismos celulares
Reino	Eucariota
Filo	Rodofita
Clase	Bangiophyceae
Orden	Bangiales
Familia	Bangiáceas
Genero	Neopiropia
Especie	Neopyropia yezoensis (Ueda)
Basónimo	Porphyra yezoensis
Sinónimo homotípico	Pyropia yezoensis

(Schoch et al., 2020)

2.2.4 Contenido de lípidos

Las algas en general tienen bajo contenido de lípidos, teniendo como diferencia que estos son ácidos grasos omega 3, fitoesterol y vitaminas liposolubles (Murata & Nakazoe, 2001). El contenido de lípidos y ácidos grasos en las algas rojas es relativamente bajo siendo entre 1 % y 5 % del peso seco, sin embargo, cuenta con altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados son un tipo de grasa esencial que el cuerpo humano no puede producir por sí mismo y, por lo tanto, deben obtenerse a través de la dieta. Estos ácidos grasos contienen dos o más enlaces dobles en su cadena carbonada, lo que la diferencia de los ácidos grasos saturados, que no tienen enlaces dobles (Torres et al., 2019).

2.2.5 Polisacáridos

Entre los polisacáridos que se encuentran en la *Porphyra* están el porfirano, agar, celulosa, xilano y manano (Jung et al., 2022).

El porfirano es un polisacárido lineal y aniónico soluble en agua. En base a Zhang et al., (2009) este polisacárido posee excelentes actividades antioxidantes teniendo

efectos eliminadores de radicales. Las especies reactivas de oxígeno son átomos y moléculas del oxígeno que tienen una gran reactividad por los electrones sin par, por ello, los antioxidantes son sustancias que poseen la capacidad de neutralizar y reducir los efectos perjudiciales de las especies reactivas de oxígeno retardando así el progreso de muchas enfermedades crónicas (Singh & Rajini, 2004).

El polisacárido de la especie *Porphyra* contiene muchas actividades fisiológicas como: antiviral, inmunorreguladora, anticancerígeno, anticoagulante y antihiperlipidémico (Zhou et al., 2012). En estudios recientes se indica que los polisacáridos y oligosacáridos pueden regular el metabolismo intestinal, siendo un potencial para tratar enfermedades inflamatorias intestinales, pudiendo ser considerado como un prebiótico (Lopez-Santamarina et al., 2020)

La actividad inmunorreguladora es la capacidad que tiene ciertas sustancias para modular la función del sistema inmunológico, en las algas rojas son originadas por los polisacáridos (Qian et al., 2014).

2.2.6 Proteína

Las algas contienen péptidos bioactivos que pueden desempeñar un papel para los procesos reguladores en los seres humanos, entre ellos entra el sistema inmunológico, cardiovascular y nervioso. También pueden incluir actividades antidiabéticas, antioxidantes, antimicrobianas y antihipertensivas. Cabe recalcar que para ver estas actividades se tiene que activar mediante el uso de enzimas proteolíticas (pepsina, tripsina, quimotripsina)(O' Brien et al., 2022). La producción de péptidos bioactivos se basa en identificar las fuentes de proteínas y los métodos de extracción para cada una de ellas (Admassu et al., 2018).

Torres et al., (2019) comentan que el contenido de proteínas en algas rojas es mayor que las que tienen las algas verdes y marrones, representando del 10 % al 50% del peso seco, el contenido de proteínas cambia en base la especie y las condiciones de crecimiento.

O' Brien et al., (2022) mencionan algunos métodos de extracción, el intercambio iónico y filtración en gel donde se reportó que la *Porphyra yezoensis* cuenta con bioactividad de inhibición de ACE-1 y con método de extracción de hidrólisis enzimática con pepsina (EC 3.4.23.1), 5 H, 45°C se reportó actividad anticoagulante, sintetizado químicamente y purificado por HPLC se obtuvo una inhibición de la COX- 2.

2.2.7 Cultivo y beneficios de *Porphyra yezoensis*

En china la *P. yezoensis* se cultiva desde octubre hasta abril (Han et al., 2013).

La mayoría de la población asiática han consumido alga marinas durante muchos años entre otros beneficios que son resaltables destacan una menor incidencia de cáncer, disminución de la presión arterial, azúcar en la sangre, enfermedades cardiovasculares; las algas en general contienen compuestos que no se encuentran en plantas terrestres o las cantidades son mínimas (Lopez-Santamarina et al., 2020). La actividad hipoglucemiante se refiere a la capacidad de ciertas sustancias o compuestos para reducir los niveles elevados de glucosa en la sangre, entre otras palabras disminuir la concentración de azúcar en la sangre. Zhang & Wu, (2022) investigaron la actividad hipoglucemiante de los polisacáridos de *Porphyra yezoensis* llegando a resultados favorable y que podrían usarse para el tratamiento de la diabetes mellitus.

Los polisacáridos de la *P. yezoensis* poseen efectos hipolipemiantes, por lo que se sugiere que tiene la capacidad de reducir los niveles elevados de grasa en la sangre, siendo un potencial agente terapéutico para la hiperlipidemia (Qian et al., 2014). Liu et al., (2008) demostraron específicamente que el alga *Porphyra yezoensis* posee actividad antioxidante y que sus péptidos, también llamados “noripéptidos” indujeron una reducción significativa de la presión arterial en pacientes hipertensos con una ingesta de 1.8 g al día (Saito et al., 2002).

2.2.8 Uso de las algas en la industria alimentaria

La población en general está empezando a optar por productos que son libres de ser de origen animal, siendo objeto de estudio de las proteínas de las macroalgas para la fabricación de alternativas a las hamburguesas de carne, también se ha utilizado en productos sustitutos del huevo y la mayonesa (O' Brien et al., 2022).

En base a otros producto veganos en el mercado la cantidad de proteína presente en las algas es superior a otros cereales y leguminosas que en su mayoría son la base para la elaboración de los análogos de carne, las algas contienen compuestos tecnofuncionales dentro de los cuales están las vitaminas, minerales, ácidos grasos, antioxidantes, péptidos bioactivos, entre otros (Espinosa-Ramírez et al., 2023). Ofreciendo así un producto que tenga beneficios a la salud (Samarathunga et al., 2023). Las algas rojas *Rhodophyta* son una fuente industrial de galactanos, los cuales

son polisacáridos, es decir, cadenas largas de moléculas de azúcar, que están compuestos principalmente de unidades de galactosa. El carrageno está presente en algunas especies de algas rojas, se utiliza en la industria alimentaria para mejorar la textura y estabilizar productos como lácteos, postres y productos cárnicos (Hentati et al., 2020).

En base a Mamat et al., (2021) donde realizó una evaluación de las características reológicas de la masa y la calidad del panecillo blando de harina de trigo incorporada con polvo de algas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue realizado en el laboratorio de Nutrición Animal perteneciente a la División de Ciencia Animal que cuenta la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en el municipio de Saltillo, Coahuila, México.

3.1 Materia prima

Las algas se compraron en la tienda HEB de la marca SATORU, el maíz nixtamalizado utilizado fue de la marca Don Cayetano.

3.2 Materiales utilizados

Los materiales que se emplearon en la siguiente investigación se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. Materiales utilizados durante el análisis bromatológico

Materiales	(%) MST	(%) C	(%) EE	(%) PC	(%) FC	(%) Minerales
Charolas de aluminio	X					
Balanza	X	X	X	X	X	
Crisoles de porcelana	X	X			X	
Espátula	X	X	X	X	X	
Desecador	X	X	X		X	
Matraces bola esmerilada			X			
Embudo			X			
Probetas				X		
Matraces Erlenmeyer				X		
Matraces Kjeldahl				X		
Perlas de vidrio				X		
Bureta				X		
Cartuchos de celulosa			X			
Vasos de Berzelius					X	

Telas de lino					X	
Vasos de precipitado					X	X
Vidrios de reloj						X
Matraces de aforación						X
Micropipeta						X
Papel filtro sin cenizas						X

3.3 Equipos utilizados

En la siguiente tabla se muestran los equipos empleados para llevar a cabo este estudio.

Tabla 3. Equipos utilizados para los distintos análisis

Equipo	Marca	Modelo
Estufa de secado	Thelco	Modelo 27
Estufa de secado	Robertshaw	---
Balanza analítica	Ohaus	Explorer
Balanza digital	Ohaus	Scout Pro
Digestor	Labconco	---
Aparato Kjeldahl	Labconco	---
Extractor Soxhlet	Labconco	---
Aparato de reflujo	Labconco	30001
Plancha de calentamiento	Thermolyne	Cimarec 2
Mufla	Thermolyne	Modelo 1500
Espectrofotómetro de absorción atómica	Varian	AA-1275 series

3.4 Reactivos usados durante los diferentes análisis

En la siguiente tabla se muestran los diferentes reactivos usados en las diferentes metodologías.

Tabla 4. Reactivos utilizados en las diferentes metodologías

Grasa (Soxhlet)

Hexano

Proteína (Kjeldahl)

Ácido sulfúrico concentrado

Mezcla de selenio

Zinc

Ácido bórico

Hidróxido de sodio

Ácido sulfúrico

Fibra cruda

Hidróxido de sodio

Minerales (Espectrofotómetro de Absorción Atómica)

Ácido perclórico







Ácido nítrico

Agua desionizada

3.5 Formulación de las tortillas

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de maíz nixtamalizado y alga roja usada para cada formulación de tortillas. De igual manera el producto obtenido de cada formulación.

Tabla 5. Porcentajes de cada materia prima para la formulación de las tortillas

Concentraciones	Maíz nixtamalizado (%)	Alga roja <i>Porphyra yezoensis</i> (%)	Imagen
Testigo	100	0	
C1	99.8	0.2	
C2	99.6	0.4	
C3	99.4	0.6	
C4	99.0	1.0	
C5	98.5	1.5	

3.6 Molienda del alga roja *Porphyra yezoensis*

Se realizó la molienda en una licuadora de la marca Oster por un periodo de 8 minutos hasta obtener la consistencia deseada (Fig. 1). La muestra se pasó a un contenedor específico y se almacenó a temperatura ambiente hasta su posterior uso



Figura 1. Molienda

3.7 Tortillas

Se pesó la masa de maíz nixtamalizada en base a los porcentajes mencionados en la tabla 5, se pesó las cantidades correspondientes de algas, se homogeneizaron ambas materias primas, se elaboraron las tortillas con ayuda de una prensa manual, se precalentó el comal, las tortillas se cocieron en un tiempo inicial de 30 segundos para la primera cara, la segunda cara por 50 segundos, finalmente se regresa a la primera cara con 25 segundos (Fig. 2).

Se realizaron cuatro réplicas de cada tratamiento, iniciando como base un total de 100 g de maíz nixtamalizado, el cual se dividió en partes iguales obteniendo así una masa más manejable y una cocción idónea.

Las muestras obtenidas se almacenaron a temperatura ambiente hasta su posterior análisis.

Los análisis se realizaron de acuerdo con el A.O.A.C. (1980)

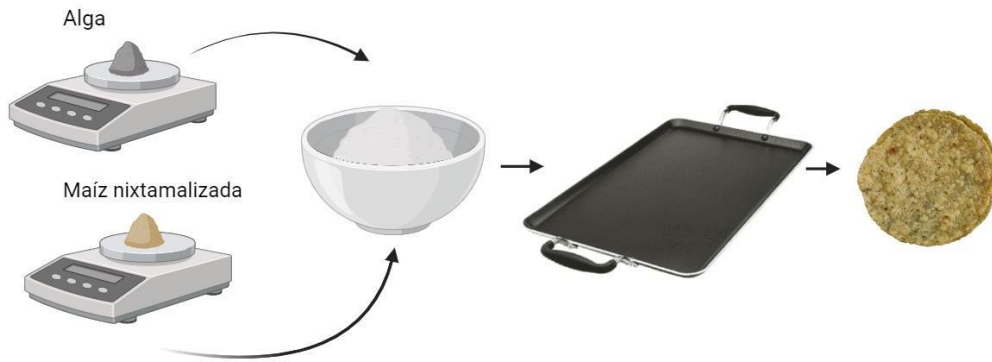


Figura 2. Elaboración de las tortillas

3.7.1 Preparación de la muestra

Las tortillas se colocaron en charolas de aluminio previamente pesadas, se realizó el peso de cada concentración con sus respectivas réplicas, se metió a una estufa a una temperatura de 55°C - 60°C por un periodo de 24 horas, se pesó las muestras después de alcanzar una temperatura estable.

3.7.2 Molienda de la muestra

Las muestras de tortillas obtenidas se molieron en una licuadora por un tiempo de 5 minutos, las muestras se etiquetaron en base a las concentraciones correspondientes y se almacenaron en envases de plástico para su uso en los siguientes análisis.

3.8 Materia seca total (%MST)

Se utilizaron 21 crisoles de porcelana previamente etiquetados e identificados, se sacaron de una estufa a temperatura de 100°C, se dejaron en un desecador por un periodo de 18 minutos hasta alcanzar una temperatura constante (Fig. 3), se pesaron y se registró el peso de cada uno.

Se pesó 1 gramo de la muestra y se colocó en cada crisol correspondiente registrando el peso exacto de cada muestra, para cada concentración se realizó por triplicado, posteriormente se dejaron los crisoles con muestra en una estufa de 100°C por un periodo de 24 horas.

Transcurrido el tiempo se sacaron los crisoles con pinzas y se dejaron en el desecador por un periodo de 18 minutos, se pesó cada crisol y se registró el peso correspondiente.

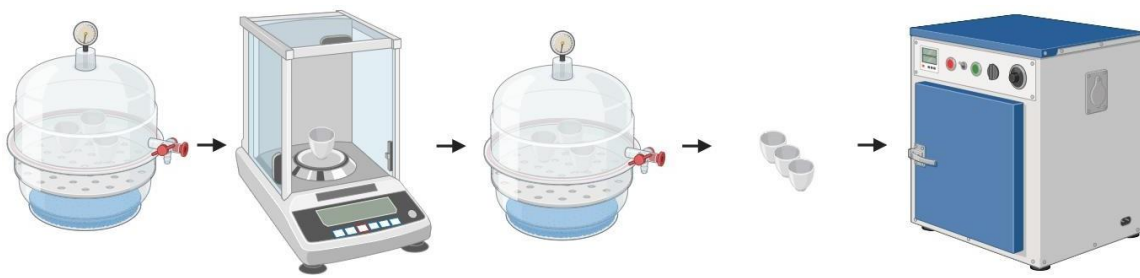


Figura 3. Determinación de materia seca total

El % MTS se obtuvo de la siguiente fórmula:

$$\%MTS = \frac{\text{Peso del crisol después de la estufa} - \text{Peso del crisol}}{\text{g de muestra}} * 100$$

3.9 Cenizas (% C)

Se tomó como base las muestras para determinar porcentaje de materia seca total, los crisoles previamente identificados se colocaron en parrillas eléctricas, se pre incineraron, al obtener muestras al rojo vivo y sin presencia de humo se colocaron en un desecador (Fig. 4), las muestras fueron colocadas a una mufla de una temperatura de 600°C por un tiempo de 2 horas, transcurrido el tiempo se dejaron en un desecador por un periodo de 18 minutos y se pesaron en una balanza analítica, se tomaron los datos correspondientes.

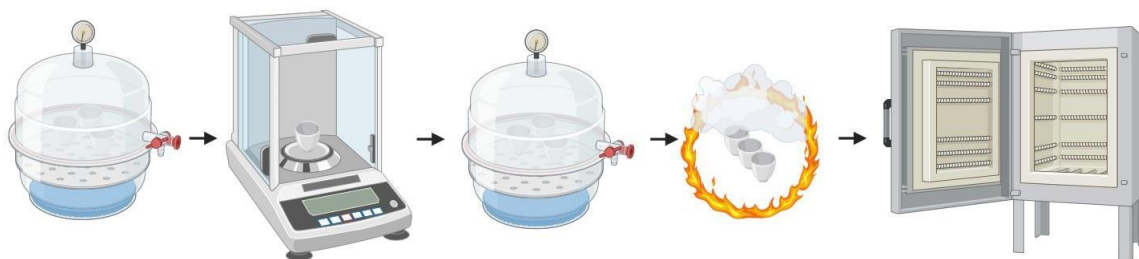


Figura 4. Determinación de cenizas

Se determinó la cantidad de ceniza mediante la siguiente fórmula:

$$\%C = \frac{\text{Peso del crisol después de la mufla} - \text{Peso del crisol}}{\text{g de muestra}} * 100$$

$$\%C \text{ Total} = \frac{\% \text{ ceniza}}{\% \text{ MTS}} * 100$$

3.10 Grasa (% EE)

Se utilizaron 21 matraces bola esmerilada previamente identificados, se colocaron 3 perlas de vidrio y se dejó en una estufa de secado de 100°C por 24 horas, para que estén a peso constante, los matraces se colocaron en un desecador por 18 minutos, se pesaron en una balanza analítica y se tomaron los datos correspondientes.

Se pesaron 3 g de muestra (alga) y 4 g para cada concentración por triplicado, la muestra pesada se colocó en un papel filtro y posteriormente en dedales de celulosa; los dedales fueron colocados en sinfones de Soxhlet correspondiente (Fig. 5).

A cada matraz bola se le agregaron 250 mL de hexano, se conectó al equipo y se dejó por un periodo de 8 horas, el refrigerante se cambió cada 3 horas. Transcurrido el tiempo se recuperó el hexano, los matraces bola con la muestra se colocaron a una estufa de 100°C por un tiempo de 12 horas, los matraces se colocaron en un desecador por un periodo de 18 minutos, se pesó y registró los datos obtenidos de la balanza.

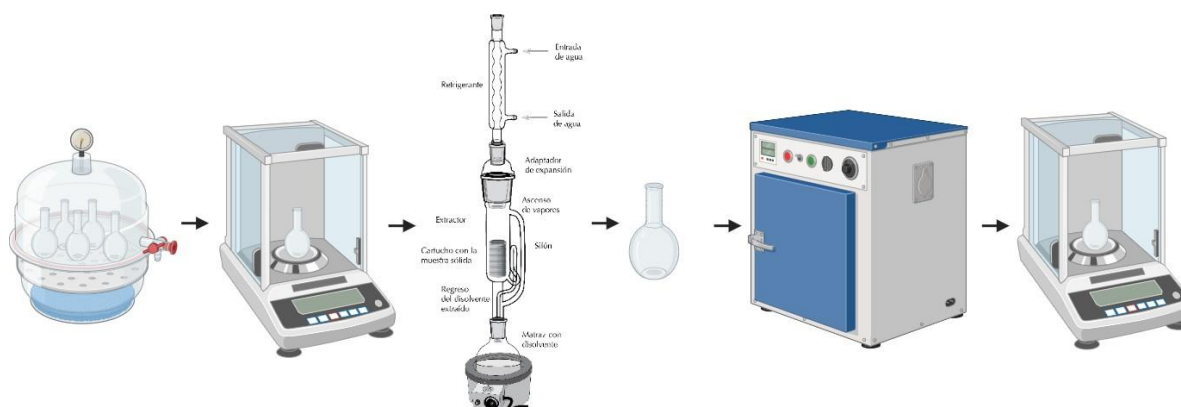


Figura 5. Determinación de grasa

Fórmula para determinar el porcentaje de grasa:

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

$$\%EE \text{ Total} = \frac{\% EE}{\%MTS} * 100$$

3.11 Proteína cruda (% PC)

Se utilizó el método de Kjeldahl (Fig. 6).

Digestión

Se pesó 1 g de muestra sobre un papel filtro, se dobló y colocó en cada matraz Kjeldahl correspondiente, se agregó a cada matraz tres perlas de vidrio, una cucharada de reactivo de selenio y 30 mL de ácido sulfúrico concentrado, los matraces se colocaron en el equipo de Kjeldahl en la parte digestora, se dejó hasta que la muestra mostró una tonalidad verde cristalino.

Destilación

Los matraces se dejaron enfriar por 1 hora, cada matraz se dejó en agua para su enfriamiento, se agregó lentamente 300 mL de agua destilada por las paredes del matraz, 3 g de zinc y 100 mL de hidróxido de sodio al 45 %.

En matraces Erlenmeyer de 50 mL se agregó ácido bórico al 4 % y 5 gotas de indicador mixto.

Los matraces se colocaron en el equipo Kjeldahl en la parte destiladora, previamente se encendieron las parrillas y se abrió la llave de paso, se colocaron los matraces Erlenmeyer a su contraparte correspondiente, los cuales fueron identificados con números, la muestra se dejó hasta obtener un total de 250 mL de destilado.

Titulación

En el proceso de titulación se utilizó ácido sulfúrico al 0.1 N, se colocó la cantidad adecuada en base a la bureta, se verificó que no tuviera burbujas de aire, se tituló hasta notar el primer cambio de olor y se registró la cantidad de ácido sulfúrico utilizado para cada muestra.

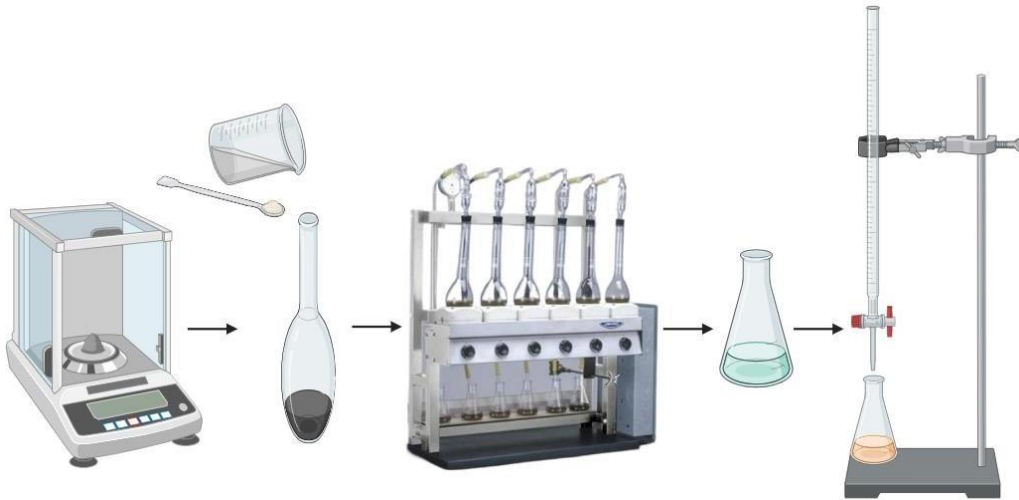


Figura 6. Determinación de proteína cruda

Fórmula para determinar el porcentaje de proteína cruda:

$$\% N = \frac{(mL \text{ gastados de } H_2SO_4 - mL \text{ del blanco}) * N \text{ de } H_2SO_4 * 0.014}{g \text{ de muestra}} * 100$$

$$\% PC = \% N * \text{Factor de conversión (6.25)}$$

$$\% PC \text{ Total} = \frac{\% PC}{\% MTS} * 100$$

3.12 Fibra Cruda (% FC)

Se tomó como base las muestras obtenidas en la determinación de grasa, para ello, se pesaron 2 gramos de muestra por triplicado y se colaron en vasos Berzelius de 600 mL, siendo un total de 21 muestras (Fig. 7). A cada vaso se le agregó 100 mL de ácido sulfúrico 0.225 N se conectó al equipo de fibra, una vez iniciada la ebullición se dejó por un periodo de 30 min.

Cada muestra se filtró en telas de lino, las cuales fueron colocadas en embudos para mejor facilidad, al vaso se le agregó agua caliente y se volvió a filtrar en la misma tela que estaba la muestra con la finalidad de no perder la cantidad correspondiente. Después la muestra se regresó a vaso de Berzelius y se agregó 100 mL de hidróxido de sodio 0.313 N, se repitió el procedimiento, al transcurrir los 30 minutos se filtraron las muestras y la parte solido se dejó en crisoles de porcelana previamente inidentificados, los crisoles se dejaron en una estufa de 100°C por un tiempo de 1 horas, transcurrido este tiempo, se sacaron los crisoles y se dejaron en un desecador por un tiempo de 18 minutos, se pesaron y se registraron los datos correspondientes. Se preincineraron, posteriormente se dejaron en una mufla de 600°C por 3 horas., finalmente los crisoles se dejaron en un desecador por 18 minutos y se pesaron registrando los valores obtenidos.

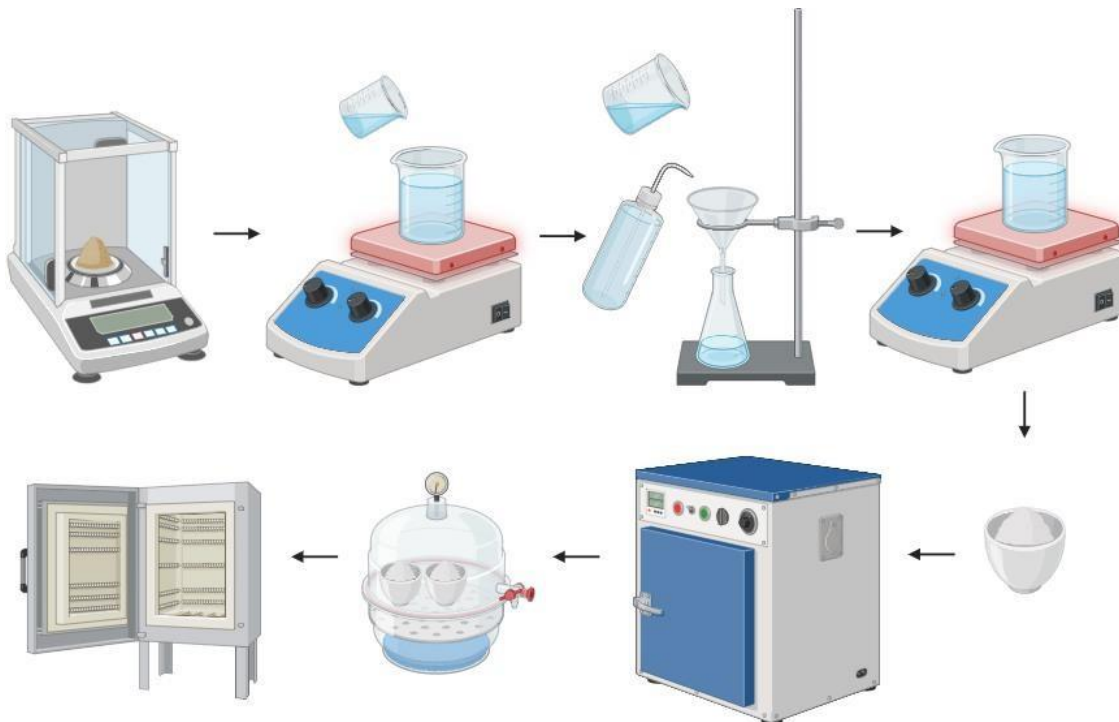


Figura 7. Determinación de fibra cruda

Fórmula para determinar el porcentaje de fibra cruda:

$$\% FC = \frac{\text{Peso después de la estufa} - \text{Peso del crisol después de la mufla}}{\text{g de muestra}} * 100$$

$$\%FC\ Total = \frac{\%FC}{\%MTS} * 100$$

3.13 Extracto libre de nitrógeno (% ELN)

Se refiere a la parte del alimento que no contiene nitrógeno en forma de proteína, incluye componentes como carbohidratos, grasa, fibra y minerales.

Este valor se obtiene de la siguiente formula:

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

3.14 Contenido calórico (% KCAL)

En este apartado se utilizó los resultados obtenidos anteriormente en %. Para cada determinación se utilizó los valores obtenidos de proteína cruda, grasa, extracto libre de nitrógeno (carbohidratos).

Para cada uno se utilizó las siguientes formulas:

Proteína

$$\begin{array}{l} 4\ kcal \text{ --- } 100\ \% \\ X \text{ --- } \%PC \end{array}$$

Grasa

$$\begin{array}{l} 9\ kcal \text{ --- } 100\ \% \\ X \text{ --- } \%EE \end{array}$$

Carbohidratos

$$\begin{array}{l} 4\ kcal \text{ --- } 100\ \% \\ X \text{ --- } \%CHO \end{array}$$

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

3.15 Minerales (% Mg, % Ca, % K, Fe mg/ 100g y Zn mg/ 100g)

Se pesó 1 g de muestra por triplicado por cada tratamiento, la muestra se colocó en vasos de precipitado de 100 mL, se agregó una mezcla de ácido perclórico y ácido nítrico a una relación 1:3 (180 mL de ácido perclórico y 540 mL ácido nítrico) a cada vaso de agregó 40 mL de la solución. Los vasos se colocaron en una parrilla de calentamiento y se taparon con vidros de reloj, se dejaron en ebullición hasta obtener un color transparente con un volumen de 20 mL (Fig. 8).

Se filtró la muestra en matraces de aforación de 100 mL usando embudo y papel filtro. Se aforó la muestra con agua desionizada, la muestra se guardó en envases de plástico previamente identificados.

La lectura de los minerales se realizó con un espectrofotómetro de absorción atómica, los minerales que se cuantificaron fueron Magnesio, Potasio, Hierro, Calcio y Zinc.

En el caso de los macrominerales, Mg, K y Ca se realizó una dilución 1:100, donde se tomó 1 mL de la solución base con una micropipeta, se colocó el mL de la muestra en un matraz de aforación de 100 mL y se aforó con agua desionizada.

La colocó la muestra en el equipo y se registró los datos obtenidos en ppm, la cual se expresó en % para los macrominerales y para los microminerales en mg/100 g

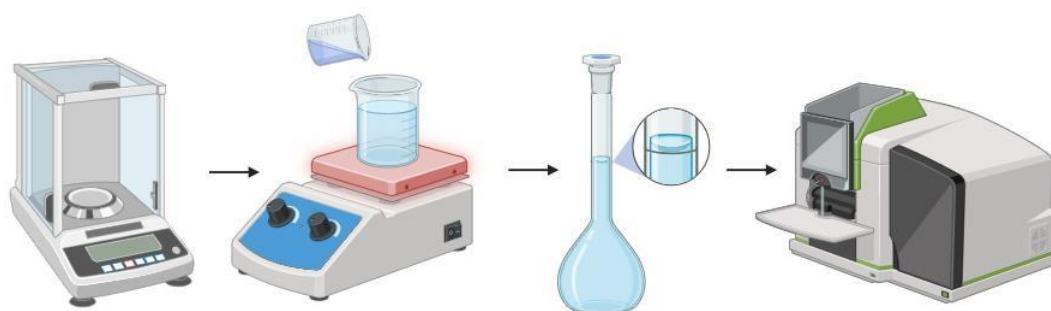


Figura 8. Determinación de minerales.

Fórmula para determinar el porcentaje de minerales:

$$\% = ppm * factor\ de\ dilución * 100$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Alga

En la Tabla 6 se reporta la caracterización del alga, de cada parámetro el valor más notorio es el contenido de proteína, Seo & Jung, (2007) reportó un contenido de 7.5 % de humedad, 35 % de proteína cruda, 0.70 % de grasa, y 8.70 % de ceniza. Con los datos obtenidos durante la caracterización de la materia prima se obtuvieron resultados similares en cada una de los proximales realizados. Qian et al., (2014) rectifica que el contenido de proteína en las algas es entre 25 % y 50 %.

Rupérez (2002) en su estudio cuantificó variedades de algas rojas y pardas de diferentes especies, en la cual los valores de ceniza fueron más altos al que se reportó en este experimento, siendo para la especie *Porphyra tenera* un 20.59 % de ceniza, uno de los factores la ubicación y desarrollo de la materia prima. Sin embargo, entra dentro de estándar, el mismo autor menciona que el rango de valores es de 8 % a 40 %. Marsham et al., (2007) reportó valores de *Porphyra sp.* en contenido de proteína un total de 44 %, grasa 0.7 %, fibra cruda 1.1 %. Hentati et al., (2020) en su cuadro comparativo de porcentajes de carbohidratos obtenidos en diferentes algas rojas de diferentes países reportó valores de 59 %, 34 %, 63 % valores muy parecidos a los obtenidos en la tabla de resultados, sin embargo, estas algas son de diferentes especies y de otras zonas, por lo cual los valores no serán iguales, retomando la cantidad de carbohidratos presentes en las algas rojas, se puede decir que el obtenido entra dentro de ese porcentaje del 5 al 75 %.

Siddique et al., (2013) en base a la información encontrada de otras algas rojas específicamente de *Porphyra tenera* contiene un 34.2 % de proteína, 0.7 % de grasa, 4.87 de % fibra y 8.70 de % de ceniza.

Tabla 6. Caracterización del alga

	% MST	% H	% C	% EE	% PC	% FC	%ELN	%kcal
Alga	92.59 ± 0.03	7.41 ± 0.03	9.56 ± 0.07	0.63 ± 0.1	41.28 ± 0.83	5.54 ± 0.22	43.00 ± 1.03	342.76 ± 1.66

Promedio y desviación estándar de n=3.

En la Tabla 7. Caracterización de las tortillas, se hace una comparación de todas las concentraciones realizadas comparándose entre sí con el control, donde el % MST tuvo una diferencia significativa con su control, sin embargo, en las concentraciones entre sí no existe una diferencia significativa ya que estadísticamente pertenecen al grupo a; el % H tuvo diferencias significativas entre el control como de igual manera entre las concentraciones, el contenido de humedad está directamente relacionado con la vida anaquel del alimento, por lo tanto los valores obtenidos son de suma importancia, ya que también se pueden desarrollar diferentes mohos por las condiciones en las que se almacene; el % C en todas las concentraciones como el control no tuvo diferencia significativa entre sí, esta determinación general se puede apreciar de una mejor manera en la cuantificación de minerales presentada en la Tabla. Contenido de minerales en las diferentes concentraciones; el % EE fue bajo en las concentraciones de 0.2 % y 1% y todas las restantes fueron estadísticamente iguales perteneciendo al grupo a; el % PC fue igual en todas las muestras; el % FC fue bajo en las concentraciones 0.2 %, 0.6 % y 1.5 %, siendo las concentraciones 0.4 y 1 % con un alto contenido de fibra cruda; % ELN los valores obtenidos fueron iguales entre las muestras; % kcal la concentración 0.4 % fue la única muestra que tuvo un valor bajo, designado así una mejor cantidad de kilocalorías al momento de su consumo.

Tabla 7. Caracterización de las tortillas

Muestra	% MST	% H	% C	% EE	% PC	% FC	%ELN	%kcal
Testigo	94.46 ± 0.4 b	5.54 ± 0.4 a	1.72 ± 0.06 a	2.98 ± 0.05 a	9.38 ± 0.22 a	1.48 ± 0.41 ab	84.45 ± 0.29 a	402.11 ± 1.35 ab
0.2%	94.92 ± 0.12 a	5.08 ± 0.12 b	1.69 ± 0.05 a	2.77 ± 0.01 bc	9.78 ± 0.41 a	1.12 ± 0.03 b	84.62 ± 0.33 a	402.56 ± 0.35 ab
0.4%	94.91 ± 0.09 ab	5.09 ± 0.09 ab	1.73 ± 0.08 a	2.84 ± 0.08 ab	9.51 ± 0.66 a	1.92 ± 0.82 a	83.99 ± 1.25 a	399.6 ± 3.08 b
0.6 %	94.75 ± 0.33 ab	5.25 ± 0.33 ab	1.57 ± 0.4 a	2.86 ± 0.2 ab	10.31 ± 0. 37a	1.16 ± 0.11 b	84.11 ± 0.39 a	403.39 ± 2.53 a
1%	94.98 ± 0.32 a	5.02 ± 0.32 b	1.81 ± 0.09 a	2.62 ± 0.08 c	10.22 ± 0.54 a	1.24 ± 0.1 ab	84.12 ± 0.35 a	400.88 ± 0.61 ab
1.5%	94.68 ± 0.14 ab	5.32 ± 0.14 ab	1.67 ± 0.28 a	2.86 ± 0.03 ab	10.24 ± 1.02 a	1.13 ± 0.11 b	84.09 ± 0.81 a	403.1 ± 0.63 a

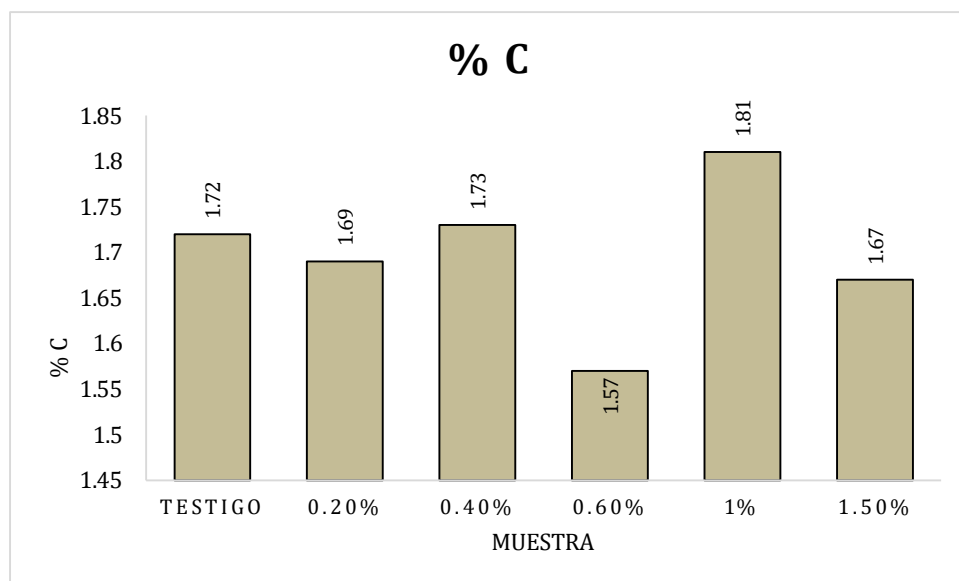
Promedio y desviación estándar de n=3. Valores con diferente letra muestran diferencia significativa a un valor P<0.05.

4.2 Ceniza

En la figura 9 se muestra que las concentraciones no son diferentes estadísticamente. Treviño-Mejía et al., (2016) realizó una fortificación de tortilla con frijol común *Phaseolus vulgaris L.* donde reportó como porcentaje de ceniza de la tortilla comercial de 1.26 % (testigo), el valor obtenido del análisis fue de 1.72 %.

Colín-Chávez et al., (2020) En los valores de ceniza las tortillas blancas y azules reportó valores de 1.85 % y 1.80 % respectivamente los cuales coinciden al que se obtuvo siendo el valor de 1.72 %. López-Alarcón et al., (2018) obtuvo un valor de 1.96 %. Pérez-Alva et al., (2022) adicionó alga parda *Macrocystis pyrifera* en diferentes concentraciones, las pruebas experimentales fueron realizadas con maíz amarillo, azul y rojo, los valores respectivamente del control de cada uno fueron de 1.16 %, 1.31 % y 1.12 %. Los valores obtenidos pueden diferir por los siguientes factores: el tipo de maíz, el proceso de nixtamalización, debido a la presencia de cal este puede afectar en contenido de ceniza, la temperatura y cocción de la tortilla. Grajales-García et al., (2012) realizó un estudio sobre la composición de la tortilla determinando su contenido de ceniza el resultado fue de 1.67g/100 g comparando estos resultados con el obtenido del control son datos muy similares, es importante mencionar que los valores obtenidos van a variar dependiendo el tipo de maíz utilizado para cada estudio.

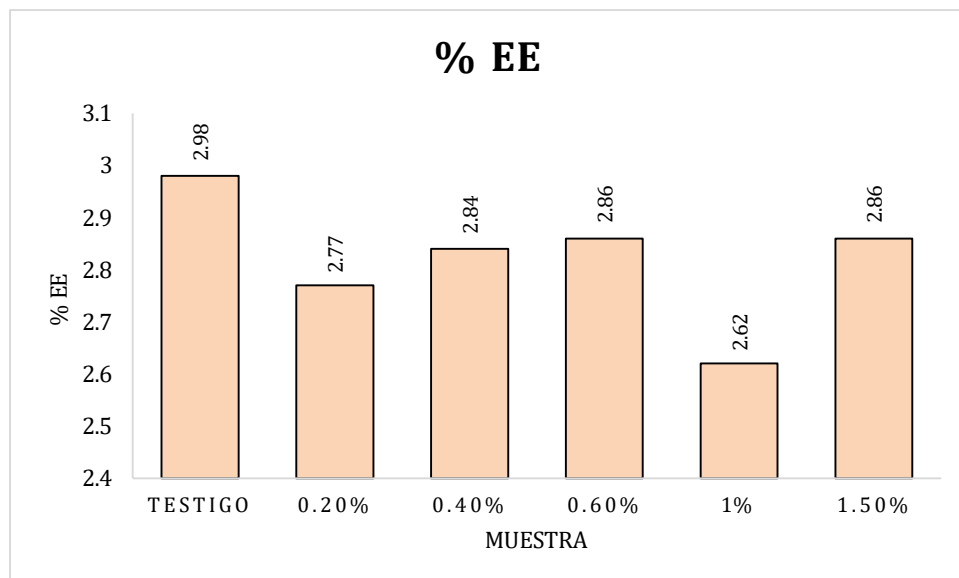
Figura 9. Porcentaje de ceniza



4.3 Extracto etéreo

En la figura 10 los datos del testigo y las concentraciones 0.4 %, 0.6 % y 1.5 % son estadísticamente iguales, siendo el más bajo la concentración del 1 %. Colín-Chávez et al., (2020) en sus datos obtenidos de la cuantificación de grasa para la tortilla azul fueron de 1.87 % y la tortilla blanca de 1.78 %, el valor obtenido en este análisis fue de 2.98 % superior a ambas tortillas, sin embargo, en ese mismo estudio en la cuantificación de grasa de tortillas producidas de manera comercial el valor fue de 3.42 % el cual es superior al que se obtuvo. Treviño-Mejía et al., (2016) en su artículo el dato reportado fue de 6.45 % y el que se obtuvo en este análisis fue de 9.38 %, retomando que la elaboración de las tortillas se realizó en base a harina de maíz industrializada, la cual pudo tener ciertas adiciones de grasa durante su elaboración.

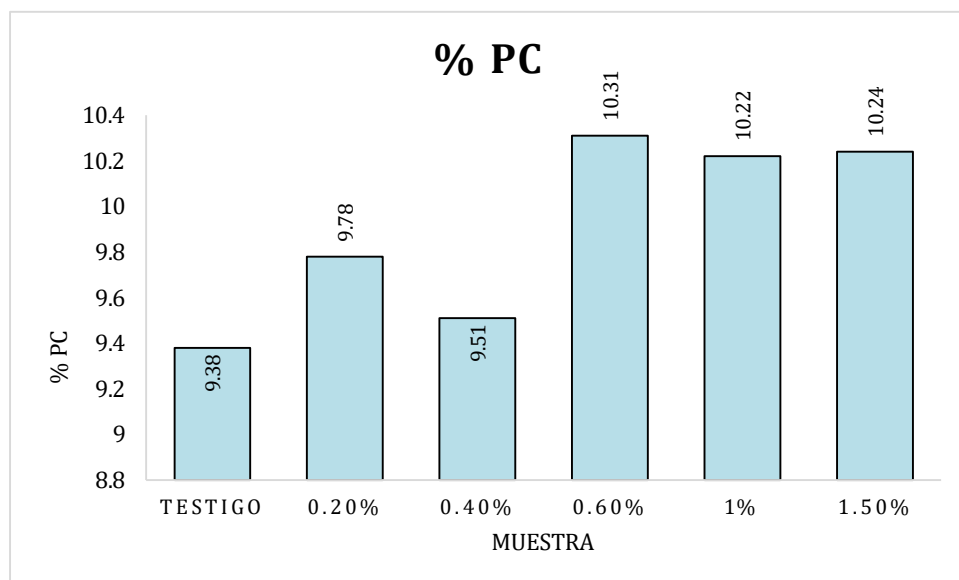
Figura 10. Porcentaje de grasa



4.4 Proteína cruda

En la figura 11 los datos se compararon estadísticamente con Fisher donde se obtuvo que los valores son iguales, sin embargo, se puede ver un pequeño incremento de los valores en base a la concentración, ya que las algas son una buena fuente de proteína. Treviño-Mejía et al., (2016) en su estudio cuantificó la cantidad de proteína presente en su control donde el resultado obtenido fue de 9.43 % dato que coincide con el que se obtuvo en este estudio, la cual fue de 9.38 %. Colín-Chávez et al., (2020) realizó un estudio sobre tortillas elaboradas de manera tradicional comparándola con la elaboración de tortillas de manera industrial, las muestras analizadas fueron tortillas de maíz azul y blanco hechas a mano y tortilla comercial. Para las tortillas blancas hechas a mano la cantidad de proteína reportada fue de 9.45 % y la tortilla azul hecha a mano fue de 9.63 %. Serna-Saldívar & Lloyd W., (1988) reportó valores de proteína de la tortilla en 9.7 %. López-Alarcón et al., (2018) reportó en su muestra control un valor de 8.40 %, su estudio se basó en un suplemento de concentrado de proteínas de sardina para mejorar el valor biológico de las tortillas, reportando como mayor dato 19.42 %. El valor más alto se vio reflejado en la concentración 0.60 % con un valor de 10.31 %.

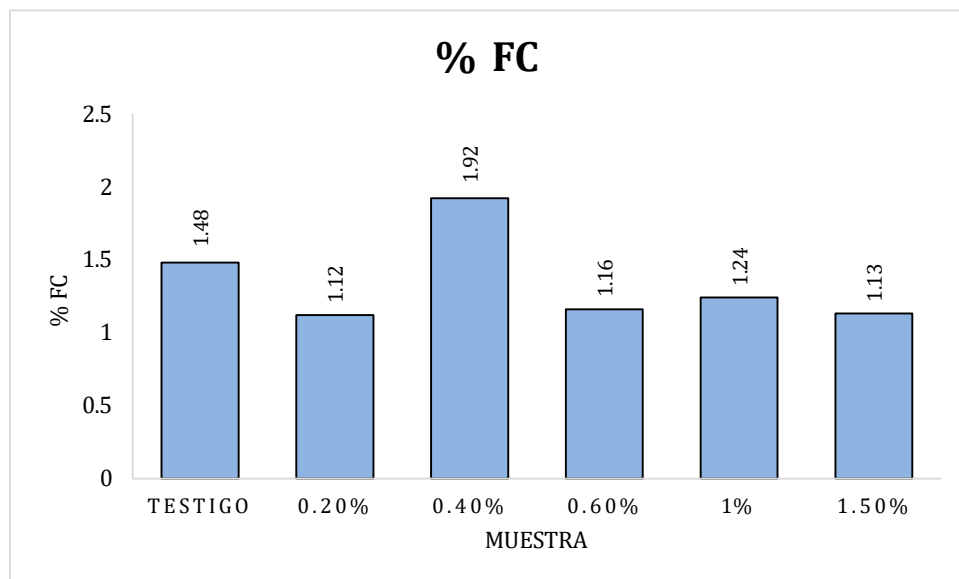
Figura 11. Porcentaje de proteína cruda



4.5 Fibra cruda

En la figura 12 se muestran los valores de fibra cruda (% FC) de cada concentración. Analizados estadísticamente con Fisher demuestran que la tortilla control y las concentraciones 0.4% y 1% son estadísticamente iguales. Serna-Saldívar & Lloyd W., (1988) en su estudio adicionó sorgo decorticado, en la muestra control reportó un valor de fibra cruda de 1.9 %, el valor obtenido en este análisis fue de 1.48 %, el valor más alto obtenido fue adición de sorgo decorticado suplementada con ajonjolí, obteniendo un valor de 2.3 %, en este estudio el valor más alto fue en la concentración 0.40 %. Uno de los factores que puede variar estos valores es la molienda del grano, en este estudio nos basamos en una harina industrial a cuál no se conoce con exactitud su proceso de elaboración, siendo uno de los factores el proceso de nixtamalización, la parte del maíz utilizado. López-Alarcón et al., (2018) adicionó sardina en las tortillas en diferentes concentraciones reportando un valor de 3.70 %.

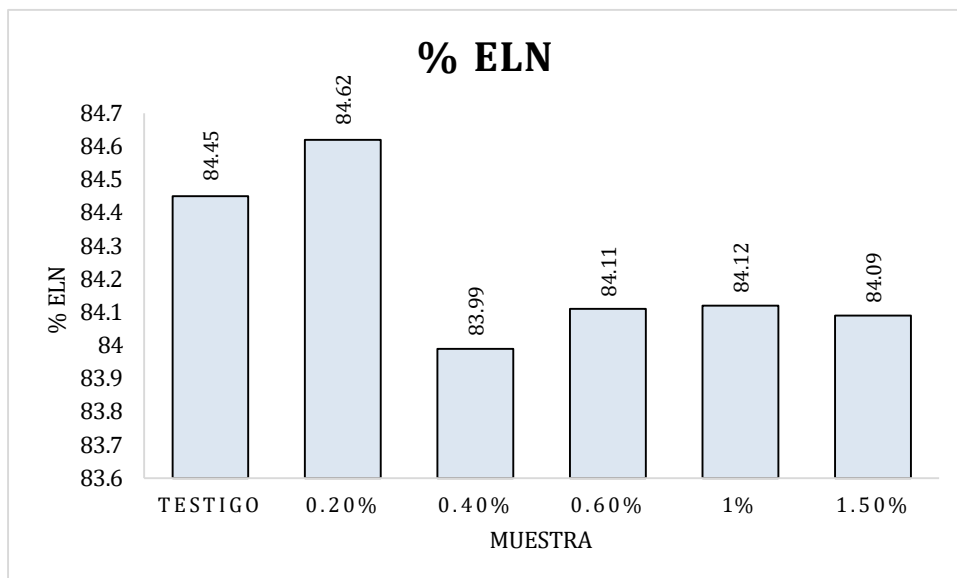
Figura 12. Porcentaje de fibra cruda



4.6 Extracto libre de nitrógeno

En la figura 13 se muestran los valores obtenidos, donde estadísticamente no hubo diferencia significativa entre las diferentes concentraciones y el control mediante la prueba de Fisher. Lopez-Alarcón et al., (2018) en su experimento reportó un valor de 83.80 % de carbohidratos dato que coincide con el que se obtuvo en este análisis. En base a Serna-Saldívar & Lloyd W., (1988) en la cual adicionó diferentes porcentajes de sorgo, soya y ajonjolí; en la tortilla testigo reportó valores de 82.9 % valor cercano obtenido en la gráfica. El valor más alto en contenido de % ELN fue de 88.4 % tortilla de sorgo decorticado.

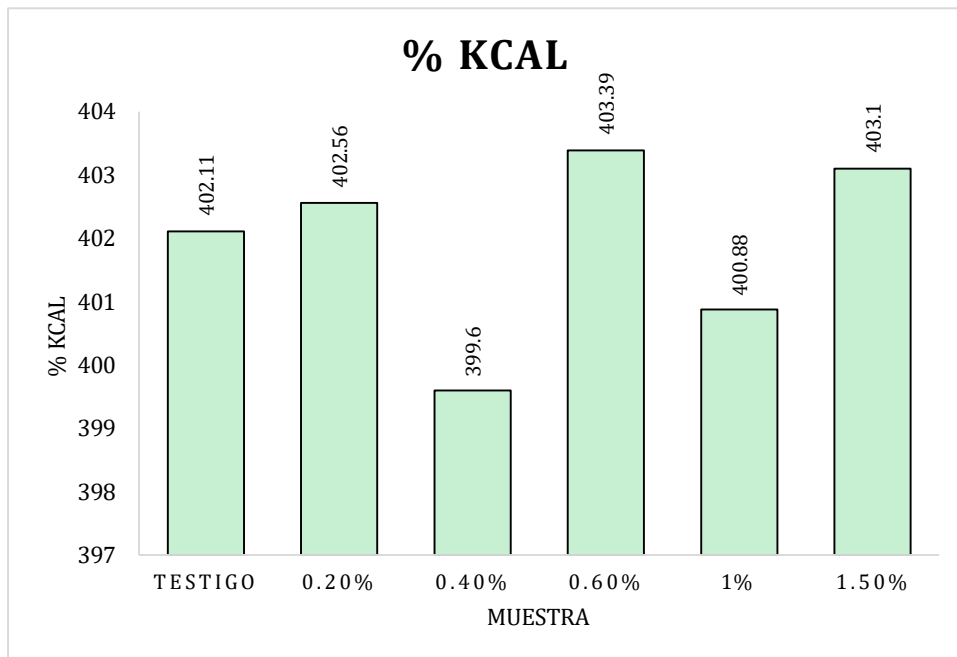
Figura 13. Porcentaje de extracto libre de nitrógeno



4.7 Kilocalorías

En la figura 14 se muestran los resultados obtenidos del cálculo de las kilocalorías que cada tortilla aporta, se realizó un análisis estadístico mediante la prueba de Fisher donde las concentraciones son estadísticamente iguales a excepción de la concentración 0.4 %, sin embargo, la diferencia es baja y por lo tanto las kilocalorías que aportan las tortillas son un promedio de 400 kcal %. Serna-Saldívar & Lloyd W., (1988) reportó 4529 cal/g convirtiéndolo a unidades de % da 452.9 %, valor cercano a lo que se muestra en la figura de la gráfica. En las diferentes concentraciones que manejó Serna-Saldívar & Lloyd W., (1988) los valores fueron muy parecidos.

Figura 14. Porcentaje de kilocalorías



4.8 Minerales

En la tabla 8 se muestran los resultados del análisis de datos de cada parámetro cuantificado. En base a Seo & Jung, (2007) el contenido de minerales reportado fue de 4.14 g/100 g dato que coincide obtenido en la lectura de este micromineral.

Tabla 8. Contenido de minerales

Muestra	Mg %	K %	Fe mg/100 g	Ca %	Zn mg/100 g
Alga	0.90 ± 0.02	3.96 ± 0.56	44.63 ± 0.49	0.66 ± 0.01	4.5 ± 0.1

Promedio y desviación estándar de n=3. Valores con diferente letra muestran diferencia significativa a un valor P<0.05.

En la tabla 9 se muestran los resultados con desviación estándar analizados con estadístico de Fisher, donde se puede ver que el % mg, % K y % Ca las concentraciones no tuvieron diferencia significativa, es decir, las concentraciones no se diferencian en los resultados, en el caso de los microminerales el hierro fue aumentando en base aumentó la concentración, en el zinc en la muestra de tortilla normal con la concentración 0.2 % y 0.4 % se agrupan en el mismo variable las ultimas concentraciones arrojaron datos inferiores, esto es en base a que las algas no son fuentes principales de zinc.

Tabla 9. Contenido de minerales en las diferentes concentraciones

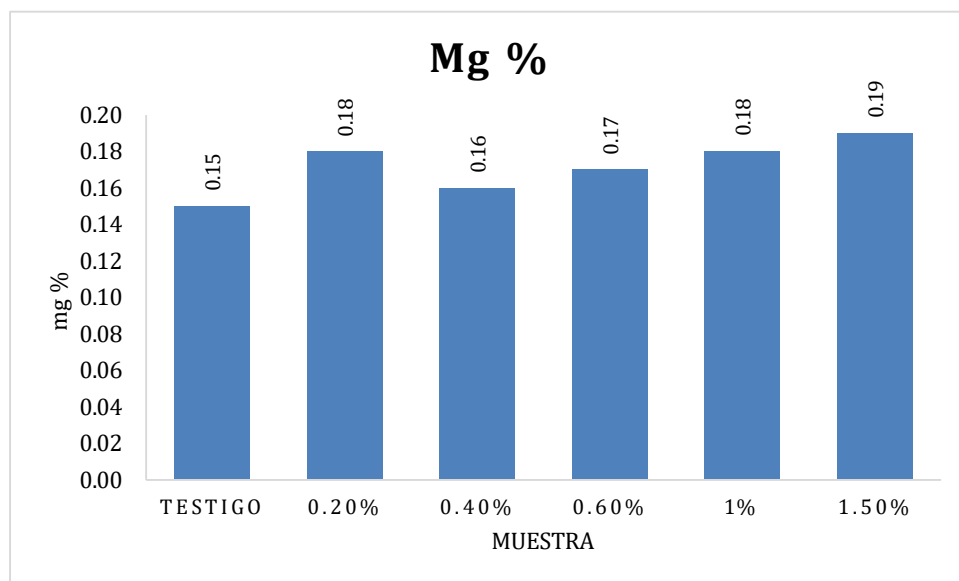
Muestra	Mg %	K %	Ca %	Fe mg/100 g	Zn mg/100 g
Testigo	0.15 ± 0.04 b	0.18 ± 0.03 b	0.13 ± 0.04 b	5.00 ± 0.36 b	1.5 ± 0.17 ab
0.2%	0.18 ± 0.03 ab	0.28 ± 0.05 a	0.2 ± 0.02 a	5.03 ± 0.55 b	1.47 ± 0.21 abc
0.4%	0.16 ± 0.01 ab	0.33 ± 0.08 a	0.18 ± 0.03 a	5.57 ± 0.64 ab	1.57 ± 0.15 a
0.6 %	0.17 ± 0.01 ab	0.28 ± 0.02 a	0.19 ± 0.02 a	5.57 ± 0.31 ab	1.3 ± 0.1 bc
1%	0.18 ± 0.02 ab	0.29 ± 0.02 a	0.18 ± 0.03 a	6.03 ± 0.06 a	1.23 ± 0.06 c
1.5%	0.19 ± 0.02 a	0.31 ± 0.05 a	0.16 ± 0.02 ab	6.30 ± 0.36 a	1.27 ± 0.06 bc

Promedio y desviación estándar de n=3. Valores con diferente letra muestran diferencia significativa a un valor P<0.05.

4.8.1 Magnesio

En la figura 15 se muestra los valores obtenidos de la cantidad en % de magnesio presente en las diferentes tortillas, las concentraciones no tuvieron diferencia significativa entre sí. Pérez-Alva et al., (2022) adicionó alga parda *Macrocystis pyrifera* en tortillas de maíz amarillo, azul y rojo. Para su muestra testigo de cada uno, los valores fueron los siguientes: 84.67 mg/ 100 g, 58.38 mg/ 100 g y 20.56 mg/ 100 g. Cambiando las unidades, la muestra testigo presenta un valor alto en cuanto a contenido de mg siendo este valor 150 mg/ 100 g. En las concentraciones más altas de cada experimento el valor para la tortilla amarilla fue de 174 mg/ 100 g, tortilla azul 150 mg/ 100 g y roja 116 mg/ 100 g. Por lo tanto, el contenido de mg en la concentración más alta encontrada en este análisis fue de 190 mg / 100 g.

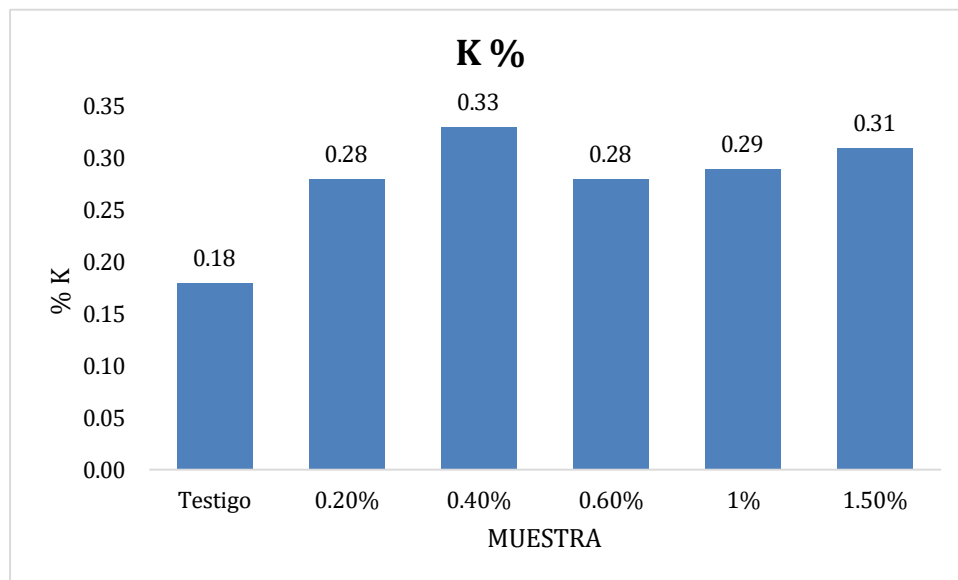
Figura 15. Porcentaje de magnesio



4.8.2 Potasio

En la figura 16 se muestra los valores obtenidos de la cantidad en % de potasio presente en las diferentes tortillas, mediante Fisher se determinó que las concentraciones no tuvieron diferencia significativa entre sí, sin embargo, fueron diferentes al control. Batres Quintero, (2011) adicionó hidróxido de potasio en el proceso de nixtamalización. El KOH más alto fue adicionando 0.6 % más 0.6 % de Ca (OH)₂ dando como resultado un valor 406.14 mg /100 g, este dato es superior al máximo valor obtenido en esta determinación.

Figura 16. Porcentaje de potasio

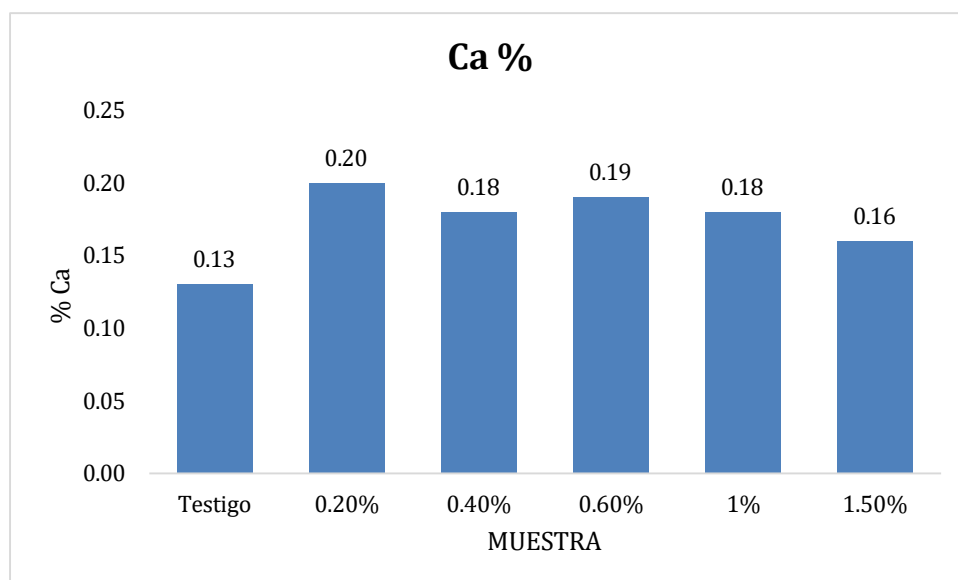


4.8.3 Calcio

En la figura 17 se muestra los valores obtenidos de la cantidad en % de calcio presente en las diferentes tortillas, mediante Fisher se determinó que las concentraciones no tuvieron diferencia significativa entre sí.

Batres Quintero, (2011) realizó cuatro diferentes tratamientos en el proceso de nixtamalización, donde adicionó diferentes porcentajes de hidróxido de calcio e en el tratamiento 1 adicionó 1.2 % de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ obteniendo 39.62 mg/ 100 g de Calcio en la tortilla final, en este estudio se logró un valor más alto en la concentración 0.2 % con un valor de 200 mg /100 g los valores obtenidos fueron superiores.

Figura 17. Porcentaje de calcio



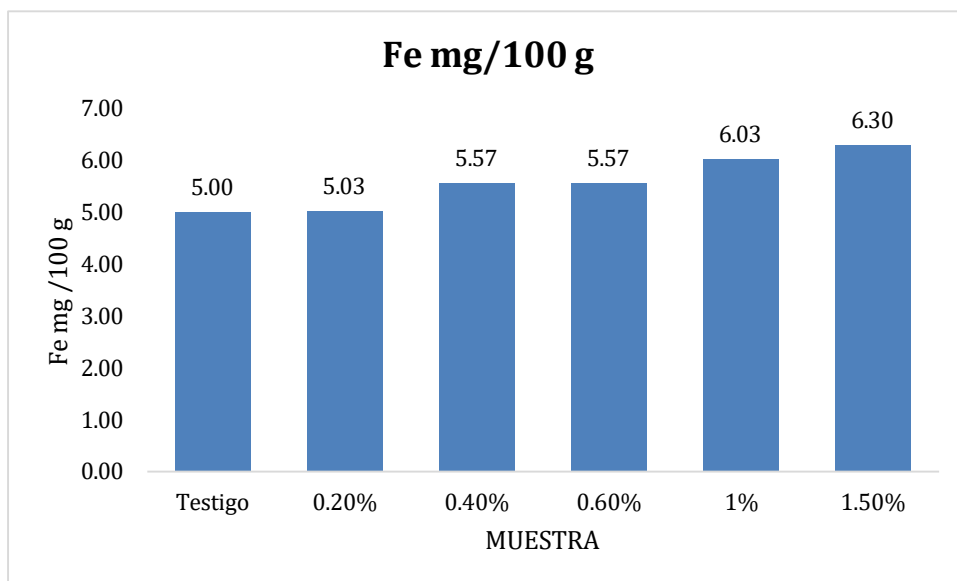
4.8.4 Hierro

En la figura 18 se muestra los valores obtenidos, donde existen diferencias significativas en las cantidades de Fe en las totillas fortificadas. La concentración más alta obtuvo un mayor contenido de Fe y estadísticamente la muestra testigo con la concentración 1% y 1.5% existen diferencias significativas.

Contreras Sierra, (1999) en su estudio cuantificó la cantidad de Fe presente en el maíz crudo, masa y las tortillas, el valor obtenido fue de 0.0275 mg/ g de muestra pasando los datos a 100 g que son las unidades expresadas en la figura el resultado es inferior al que se obtuvo en este estudio, dichos datos pueden diferir entre sí por la composición de la materia prima, el proceso de elaboración de las tortillas.

La ingesta de hierro sugerido y encontrada en el documento de Contreras Sierra, (1999) es entre 10 y 18 mg, si se toma como referencia el valor más alto reportado del estudio actual es de 6.30 mg / 100 g de muestra, se necesitaría consumir entre 3 a 5 totillas al día para cumplir este requerimiento.

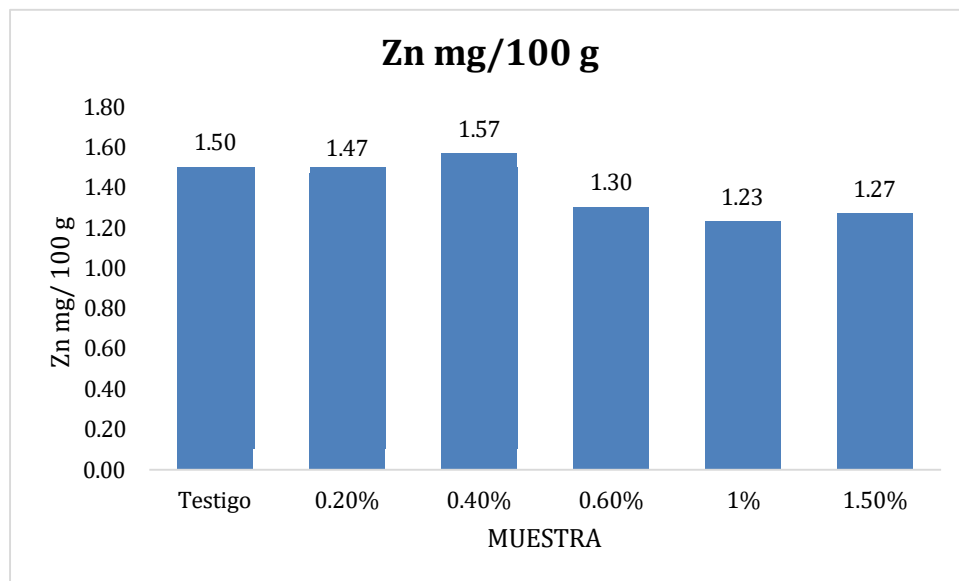
Figura 18. Cantidad en mg /100 g de hierro



4.8.5 Zinc

En la figura 19 se muestra los valores obtenidos, donde existen diferencias significativas en las cantidades de zinc en las totillas fortificadas, siendo el valor más alto la concentración 0.4 %. Las muestras del 0.4 %, 0.2 % y el testigo mediante Fisher estadísticamente fueron iguales.

Figura 19. Cantidad en mg /100 g de zinc



5. CONCLUSIONES

- Se formuló y elaboró tortillas fortificadas con algas *Porphyra yezoensis* en cinco concentraciones diferentes partiendo de 0 %, 0.2 %, 0.4 %, 0.6%, 1 % y 1.5 %.
- Se realizó una caracterización química para cuantificar el porcentaje de un aumento en los diferentes análisis realizados, obteniendo que la mejor concentración es el de 0.4 % debido a que presentó datos más alto en contenido de proteína, fibra cruda y un bajo valor de kilocalorías.
- Se reportó un contenido muy alto de proteína de la caracterización del alga, en las concentraciones no se observó diferencia significativa, por lo cual queda replantear un método de extracción de las proteínas y adicionarlas a las tortillas considerando también la aceptación del consumidor

6. REFERENCIAS

- Admassu, H., Gasmalla, M. Abdalbasit. A., Yang, R., & Zhao, W. (2018). Bioactive Peptides Derived from Seaweed Protein and Their Health Benefits: Antihypertensive, Antioxidant, and Antidiabetic Properties. *Journal of Food Science*, 83(1), 6-16. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14011>
- AlFadhly, N. K. Z., Alhelfi, N., Altemimi, A. B., Verma, D. K., Cacciola, F., & Narayanankutty, A. (2022). Trends and Technological Advancements in the Possible Food Applications of Spirulina and Their Health Benefits: A Review. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(17), 5584. <https://doi.org/10.3390/molecules27175584>
- A.O.A.C. (1980) Official Methods of Analysis, 13th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D. C. 376-384
- Batres Quintero, A. M. (2011). *Comparación de las masas y tortillas obtenidas del maíz Dekalb 353 nixtamalizado con iones de calcio y de potasio*. [Thesis, Universidad del Valle de Guatemala]. <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/2705>
- Biris-Dorhoi, E.-S., Michiu, D., Pop, C. R., Rotar, A. M., Tofana, M., Pop, O. L., Socaci, S. A., & Farcas, A. C. (2020). Macroalgae—A Sustainable Source of Chemical Compounds with Biological Activities. *Nutrients*, 12(10), 3085. <https://doi.org/10.3390/nu12103085>
- Chávez-Santoscoy, R. A., Gutiérrez-Urbe, 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*, 192, 90-97. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.113>
- Colín-Chávez, C., Virgen-Ortiz, J. J., Serrano-Rubio, L. E., Martínez-Téllez, M. A., & Astier, M. (2020). Comparison of nutritional properties and bioactive compounds between industrial and artisan fresh tortillas from maize landraces. *Current Research in Food Science*, 3, 189-194. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2020.05.004>
- Contreras Sierra, P. C. (1999). *Biodisponibilidad del hierro presente en muestra de maíz crudo, masa nixtamalizada y tortillas*. [Thesis, Universidad del Valle de Guatemala]. <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/1563>

- de Dios Figueroa Cárdenas, J., Godínez, M. G. A., Méndez, N. L. V., Guzmán, A. L., & Acosta, L. M. F. (2003). Nutritional quality of nixtamal tortillas fortified with vitamins and soy proteins. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *54*(3), 189-200. <https://doi.org/10.1080/09637480120091991>
- Egan, S., Harder, T., Burke, C., Steinberg, P., Kjelleberg, S., & Thomas, T. (2013). The seaweed holobiont: Understanding seaweed-bacteria interactions. *FEMS Microbiology Reviews*, *37*(3), 462-476. <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12011>
- Espinosa-Ramírez, J., Mondragón-Portocarrero, A. C., Rodríguez, J. A., Lorenzo, J. M., & Santos, E. M. (2023). Algae as a potential source of protein meat alternatives. *Frontiers in Nutrition*, *10*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2023.1254300>
- Flórez Fernández, N. (2018). *Extraction and purification of bioactive compounds from* [doctoralThesis, Química analítica e alimentaria]. <https://www.investigobiblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/964>
- Galindo-Olguín, C. N., Cruz-Cansino, N. del S., Ramírez-Moreno, E., Ariza-Ortega, J. A., Camacho-Bernal, G. I., & Cervantes-Elizarrarás, A. (2021). El maíz y la nixtamalización: Modificación de sus componentes, técnicas de proceso y enriquecimiento de tortilla. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, *10*(19), Article 19. <https://doi.org/10.29057/icsa.v10i19.7236>
- Grajales-García, E. M., Osorio-Díaz, P., Goñi, I., Hervert-Hernández, D., Guzmán-Maldonado, S. H., & Bello-Pérez, L. A. (2012). Chemical Composition, Starch Digestibility and Antioxidant Capacity of Tortilla Made with a Blend of Quality Protein Maize and Black Bean. *International Journal of Molecular Sciences*, *13*(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/ijms13010286>
- Han, W., Chen, L.-P., Zhang, J.-H., Tian, X.-L., Hua, L., He, Q., Huo, Y.-Z., Yu, K.-F., Shi, D.-J., Ma, J.-H., & He, P.-M. (2013). Seasonal variation of dominant free-floating and attached *Ulva* species in Rudong coastal area, China. *Harmful Algae*, *28*, 46-54. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2013.05.018>
- Hentati, F., Tounsi, L., Djomdi, D., Pierre, G., Delattre, C., Ursu, A. V., Fendri, I., Abdelkafi, S., & Michaud, P. (2020). Bioactive Polysaccharides from Seaweeds. *Molecules*, *25*(14), 3152. <https://doi.org/10.3390/molecules25143152>

- Hernandez, L., Serrano-Meneses, M. A., Jiménez Garduño, A. M., Corona, N., Salas, J., Ibarra, E., & Romero, R. (2023). *Technology, Science and Culture: A Global Vision, Volume IV*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.105162>
- Jung, H., Yoon, W. B., & Matsukawa, S. (2022). Effect of moisture uptake on the texture of dried laver *Porphyra*. (Nori) studied by mechanical characterization and NMR measurements. *Food Hydrocolloids*, 124, 107223. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107223>
- Liu, F., Liu, J., Gu, J., Zhang, L., Shen, W., Guo, T., Liu, C., & He, P. (2008). Actividad antioxidante ex vivo de los polisacáridos del alga roja *Porphyra yezoensis*. *Ciencias marinas*, 34(2), 253-261.
- López-Alarcón, M., Montalvo-Velarde, I., Bernal-Gracida, L., & Barbosa-Cortés, M. de L. (2018). Nixtamalized maize supplementation with a sardine protein concentrate to improve the biological value of tortillas. *Gaceta Médica de México*, 154(3), 327-334.
- Lopez-Santamarina, A., Miranda, J. M., Mondragon, A. del C., Lamas, A., Cardelle-Cobas, A., Franco, C. M., & Cepeda, A. (2020). Potential Use of Marine Seaweeds as Prebiotics: A Review. *Molecules*, 25(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/molecules25041004>
- Mamat, H. B., Wan Chen, Y., Abdul Hamid, M., Md Haque Akanda, J., Pusiran, A. K., & Zainol, M. K. (2021). Assessment of dough rheological characteristics and soft bread roll quality of wheat flour incorporated with seaweed powder. *British Food Journal*, 123(12), 3888-3901. <https://doi.org/10.1108/BFJ-08-2020-0676>
- Marsham, S., Scott, G. W., & Tobin, M. L. (2007). Comparison of nutritive chemistry of a range of temperate seaweeds. *Food Chemistry*, 100(4), 1331-1336. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.029>
- Montes, R. C. (2012, febrero 28). *Estudo fícoquímico da alga marinha Sargassum vulgare var. Nanum E. de Paula (Sargassaceae) do litoral paraibano*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Estudo-ficoqu%C3%ADmico-da-alga-marinha-Sargassum-var.-Montes/0c8a2956a7f291791c2e3640290ebbd7fb69f37>
- Murata, M., & Nakazoe, J. (2001). Production and Use of Marine Algae in Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 35(4), 281-290. <https://doi.org/10.6090/jarq.35.281>

- O' Brien, R., Hayes, M., Sheldrake, G., Tiwari, B., & Walsh, P. (2022). Macroalgal Proteins: A Review. *Foods*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/foods11040571>
- Pérez-Alva, A., Baigts-Allende, D. K., Ramírez-Rodrigues, M. A., & Ramírez-Rodrigues, M. M. (2022a). Effect of Brown Seaweed (*Macrocystis pyrifera*) Addition on Nutritional and Quality Characteristics of Yellow, Blue, and Red Maize Tortillas. *Foods*, 11(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/foods11172627>
- Pérez-Alva, A., Baigts-Allende, D. K., Ramírez-Rodrigues, M. A., & Ramírez-Rodrigues, M. M. (2022b). Effect of Brown Seaweed (*Macrocystis pyrifera*) Addition on Nutritional and Quality Characteristics of Yellow, Blue, and Red Maize Tortillas. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(17), 2627. <https://doi.org/10.3390/foods11172627>
- Praba, N., & Sumaya, D. S. (2022). Study On Phytochemical and Antioxidant Properties of *Padina gymnospora* and *Ulva lactuca*: Life Sciences-Marine Biology. *International Journal of Life Science and Pharma Research*, L155-L160. <https://doi.org/10.22376/ijpbs/lpr.2022.12.6.L155-160>
- Qian, L., Zhou, Y., & Ma, J.-X. (2014). Hypolipidemic effect of the polysaccharides from *Porphyra yezoensis*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 68, 48-49. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.04.004>
- Rosado, J. L., Camacho-Solís, R., & Bourges, H. (1999). Adición de vitaminas y minerales a harinas de maíz y de trigo en México. *Salud Pública de México*, 41(2). <https://doi.org/10.1590/S0036-36341999000200008>
- Rupérez, P. (2002). Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry*, 79(1), 23-26. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00171-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00171-1)
- Saito, M., Kawai, M., Hagino, H., Okada, J., Yamamoto, K., Hayashida, M., & Ikeda, T. (2002). P-488: Antihypertensive effect of Nori-peptides derived from red alga *porphyra yezoensis* in hypertensive patients. *American Journal of Hypertension*, 15(S3), 210A. [https://doi.org/10.1016/S0895-7061\(02\)02839-X](https://doi.org/10.1016/S0895-7061(02)02839-X)
- Samarathunga, J., Wijesekara, I., & Jayasinghe, M. (2023). Seaweed proteins as a novel protein alternative: Types, extractions, and functional food applications. *Food Reviews International*, 39(7), 4236-4261. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2023564>

- Schoch, C. L., Ciuffo, S., Domrachev, M., Hotton, C. L., Kannan, S., Khovanskaya, R., Leipe, D., Mcveigh, R., O'Neill, K., Robbertse, B., Sharma, S., Soussov, V., Sullivan, J. P., Sun, L., Turner, S., & Karsch-Mizrachi, I. (2020). NCBI Taxonomy: A comprehensive update on curation, resources and tools. *Database*, 2020, baaa062. <https://doi.org/10.1093/database/baaa062>
- Ścieszka, S., & Klewicka, E. (2019). Algae in food: A general review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(21), 3538-3547. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1496319>
- Seo, H.-Y., & Jung, B.-M. (2007). Comparative Study of Food Components and Sensory Properties of Common Porphyra yezoensis and Functional Porphyra yezoensis. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 36(10), 1314-1319. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2007.36.10.1314>
- Serna-Saldívar, S., & Lloyd W., R. (1988). *Valor Nutritivo de Tortillas de Maíz y Sorgo*. <http://hdl.handle.net/11036/4349>
- Serna-Saldivar, S. O. (2016). *Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes*. CRC Press.
- Siddique, M., Khan, M. S. K., & Bhuiyan, M. K. A. (2013). Nutritional composition and amino acid profile of a sub-tropical red seaweed *Gelidium pusillum* collected from St. Martin's Island, Bangladesh. *international food research journal*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Nutritional-composition-and-amino-acid-profile-of-a-Siddique-Khan/a1d30727ed067a4d077b4804c201f2f68f4e3aa9>
- Singh, N., & Rajini, P. S. (2004). Free radical scavenging activity of an aqueous extract of potato peel. *Food Chemistry*, 85(4), 611-616. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.07.003>
- Torres, M. D., Flórez-Fernández, N., & Domínguez, H. (2019). Integral Utilization of Red Seaweed for Bioactive Production. *Marine Drugs*, 17(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/md17060314>
- Treviño-Mejía, D., Luna-Vital, D. A., Gaytán-Martínez, M., Mendoza, S., & Loarca-Piña, G. (2016). Fortification of Commercial Nixtamalized Maize (*Zea mays* L.) with Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Increased the Nutritional and Nutraceutical Content of Tortillas without Modifying Sensory Properties. *Journal of Food Quality*, 39(6), 569-579. <https://doi.org/10.1111/jfq.12251>

- Vijay, K. (2017). Harnessing tropical brown seaweed to derive nutritional and functional seaweed based products. <https://www.semanticscholar.org/paper/harnessing-tropical-brown-seaweed-to-derive-and-Vijay/e974d5ee412c19304631901abd02cee87b443016>
- Zhang, Y., & Wu, S. (2022). Hypoglycemic Effect of Polysaccharides from *Porphyra yezoensis* Associated with Reduced Intestinal α -Amylase Activity in Diabetes Mellitus KKAy Mice. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 31(10), 1109-1114. <https://doi.org/10.1080/10498850.2022.2133583>
- Zhang, Z., Zhang, Q., Wang, J., Shi, X., Song, H., & Zhang, J. (2009). In vitro antioxidant activities of acetylated, phosphorylated and benzoylated derivatives of porphyran extracted from *Porphyra haitanensis*. *Carbohydrate Polymers*, 78(3), 449-453. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.04.026>
- Zhou, C., Yu, X., Zhang, Y., He, R., & Ma, H. (2012). Ultrasonic degradation, purification and analysis of structure and antioxidant activity of polysaccharide from *Porphyra yezoensis* Ueda. *Carbohydrate Polymers*, 87(3), 2046-2051. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.10.0>