



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
CENTRO DE DESARROLLO DE PRODUCTOS BIÓTICOS

---

---

Caracterización de una tostada elaborada con maíz y  
alga *Ulva clathrata*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN  
DESARROLLO DE PRODUCTOS BIÓTICOS

PRESENTA

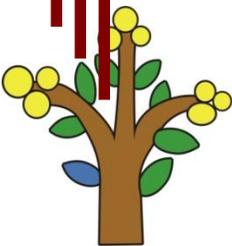
I.B.Q. GUADALUPE BRAVO RIVERA

DIRECTORES

DR. ADRIÁN GUILLERMO QUINTERO GUTIÉRREZ

M.C. ARACELI SOLANO NAVARRO

YAUTEPEC, MORELOS; ENERO 2012



CeProBi



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Yautepec siendo las 10:30 horas del día 3 del mes de Diciembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CEPROBI para examinar la tesis titulada:  
Caracterización de una tostada elaborada con maíz y alga *Ulva clathrata*

Presentada por el alumno:

Bravo Rivera Guadalupe  
Apellido paterno Apellido materno Nombre(s)

Con registro: 

B	0	9	1	3	4	3
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

\_\_\_\_\_  
Dr. Adrián G. Quintero Gutiérrez

\_\_\_\_\_  
M. en C. Araceli Solano Navarro

\_\_\_\_\_  
Dra. Guillermina González Rosendo

\_\_\_\_\_  
Dra. Martha L. Arenas Ocampo

\_\_\_\_\_  
Dra. Perla Osorio Díaz

\_\_\_\_\_  
Dra. Alma A. De Villar Martínez

### PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

\_\_\_\_\_  
Dr. Antonio R. Jiménez Aparicio



*elt*



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS**

En la ciudad de **Yautepec, Morelos** el día **6 del mes de enero** del año **2012**, la que suscribe **C. Guadalupe Bravo Rivera** alumna del programa de **Maestría en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos** con número de registro **B091343**, adscrita al **Centro de Desarrollo de Productos Bióticos**, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de tesis bajo la dirección del **Dr. Adrián Guillermo Quintero Gutiérrez** y de la **M.C. Araceli Solano Navarro** y cede los derechos del trabajo intitulado **Caracterización de una tostada elaborada con maíz y alga *Ulva clathrata***, al **Instituto Politécnico Nacional** para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: Carretera Yautepec-Jojutla, km. 6 calle CEPROBI No 8, Colonia San Isidro Yautepec, Morelos, México, Fax: (52) (01) (55) 57216000 ext. 82512 ó 01-7353941896, e-mail: [ceprobi@ipn.mx](mailto:ceprobi@ipn.mx) (<http://www.ceprobi.ipn.mx>). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Guadalupe Bravo Rivera', is written over a horizontal line.

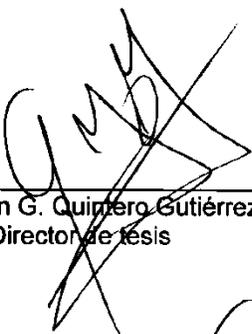
Guadalupe Bravo Rivera

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Con base en el artículo 57 fracción I del Reglamento de Estudios de Posgrado y en la Sección IV del Código de Ética del IPN, hacemos constar que el trabajo de tesis Caracterización de una tostada elaborada con maíz y alga *Ulva clathrata*, es responsabilidad del Dr. Adrián Guillermo Quintero Gutiérrez, la M.C. Araceli Solano Navarro y de la C. Guadalupe Bravo Rivera, y que ni los datos experimentales, ni el texto; han sido usados para obtener otro grado académico en el país o en el extranjero. Cualquier colaboración o cita textual fue declarada y reconocida en el documento.

Yautepec, Morelos; 6 de enero del 2012

ATENTAMENTE



---

Dr. Adrián G. Quintero Gutiérrez  
Director de tesis



---

M.C. Araceli Solano Navarro  
Coodirectora de tesis



---

Guadalupe Bravo Rivera  
Alumna



El presente trabajo se realizó en el Departamento de Nutrición y Alimentos Funcionales, algunos estudios se llevaron a cabo en el Laboratorio de Proteínas del Departamento de Biotecnología y en el Laboratorio de Control de Calidad del Departamento de Desarrollo Tecnológico del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional, bajo la dirección del Dr. Adrián Guillermo Quintero Gutiérrez y la M.C. Araceli Solano Navarro. En el Laboratorio de Color y Bromatología, Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla, bajo la supervisión del Dr. Francisco J. Heredia y Dra. M. Lourdes González-Miret. Para la realización de los estudios se contó con apoyo económico del CONACYT (Becario No. 334987) y del Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) de la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del IPN. La investigación fue realizada con el financiamiento otorgado a los proyectos: SIP No. 20100633 y 20110444 y FOMIX-MOR-2007-C01-80210 del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos- CONACYT.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por darme la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida y lograr una meta más.

Mi especial agradecimiento a mis directores de tesis, Dr. Adrian G. Quintero Gutiérrez y la M.C. Araceli Solano Navarro, por su disposición permanente e incondicional en aclarar mis dudas y por su valiosa colaboración con sus conocimientos, guías y consejos, para el desarrollo y presentación del trabajo, además de haberme permitido integrarme a su equipo de trabajo y la paciencia que tuvieron conmigo y sobre todo por brindarme su amistad.

Al comité revisor de la tesis, al Dr. Adrián G. Quintero Gutiérrez, M.C. Araceli Solano Navarro, Dra. Guillermina González Rosendo, Dra. Martha L. Arenas Ocampo, Dra. Perla Osorio Díaz y Dra. Alma A. Del Villar Martínez por sus valiosas sugerencias para mejorar la tesis.

A la Dra. Guille y a los compañeros que laboran en el Departamento de Nutrición: Gloria, Sandra, Nantli, Lucy, Ivette, Pan, Puga y Jesús, por su gran apoyo y amistad brindada.

Al Dr. Francisco J. Heredia y a la Dra. M. Lourdes González-Miret, así como a todo su grupo de trabajo por su apoyo y las facilidades brindadas para realizar una parte de este trabajo durante mi estancia en su Laboratorio de Color y Calidad de Alimentos. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla, España.

A los profesores y técnicos que participaron en el desarrollo profesional durante el desarrollo de mi maestría en el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI), sin su ayuda y conocimientos no estaría en donde me encuentro.

Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo recibido como becario del proyecto.

A mis compañeros de generación: Sandra, Viri, Vicky, Yadi, Victor, Mario, Fernando, Isai e Israel; por la amistad y el apoyo.

## DEDICATORIA

### A MIS PADRES

Por su cariño, comprensión y apoyo sin condiciones ni medida; por darme la estabilidad emocional, sentimental y económica; siendo el pilar en el que siempre me apoyo. Gracias por guiarme sobre el camino de la educación, esperando que este trabajo los siga llenando de orgullo, sabiendo que con nada compenso los sacrificios y penas. Gracias por su paciencia. Los amo.

### A MI HERMANO Y BELEM

Por su compañía y su apoyo para lograr mis objetivos, además de ser buenos amigos.

### A MI FAMILIA

Por el apoyo, cariño y entusiasmo que siempre me brindan, llenando siempre de buenos momentos mi vida.

### A UNA PERSONA MUY ESPECIAL EN MI VIDA

Por ser parte de mi vida, por apoyarme en tantos momentos difíciles; eres lo mejor que me ha pasado. Te amo.

### A TODOS MIS AMIGOS PASADOS Y PRESENTES

Que estuvieron conmigo y compartimos tantas experiencias, desveladas y triunfos. Gracias a cada uno por hacer que mi estancia en CeProBi fuera placentera. A mis amigos presentes por estar conmigo apoyándome en todas las circunstancias posibles; también son parte de esta alegría.

*Gracias a todos!!!*

*Gracias por ayudarme a lograrlo*

*Los quiero mucho*

## ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
Índice	i
Índice de cuadros	lii
Índice de figuras	iv
Abreviaturas	v
Resumen	vi
Abstract	vii
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Alimentos funcionales	3
2.1.1. Clasificación de alimentos funcionales	4
2.1.2. Desarrollo de alimentos funcionales	8
2.1.3. Fuentes de componentes funcionales	12
2.2. <i>Ulva clathrata</i>	15
2.3. Fibra	17
2.4. Carotenoides	20
2.5. Tortilla de maíz	22
3. JUSTIFICACIÓN	26
4. OBJETIVOS	27
4.1. Objetivo general	27
4.2. Objetivos específicos	27
5. MATERIALES Y MÉTODOS	28
5.1. Material biológico	28
5.2. Métodos	28
5.2.1. Acondicionamiento de la harina de <i>Ulva clathrata</i>	29
5.2.2. Caracterización de harinas y tostadas	30
5.2.2.1. Análisis químico proximal	30
5.2.2.2. Análisis de elementos presentes en harina de <i>Ulva clathrata</i> y tostadas	33

5.2.2.3. Análisis de propiedades funcionales tecnológicas en harinas	33
5.2.3. Elaboración de la tostada de maíz y alga <i>Ulva clathrata</i>	34
5.2.4. Caracterización química de la tostada de maíz y alga <i>Ulva clathrata</i>	37
5.2.4.1. Análisis químico proximal	37
5.2.4.2. Análisis de elementos inorgánicos	37
5.2.4.3. Extracción y cuantificación de carotenoides	37
5.2.4.4. Análisis microbiológicos	38
5.2.4.5. Evaluación sensorial	39
5.2.4.6. Análisis de datos	40
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
6.1. Acondicionamiento de la harina de <i>Ulva clathrata</i>	41
6.2. Caracterización de las harinas de <i>Ulva clathrata</i> y maíz	41
6.3. Elaboración de la tostada de maíz sustituida con <i>Ulva clathrata</i>	46
6.4. Caracterización química de la tostada	47
7. CONCLUSIONES	59
8. PERSPECTIVAS	60
9. LITERATURA CITADA	61
10. ANEXOS	71

## ÍNDICE DE CUADROS

Número	Cuadro	Página
1	Alimentos funcionales de uso común	5
2	Desarrollo de alimentos funcionales	9
3	Principales componentes funcionales	11
4	Composición química de las harinas de alga <i>U. clathrata</i> y maíz	42
5	Composición de elementos de la harina de <i>Ulva clathrata</i>	44
6	Propiedades funcionales de las harinas	45
7	Composición química de la tostada de maíz sustituida con harina <i>U. clathrata</i> y tostada de maíz	48
8	Composición de elementos de la tostada de maíz sustituida con harina <i>U. clathrata</i> y tostada de maíz	49
9	Información nutrimental de la tostada de maíz sustituida con harina <i>U. clathrata</i> y el control(tostada de maíz)	50
10	Contenido de carotenoides presentes en las muestras de harina de <i>U. clathrata</i> , tostada de maíz sustituida con <i>U. clathrata</i> y tostada de maíz	53
11	Resultados de análisis microbiológico de la tostada de maíz sustituida con harina de <i>U. clathrata</i> y tostada de maíz	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Figura	Página
1	Estrategias en la creación de nuevos productos	9
2	Filamento de <i>Rosenvingiella polyrhiza</i>	12
3	Macroalga verde <i>Ulva clathrata</i>	15
4	Efectos fisiológicos de la fibra	19
5	Cocimiento de la tortilla tradicional (a) y en tortilladora(b)	23
6	Cultivo del alga <i>Ulva clathrata</i>	25
7	Harina de <i>Ulva clathrata</i>	28
8	Diagrama general del trabajo	29
9	Proceso de elaboración de la tostada	39
10	Área de evaluación sensorial	40
11	Cromatograma de carotenoides en la harina de <i>U. clathrata</i> por HPLC	51
12	Cromatograma de carotenoides en la tostada sustituida con <i>U. clathrata</i> por HPLC	52
13	Cromatograma de carotenoides en la tostada de maíz por HPLC	52
14	Aceptación de olor entre panelistas de la muestra TCM1 y UCA1	55
15	Aceptación de color entre panelistas de la muestra TCM1 y UCA1	56
16	Aceptación de sabor entre panelistas de la muestra TCM1 y UCA1	56
17	Aceptación de textura entre panelistas de la muestra TCM1 y UCA1	57
18	Aceptación de apariencia general entre panelistas de la muestra TCM1 y UCA1	58

## ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
g	Gramos
h	Horas
min	Minutos
ml	Mililitros
UFC	Unidades formadoras de colonias
ICP	Espectrómetro de emisión mediante plasma acoplado inducido
mg	Miligramos
µg	Microgramos
%	Porcentaje
HNO <sub>3</sub>	Ácido nítrico
HCl	Ácido clorhídrico
UCA1	Tostada de maíz adicionada con <i>Ulva clathrata</i>
TCM1	Tostada de maíz

## I. RESUMEN

En el ámbito de la salud, existe la necesidad de desarrollar alimentos funcionales para mejorarla o preservarla. Por el alto contenido de fibra soluble el alga *Ulva clathrata*, puede tener gran utilidad en la elaboración de alimentos funcionales, hay evidencias de que al ser adicionada en pequeñas cantidades, puede reducir el índice glucémico de los alimentos a los que se añada. En el presente trabajo se propuso el desarrollo de una tostada de maíz y alga *U. clathrata*. Se caracterizó la harina de *U. clathrata* a través de análisis químico-proximal y análisis de elementos inorgánicos. Se obtuvo que la harina analizada contiene 8.4% de humedad; 23.1% de cenizas; 13.9% de fibra bruta; 15.8 g/kg de calcio; 3.0 g/kg de sodio y 21.7 g/kg de potasio. Posteriormente se elaboró el alimento funcional (tostada), para lo cual se preparó masa de harina de maíz a la que se le sustituyó con harina de *U. clathrata* en diferentes concentraciones (8%,10%,12% y 15%); con base a los resultados sensoriales, se decidió utilizar la concentración del 8% para el producto final.

Fue caracterizada fisicoquímicamente, se obtuvo: humedad 9.4%, cenizas 2.6%, fibra cruda 3.4%; calcio 1789.2 mg/Kg, sodio 206.5 mg/Kg, potasio 3271.8 mg/Kg, carotenoides totales 7.4 µg/gr, teniendo en mayor cantidad luteína. Además se realizaron análisis microbiológicos de coliformes totales, mesofílicos aerobios, hongos y levaduras; para verificar que cumpliera con los requisitos establecidos en la norma oficial mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, cumpliendo con requerimientos higiénicos y sanitarios. La tostada se evaluó sensorialmente mediante una escala hedónica aplicada a 40 jueces no entrenados, con el objetivo de conocer el grado de aceptación, asimismo se realizaron las pruebas a un control (tostada 100% de maíz). Los resultados mostraron el 87.5% de aceptación general para la tostada sustituida con *U. clathrata* y 80% para el control.

La tostada adicionada con *U. clathrata* tuvo aceptación y es una buena fuente de fibra soluble y de carotenoides, por lo que se recomienda realizar estudios conducentes a la medición de su efecto como alimento funcional en seres humanos.

Palabras Clave: *Alimento funcional, Ulva clathrata, tostada sustituida, evaluación sensorial, Índice glucémico.*

## II. ABSTRACT

In the field of health, the need to develop functional foods to improve or preserve. Due to the high content of soluble fiber in the seaweed *Ulva clathrata*, it can be very useful in the development of functional foods, it is presumed to be added in small amounts, can reduce the glycemic index of foods to which is added. In this paper we proposed the development of corn and toasted seaweed *U. clathrata*. Flour was characterized *U. clathrata* through-proximal chemical analysis and analysis of inorganic elements. Among the main results obtained is analyzed that the flour contains 8.4% moisture, 23.1% ash, 13.9% crude fiber, calcium 15.8g/kg, 3.0 g / kg of sodium and potassium 21.7g/kg. Subsequently developed functional food (toast), which consisted of the preparation of a corn flour dough to which you had a meal replacement *U. clathrata* at different concentrations (8%, 10%, 12% and 15%) based on the sensory results, we decided to use the percentage of 8% for the final product. Toast also was characterized physicochemically. The results were: moisture 9.4%, ash 2.6%, 3.4% crude fiber, calcium 1789.2 mg / kg, sodium 206.5 mg / kg, potassium 3271.8 mg / kg, 7.4 mg total carotenoids / g, taking as much lutein. Microbiological tests were also conducted for total coliforms, aerobic mesophilic, fungi and yeasts, to verify compliance with the requirements of the Official Mexican Standard NOM-187-SSA1/SCFI-2002, fulfilling hygienic and sanitary requirements. The toast was evaluated using a hedonic scale sensory applied to 40 untrained judges, in order to determine the degree of acceptance also were tested to a control (100% roasted corn). The results showed 87.5% of general acceptance for toast *U. clathrata* and replaced with 80% for control. It recommended studies leading to the determination of the glycemic index of corn roasted with *U. clathrata* replaced, to determine their use as functional food.

Keywords: Functional food, *Ulva clathrata*, toast replaced, sensory evaluation, glycemic index

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la investigación en la ciencia de los alimentos, se han centrado principalmente en la identificación de componentes biológicamente activos, que puedan reducir el riesgo a contraer enfermedades, así como mejorar las condiciones físicas y mentales del ser humano (Ashwell, 2004). Debido a ésto y para reconvertir los malos hábitos de alimentación existentes en algunos sectores de la población, han surgido los alimentos funcionales, que en los últimos años han crecido en diversidad en el mercado, principalmente, debido a la demanda de los consumidores (Franch, 2009).

Los productos de maíz fortificados y/o enriquecidos, son un ejemplo importante de alimentos en las meriendas de los EE.UU y se están haciendo populares en Europa, Australia y Asia (Edmund, 2001). Están hechos a partir de maíz cocido con cal (nixtamalizado), que se lava, se muele y se obtiene así una pasta suave y cohesiva (masa). La masa es laminada en capas delgadas que se cortan en pequeños trozos, generalmente triangulares o redondos. Son parcialmente cocidos en un horno, se enfrían y luego se fríen. Por otro lado, en México, las tortillas han sido la principal fuente de energía, proteínas y calcio para la población de bajos recursos económicos (Campus-Baypoli *et al.*, 1999).

Para favorecer las propiedades nutricionales de este alimento, se han utilizado ingredientes de fuentes convencionales y no convencionales. Una de estas fuentes son las algas, que a pesar de no ser un grupo muy conocido, ofrecen grandes posibilidades en cuanto a su uso y se consideran como el complemento alimenticio para el siglo XXI, por la facilidad de su producción, su rentabilidad y por ser una fuente de proteínas, carbohidratos, minerales, vitaminas, enzimas, fibra y antioxidantes, entre otros (Rimber, 2007).

Dentro de la clase de algas verdes se encuentra el género de *Ulva clathrata*, que es un alga de talo verde laminar, tubular, formado por dos capas de células. Mide aproximadamente 30 cm de largo y hasta 3 cm de ancho y no suele estar muy ramificado, es de color verde oscuro. Su hábitat es en rocas, charcas de mareas, desde el intermareal, al submareal y está presente en casi todos los mares. Puede

tener un crecimiento en el intervalo de pH de 7.5 a 8. Tolera salinidades elevadas y una temperatura máxima de 40 °C. Debido a estas propiedades, el alga puede ser cultivada en estanques con agua de mar y en temperatura controlada, lo que permite su versatilidad en cuanto a los lugares de cultivo. (Menéndez y Fernández, 2005; Moll y Deikman, 1995) La *Ulva* en su composición presenta: proteína (9 a 14%); carbohidratos (23%), de los cuales la fibra soluble (ulvan) constituye la mayor proporción (20 a 25%), fibra cruda (4 a 6%); grasa (0.2 a 1.5%); minerales, Fe, Ca, Mg, Mn, Zn, K, I, Cu, Na (17 a 25%); carotenoides, principalmente, beta caroteno, luteína, otras xantofilas (0.1 a 0.2 %) y vitaminas: A, B<sub>12</sub>, B<sub>6</sub>, C, E, niacina y ácido fólico; por estas características puede tener un gran número de aplicaciones: alimento para especies acuáticas, industria cosmética, hidrocoloides (ulvan), fertilizante, bioestimulante, en la industria alimentaria como espesante, hoja para sushi, mermeladas, flanes, helados, papas fritas, pastas, tortillas de maíz adicionadas con harina de ulva, productos de panificación. Por su composición, el alga es un buen ingrediente de alimentos funcionales, se justifica por su alto contenido de fibra soluble, la cual se presume que al ser adicionada en pequeñas cantidades, puede tener efectos importantes en la salud. (Burtin, 2003; Menéndez y Fernández, 2005; Águila *et al.*, 2005; Raymont *et al.*, 1964; Aguilera, 2005; Cruz *et al.*, 2008; León, 2008).

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. ALIMENTOS FUNCIONALES

La nutrición, en su concepto más general, es la ciencia que se encarga de estudiar la relación entre la alimentación y la salud, abarca desde el consumo de alimentos que contienen sustancias químicas y que el organismo utiliza, transforma y adapta a cada necesidad fisiológica (Farjas, 2003).

El estilo de vida actual trae consigo: estrés, sedentarismo y abandono de hábitos de alimentación saludable, que se convierten en factores de riesgo importantes, que predisponen al ser humano a padecer algunas enfermedades como son diabetes mellitus tipo 2, obesidad, hipertensión y enfermedades cardiovasculares por mencionar algunas (Aranceta y Serra, 2008; Cadaval *et al.*, 2005).

Por este motivo, la investigación de la ciencia de los alimentos se ha centrado en la identificación de componentes biológicamente activos, que puedan reducir el riesgo a contraer enfermedades y con ello favorecer la calidad de vida de las personas al llegar al envejecimiento (Ashwell, 2004).

En los años 80, el gobierno japonés, inició programas de investigación de alimentos que permitieran reducir gastos públicos en materia de salud. En 1991, el Ministerio de Salud japonés aprobó normas, para estos alimentos beneficiosos que recibieron el nombre de FOSHU (alimentos de uso específico para la salud) definiéndose como “aquellos alimentos que se espera ejerzan un efecto beneficioso específico sobre la salud, por adición de determinados constituyentes activos”. El interés mostrado por Japón por este tipo de alimentos, actualmente denominados alimentos funcionales, trajo consigo la conciencia de otros países como Europa y Estados Unidos (Kwak, 2001; Aswhell, 2004; Ilsi, 2002; Siró, 2008; Vidal, 2008;).

Hasta el momento, no hay una definición mundialmente acordada de alimento funcional; sin embargo, el concepto más aceptado es el establecido en el documento de consenso europeo, denominado “Funtional Food Science in Europe” (FUFOSE) en 1999, elaborado por el International Life Science Institute (ILSI): “un alimento puede considerarse funcional cuando se demuestra adecuadamente que, además de sus efectos nutritivos, interviene beneficiosamente en una o más funciones del

organismo de forma que mejora su estado de salud o bienestar, o reduce el riesgo de enfermedad”. (Roberfroid, 1999; Aswhell, 2004; Franch, 2009; Day *et al.*, 2009).

A nivel mundial, se ha tratado de homogeneizar, la reglamentación de los alimentos funcionales, con el fin de que las declaraciones comerciales que exhiban éstos, sean científicamente comprobables (Anzures, 2008).

Por ejemplo, en Japón la regulación del uso del concepto de FOSHU, está aprobado por autoridades en competencia de salud, que con pruebas basadas en fundamentos científicos certifican las declaraciones de los alimentos; en Estados Unidos, las declaraciones de propiedades saludables son aprobadas por la FDA (Food and Drug Administration); La FUFOSSE, es quien regula en la Unión Europea las declaraciones nutricionales y de salud que la industria alimentaria pone como mensaje publicitario y de etiquetado en los alimentos funcionales (García, 2008; Aswhell, 2004; Siró *et al.*, 2008; Vidal, 2008).

En los últimos años, el mercado de los alimentos funcionales ha crecido, debido a la demanda de los consumidores por los alimentos saludables llegando éstos a formar parte de la dieta (Franch, 2009). De acuerdo con los datos de los ingresos reportados por este mercado, Japón, Europa y Estados Unidos, son los países con el mayor mercado a nivel mundial (Williams *et al.*, 2006).

Sanz (2009) hace referencia que en el año 2001, más del 38 % de ventas mundiales de alimentos funcionales fueron de EE.UU., llegando a los \$18.25 mil millones de dólares, seguido por Europa con \$15.4 mil millones de dólares y Japón con \$11.8 mil millones de dólares. Para el año 2010, las ventas mundiales de los alimentos funcionales fueron de \$47 billones de dólares (Morán, 2010).

### *2.1.1. Clasificación de alimentos funcionales*

Seguramente influenciado por las necesidades de los consumidores, los alimentos funcionales desarrollados hasta este momento están prácticamente en todas las categorías de alimentos y bebidas. Se pueden encontrar en el mercado como lácteos, dulces, refrescos, pastelería y alimentos para infantes (Kotilainen *et al.*, 2006; Menrad, 2003). En el cuadro 1 se muestran algunos alimentos funcionales que

ya han sido aprobados para su comercialización, ya que legalmente cumplen con la normatividad de cada país.

Cuadro 1. Alimentos funcionales de uso común

<i>Producto</i>	<i>Componente funcional</i>	<i>Beneficio potencial</i>
<b>Leches enriquecidas</b>	Ácidos grasos omega-3 (EPA y DHA)	Contribuyen a reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular, el riesgo de ciertos tipos de cáncer y mejoran el desarrollo del tejido nervioso y las funciones visuales. Pueden reducir los procesos inflamatorios.
	Ácido fólico	Puede disminuir malformaciones en el tubo neural y ayuda a reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular.
	Calcio	Ayuda al desarrollo de huesos y dientes. Interviene en la transmisión nerviosa y los movimientos musculares. Puede prevenir la osteoporosis.
	Vitaminas A y D	Favorecen la función visual y la absorción del calcio, respectivamente.
	Fósforo y cinc	Ayudan al desarrollo de los huesos y mejoran el sistema inmunológico
<b>Leches infantiles de iniciación y de continuación</b>	Ácidos grasos	Ayudan a mejorar el desarrollo de los niños de 0 a 3 años.
	Vitaminas y minerales	Estos alimentos pueden tomarse cuando la lactancia materna no es posible.
<b>Yogures enriquecidos</b>	Calcio	Ayudan al desarrollo de huesos y dientes. Intervienen en la transmisión nerviosa y los movimientos musculares. Pueden prevenir la osteoporosis.
	Vitaminas A y D	Favorecen la función visual y la absorción del calcio, respectivamente.
<b>Leches fermentadas</b>	Ácidos omega-3 (EPA y DHA) y ácido oleico	Contribuyen a reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular, el riesgo de ciertos tipos de cáncer y mejoran el desarrollo del tejido nervioso y las funciones visuales. Pueden reducir los procesos inflamatorios
	Bacterias probióticas específicas (incluidos bifidus activos)	Favorecen el funcionamiento del sistema gastrointestinal y reducen la incidencia y la duración de las diarreas. Mejoran la calidad de la microflora intestinal.
<b>Jugos enriquecidos</b>	Vitaminas y minerales	Vitaminas A y D: favorecen la función visual y la absorción del calcio, respectivamente.
	Calcio	Ayuda al desarrollo de huesos y dientes. Intervienen la transmisión nerviosa y los movimientos musculares. Puede prevenir la osteoporosis.
	Hierro	Facilita el transporte de oxígeno en la sangre. Puede prevenir la aparición de anemia ferropénica.
<b>Cereales fortificados</b>	Fibra y minerales	La fibra ayuda a reducir el riesgo de cáncer de colon y de mama. Mejoran la calidad de la microflora intestinal y el hierro puede prevenir la aparición de anemia ferropénica,
<b>Pan enriquecido</b>	Ácido fólico	Puede disminuir malformaciones en el tubo neural y ayuda a reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular.
<b>Sal yodada</b>	Yodo	El yodo facilita la síntesis de hormonas tiroideas, imprescindibles para un desarrollo físico y psíquico normal y evita disfunciones tiroideas.

Fuente: Kotilainen *et al.*, 2006

Existen muchas maneras de clasificar a los alimentos funcionales, siendo la más citada la que se describe brevemente a continuación.

- *Probióticos*

Se definen como “microorganismos vivos, que si se consumen en cantidades adecuadas confieren un beneficio de salud en el huésped”. Definiéndose como huésped a aquel organismo que alberga a otro en su interior o lo porta sobre sí. (Charalampopoulos *et al.*, 2003; Charalampopoulos *et al.*, 2002; Stanton *et al.*, 2005).

Actualmente, se utilizan cultivos de especies como *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Saccharomyces cerevisiae* y algunas especies de *E. coli* y *Bacillus*. El principal mercado de los probióticos son los países escandinavos, los Países Bajos, Suiza, Croacia, Estonia, mientras que Grecia, Francia y España pueden ser considerados como los mercados en desarrollo (Mäkinen, 2006).

- *Prebióticos*

Se define como “un ingrediente no digerible de los alimentos que afecta beneficiosamente al huésped mediante la estimulación selectiva del crecimiento y/o actividad de una o un número limitado de bacterias en el colon, lo que mejora la salud del huésped”. (Gibson *et al.*, 1995; Charalampopoulos *et al.*, 2003; Stanton *et al.*, 2005).

Los principales prebióticos son: fructo-oligosacáridos, inulina, isomalto-oligosacáridos, polidextrosa, almidón resistente, lactulosa, lactitol, xilitol, fibra dietética y algunos oligosacáridos no digeribles que estimulan selectivamente el crecimiento de bifidobacterias en el colon. Los oligosacáridos no digeribles juegan un papel importante en el control de la obesidad a través de la saciedad y por consiguiente el aumento en la reducción del hambre. (Gorbach, 1996; Salminen *et al.*, 1998; Roberfroid, 2002; Bosscher, 2007; Siró, 2008).

- *Bebidas funcionales*

Son bebidas no alcohólicas funcionales, aquellas que poseen componentes fisiológicos que complementan su aporte nutricional y representan un beneficio extra para la salud; las cuales pueden ser fortificadas con vitaminas A, C y E y otros ingredientes funcionales; algunas destinadas a reducir el colesterol, con ácidos grasos omega-3 o soya; bebidas con luteína, combinadas con calcio o inulina entre otros. (Keller, 2006; Siró *et al.*, 2008).

- *Cereales funcionales*

Se definen como los alimentos que en su mayor proporción están elaborados a base de cereales y no son horneados. Los cereales pueden ser explotados de diferentes maneras debido a sus múltiples efectos beneficiosos: utilizados como sustratos de organismos probióticos, constituyen fuentes de carbohidratos no digeribles que estimulan el crecimiento de los lactobacilos y bifidobacterias presentes en el colon actuando como actúan como prebióticos; por su contenido de fibra y almidón pueden ser utilizados como material encapsulante de probióticos para mejorar su viabilidad durante su paso por el tracto gastrointestinal (Brennan y Cleary, 2005; Charalampopoulos *et al.*, 2002; Siró *et al.*, 2008).

- *Productos de panificación*

Son productos que en su elaboración emplean principalmente harinas de cereales y se le añaden otros ingredientes como grasas, azúcar, huevo, leche, entre otros, para formar una pasta que posteriormente se hornea. Dentro de este rubro se encuentran: productos de bollería que se definen como aquellos alimentos elaborados básicamente con masa de harinas comestibles fermentadas, cocidas o fritas, a las que se han añadido o no otros alimentos y/o aditivos autorizados. Los productos de pastelería son aquellos elaborados, fermentados o no, de diversa forma, tamaño y composición, integrados fundamentalmente por harinas, féculas, azúcares, grasas comestibles y otros productos alimenticios como sustancias complementarias. Las galletas, que se definen como el producto elaborado fundamentalmente, por una mezcla de harina de trigo u otros cereales, grasas, aceites comestibles o sus

mezclas y agua, con o sin relleno, adicionada o no de azúcares, de otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos, sometida a proceso de amasado o batido, y otros procesos como fermentación, modelado, troquelado y posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua (Alldrick, 2007).

### *2.1.2. Desarrollo de alimentos funcionales*

Anteriormente, los alimentos eran utilizados sólo para satisfacer los requerimientos fisiológicos de los humanos; sin embargo, con el paso del tiempo estos han ido transformando y en la actualidad, la preocupación no sólo es de satisfacer esas necesidades, sino que al consumir los alimentos que contribuyan a corregir trastornos metabólicos o de otro tipo. Por esto, el desarrollo de los alimentos se ha centrado principalmente en satisfacer las necesidades de los consumidores.

En el desarrollo de nuevos productos existen múltiples estrategias que han sido desarrolladas a lo largo de la historia por los tecnólogos en alimentos (Figura 1) las cuales incluyen diferentes caminos para conseguir su objetivo:

- Alimento nuevo. Producto completamente nuevo, diseñado para cubrir una necesidad por parte del consumidor.

- Alimento modificado. Este producto es definido bajo dos perspectivas

1. Reestructurado. El producto existente, que no cambia su configuración intrínseca (formulación), sino que sólo ha sido re-empacado o se le da un nuevo nombre o imagen.

2. Mejorado. Producto existente al cual se le modifica principalmente su formulación, además de que puede tener una nueva imagen y/o nombre.

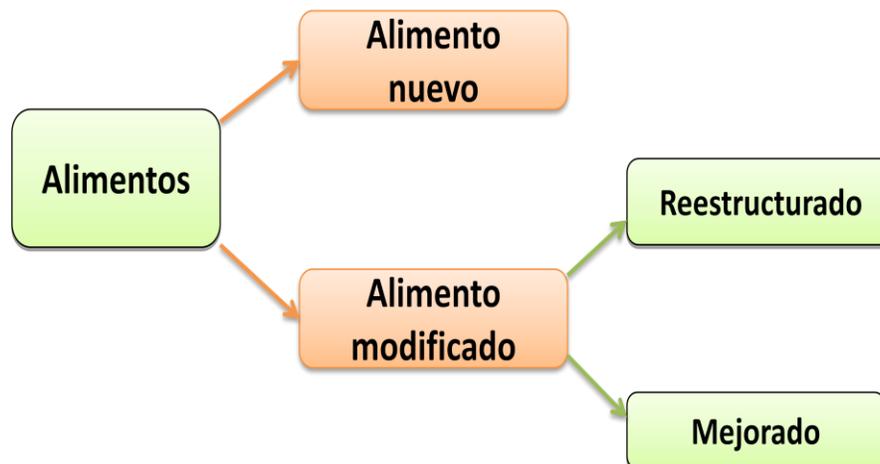


Figura 1. Estrategias en la creación de nuevos productos

En el ámbito del desarrollo de alimentos funcionales, se ha optado por el mejoramiento de los productos a través de la transformación de los mismos. Como puede observarse en el cuadro 2, existen cuatro tipos de modificaciones a los alimentos.

Cuadro 2. Desarrollo de alimentos funcionales

Tipo de alimento funcional	Definición	Ejemplos
<b>Productos fortificados</b>	Aumentar el contenido de algún nutriente o sustancia existente.	Jugos de frutas fortificados con vitamina C y cereales fortificados con ácido fólico
<b>Productos enriquecidos</b>	Adición de nuevos nutrientes o componentes que no se encuentran normalmente en un determinado alimento.	Jugo de naranja adicionado con calcio, margarina con esteroides vegetales, probióticos, prebióticos.
<b>Productos alterados</b>	Reemplazo de componentes existentes con componentes beneficiosos.	Fibra como liberadores de grasa en productos cárnicos y helados.
<b>Productos mejorados</b>	Cambios en las materias primas que han aumentado la composición de nutrientes.	Maíz con alto contenido de vitaminas, huevos con mayor contenido de omega-3.

(modificado de Kotilainen *et al*, 2006; Spence, 2006)

La creación de alimentos funcionales se basa en la combinación de productos alimenticios existentes, con sustancias biológicamente activas, para corregir trastornos metabólicos. Sin embargo, para que estas sustancias sean efectivas para la prevención de enfermedades, los alimentos funcionales deben cumplir algunos requisitos como: (1) ser formulados para satisfacer necesidades metabólicas específicas de los consumidores, (2) vinculados a la evaluación y (3) proporcionar un valor suficiente para que los consumidores lo consuman por un largo plazo (Walzem, 2004).

En el desarrollo de alimentos funcionales, es importante tener en cuenta que el logro de la calidad, no sólo depende de entregar el componente activo en el nivel de la eficacia fisiológica, sino también de garantizar un producto que cumpla con los requerimientos de los consumidores en términos de sabor, apariencia y textura.

#### *Componentes funcionales*

Son las sustancias biológicamente activas, responsables del efecto funcional de los alimentos, ya sea incrementando sus propiedades nutricionales o proporcionando algún tipo de efectos saludables (Orozco, 2006).

Algunos ejemplos de estos componentes se muestran en el cuadro 3. Hoy en día la industria alimentaria ha desarrollado productos alimenticios que ofrecen múltiples beneficios a la salud en un solo alimento (Sloan, 2004).

Cuadro 3. Principales componentes funcionales

<i>Clase/Componente</i>	<i>Origen</i>	<i>Beneficio potencial</i>
<b>CAROTENOIDES</b>		
<i>Beta caroteno</i>	Zanahoria	Neutraliza los radicales libres que podrían dañar a las células
<i>Luteína</i>	Vegetales verdes	Contribuye a contrarrestar trastornos oculares
<i>Licopeno</i>	Tomate	Podría reducir el riesgo de cáncer de próstata
<b>FIBRAS DIETÉTICAS</b>		
<i>Fibra insoluble</i>	Cáscara de trigo	Podría reducir el riesgo de cáncer de colon
<i>Beta glucano</i>	Avena	Reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular
<b>ÁCIDOS GRASOS</b>		
<i>Omega 3, ácido graso DHA</i>	Aceites de pescado	Podrían reducir el riesgo de enfermedades cardiovascular y mejorar las funciones mentales y visuales
<i>Ácido linoléico</i>	Queso, productos cárnicos	Podrían mejorar la composición corporal, podrían reducir el riesgo de ciertos tipos de cáncer
<b>FLAVONOIDES</b>		
<i>Catequinas</i>	Té	Neutraliza radicales libres, podría reducir el riesgo de cáncer
<i>Flavonas</i>	Cítricos	Neutraliza radicales libres, podría reducir el riesgo de cáncer
<b>ESTEROLES VEGETALES</b>		
<i>Ester estanol</i>	Maíz, soya, trigo	Reduce los niveles de colesterol sanguíneo
<b>PREBIÓTICOS/PROBIÓTICOS</b>		
<i>Fructooligosacáridos</i>	Achicoria, cebolla	Podrían mejorar la salud gastrointestinal
<i>Lactobacilos</i>	Yogurt	Podrían mejorar la salud gastrointestinal
<b>FITOESTRÓGENOS</b>		
<i>Isoflavonas</i>	Alimentos con soya	Podrían reducir los síntomas de la menopausia

(Alvídrez *et. al.*, 2002)

### 2.1.3. Fuentes de componentes funcionales

A pesar de la múltiple y variada cantidad de alimentos existentes actualmente en el mercado, la tecnología alimentaria sigue utilizando materias primas convencionales como: frutas, hortalizas, semillas, carnes, pescados. Sin embargo, se pueden utilizar fuentes no convencionales dentro de las cuales podemos encontrar a las algas, hongos y cultivos de microorganismos (*Lactobacillus* y *Bifidus*). Las algas a pesar de no ser un grupo muy conocido, ofrecen grandes posibilidades en cuanto a su uso como fuentes de proteínas, carbohidratos, nutrimentos inorgánicos, vitaminas, enzimas, fibra, antioxidantes, entre otras (Rimber, 2007; Sanz, 2009).

#### Algas

Se agrupan dentro del reino protista. Son plantas simples, pueden vivir en agua dulce o salada, libre o fijada a superficies sumergidas, en suelos húmedos, paredes, troncos, nieve y fuentes termales. Se pueden dividir en organismos unicelulares; las algas son frecuentemente flageladas compuestas por una sola célula y pluricelulares que son de tamaño variable y con células ordenadas de un extremo a otro formando colonias y filamentos (Figura 2). Las algas pluricelulares suelen vivir fijadas en el fondo en la zona luminosa (*Ulva* o *Laminaria*). Se reproducen asexualmente por esporas o sexualmente, funcionando el alga entera como espora en el caso de las unicelulares. Son organismos autótrofos, debido a la presencia de clorofila en ellas.



Figura 2. Filamento de *Rosenvingiella polyrhiza*

### *Componentes funcionales de las algas*

Los polisacáridos se perfilan como los principales componentes de las algas que poseen actividades funcionales que pueden ser potencialmente benéficas para los humanos. El mayor porcentaje de estos polisacáridos no son digeridos por las enzimas del tracto gastrointestinal humano, por lo que pueden ser considerados como “fibras dietéticas” (Jiménez y Goñi, 1999).

Algunos aspectos benéficos en la salud humana por el consumo de la fibra son:

- ❖ Favorece el crecimiento y la protección de la flora intestinal beneficiosa (Fujii *et al*, 1992; Goni *et al*, 2001; Kuda *et al* 1997)
- ❖ Aumenta el volumen de heces (Jiménez y Sánchez, 2000)
- ❖ Reduce el riesgo de cáncer de colon (Guidel y Goñi, 2002)

También se atribuye a estos polisacáridos, efectos antihipertensivos, los cuales han sido vinculados a la absorción efectiva de sustancias dañinas como el sodio, e inhibición de la enzima convertidora de angiotensina, la cual es vital en el control de la presión arterial (Nisizawa, 2006).

El consumo frecuente de algas, puede suministrar cantidades adecuadas de vitamina B<sub>12</sub> (Rauma *et al*, 1995). En estudios nutricionales realizados con algas del archipiélago cubano (*Ulva*, *Padina*, *Kappaphycus*, *Sargasum*, *Hypnea* y *Gracilaria*), se abordó su caracterización química-farmacológica con fines alimentarios (Valdés, 2006). Asimismo, la evaluación de dos especies de *Sargasum sp* y *Ulva sp*. reportó, la presencia de alto contenido de polifenoles (flavonoides), saponinas, alcaloides y fucosa, lo cual le da valor a su empleo como nutraceuticos, teniendo en cuenta el papel fisiológico de algunos de estos compuestos (Valdés, 2009).

### *Usos de las algas*

En la actualidad, las algas son de gran importancia y utilidad a través de una serie de aplicaciones; entre las cuales podemos encontrar:

- Industrialmente se utilizan algunas macroalgas para la obtención de agentes gelificantes de alto valor (alginatos, carragenanos, agar y agarosa). Además, estos productos sirven como complementos en la fabricación de jarabes,

cremas, mermeladas, mayonesas. En la industria cosmética y farmacéutica se utilizan para la fabricación de lociones, cremas, jabones y pastas dentífricas.

- Algunas microalgas se cultivan en fitorreactores para producir suplementos alimenticios (ej. Polisacáridos,  $\beta$ -caroteno) y productos cosméticos (Pulz & Gross, 2004).
- Se consumen de manera directa, ya sea recolectadas de la naturaleza o procedentes de cultivos (*Porphyra*, *Laminaria*, *Undaria*)

## 2.2 *Ulva clathrata*

La macroalga verde *Ulva clathrata* (Figura 3), se encuentra dentro de la familia de las *Ulvaceas* y está presente en casi todos los mares. Es una alga de talo verde laminar, tubular y formada por dos capas de células. Mide aproximadamente unos 30 cm de largo y hasta 3 cm de ancho y no suele estar muy ramificada, es de color verde oscuro. También conocida como *Enteromorpha clathrata* (Hayden *et al.*, 2003) o comúnmente llamada “Aonori” (laminas delgadas de alga deshidratada) en países asiáticos, donde es consumida de forma masiva en gran variedad de alimentos. Esta alga ha demostrado tener gran potencial para su desarrollo por cultivo en estanques, debido a sus características de rápido crecimiento (intervalo de pH 7.5 a 8) y con un intervalo de tolerancia a salinidades elevadas y una temperatura máxima de 40 °C. Debido a estas propiedades, el alga puede ser cultivada en estanques con agua de mar y por los límites de temperatura que tolera, hace posible su versatilidad en cuanto a los lugares de cultivo (Menéndez y Fernández, 2005; Moll y Deikman, 1995).

A nivel global, uno de los principales cultivos por acuicultura es el de las algas. Se tiene un estimado (en los trópicos) de 2.5 toneladas por hectárea de rendimiento por cada tres meses de cultivo (FAO, 2010).

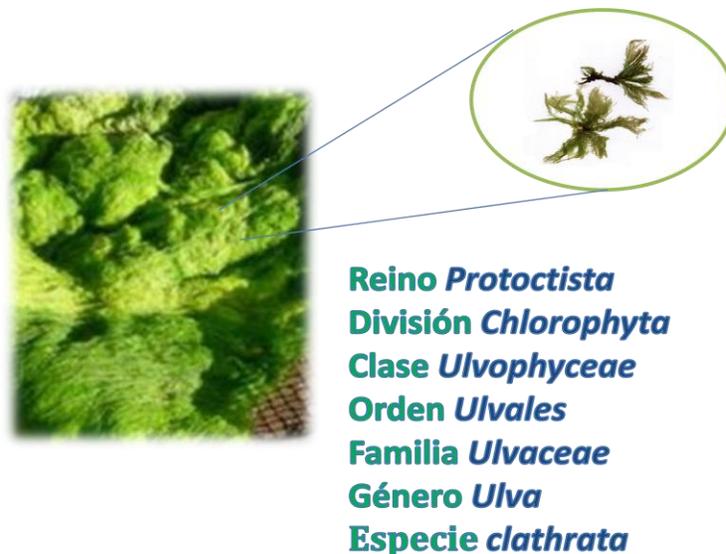


Figura 3. Macroalga verde *Ulva clathrata*

Puede existir variación en la composición química del alga *U. clathrata*, debido a diferentes factores ambientales o dependiendo de las condiciones de cultivo; por lo tanto, los valores de su composición no son absolutos. En las referencias existentes, se reportan con mayor frecuencia los siguientes valores: proteína (9 a 14%); carbohidratos (23%), de los cuales la fibra soluble (ulvan) constituye la mayor proporción (20 a 25%), fibra cruda (4 a 6%); grasa (0.2 a 1.5%); minerales, Fe, Ca, Mg, Mn, Zn, K, I, Cu, Na (17 a 25%); carotenoides, principalmente, beta caroteno, luteína, otras xantofilas (0.1 a 0.2 %) y vitaminas: A, B<sub>12</sub>, B<sub>6</sub>, C, E, niacina y ácido fólico; por estas características puede tener un gran número de aplicaciones: alimento para especies acuáticas, industria cosmética, hidrocoloides (ulvan), fertilizante, bioestimulante, en la industria alimentaria como espesante, alimento humano (hoja para sushi), en mermeladas, flanes, helados, papas fritas, pastas, productos de panificación, tortillas de maíz adicionadas con harina de ulva. Por sus características de composición, en cuanto al tipo de fibra y la presencia de carotenoides, esta alga es un buen ingrediente para su uso en el diseño de alimentos funcionales. (Burtin, 2003; Menéndez y Fernández, 2005; Águila *et al.*, 2005; Raymont *et al.*, 1964; Aguilera, 2005; Cruz *et al.*, 2008; León, 2008).

## 2.3 Fibra

### *Definición*

El concepto de fibra dietética, fue usado por primera vez por el científico Hipsley en el año de 1953, para definir los constituyentes de la pared celular de las plantas. A partir de esas definiciones los conceptos sobre la fibra han ido aumentando tanto a nivel estructural como en sus efectos fisiológicos y esto ha provocado que no exista una definición única que englobe los distintos componentes de la fibra dietética y sus funciones, por ello se dan diferentes definiciones sobre fibra. (Escudero y González, 2006; Steve *et al.*, 2009; Vargas, 2009)

La última versión del Codex Alimentarius Commission sobre la definición de fibra dietética fue propuesta durante la 32ª reunión en la sede de la FAO, Roma. 29 Junio-4 Julio 2009 (ALINORM 09/32/A):

“La fibra dietética son polímeros de carbohidratos con diez o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados por las enzimas endógenas en el intestino delgado de los seres humanos y pertenecen a las siguientes categorías:

- Polímeros de carbohidratos comestibles que se encuentran naturalmente en los alimentos que se consumen;
- Polímeros de carbohidratos que se han obtenido de materia prima alimentaria por medios físicos, enzimáticos o químicos y que han demostrado tener un efecto fisiológico beneficioso para la salud, como lo demuestran pruebas científicas generalmente aceptadas de las autoridades competentes;
- Polímeros sintéticos de carbohidratos que han demostrado tener un efecto fisiológico beneficioso para la salud como lo demuestran pruebas científicas generalmente aceptadas de las autoridades competentes.”

### *Composición química*

La fibra dietética presente en los alimentos, está formada por una mezcla de sustancias con estructuras químicas diversas; los cuales incluyen:

a) componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales compuestos por polisacáridos (celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas) y lignina (polímero de fenil propano).

b) no estructurales que son polisacáridos que no están presentes en las paredes celulares o usados como aditivos de alimentos (gomas y mucílagos, polisacáridos de algas y celulosa modificada) (Morón, 1997; Pak, 2000; Guzmán, 2008; Vargas, 2009)

### *Clasificación*

La fibra se puede clasificar de acuerdo a su grado de solubilidad en agua. Con este criterio las categorías de fibra dietética son: solubles (Hidrosolubles) e insolubles (No-Hidrosolubles) (Escudero y González, 2006; Vargas, 2009)

La fibra soluble está compuesta por polisacáridos no celulósicos como la pectina, gommas y mucílagos; al estar en contacto con el agua forman un retículo donde queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad.

Las fibras insolubles o poco solubles, están constituidas principalmente por: celulosa (componente mayoritario), hemicelulosas insolubles y lignina, son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de las heces que acelera el tránsito intestinal, es poco fermentable, por lo que se relaciona con el tratamiento y prevención de algunos trastornos digestivos. (Lewis y Heaton, 1997; Morón *et al.*, 1997; Anderson *et al.*, 2000; Kin, 2000; Pak, 2000; Dreher, 2001; Escudero y González, 2006; Guzmán, 2008)

### *Efectos fisiológicos*

La fibra juega un importante papel en diversas funciones del sistema digestivo; desde la masticación, hasta la evacuación de las heces. Muchas de estas dependen de sus propiedades fisicoquímicas. Las dietas con un elevado contenido en fibra requieren más tiempo de masticación, por lo que enlentecen la velocidad de deglución y esto implica una mayor salivación que va a repercutir entre otros efectos fisiológicos o benéficos en la mejora de la higiene bucal. (Dreher, 2001; Oakenfull, 2001; Escudero y González, 2006; Vargas, 2009)

La figura 4 muestra las diferentes propiedades de la fibra tales como: la fijación de las sales biliares, las cuales son sintetizadas a partir del colesterol en el hígado y excretadas en el intestino delgado para poder llevar a cabo la digestión de las grasas; las fibras al ser enlazadas con las sales biliares, incrementan la excreción en heces, provocando un incremento en la demanda de colesterol en la vía de la síntesis de los ácidos biliares, lo cual hace que el colesterol se desvíe de la ruta de síntesis de las lipoproteínas, reduciendo el colesterol plasmático (Pak y Araya, 2001; Vargas, 2009).

En el estómago, las fibras solubles como consecuencia de su viscosidad, hacen lento el vaciamiento gástrico y aumentan su distensión, prolongando la sensación de saciedad. En el intestino delgado, las fibras solubles forman soluciones viscosas que enlentecen el tiempo de tránsito. También aumenta el espesor de la capa de agua que han de traspasar los solutos para alcanzar la membrana del enterocito, lo que provoca una disminución en la absorción de glucosa, lípidos y aminoácidos (Cherbut, 1998; Escudero y González, 2006).

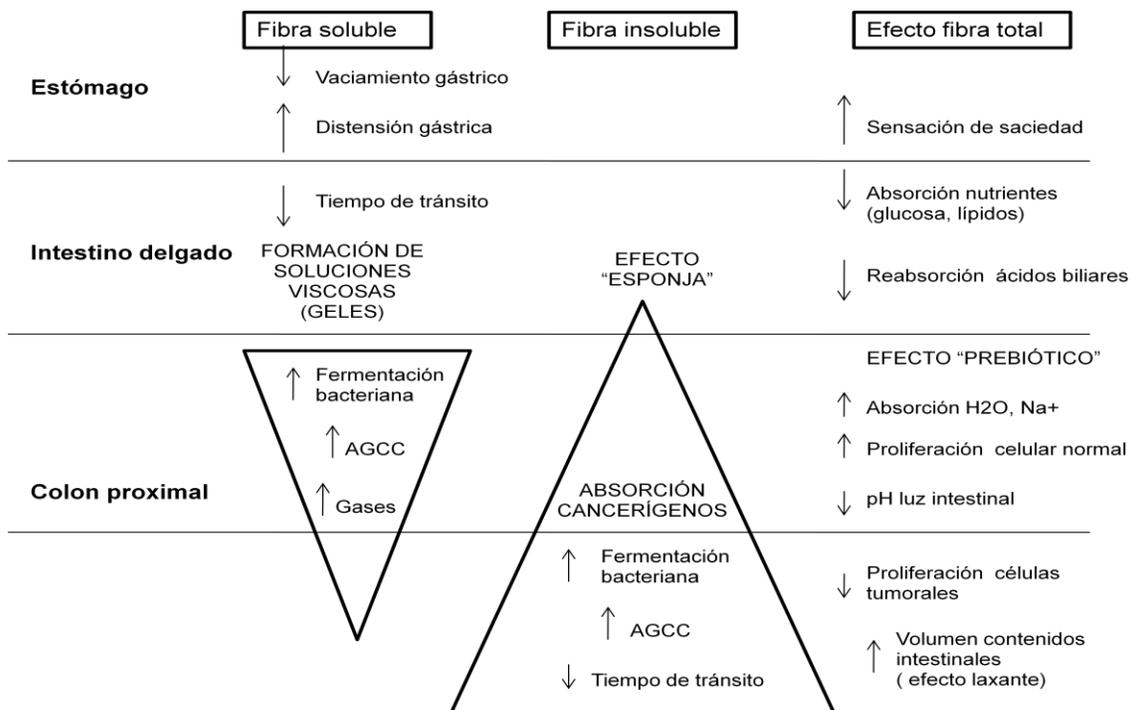


Figura 4. Efectos fisiológicos de la fibra. Ácidos grasos de cadena corta (Zarzuelo, 2005)

## 2.4 Carotenoides

### *Composición química*

Los carotenoides son terpenoides, formados básicamente por ocho unidades de isopreno, de manera tal que la unión de cada unidad se invierte en el centro de la molécula (Olmedilla *et al.*, 2001; Britton, 1997; Rodríguez, 1997; Meléndez *et al.*, 2004). En los carotenoides naturales sólo se encuentran tres elementos: C, H y O. El oxígeno puede presentarse como grupo hidroxilo, metoxilo, epoxi, carboxilo o carbonilo. Actualmente, se han aislado y caracterizado 600 carotenoides (Meléndez *et al.*, 1997; Rodríguez, 1997; Salazar, 2000; Olmedilla *et al.*, 2001; Galicia, 2009).

### *Clasificación*

De acuerdo a su composición química se clasifican en dos grupos: a) carotenos o compuestos hidrocarburoados compuestos sólo de átomos de carbono e hidrógeno; siendo miembros de este grupo el  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno y licopeno b) xantofilas, que poseen oxígeno en su molécula; son importantes la luteína, zeaxantina, cantaxantina,  $\alpha$  y  $\beta$ -criptoxantina y astaxantina (Dey y Harborne, 1997; Rodríguez, 1997; Salazar, 2000; Olmedilla *et al.*, 2001; Sthal y Sies, 2005; Galicia, 2009).

### *Efectos fisiológicos*

Los carotenoides se han relacionado con un aumento en el sistema inmune y una disminución del riesgo de enfermedades degenerativas tales como: enfermedad cardiovascular, formación de cataratas y cáncer (Mathews-Roth 1985, 1991; Bendich y Olson 1989; Bendich 1990, 1994; Krinsky 1990, 1994; Ziegler 1991; Gerster 1991; Byers y Perry 1992).

Dentro de las propiedades físicas y químicas de los carotenoides podemos encontrar que actúan como antioxidantes y secuestradores de radicales libres. El deterioro en los carotenoides es causada principalmente por la oxidación. El alto grado de insaturación los hace fácilmente oxidables, siendo especialmente sensibles a la luz, temperaturas elevadas, oxígeno y pH extremos. Además de la degradación oxidativa, con facilidad se lleva a cabo la isomerización de la forma *all-trans* a la forma *cis*

(Minguez, 1997; Nguyen y Schwartz, 1999; Shin y LeMaguer, 2000; Candelas *et al.*, 2006).

Para lograr el mejoramiento nutricional de los alimentos, se les han agregado componentes funcionales, tales como vitaminas, minerales, aminoácidos, fibra y carotenoides. Las estrategias para lograr el mejoramiento de la calidad del alimento o alimentos que componen la mayor parte de la dieta, se basan en el potencial para beneficiar, en el menor tiempo, a la mayor parte de la población.

En América Central, un vehículo prometedor para el mejoramiento de alimentos, es la tortilla de maíz, que forma parte de la dieta de esta población, la cual puede ser utilizada de diferentes maneras: directamente, en fracciones tostadas, como sostén de otros alimentos o como tostada.

La tostada es el producto elaborado a partir de tortilla o masa que puede ser mezclada con ingredientes opcionales, sometido a un proceso de horneado, freído, deshidratado o cualquier otro, hasta obtener una consistencia rígida y crujiente.

## 2.5 Tortilla de maíz

En América latina, el maíz es procesado en diferentes formas para su consumo; siendo las tortillas uno de los principales alimentos. En México y Centroamérica, la mayoría de las tortillas consumidas se elaboran con el método tradicional de nixtamalización (el proceso de cocción del maíz en agua de cal). En su mayoría estas son utilizadas como acompañantes de platillos o como base para elaboración de otros platillos, como tacos, enchiladas, quesadillas, sopes, chilaquiles, botanas y tostadas, por mencionar algunos. Por lo tanto, se han visto como un vehículo muy prometedor para la fortificación y/o enriquecimiento de la dieta (Reyes, 1990; Arámbula, 2001; Sosa, 2001; González, 2005; Contreras, 2009).

### *Proceso de elaboración tradicional de harina de maíz*

Para la elaboración de harinas, es importante la limpieza del grano, el cual consistirá en eliminar toda la materia extraña que pueda dañar las propiedades de la harina. Para la elaboración de la harina de tortilla se utiliza el acondicionamiento en caliente para la cocción del maíz bajo métodos de nixtamalización (Maíz con cal) y no nixtamalización (Maíz sin cal). La nixtamalización es un procedimiento antiguo, mediante el cual al grano de maíz entero, es sometido a cocción en exceso de agua, y en presencia de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , y a temperatura ligeramente menor a la de ebullición, durante 30 o 45 min. Se retira del fuego, se tapa y se deja reposar de 8 a 14 horas. El nixtamal se retira de la solución alcalina, denominada nejayote, el cual se lava hasta que el agua se vea clara y se escurre. Posteriormente, la molienda del nixtamal se puede realizar de diferentes formas: metate, molino de mano y molinos de piedras. El proceso no nixtamalizado es el acondicionamiento que se le da al maíz solamente con agua, sin cal; lo que da como resultado una cocción más lenta y a una temperatura de 90 °C, el tiempo necesario oscila entre 60 a 70 min, se utiliza maquinaria para la remoción de la cascarilla (Arámbula 2001; García, 2004; Orozco, 2007; Rodríguez, 2008).

La harina obtenida de cualquier proceso de acondicionamiento del maíz, es utilizada para la elaboración de la tortilla. Para obtener la masa con la que se elaborará la tortilla, se agrega agua a la harina hasta obtener una consistencia fina. Se toman

entre 30 y 60 gramos y se moldea en forma de disco aplanado de 10 a 18 cm de diámetro y entre 1.93 a 3.15 mm de grosor, que puede formarse manualmente palmeándola, con prensas manuales o en tortilladoras automáticas, las cuales, además de formar la tortilla, la cuecen en proceso continuo a temperaturas de 180 a 210 °C. (Figura 5).

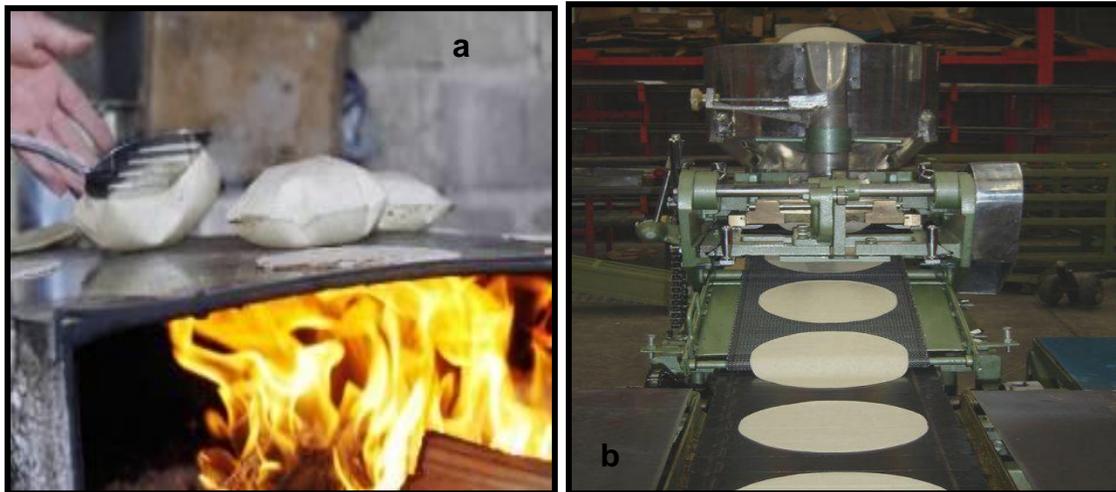


Figura 5. Cocimiento de la tortilla tradicional (a) y en tortilladora (b).

Fuente:<http://cronicadesociales.org/2008/04/27/comprar-tortillas-hechas-a-mano-delito-en-san-isidro-mazatepec/>.  
<http://www.nortsilusa.com/refacciones-parts.php&docid=gb--ycJXrUhM&imgurl>.

### *Modificación de la tortilla*

Es escasa la información respecto a las tostadas, pero se toma como referencia la existencia acerca de la tortilla. Las primeras investigaciones sobre aspectos físico-químicos y nutricionales de la tortilla se iniciaron en los años 50's en el que actualmente es el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (Massieu, 1954; Vaqueiro y Reyes, 1986; Figueroa, 2001; Contreras, 2009). Posteriormente, se estudió la fortificación de la tortilla con harina de soya y garbanzo (Massieu, 1954; Wild, 1973; Figueroa, 2001). Algunas investigaciones al respecto se describen a continuación.

Gómez *et al* (1996) indicaron que las pérdidas de alrededor del 50% en tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico, fueron significativas durante el proceso de producción de la tortilla.

Figuroa *et al.* (2001) evaluaron el efecto de la adición de vitaminas (0.15%) y pasta de soya desgrasada (4%) sobre la calidad de la tortilla de nixtamal, así como las pérdidas de algunos nutrientes durante el proceso de nixtamalización. En base a los resultados, se encontró que el maíz pierde aproximadamente 1.8 % de proteínas solubles durante su transformación a tortilla, mientras que la tortilla de nixtamal fortificada con 4% de pasta de soya desgrasada, presentó cerca de 3% más proteína que la tortilla de nixtamal y 2% más proteína que la encontrada en el maíz cuando es utilizado como materia prima. Los contenidos de calcio en tortillas fueron 7.7, 114.0 y 212.5 mg/100g para el maíz, tortilla de maíz y tortilla de maíz con soya desgrasada, respectivamente.

Se dispone de pocos estudios, acerca de las pérdidas de nutrientes en el contenido de fibra durante la transformación de maíz en tortillas; sin embargo, se sabe que las pérdidas de fibra cruda ascienden aproximadamente al 46% en el maíz blanco y al 31% en el maíz amarillo. El tratamiento con cal a 96 °C durante unos 55 min hidroliza el pericarpio, que se elimina durante el lavado, a lo que en gran medida se atribuyen las pérdidas de fibra. (Breuner, 1989; FAO, 1993; Gómez, 1996; González 2005).

A pesar de las pérdidas que sufren las diferentes fracciones del grano en la transformación del maíz en tortillas, el valor nutritivo de la tortilla es superior a la de cualquier otro cereal que ha sufrido también el proceso de elaboración necesario para ser consumido.

Por otro lado, en México cada vez es mayor el cultivo de algas, incrementando su precio y promoviendo la creación de empleos, recientemente se está utilizando en co-cultivo del camarón. La empresa Aonori Aquafarms, con el objetivo de utilizar el alga *Ulva clathrata* con fines de uso comercial, tanto para la nutrición humana como animal; tiene patentada la tecnología para su cocultivo (Ulva/camarón), la cual consiste en cultivar el alga marina *U. clathrata* en estanques de tierra no arables, suspendida con cuerdas y utilizando agua de mar para que sea un sistema escalable y sustentable. Con la finalidad de obtener altos rendimientos de biomasa a bajos costos (Figura 6). La empresa obtiene un excedente en su co-producto el cual lleva por nombre Aonori (*Ulva*), que puede ser utilizado para hacer hoja para sushi, consumo directo, producir harinas; pero ,además, se pretende buscar su aplicación

como un ingrediente de alimentos que brinden beneficios a la salud y que sea atractivos para la población mexicana.



Figura 6. Cultivo del alga *Ulva clathrata*

### 3. JUSTIFICACIÓN

En el ámbito de la salud, surge la necesidad de desarrollar alimentos funcionales que sean útiles atractivos para los consumidores y que provean los requerimientos mínimos para contrarrestar problemas de la nutrición y salud en general; el uso de harina de *U. clathrata* como ingrediente para incorporar fibra, minerales y antioxidantes en los alimentos sugiere una buena alternativa. Considerando la importancia de la tortilla en la dieta, debe aumentarse el valor nutricional de las harinas con las cuales son elaborados estos productos, lo cual podría hacerse mediante la utilización de mezclas de maíz con leguminosas, cereales u otros ingredientes, en este caso la harina de *U. clathrata*; que complementen las deficiencias presentes en el maíz.

Con el presente trabajo se logró desarrollar un alimento funcional (tostada de maíz sustituida con *U. clathrata*), del cual se sabe su consumo ya que es un alimento básico de la población.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo general

Desarrollar una tostada de maíz sustituida con *Ulva clathrata*

### 4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la harina de *Ulva clathrata*.
- Elaborar la tostada de maíz sustituida con *Ulva clathrata* para el consumo humano.
- Caracterizar la tostada de maíz adicionada con *Ulva clathrata*.
- Evaluar la aceptación del consumo de la tostada de maíz sustituida con *Ulva clathrata*.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Material biológico

a) Se utilizó harina de alga *Ulva clathrata*, producida por la empresa Aonori Aquafarms Inc, en las instalaciones de la granja acuícola de la providencia ubicada en la Bahía Ohuira en Ahome Sinaloa (Figura 7).



Figura 7. Harina de *Ulva clathrata*

b) La harina de maíz nixtamalizado fue de una marca comercial MASECA®

### 5.2 Métodos

El presente estudio se realizó en el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CeProBi) IPN, constó de 3 etapas como se muestra en la figura 8:

- A. Caracterización de las harinas
- B. Elaboración del alimento funcional
- C. Caracterización del alimento funcional.

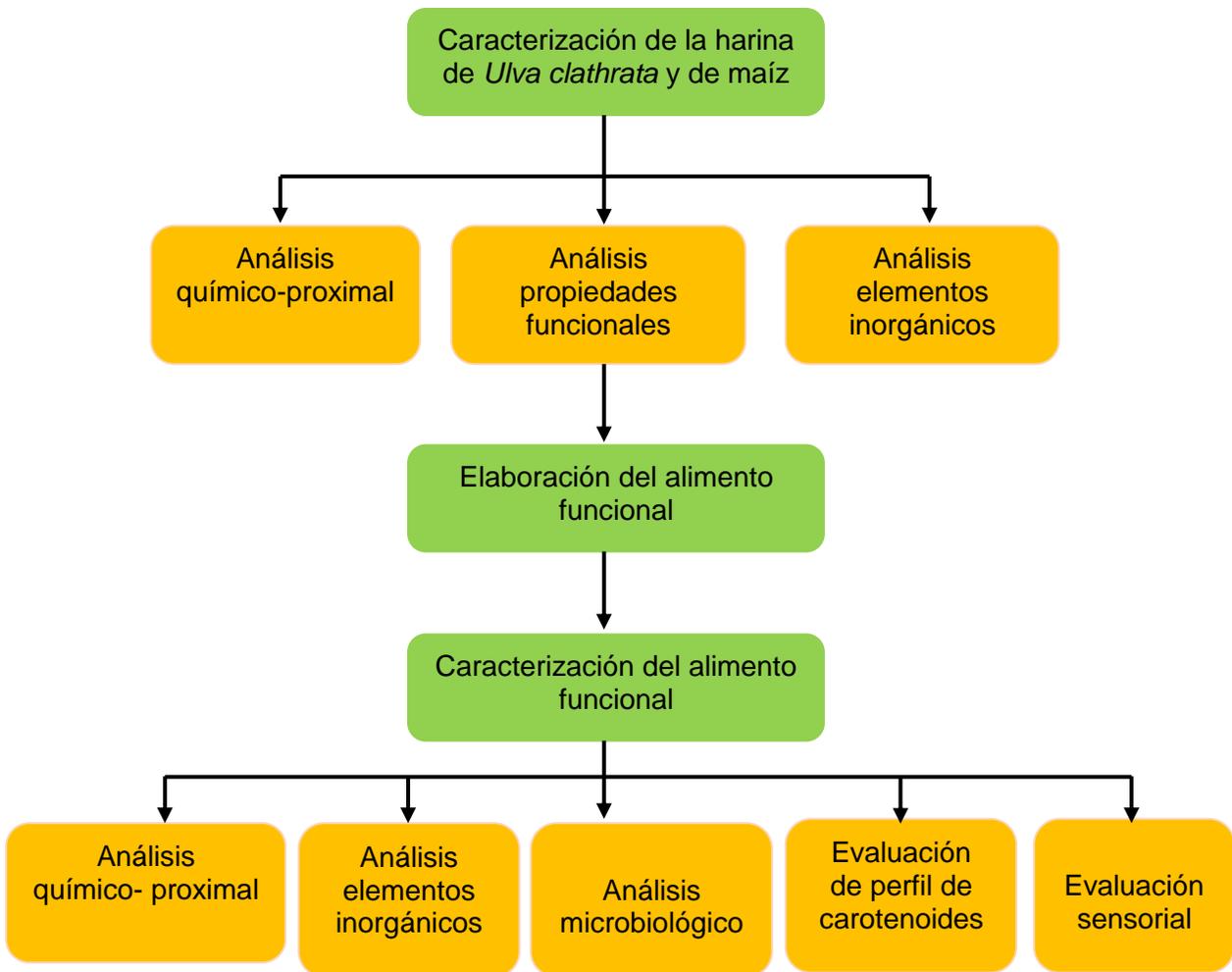


Figura 8. Diagrama general del trabajo

### 5.2.1. Acondicionamiento de la harina de *Ulva clathrata*

La harina proporcionada por la empresa presentaba características en las que el tamaño de partícula era de apariencia de hojuelas, esto debido a su proceso de obtención, el cual consiste, en que una vez recolectada el alga, se lava y posteriormente se pasa por un molino de rodillos y se obtiene la harina. Debido a su tamaño de partícula que no era el adecuado para la utilización y manipulación de la harina en la formulación de alimentos; así mismo, no cumplía con el tamaño que establece la norma NMX-F-046-S-1980, relativa a las harinas; que debe tener un aspecto granuloso con una finura tal que el 75% como mínimo pase a través de un tamiz de 0.250 mm de abertura de malla para ser considerada como harina; se

decidió llevar a cabo primeramente una molienda de la harina para reducir el tamaño de partícula. Una vez obtenida la harina de *U. clathrata* molida se procedió a realizar un tren de tamizado, utilizando 5 tamices: #14(1.410 mm), #16(1.190 mm), #18 (1.000 mm) y #60(0.250 mm).

### **5.2.2. Caracterización de harinas y tostadas**

El estudio de la composición química de los alimentos se usa para determinar el contenido de sustancias nutritivas y lograr un punto de partida para el entendimiento del efecto que pueden tener los alimentos en los procesos fisiológicos. Por ello, se realizaron análisis tanto a las harinas, como a los productos obtenidos.

#### **5.2.2.1. Análisis químico proximal**

Los análisis se realizaron en el laboratorio de proteínas del Departamento de Biotecnología y en el Laboratorio de Control de Calidad del Departamento de Desarrollo Tecnológico del CeProBi, IPN. Todos los análisis se realizaron por triplicado

##### *Determinación de humedad*

Se determinó por el método oficial 44-19, de la AACC (2000). Se pesaron 0.5 g de muestra en una balanza analítica (OHAUS, AS200) en charolas previamente llevadas a peso constante, que posteriormente se colocaron en la estufa (Lab Line Imperial V, Mod.3478) a  $100\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 3 h, transcurrido el tiempo se colocaron en desecador durante 20 min. Las charolas se pesaron y nuevamente se colocaron en la estufa a  $100\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 30 min y se repite lo anterior, hasta que la muestra este a peso constante. La humedad se calculó con la siguiente ecuación:

---

#### *Determinación de cenizas*

Se analizaron con el método 08-01 de la AACC (2000). Se pesó en una balanza analítica (OHAUS, AS200) 1 g de muestra en un crisol de porcelana previamente puesto a peso constante; la muestra se carbonizó a flama directa teniendo cuidado que la muestra no se proyectará, posteriormente se colocó en la mufla (Thermolyne, Furnace 6000) a  $550 \pm 1$  °C por 5 h. Transcurrido el tiempo, se colocaron los crisoles en la estufa. Posteriormente se enfriaron en un desecador durante 20 min. Los crisoles se pesaron y nuevamente se colocaron en la estufa a  $100 \pm 1$ °C durante 30 min y se repite lo anterior, hasta que la muestra este a peso constante. Se calculó el porcentaje de cenizas con la siguiente ecuación:

---

#### *Determinación de extracto etéreo*

Se utilizó el método oficial 30-25 de la AACC (2000). Se pesaron 3 g de muestra seca en cartuchos de celulosa. Se colocaron en el aparato de extracción Soxhlet (Labconco, Missouri 64132, Kansas City) se adicionaron 100 ml de éter de petróleo a los vasos del equipo y posteriormente se realizó la extracción por 4 h. Finalmente, los vasos se secaron en la estufa a  $60 \pm$  °C por 1 h y se pesaron para determinar el porcentaje de lípidos con la siguiente ecuación:

---

#### *Determinación de proteínas*

Se utilizó el método oficial 46-13 de la AACC (2000). Método de Kjeldahl. Se pesó 1 g de muestra y se pasó a un tubo Kjeldahl, al cual se le agregó 1 g de sulfato de cobre, 10 g de sulfato de potasio anhidro y 15 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se colocó en el aparato para digestión (Labconco) y se calentó gradualmente a 400°C, hasta que el contenido del tubo presentó un color verde claro. El tubo se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se le adicionaron 15 ml de agua para lavar los residuos que

quedaron en la pared del tubo, posteriormente se adicionaron 50 ml de hidróxido de sodio al 40%. Por otro lado, en un matraz Erlenmeyer se añadieron 50 ml de ácido bórico al 4% y 10 gotas de indicador Wesslow. Se realizó la destilación hasta obtener un volumen de 100 ml de la muestra en el matraz preparado anteriormente. La muestra obtenida se tituló con ácido clorhídrico 0.1N. Se calculó el porcentaje de proteína con la siguiente ecuación:

---

Donde:

F: Factor de conversión siendo 5.13 - alga (Lourenco *et al.*, 2002)  
6.25 - muestras

N: Normalidad

#### *Determinación de fibra cruda*

Se pesaron 3.5 g de la muestra seca en un matraz de bola al cual se le adicionaron 80 ml de reactivo de digestión compuesto por: Ac. acético, Ac. nítrico concentrado y Ac. tricloroacético. Se calentó durante 1 h a ebullición en sistema de reflujo; transcurrido el tiempo se filtró a través de papel Albert (previamente tarado), en un embudo de porcelana. El residuo se lavó con agua destilada caliente, hasta la desaparición del reactivo de digestión, posteriormente con alcohol para eliminar restos de agua y por último con éter para eliminar los restos de grasa y alcohol. El papel con el residuo se colocó en la estufa a  $100 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 20 min para eliminar el éter, se dejó enfriar y se pesó (P). Una vez pesado se colocó el papel en un crisol de porcelana (previamente puesto a peso constante) y se realizó la determinación de cenizas. Se dejaron enfriar y se pesaron. El contenido de fibra bruta se obtuvo a partir de la siguiente ecuación.

$$\% \text{ FIBRA BRUTA} = \frac{(P - (P_1 + P_2))}{P_3} - 100$$

Donde: P= Peso del papel seco

$P_1$ = Peso del papel

$P_2$ = Peso de cenizas

$P_3$ = Peso de la muestra en gramos

#### **5.2.2.2. Análisis de elementos presentes en harina de *Ulva clathrata* y tostadas**

Los análisis fueron realizados por el Laboratorio de Servicios de microanálisis del Centro de Investigación, Tecnología e Innovación de la Universidad de Sevilla, España.

Se pesaron 0.15 g de la muestra seca y se colocaron en un tubo Kjeldahl, al cual se le agregó: 5 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado, 1 ml de HCl concentrado y 1 ml de agua oxigenada. Para la digestión la muestra se colocó en un digestor de microondas (ANTON PAAR, MULTIWAVE 3000) durante 15 minutos, posteriormente se dejó enfriar la muestra. El contenido del tubo se aforo a 25 ml. Finalmente la muestra fue analizada en un espectrómetro de emisión mediante plasma acoplado inducido (HORIBA JOBIN YVON, ÚLTIMA 2)

#### **5.2.2.3. Análisis de propiedades funcionales tecnológicas en harinas**

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de proteínas del CeProBi, IPN.

##### *Absorción de agua*

Método de centrifugación de Sosulski (1962) modificado por Kaur *et al.* En tubos de centrifuga previamente pesados se pesaron 3 g de la muestra se dispersaron en 25 ml de agua destilada y se colocó, se agitó con ayuda de un vortex durante 1 min. Las dispersiones se mantuvieron en reposo durante 30 min, agitándose de vez en cuando, posteriormente se centrifugaron durante 25 min a 3000g. El sobrenadante se decantó, el exceso de humedad fue eliminado durante 25 min a 50 °C, y la muestra se volvió a pesar (Kaur *et al.*, 2007).

### *Absorción de aceite*

La absorción de aceite fue determinada por el método descrito por Dench(1981), con algunas modificaciones: a 0.5 g de muestra se le adicionaron 3 ml de aceite de maíz en un tubo de centrífuga graduado de 50 ml. El contenido fue agitado durante 1 min en agitador Vortex (Mod.K-500-Y) para dispersar la muestra. Se dejó en reposo durante 30 minutos. Después se centrifugo a 3700g, por 25 min y el volumen de aceite retenido fue calculado por diferencia y los resultados fueron expresados en ml de aceite absorbido por 1 g de muestra. (Pacheco et al., 1994)

### *Índice de solubilidad en agua*

El índice de solubilidad en agua de harinas se determinó por el método descrito por Singh *et al.* (2005). La muestra de harina (2.5 g) se dispersó en 30 ml de agua destilada, utilizando una varilla de vidrio, se mantuvo en calentamiento a 90 °C durante 15 min en baño maría. La pasta cocida se dejó enfriar a temperatura ambiente y se transfirieron a tubos de centrífuga previamente tarado, y luego se centrifugó a 3000g durante 10 min. El sobrenadante se decantó para la determinación de su contenido de sólidos en una caja de vidrio previamente tarado y el sedimento se pesó. El peso de sólidos secos fue recuperado por la evaporación del sobrenadante durante toda la noche a 110 ° C. El índice de solubilidad en agua fue calculado por la siguiente ecuación. (Kaur *et al.*, 2007)

$$\text{WSI (\%)} = \frac{\text{Peso de sólidos disueltos en el sobrenadante}}{\text{Peso de la muestra de harina}} \times 100$$

## **5.2.3. Elaboración de la tostada de maíz y alga *Ulva clathrata***

### *a) Nivel de sustitución*

Se utilizó el método de prueba y error; a la formulación original para la elaboración de tostada que es de harina de maíz (MASECA, S.A.), se le realizaron diversas proporciones de sustitución de harina de *U. clathrata* a distintas concentraciones

(8%,10%,12% y 15%). A las formulaciones se les realizaron pruebas donde se evaluaron aspectos de sabor, color y textura, observándose que las de mayor porcentaje de *U. clathrata* presentaron un sabor de resabio amargo, un color verde oscuro terroso con apariencia de echado a perder y la textura fue reseca, y quebradiza; debido a estas características los jueces no presentaron agrado por estas formulaciones, siendo la más aceptada la sustitución del 8% de *U. clathrata*. De acuerdo a lo anterior el porcentaje de sustitución seleccionado fue el del 8%.

#### *b) Proceso de producción*

Las tostadas se elaboraron en las instalaciones de la empresa “El Suriano” ubicada en el municipio de Tlatzapán, Mor. El proceso de elaboración se muestra en la figura 9 procedimiento que se realizó para la elaboración de la tostada se muestra en la figura 13, primeramente se pesaron: 1500 g de maseca<sup>®</sup>, 180 g de *U. clathrata* y 1800 ml de agua y se mezclaron los ingredientes hasta formar una masa la cual posteriormente se colocó en los rodillos de la tortilladora para ser extendida y cortada por un cortador en forma de discos aplanados de 10.0 a 18.0 cm de diámetro que rota debajo de los rodillos. A través de una banda es enviada a un deshidratador donde se cuecen en proceso continuo a temperaturas de 210 a 320 °C y finalmente son horneadas. Una vez obtenidas las tostadas se dejaron enfriar a temperatura ambiente durante 10 min para finalmente ser empacadas en bolsas de celofán. Las tostadas no sufrieron ningún proceso de fritura, se obtuvieron con un proceso de deshidratación.

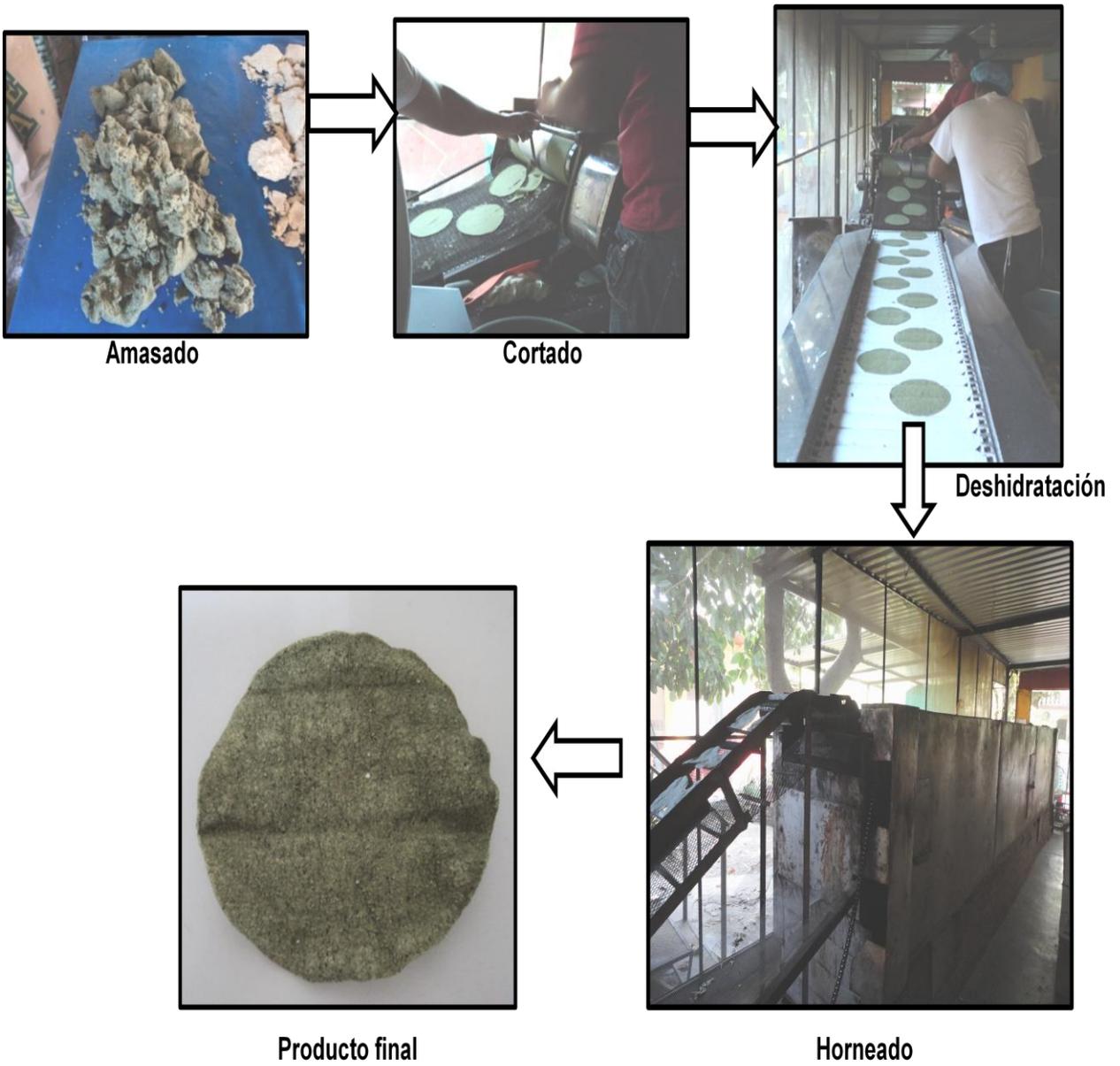


Figura 9. Proceso de elaboración de la tostada

#### **5.2.4. Caracterización química de la tostada de maíz y alga *Ulva clathrata***

Se realizaron análisis químico la tostada de maíz y *U. clathrata*, así como de un control en este caso tostada 100% harina de maíz.

##### **5.2.4.1. Análisis químico proximal**

Se realizó de acuerdo a los métodos mostrados en el apartado 5.2.2.1.

##### **5.2.4.2. Análisis de elementos inorgánicos**

Se realizaron de acuerdo a la metodología descrita en el apartado 5.2.2.2.

##### **5.2.4.3. Extracción y cuantificación de carotenoides**

Los análisis se realizaron en el laboratorio de Color y Calidad de Alimentos de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Sevilla, España.

###### ***a) Extracción de carotenoides***

En principio se utilizaron tres sistemas de solventes para realizar la extracción de carotenoides: 1) acetona, 2) acetona/etanol y 3) diclorometano, se realizaron tres extracciones con cada uno de los diferentes solventes. Se eligió diclorometano por presentar mejores características de extracción.

A partir de 500 mg de muestra, se adicionaron 3 ml de diclorometano en un tubo Falcon de 15 ml. Los tubos se cubrieron con papel aluminio y se mantuvieron en agitación a 250 rpm a temperatura ambiente durante 16 horas.

###### ***b) Identificación de carotenoides por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC)***

El extracto se centrifugó a 4°C durante 10 minutos a 4500 g, posteriormente se tomaron 30 µl de una dilución 1:100 y se colocaron en un vial, inyectando 20 µl de la muestra para identificar los carotenoides presentes. Las muestras se analizaron en un equipo de HPLC con arreglo de diodos (Agilent 1100, Palo Alto, California, EE.UU.). Se utilizó una columna C<sub>30</sub> YMC (5 µm, 250 x 4.6 mm). El gradiente que se utilizó fue de: metanol (MeOH) (Merck), metil-t-butil éter (TBME) (Merck) y agua. El

gradiente de elución fue el siguiente: 0 min: 90% MeOH + 5% TBME + 5% agua; 12 min: 95% MeOH + 5% TBME; 25 min: 89% MeOH + 11% TBME; 40 min: 75% MeOH + 25% TBME; 50 min: 40% MeOH + 60% TBME; 56 min: 15% MeOH + 85% TBME; 62 min: 90% MeOH + 5% TBME 5% agua. MeOH.

La identificación de carotenoides se realizó en base al tiempo de retención y por comparación con los estándares. Para la cuantificación de la luteína, se realizó una curva de calibración con la luteína purificada a partir de lígulas de cempaxúchil. En el caso de zeinoxantina y  $\beta$ -caroteno se utilizaron curvas de calibración que se construyeron a partir de compuestos purificados de jugo de naranja.

Las ecuaciones son las siguientes que se utilizaron para calcular la concentración fueron:

Luteina  $y = 7687.5599x - 145.8461$   
 $R^2 = 0.9991$

Zeinoxantina  $y = 8985.7369x - 191.9970$   
 $R^2 = 0.9985$

$\beta$ -caroteno  $y = 4611.0563x - 1.6131$   
 $R^2 = 0.9993$

Donde:  $y$  = área

$x$  = concentración

$R^2$  = coeficiente de correlación

#### **5.2.4.4. Análisis microbiológicos**

Las determinaciones aplicadas a las tostadas fueron las siguientes:

-Cuenta de coliformes totales en placa. Mediante el método referenciado en la NOM-113-SSA1-1994.

-Hongos y levaduras en placa. Método referenciado en la NOM-111-SSA1-1994.

-Mesofílicos aerobios. Método referenciado en la NOM-092-SSA1-1994.

Y fueron realizadas por el Laboratorio Estatal de Salud Pública del estado de Morelos.

#### 5.2.4.5. Evaluación sensorial

El análisis sensorial es el estudio relacionado a la evaluación de los atributos organolépticos de un producto mediante los sentidos. En estas técnicas participan jueces que evalúan las características sensoriales a través de los sentidos de vista, olfato, gusto, tacto y audición, para dar una calificación subjetiva a objetiva y con ello establecer el grado de la aceptabilidad de los productos alimenticios.

La evaluación se realizó en las instalaciones del Departamento de Nutrición y Alimentos Funcionales, CeProBi, IPN. (Figura 10)



Figura 10. Área de evaluación sensorial

#### Método de evaluación

##### *Prueba de aceptabilidad*

La evaluación se realizó en un área con buena iluminación, ventilada y libre de olores extraños; con un panel de 40 evaluadores no entrenados, a los cuales se les proporcionó una boleta de evaluación que contenía características de olor, color, sabor, textura y apariencia general (Anexo 1).

Para homogenizar el criterio del aplicador de la evaluación sensorial, se utilizó un instructivo donde se detalló el procedimiento a seguir (Anexo 2).

Los evaluadores calificaron las características, utilizando una escala hedónica categorizada de 7 puntos.

Las tostadas se identificaron con números aleatorios de tres cifras. Cada evaluador probó una formulación por tiempo; al cambiar de producto se les pidió comer una galleta simple así como beber un sorbo de agua.

#### **5.2.4.6. Análisis de datos**

Para analizar los datos obtenidos se aplicó un análisis de variancia y la prueba t-student para la comparación de medias de los tratamientos significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ), para lo cual se utilizó el programa estadístico SigmaPlot 11.0.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Acondicionamiento de la harina de *Ulva clathrata*

El acondicionamiento consistió básicamente en lograr la homogenización de la harina de *U. clathrata*. Las características que tenía la harina al inicio: apariencia de hojuelas, partícula muy grande y que al ser incorporada con la harina de maíz para la formación de la masa, se formaron grumos grandes, particulados y una masa quebradiza y poco manejable. Dando lugar a productos quebradizos no homogéneos poco agradables en cuanto a palatibilidad para el consumidor. Por lo tanto se realizó la trituration para homogenizar el tamaño de partícula más pequeño. De acuerdo a lo que establece la norma mexicana NMX-F-046-S-1980, la cual indica que el 75% de las partículas de la harina deben de estar retenidas en una malla con un tamaño de partícula de 0.250 mm. Mediante el tren de tamizado que se realizó del cual se obtuvo que la harina retenida en la malla #14 fue 4%, malla #16 fue de 7%, malla #18 fue 11% y en malla #60 fue 78%. En base a los resultados obtenidos se cumplió con lo establecido con la norma. La uniformidad de la harina es un parámetro importante para que en el horneado de las tortillas mantenga las mismas características de plasticidad, sabor y color (Flores *et al.*, 2002; Orozco, 2007; Rodríguez y Amaya, 2010).

### 6.2. Caracterización de las harinas de *Ulva clathrata* y maíz

En el cuadro 4 se presenta la composición química de la harina de *U. clathrata* y harina de maíz, donde los componentes más abundantes en la muestra de *U. clathrata* fueron: proteína, fibra bruta y cenizas. Los valores obtenidos para este género de alga son similares a los reportados por León (2008) que informa de valores en la composición de *U. clathrata*, con un contenido de proteína que está entre el 18-30%; fibra cruda 4-6% y cenizas 22-28%, sin embargo la variación en su composición depende de las condiciones de cultivo, épocas estacionales, factores ambientales. Los valores obtenidos no son valores generalizables, pero se pueden tomar como pauta para conocer la composición química de *U. clathrata* bajo sus condiciones de cultivo.

Cuadro 4. Composición química de las harinas de alga *U. clathrata* y maíz

<b>Determinación</b>	<b>Harina de <i>U. Clathrata</i> g/100g</b>	<b>Harina de maíz g/100g</b>
Humedad	8.43	2.00
Grasas	4.88	3.10
Cenizas	23.13	1.39
Proteína cruda	23.01	8.00
Fibra bruta	13.88	2.00
Carbohidratos *	26.67	83.51

\* Por diferencia. Datos reportados base seca (BS).

La harina de *U. clathrata* presenta una mayor cantidad de humedad esto debido a la composición química de esta alga, sin embargo queda dentro del límite permitido por la NOM187-SSA1/SCFI-2002, la cual indica que la humedad en harinas no debe ser superior al 15%. El parámetro de humedad está relacionado con la vida de anaquel de las harinas, cuando estas tienen un contenido de humedad del 10 al 12%, son estables frente a la contaminación microbiana; si esta supera el 12%, el producto es fácilmente atacado por mohos y levaduras. La baja humedad de la harina puede contribuir en la conservación fisicoquímica de esta misma, porque retarda la rancidez de los lípidos y reduce la actividad enzimática, manteniendo en un mayor tiempo sus características. (Flores, 2004; Méndez, 2004)

El alto contenido de proteína encontrado en *U. clathrata* es comparable con fuentes tradicionales de alto contenido de proteínas vegetales como legumbres y granos, especialmente la soya, avena y amaranto. Debido a su alto contenido en proteína puede ser utilizada como complemento nutritivo en la alimentación humana (Tewari, 1972; Martínez y Añon, 1996; Norziah y Ching, 2000).

La fibra presente en *U. clathrata* incluye principalmente celulosa y lignina, los cuales están presentes en la pared celular de las algas, esto puede incrementar su contenido de fibra en comparación con la harina de maíz. Sin embargo, la fibra bruta no considera elementos no fibrosos, como gomas, que en muchos casos están ligadas a almidón y otros carbohidratos. En base a datos reportados en bibliografía

se sabe que el alto contenido de polisacáridos también podría implicar un alto nivel de fibra dietética soluble e insoluble; siendo la celulosa el principal componente de la pared celular de las algas. La fibra presente en las algas facilita la digestión; los mucilagos que contiene protegen la mucosa gástrica y facilitan el tránsito de los alimentos a través del intestino (Lahaye, 1991; Rojas, 1994; Ortiz *et al.*, 2006)

El contenido de cenizas nos indica de manera indirecta la cantidad de minerales presentes en la muestra, se encontró una alta concentración de nutrimentos inorgánicos presentes en *U. clathrata*, es común y se explica por el consumo de las algas de los elementos nutritivos presentes en el medio donde sobrevive, así como a su capacidad de acumulación. Esta característica es atribuida a polisacáridos sulfatados presentes en la pared celular de las algas. Los grupos hidroxilo, carboxilo y sulfato de polisacáridos son intercambiadores de iones (Chapman y Chapman, 1980; Teresa *et al.*, 2001).

En cuanto al contenido de nutrimentos inorgánicos disponibles en la harina *U. clathrata* (Cuadro 5), se encontró que esta aporta principalmente calcio, magnesio, potasio y sodio. Resulta importante señalar que las cantidades contenidas de Ca en la harina de *U. clathrata* son mayores a las de vegetales como las espinacas (2.1 g/kg) y nopal (14.7 g/kg). El calcio está involucrado en funciones fisiológicas como coagulación de la sangre y actividad neuromuscular.

Cuadro 5. Composición de elementos de la harina de *U. clathrata*.

Nutrimiento inorgánico	Contenido
Cadmio mg/kg	≤ 0.16
Cobre mg/kg	63.69
Calcio g/kg	15.80
Hierro g/kg	1.08
Magnesio g/kg	27.81
Potasio g/kg	21.72
Sodio g/kg	2.98
Zinc mg/kg	119.98
Selenio mg/kg	≤ 0.16
Plomo mg/kg	≤0.98

Entre los nutrientes presentes en *U. clathrata*, están los metales pesados que son considerados una de las principales causa de contaminación al medio ambiente, toxicidad y potencial de bioacumulación. La bioacumulación de metales en la pared celular de las algas depende de factores abióticos, tales como el grado de contaminación, pH, salinidad, temperatura y temporada estacional (Kaimoussi *et al.*, 2004). El contenido de metales de las algas marinas se somete a una amplia gama de variaciones, en estudios reportados se ha encontrado que las concentraciones más altas de metales son durante los periodos de crecimiento de *Ulva* en el verano. Esto se explica por la existencia de mayores tasas de fotosíntesis y respiración durante esta temporada, lo que favorecería a la asimilación de los metales. (Yaich *et al.*, 2011). La legislación en el uso de algas marinas para consumo humano es muy escasa; Francia fue el primer país en establecer regulaciones sobre el uso de algas marinas para el consumo humano como alimentos no tradicionales. Los límites franceses para algas marinas comestibles son: Pb <5 mg/kg y Cd <0.5 mg/kg, en base seca, estando estos límites por encima de los valores encontrados en *U.*

*clathrata*. Como las algas pueden concentrar varias veces niveles de metales encontrados en el agua, los niveles de elementos encontrados en el agua, fertilizantes, y suelo del sistema de cultivo, deben de ser controlados antes de iniciar la producción del alga, con la finalidad de ser no toxica para el consumo animal y humano (Dauvalter y Rognerud, 2001; Besada *et al.*, 2009; Peña, 2011)

### *Propiedades funcionales*

El análisis de las propiedades funcionales de las harinas de *U. clathrata* y maíz se muestran en el cuadro 6, se puede notar que en el parámetro de absorción de agua entre la harina de *U. clathrata* y maíz no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). De acuerdo con lo reportado por Flores *et al.* (2002) los valores de absorción de agua para harina de maíz comerciales de México están entre 1.2 y 1.35 ml agua/ml harina, los valores encontrados para ambas harinas se consideran que se encuentran dentro de los reportados. Una alta capacidad de absorción de agua, se relaciona con el aumento del grado de asociación entre los polímeros de la estructura celular y el tamaño de partícula (González *et al.*, 1991).

Cuadro 6. Propiedades funcionales de las harinas

Propiedad	Harina de <i>U.clathrata</i>	Harina de maíz
Absorción de agua ml H <sub>2</sub> O/g muestra	1.06	1.10
Absorción de aceite ml aceite /g muestra	2.8	3.56
Índice de solubilidad en agua %	1.53	6.5

El valor de absorción de agua en *U. clathrata* podría deberse a la presencia en su composición de sólidos solubles en agua, como minerales y vitaminas hidrosoluble, hace que la harina tendrá una mayor capacidad de absorber agua. Una buena absorción de agua por parte de las harinas, es esencial en la preparación de masas, puesto que el agua confiere un mejor volumen a las harinas y por consiguiente a la

masa, logrando un rendimiento en masa y tortillas. El agua se adhiere a las moléculas de las proteínas y del almidón, ambos compuestos presentes en las harinas (Hevia *et al.*, 2002).

La absorción de aceite es una propiedad que debe tomarse en cuenta especialmente al incorporar concentrados de proteínas a productos, ya que estos contribuyen en la textura de los mismos. La proteína al ser hidrolizada por una proteasa produce cadenas polipeptídicas cada vez de menor tamaño, aumentando así los extremos no polares y a su vez la absorción de aceite. El valor encontrado para *U. clathrata* está por debajo de la harina de maíz; esto supone que las proteínas de dicha alga contiene más grupos lipofílicos (Dench *et al.*, 1981; Pacheco *et al.*, 1994). Por esta característica de absorción de aceite hace posible que al incorporar la harina de *U. clathrata* a la formulación de alimentos se logre obtener un alimento funcional bajos en grasa.

La comparación del porcentaje entre la harina de *U. clathrata* y maíz en cuanto al índice de solubilidad en agua, que nos indica la cantidad de sólidos disueltos por el agua cuando una muestra de harina se somete a un exceso de este líquido. El incremento en la solubilidad podría explicarse por la acción enzimática que se genera al romper la estructura molecular, péptidos más pequeños aumentan la solubilidad en agua y la resistencia de precipitación en medios ácidos. El índice de solubilidad en agua es un buen indicador del grado de degradación de polímeros. Para el caso de la harina de maíz al separarse fragmentos de la cadenas de almidón se facilita la formación de uniones puente hidrogeno con el agua y la amilosa, lo cual beneficia la absorción de agua. La importancia de este índice radica en la incidencia que tienen en la palatabilidad de los alimentos. (Fujimaki *et al.*, 1977; Fennema, 1980; Stone *et al.*, 1984; Pacheco, 1985; González *et al.*, 1991; Ruales *et al.*, 1993)

### **6.3. Elaboración de la tostada de maíz sustituida con *Ulva clathrata***

Para el diseño y desarrollo de la tostada se utilizó el método de prueba y error; mediante el cual se realizaron 4 diferentes formulaciones (Cuadro 13). Estas formulaciones fueron evaluadas mediante jueces no entrenados para conocer su opinión general del producto; entre los aspectos a evaluar se consideraron sabor,

color y textura. En base a los resultados obtenidos mediante la evaluación se decidió utilizar la formulación que contenía un 8% de harina de *U. clathrata*, debido a que presentó mayor agrado general por parte de los jueces. El sabor de la formulación del 8% gustó mucho en comparación con las concentraciones del 10%, 12% y 15% en las cuales el sabor les disgustó extremadamente, debido a que presentaba un sabor a pescado, muy salado y consistencia terrosa. La formulación que contenía 8% presentó mejores características al momento de la preparación de la masa, textura más crocante y un color agradable a la vista de los jueces.

#### **6.4. Caracterización química de la tostada**

La composición química de la tostada adicionada con harina de *U. clathrata* se presenta en el cuadro 7, por sus contenidos de proteína, carbohidratos, fibra se puede ubicar como un producto que provee fluidos energéticos dietéticos, principalmente hidratos de carbono. La relación de una mayor proporción de hidratos de carbono, seguido de la proteína, no solo contribuye a la saciedad del hambre, sino al balance nutricional energético, teniendo un efecto positivo sobre algunas funciones fisiológicas, así como control de deficiencias nutricionales y prevención de enfermedades crónicas. Considerándose que la ingesta de esta tostada sustituida con *U. clathrata*, podría favorecer el mantenimiento de balance de nutrientes en la dieta y promover el equilibrio en la salud. Por lo que puede pensarse que debido a sus características puede ser clasificado como alimento funcional.

Cuadro 7. Composición química de la tostada de maíz sustituida con harina de *U. clathrata* y tostada de maíz.

<b>Análisis</b>	<b>Tostada de maíz adicionada con <i>Ulva</i> <i>clathrata</i> g/100g</b>	<b>Control g/100g</b>
Humedad	9.42	8.96
Cenizas	2.60	1.37
Proteína cruda	10.66	9.53
Fibra bruta	3.44	2.58
Grasas	1.03	1.16
Carbohidratos *	72.85	76.4

\* Por diferencia. Datos reportados base seca (BS).

En cuestión de la disponibilidad de los nutrimentos inorgánicos presentes en la tostada sustituida con *U. clathrata* (Cuadro 8), se observa que la concentración de los nutrimentos se ve incrementada en comparación con la tostada de maíz, esto debido a las características de la harina de *U. clathrata* que ya por si sola posee cantidades altas de estos nutrimentos. Aportando principalmente calcio, potasio, hierro y magnesio, logrando que al ser sustituida con la harina de maíz incremente las concentraciones de estos nutrimentos, cuyas proporciones por cada porción de ingesta, puede representar una compensación diaria de los nutrimentos esenciales, que participan en las funciones fisiológicas del cuerpo humano para la prevención de enfermedades degenerativas.

Cuadro 8. Composición de elementos de la tostada de maíz sustituida con harina de *U. clathrata* y tostada de maíz.

Nutrimento inorgánico	Tostada de maíz adicionada con <i>Ulva clathrata</i> mg/Kg	Control mg/Kg
Cadmio (Cd)	≤ 0.16	≤0.17
Cobre(Cu)	5.44	1.32
Calcio(Ca)	1789.24	734.61
Hierro(Fe)	213.22	138.82
Magnesio(Mg)	2836.41	1224.35
Plomo(Pb)	≤ 0.98	≤0.99
Potasio(K)	3271.76	2394.11
Sodio(Na)	206.46	48.31
Zinc (Zn)	106.20	109.03
Selenio(Se)	≤ 0.82	≤0.19

Los contenidos promedios presentes en la tostada se ubicaron en los requerimientos de ingesta diaria. Sin embargo, se estimó que una ración de cuatro tostadas (36 g) en alguna de las comidas diarias para adultos, puede satisfacer la mitad de la demanda recomendada en hierro que oscila entre 8-18 m/día para promover funciones de transporte de oxígeno, síntesis de ADN y transporte de electrones de la cadena respiratoria (Jiménez *et al.*, 2005; Lieu, 2001), en calcio una ración de 340 g de tostada, para satisfacer el 50% de la dosis recomendada que oscila entre 1000-1200 mg/día para compensar parte de la deficiencias principalmente a nivel mineralización del hueso e interviene en la conducción nerviosa, la contractilidad muscular y proceso de coagulación de la sangre, en potasio de 20-300 mg/día con una porción de 5 tostadas compensa el 50% de la dosis recomendada, contribuyendo en funciones de presión osmótica y en magnesio de 27-400 mg/día con un aporte de ración de 8 tostadas cumple con el 50% de la dosis recomendada, favoreciendo su intervención como cofactor en numerosas reacciones enzimáticas,

entre ellas aquellas en que participa el ATP y en los procesos de replicación, transcripción y traducción de la información genética (Gómez *et al.*,2012). Desde el punto de vista nutricional la tortilla representa una importante fuente de ingestión de nutrientes.

En el cuadro 9 se muestra la información nutrimental de la tostada de maíz sustituida con harina de *U. clathrata* y de la tostada de maíz (control), se puede observar que la tostada en comparación con el control tiene valores más altos tanto de sodio (5.58 mg), calcio (48.31 mg) y hierro (5.76 mg). Para un individuo promedio la recomendación diaria de sodio es de 2000 mg, cada porción de la tostada tiene 48.31 mg de sodio, lo que representa que cada porción tiene el 0.28% de la recomendación. Si lo aplicamos a personas hipertensas leves, cuya recomendación es 1500 mg de sodio; una porción de tostada sustituida le estará aportando sólo el 5.4% Para el hierro, una porción tiene 5.76 mg de hierro, la recomendación diaria para el caso de las mujeres es de 13 mg, por lo que cada porción de tostada tiene el 44.31% de la recomendación, lo que no ocurre con la tostada control que tiene 3.71 mg de hierro por porción y solo aporta el 28.85% de la recomendación.

Cuadro 9. Información nutrimental de la tostada sustituida con *U. clathrata* y el control (tostada de maíz).

Información nutrimental		
Porción 30 g = 3 unidades		
	Cantidad por porción	
	Tostada sustituida	Tostada control
Valor energético (Kcal)	92.69	95.62
HCO (g)	19.67	20.63
Proteína (g)	2.88	2.57
Grasa (g)	0.28	0.31
Sodio (mg)	5.58	1.30
Calcio (mg)	48.31	19.83
Hierro (mg)	5.76	3.75

## Carotenoides

En la figura 11 se muestra el perfil cromatográfico del extracto de la harina de *U.clathrata* en el cual se pudieron identificar los picos que corresponden con los tiempos de retención de 22.82 min para luteína, 32.13 min zeinoxantina y 47.43 min  $\beta$ -caroteno.

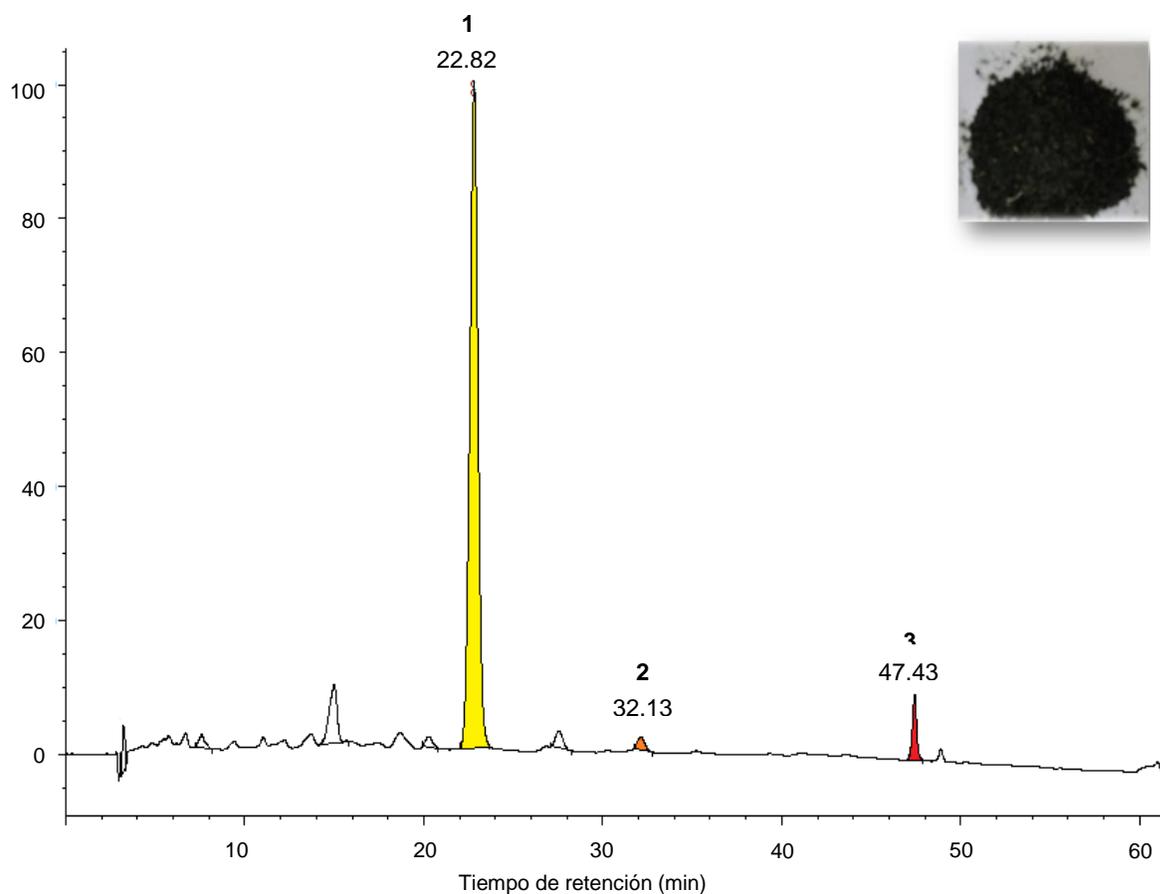


Figura 11. Cromatograma de carotenoides en la harina de *U. clathrata* por HPLC. Pico 1 (luteína), pico 2 (zeinoxantina), pico 3 ( $\beta$ -caroteno).

El perfil cromatográfico del extracto derivado de la tostada con *U.clathrata* se muestra en la Figura 12, en donde se identificaron los picos correspondientes a luteína, zeinoxantina y  $\beta$ -caroteno, en comparación con la tostada de maíz (Figura 13) que solo se identificaron los picos de luteína y  $\beta$ -caroteno.

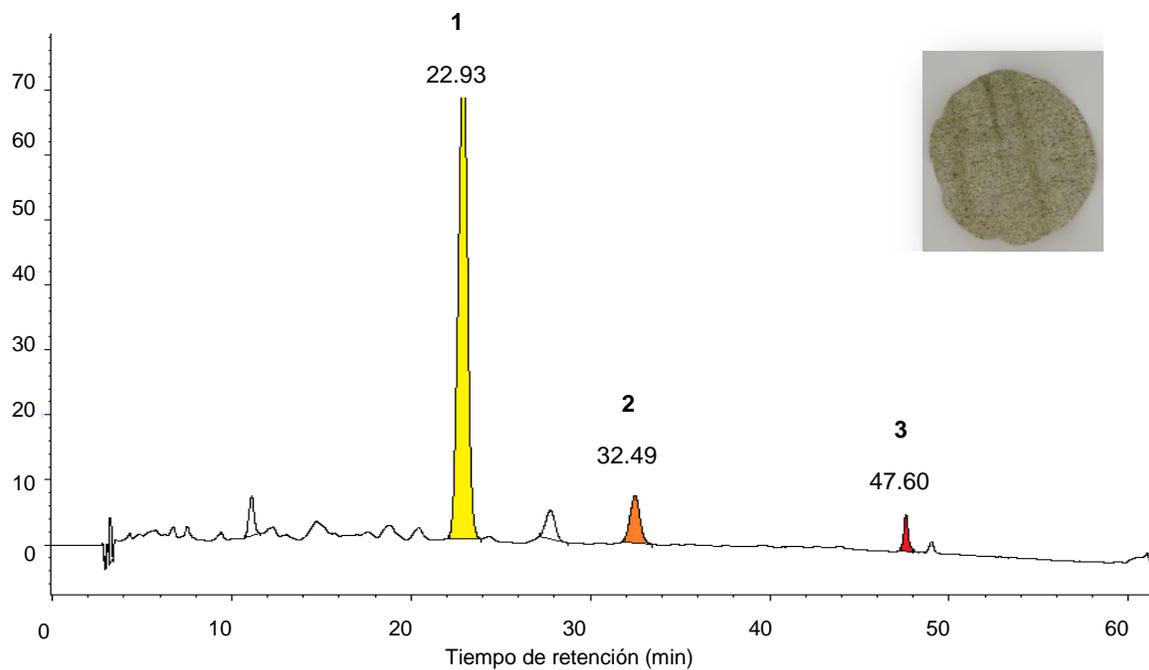


Figura 12. Cromatograma de carotenoides en la tostada sustituida con *U. clathrata* por HPLC. Pico 1 (luteína), pico 2 (zeinoxantina), pico 3 ( $\beta$ -caroteno).

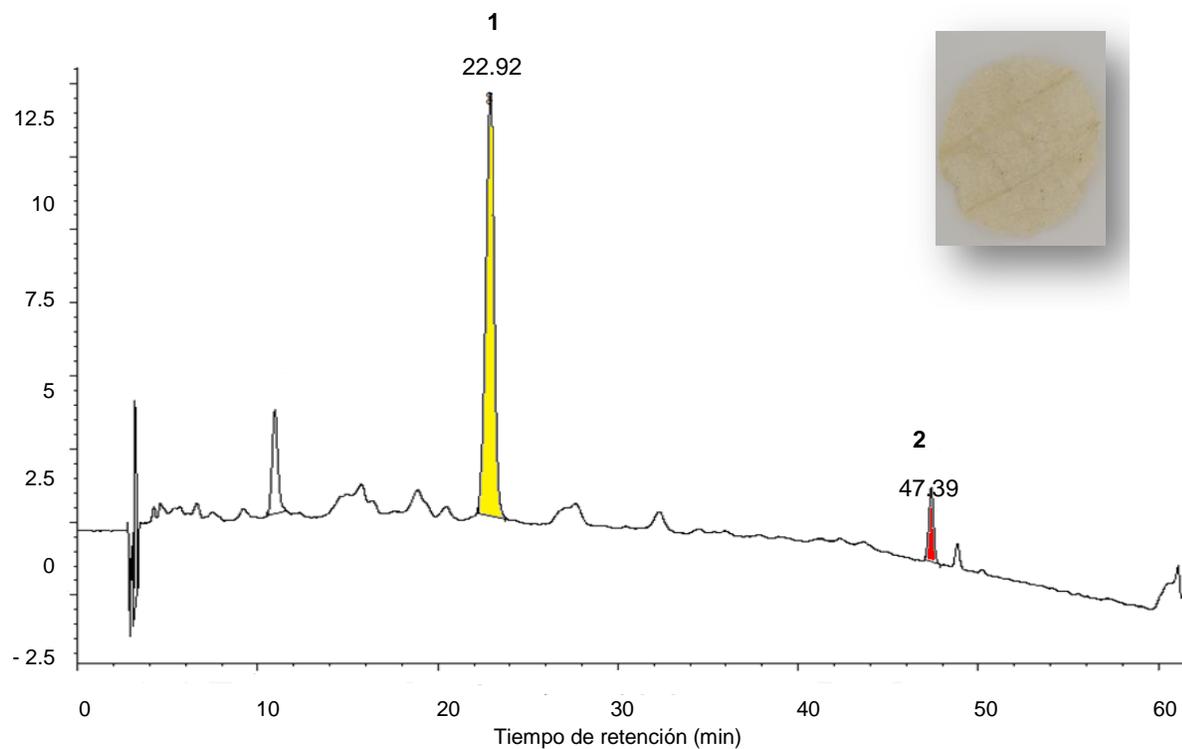


Figura 13. Cromatograma de carotenoides en la tostada de maíz por HPLC. Pico 1 (luteína), pico 2 ( $\beta$ -caroteno).

En el cuadro 10 se muestra las concentraciones de luteína, zeinoxantina y  $\beta$ -caroteno obtenidas de la harina de *U.clathrata*, tostada adicionada con harina de *U.clathrata* y tostada de harina de maíz, se puede observar que al hacer una comparación entre ambas tostadas, los valores de la tostada adicionada con la harina de *U.clathrata* estan por encima de la tostada de maíz, esto se debe a la sustitución que se le hizo a la tostada al adicionar la harina de *U.clathrata*, siendo la luteína la que predomina en dicha composición.

Cuadro 10. Contenido de carotenoides presentes en las muestras de harina de *U. clathrata*, tostada de maíz sustituida con *U. clathrata* y tostada de maiz.

	Concentración de carotenoides ( $\mu\text{g}/\text{gr}$ )		
	Harina de <i>U. clathrata</i>	Tostada sustituida	Tostada control
<b>Luteína</b>	74.62	5.79	0.24
<b>Zeinoxantina</b>	5.59	0.96	-----
<b><math>\beta</math>-caroteno</b>	7.89	0.62	0.08

La caracterización y cuantificación de los carotenoides en el organismo y en alimentos es esencial para la interpretación de los estudios epidemiológicos que relacionan la dieta con la salud.

La relación de los carotenoides con la prevención de enfermedades como cáncer, enfermedades coronarias, degeneración ocular; han producido interés para promover la utilización de pigmentos naturales en la industria alimentaria. La utilización de la harina de *U. clathrata* en la alimentación como ingrediente funcional abre otra área de interés en el ámbito del estudio de los carotenoides para explicar los posibles efectos benéficos para la salud humana; con su uso mejorar alimentos de consumo común, como lo es la tostada que puede consumida como fuente de importantes, tales como el  $\beta$ -caroteno y la luteína, que el primero es el principal precursor de

vitamina A, por lo que puede ser una herramienta importante para reducir la deficiencia de esta vitamina, la cual continúa siendo un serio problema de salud pública en el campo de las deficiencias nutricionales

La *U. clathrata* contiene una mayor proporción de luteína, que  $\beta$ -caroteno, por estudios epidemiológicos y clínicos se sabe que la luteína puede proteger la región macular de la retina en el ojo humano y de este modo puede reducir el riesgo de degeneración macular, la cual es la causa de ceguera más común relacionada a la edad.

#### *Análisis microbiológicos*

Para evaluar su calidad higiénica se realizaron análisis microbiológicos para lo cual se tomó como referencia el cumplimiento de los requisitos, que establece las normas oficiales mexicanas NOM-187-SSA1/SCFI-2002 y NOM-147-SSA1-1996, relativas a productos y servicios y cereales y sus productos . Para ambas tostadas se obtuvo como resultado presencia de coliformes totales (<10 UFC/g) dentro del límite máximo permitido que es de <30 UFC/g, para hongos y levaduras el parámetro permitido es de 300 UFC/g y los resultados obtenidos para ambas tostadas fue <10 UFC/g, en el caso de mesofílicos aerobios se obtuvo un valor de <10 UFC/g, la presencia permitida en la norma es de 1000 UFC/g; encontrándose que todos los valores obtenidos están dentro de los parámetros permitidos por la norma oficial por lo que se resalta que durante la manufactura del producto se cumplieron los requerimientos higiénicos y sanitarios; obteniendo un producto microbiológicamente seguro y apto para su consumo. En el cuadro 11 se aprecian los cuatro parámetros microbiológicos que se evaluaron.

Cuadro 11. Resultados de análisis microbiológico de la tostada de maíz sustituida con harina de *U. clathrata* y tostada de maíz.

Determinaciones	Tostada	Control	Referencias
<b>Coliformes totales UFC/g</b>	< 10	< 10	< 30 (NOM-187-SSA1/SCFI-2002)
<b>Hongos UFC/g</b>	10 <sup>V</sup>	10 <sup>V</sup>	300 (NOM-147-SSA1-1996)
<b>Levaduras UFC/g</b>	< 10	< 10	300 (NOM-147-SSA1-1996)
<b>Mesofílicos aerobios UFC/g</b>	< 10	< 10	1000 (NOM-147-SSA1-1996)

V: Valor estimado

#### *Evaluación sensorial*

En la escala hedónica de 7 puntos, el resultado deseable es de 4 a 7 para aceptación. En la figura 14 se muestra la frecuencia de aceptación del olor, se encontró una diferencia significativa ( $p < 0.050$ ) entre las dos tostadas.

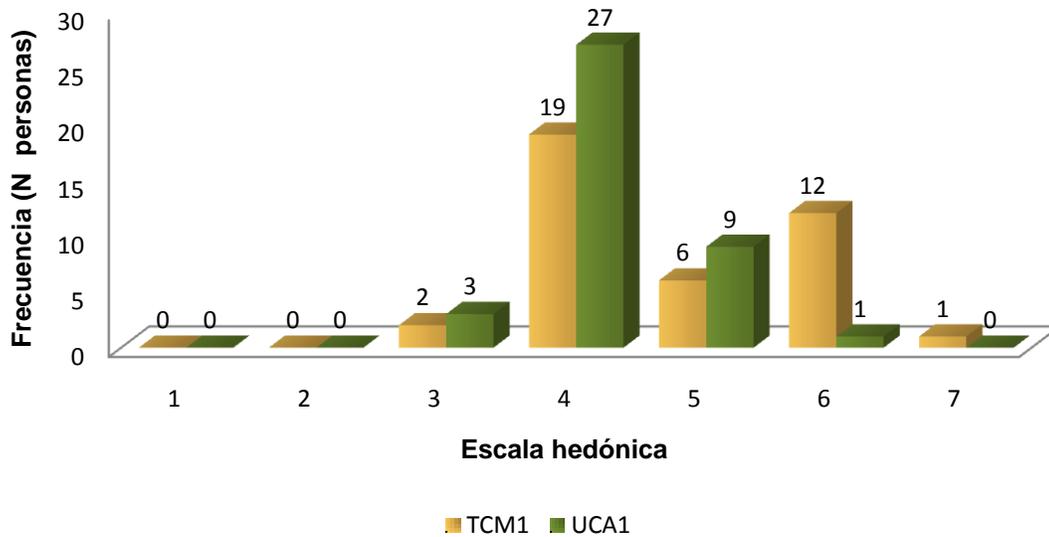


Figura 14. Aceptación de olor entre panelistas de la muestra TCM1 y UCA1.

La figura 15 muestra la frecuencia de aceptación del color, la cual no mostró diferencia significativa ( $p < 0.050$ ) entre ambas tostadas, por lo que a pesar del color que le confiere la harina de *U. clathrata* a la tostada es aceptada por el consumidor.

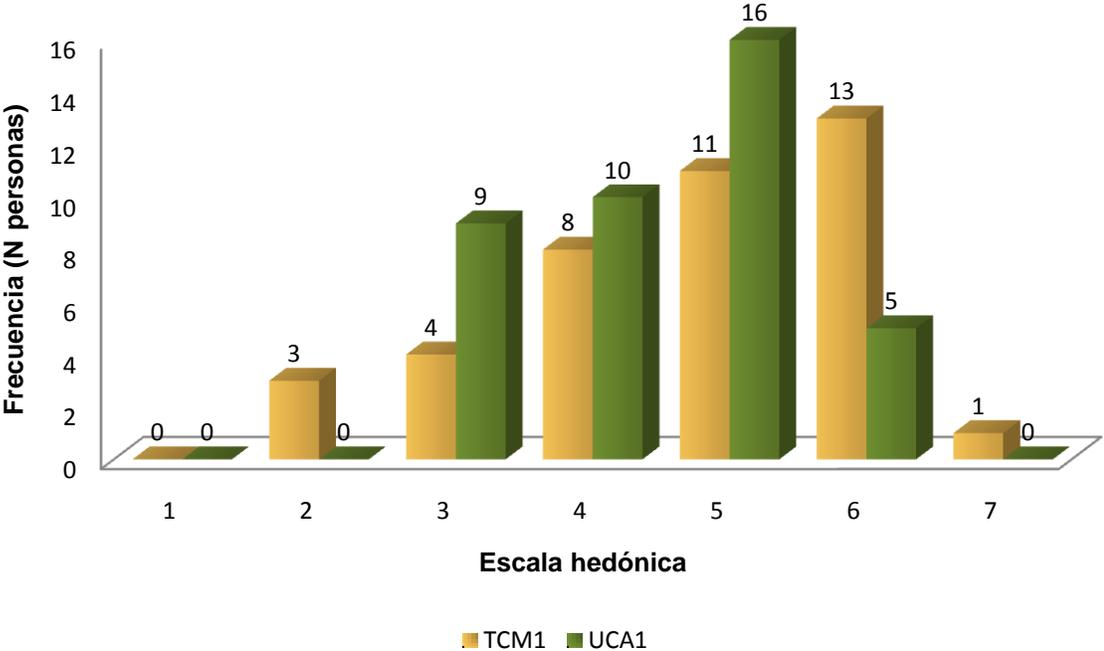


Figura 15. . Aceptación de color entre panelistas de la muestra TCM1 y UCA1.

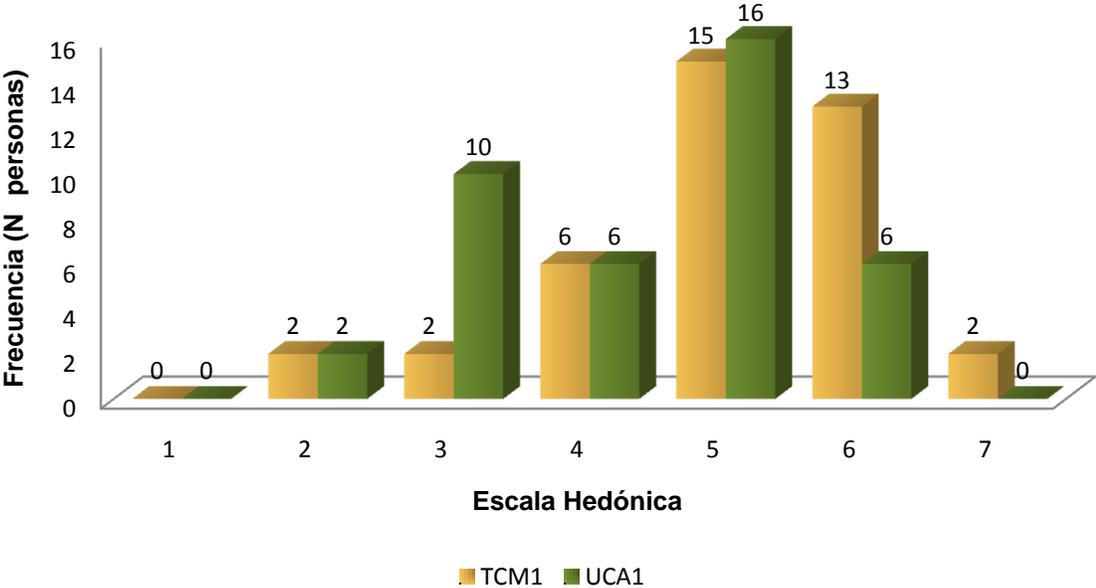


Figura 16. . Aceptación de sabor entre panelistas de la muestra TCM1 y UCA1.

La figura 16 muestra la frecuencia de aceptabilidad del sabor, se encontró que hubo diferencia significativa ( $p < 0.050$ ) entre la tostada sustituida con *U. clathrata* y la tostada de maíz, por este motivo se puede adecuar las condiciones de secado y obtención de la harina para evitar sabores no deseados y realizar otro análisis sensorial para evaluar el grado de aceptación del sabor. La figura 17 y 18 muestran la frecuencia de aceptabilidad de la textura y apariencia general, respectivamente, en ambas pruebas no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.050$ ).

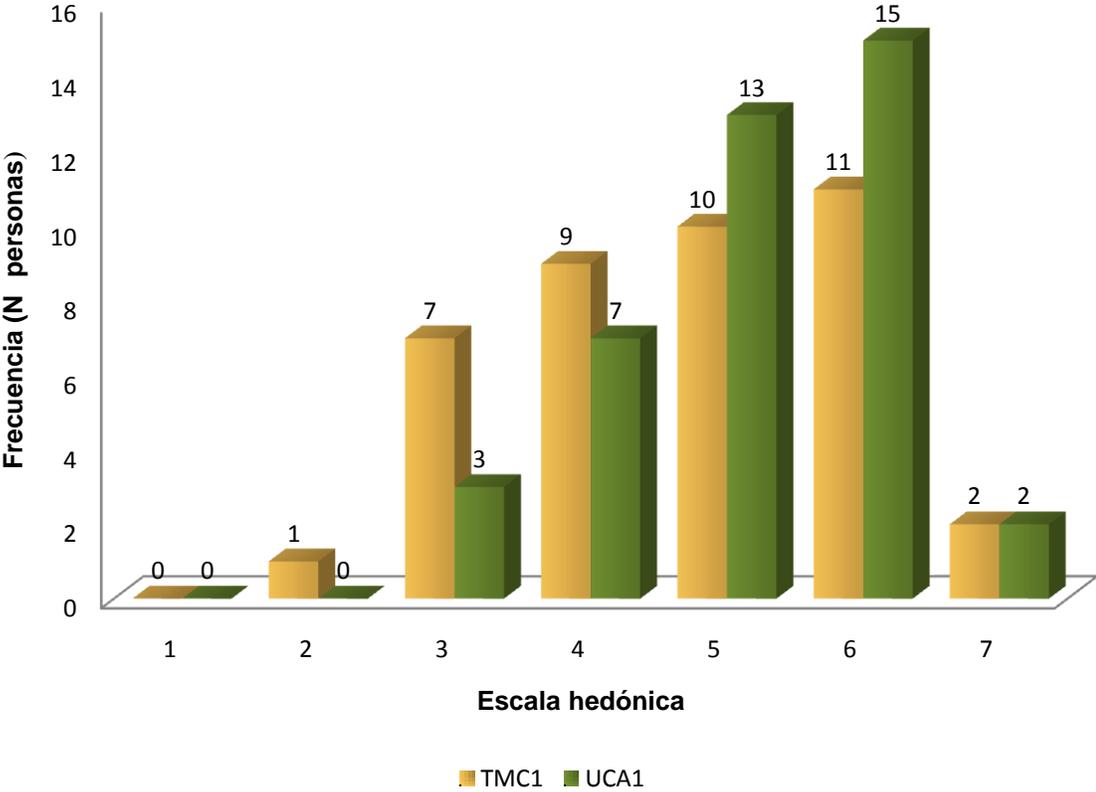


Figura 17. . Aceptación de textura entre panelistas de la muestra TCM1 y UCA1.

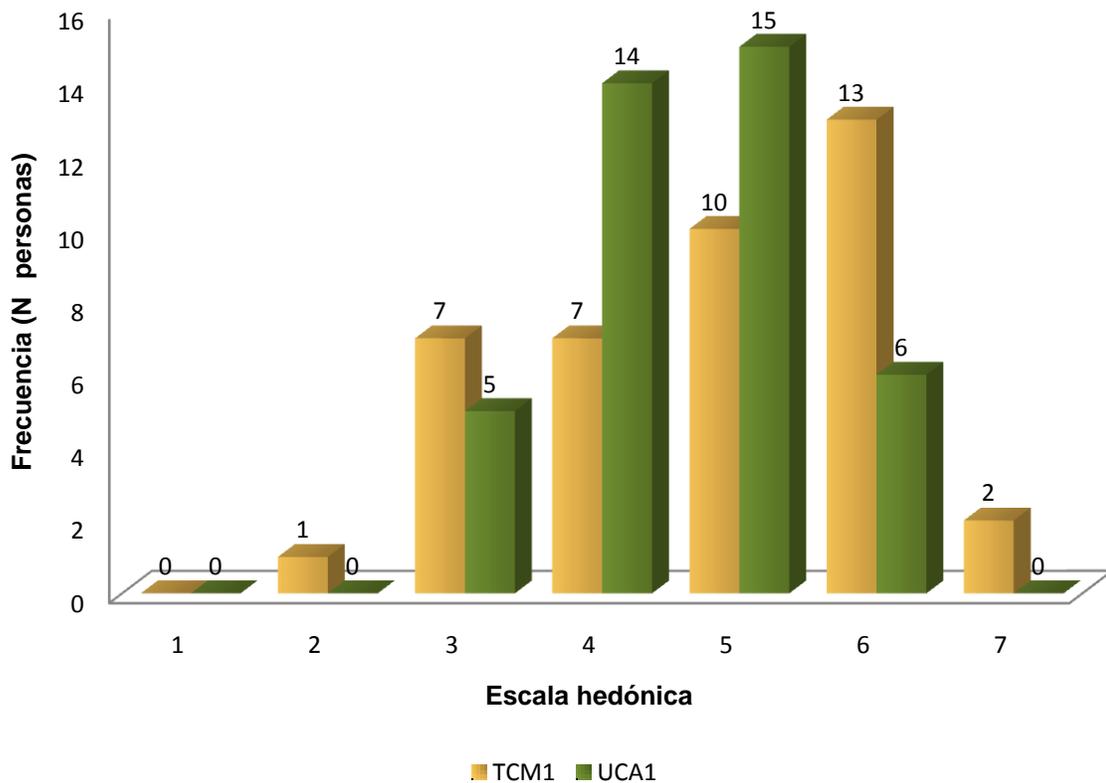


Figura 18. . Aceptación de apariencia general entre panelistas de la muestra TCM1 y UCA1.

Los resultados similares en la aceptabilidad de la tostada de maíz sustituida con harina de *U. clathrata* abre las puertas para la investigación de este producto como posible vehículo de minerales, proteínas y fibra. El hecho que a la concentración del 8% no afecte la aceptabilidad de la tostada no descarta la posibilidad que a otras concentraciones menores provoque que la aceptabilidad no sea indiferente. La concentración utilizada del 8% de sustitución obtuvo una aceptación general del 87.5%.

## 7. CONCLUSIONES

La harina de *U. clathrata* por su composición fisicoquímica, propiedades funcionales y aporte nutricional puede ser una fuente potencial para el diseño de alimentos funcionales que a su vez pueden ser usados en la prevención de algunas enfermedades.

Se obtuvo una tostada sustituida con una mezcla de harinas de maíz y *U. clathrata* en una proporción 92 a 8, respectivamente; presentó nivel de agrado y propiedades de textura, similares a la tostada de maíz, por lo que la harina de *U. clathrata* es una buena alternativa en la fortificación de las tostadas de maíz.

El proceso de sustitución con la harina de *U. clathrata* en la tostada de maíz, incremento los niveles de proteína, minerales y fibra, este hecho es importante desde el punto de vista nutricional, ya que la tortilla representa una importante fuente de ingestión de nutrientes.

La tostada adicionada con *U. clathrata* es una buena fuente de carotenoides, principalmente luteína; la cual entre sus principales funciones tiene propiedades antioxidantes.

En base a los resultados obtenidos la tostada adicionada con *U. clathrata* cumple con los parámetros de desarrollo de nuevos productos que son inocuidad, calidad y aceptabilidad.

## 8. PERSPECTIVAS

Como continuidad al trabajo presentado, queda por realizar la evaluación clínica del efecto nutricional que pudiera tener la tostada sustituida con harina de *U. clathrata*.

Por otro lado, sería interesante evaluar la biodisponibilidad del contenido de carotenoides presentes en la tostada, para ser utilizada como un alimento funcional que ayude a la prevención de padecimientos oftalmológicos, enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer.

Otros estudios que quedan por realizar incluyen la evaluación de la vida de anaquel en la tostada a diferentes tiempos y condiciones de temperatura; por análisis físicos y químicos de la tostada y análisis microbiológicos.

Dentro de los aspectos técnicos es necesario evaluar los costos de producción de la tostada.

Realizar pruebas de factibilidad de sustitución y fortificación, así como de aceptabilidad, en otros alimentos altamente consumidos por nuestra población.

## 9. LITERATURA CITADA

Águila, R; Casas, M; Hernández, C y Marín A. 2005. Biomasa de *Ulva* spp. (Chlorophyta) en tres localidades del malecón de la Paz, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 40:55-61.

Aguilera, M; Casas, M; Carrillo, S; González, B; Pérez, F. 2005. Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source. *Journal of food composition and analysis*. 18:79-88.

Alldrick, A. 2007. The Bakery: A potential leader in functional food applications. *Functional Food News*. [En línea] <<http://www.functionalfoodnet.eu/images/site/assets/5-bread.pdf>> [Consulta: 12 septiembre 2011]

Alvídrez, A; González, B y Jiménez, Z. 2002. Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. Facultad de Salud Pública y Nutrición. Universidad Autónoma de Nuevo León. Vol.3.

Amador, A. 2009. Desarrollo y evaluación de una tortilla de maíz con dos concentraciones de harina de soya (*Glycine max*) y harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). Proyecto del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Zamorano, Honduras.

Anderson, J; Allgood, L; Lawrence, A; Altringer, L; Jerclak, G; Hengehold, D y Morel, J. 2000. Cholesterol-lowering effects of psyllium intake adjunctive to diet therapy in men and women with hypercholesterolemia:meta-analysis of controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition*. 71:472-479.

ANZFA (Australia New Zealand Food Authority). 2000. Notice of a Proposed Change to Food Regulation and Further Invitation for Submissions. Application 227. Inulin and Fructooligosaccharides as Dietary fibre Canberra. ANZFA.

Arámbula, G; Barrón, A; González, J; Moreno, E y Luna, G. 2001. Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays* L.)nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortillas de maíz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 51:187-193.

Aranceta, J y Serra, LI. 2008. Guía de alimentos funcionales. Sociedad Española Nutrición Comunitaria.

Ashwell, M. 2004. Conceptos sobre los alimentos funcionales. ILSI Europe.

Barda, N. Análisis sensorial de los alimentos. *Fruticultura & Diversificación* [En línea]. <<http://www.biblioteca.org.ar/libros/210470.pdf>> [Consulta: 31 agosto 2011]

Beltran, M. 2006. Ingredientes funcionales; definición, ubicación y usos. *Industria Alimentaria*. 3:36-42.

Benkouider, C. 2005. Dining with the Dutch.Functional Foods and Nutraceuticals. [En línea].<<http://www.ffnmag.com/ASP/articleDisplay.asp?strArticleId=753&strSite=FFNSITE&Screen=CURRENTISSUE.>> [Consulta: 24 octubre 2011]

Besada, V; Andrade, J; Schultze, F y González, J. 2009. Heavy metals in edible seaweeds commercialised for human consumption. *Journal of Marine Systems*. 75:305-313.

Bosscher, D. 2007. Slimming foods: Latest evidence in the field of non-digestible carbohydrates. Focus on oligosaccharides. In *Proceedings of the fourth international FFNet meeting on functional foods*.

Bravo, L. 2009. Fibra dietética. Instituto del Frio-ICTAN (CSIC). Departamento de metabolismo y nutrición. [En línea] <<http://alimentosfuncionales.org/informacion/13~fibra-dietetica.html>> [Consulta: diciembre 2010].

Brenan, C y Cleary, L. 2005. The potential use of cereal (1→3, 1→4)-β-D-glucans as functional food ingredients. *Journal of Cereal Science*. 42:1–13.

Breuner, M; Ortiz, M. 1989. Contenido de fibra ácido neutrodetergente y de minerales menores en maíz y su tortilla. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 39:382-389.

Britton, G y Hornero, D. 1997. Carotenoids and colour in fruit and vegetables, In: *Phytochemistry of fruit and vegetables*. Clarendon Press, Oxford:11-27.

Burtin, P. 2003. Nutritional value of seaweeds. *Electron. Journal of Environmental .Agricultural and Food Chemistry*. 2:498-503.

Cadaval, A; Artiach, B; Garín, U; Pérez, C y Aranceta. J. 2005. Alimentos funcionales. Para una alimentación saludable. *Sociedad Española de Nutrición Comunitaria*. 5: 36-47

Charalampopoulos, D; Pandiella, S y Webb, C. 2003. Evaluation of the effect of malt, wheat and barley extracts on the viability of potentially probiótico lactic acid bacteria under acidic conditions. *International Journal of Food Microbiology*. 82:133-141.

Charalampopoulos, D; Wang, R; Pandiella, S y Webb, C. 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods. A review. *International Journal of Food Microbiology*. 79:131-141.

Chapman, VJ y Chapman, OJ. 1980. *Seaweeds and their uses*. Chapman and Hall, third edition, London. pp 334.

Chau, Ch; Chen, Ch y Lin; Ch. 2004. Insoluble fiber-rich fractions derived from *Averrhoa carambolain*: hypoglycemic effects determined by in vitro methods. *Lebensm-Wiss.u. Technol*. 37.

Cherbut, C. 1988. Fibres alimentaires: que deviant l'hypothèse de Burkitt? *Cah Nutrition Dietetique*. 33.

Cohen, Z. 1999. *Chemicals from microalgae*. Taylor&Francis. U.K. 419pp.

Contreras, B. 2009. Caracterización de harina de maíz instantánea obtenida por calentamiento óhmico. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, IPN.

Costell, Elvira. 2003. El análisis sensorial en el control y aseguramiento de la calidad de los alimentos: Una posibilidad real. Agrocisic. Laboratorio de Propiedad Físicas y Sensoriales, Valencia.

Cruz, L; Tapia, M; Nieto, M; Ricque, D. 2008. A review of the effects of macroalgae in shrimp feeds and in co-culture. Programa Maricultura, Universidad Autónoma de Nuevo León. pp:304-333.

Cruz, L; Tapia, M; Nieto, C; Guajardo, B y Ricque, M. 2008. Comparison of *Ulva clathrata* and the kelps *Macrocystis pyrifera* and *Ascophyllum nodosum* as ingredients in shrimp feeds. *Aquaculture Nutrition*. 9:207-212.

Cubas, P. 2008. Algas eucariotas. Botánica. [En línea]. <[www.aulados.net](http://www.aulados.net)> [Consulta: Enero 2011].

Cui S; Roberts K. 2009. Dietary Fiber: Fulfilling the Promise of Added- Value Formulations. Elsevier. Cap.13

Dauvalter, V y Rognerud, S. 2001. Heavy metal population in sediments of the Pasvik River drainage. *Chemosphere*. 42:9-18.

Day, L; Seymour, R; Pitts, K; Konczak, I y Lundin, L. 2009. Incorporation of functional ingredients into foods. *Trends in Food Science & Technology*. 20:388-395.

Del Villar, A; Serrato, M; Solano, A; Arenas, M; Quintero A; Sánchez, L; Evangelista, S; Jiménez, A; García, F y Vanegas, P. 2007. Carotenoides en *Tagetes erecta* L. la modificación genética como alternativa. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 30:109-118.

Dench, J; Rivas, N y Caygill, J. 1981. Selected functional properties of sesame *Sesamun indicum* L. flour and two protein isolates. *J. Sci. Food Agric*. 32:557.

Dey, P y Harborne, J. 1997. Carotenoids. En: Day, P y Harborne, J. Ed. *Plant Biochemistry*. Academic Press. Nueva York, EUA. 427-437.

Dreher, M. 2001. Dietary fiber overview. *Handbook of Dietary fiber*. S. Sungsoo Cho and M.L.Dreher. New York, Marcel Dekker, Inc.

Escudero E y González P. 2006. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*. 21:61-72.

Fajardo, M; Palma, A; Flores, M; Romero L. 2004. Aceptabilidad de Tortillas Elaboradas a Base de Maíz +Soya en tres Comunidades de Oriente de Guatemala. *Agriculture & Food Institute & Corporation*. Guatemala. [En línea]. <<http://bensoninstitute.org/Publication/RELAN/V14/Aceptabilidad.asp>> [Consulta: 31 agosto 2011]

FAO. 1993. El maíz en la nutrición humana. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 25:15-83.

FAO. 2010. Agricultura "climáticamente inteligente"; Políticas, prácticas y financiación para la seguridad alimentaria, adaptación y mitigación Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) 2010, Roma, Italia.

Farjas, P. 2003. Sobre los alimentos funcionales. *Revista Española de Salud Pública*. 77:313-316.

Fattorusso, E; Magno, S; Mayol, L. 1980. Sterols of Mediterranean chlorophyceae. *Cellular and Molecular Life Sciences* 36

- Fennema, O. 1980. Química de los alimentos. Editorial Acribia,S.A. Zaragoza. España.
- Figuerola, J; Hacer, M; Vasco, N; Lozano, A; Flores, L; González, J. 2001. Fortificación y evaluación de las tortillas de nixtamal. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 51:293-301.
- Flores, R; Martínez, F; Salinas Y y Ríos, E. 2002. Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. Agrociencia. 36:557-567.
- Flores, R. 2004. Efecto de la incorporación de fibra dietética de diferentes fuentes sobre propiedades de textura y sensoriales en tortillas de maíz(Zea maíz L). Tesis de maestría. CICATA, Querétaro.
- Franch,A. 2009. Los alimentos funcionales a la luz de la normativa Europea. Bolpediatr: 348-354.
- Galicia, R. 2009. Extracción de pigmentos carotenoides en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y su aplicación en sistemas alimentarios modelo. Tesis doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana. México,D.F.
- García, S. 2004. Estudio nutricional comparativo y evaluación biológica de tortillas de maíz elaboradas por diferentes métodos de procesamiento. Tesis de maestría. CICATA, Queretaro.
- Gibson, G y Roberfroid, M. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. Journal of Nutrition. 125:1401-1412.
- Gómez, C. 1996. Cambios en algunos componentes químicos y nutricionales durante la preparación de tortillas de maíz elaboradas con harinas instantáneas obtenidas por extrusión continua. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 46:315-379.
- Gómez,C; Rodríguez, M y Cannata, J. 2012. Metabolismo del calcio, del fosforo y del magnesio. [En línea]. <<http://www.infomagnesio.com/investigaciones/inv04.pdf>> [Consulta: Enero 2012]
- González, R; Torres, D; De Greef, N, Gordon y Veloci, M. 1991. Influencia de las condiciones de extrusión en las características de la harina de maíz para elaborar sopas instantáneas. Revista Agroquímica y Tecnológica de Alimentos. 31.
- González, K. 2005. Composición química proximal y mineral, características físicas y vida de anaquel de las tortillas elaboradas artesanalmente para la venta y autoconsumo en algunos municipios de los departamentos de Totonicapán y Jutiapa. Tesis.Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Gorbach, S.1996. The discovery of L. GG. Nutrition Today. 31(6).
- Gorenflot y Guern. 1989. Organisation et Biologie des *Thallophytes*. Doin Editeurs. Paris. 235pp.
- Guzmán, C.2008. Fibra dietética. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos.
- Hayden, H; Blomster, J; Maggs, C; Silva, P; Stanhope, M y Waaland, J. 2003. Linnaeus was right all along: *Ulva* and *Enteromorpha* are not distinct genera. European Journal of Phycology 38.

Hevia, F; Berti, M; Wilckens, R y Yévenes, C. 2002. Contenido de proteína y algunas características del almidón en semillas de amaranto (*Amaranthus* spp) cultivado en Chilla, Chile. *Agro Sur*. 30:24-31. [http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-88022002000100003&lng=es&nrm=iso](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88022002000100003&lng=es&nrm=iso).

Ilsi Europe Concise Monograph: Concepts of functional foods. 2002.

Izquierdo, P; García, A; Allara, M; Rojas, E; Torres, G; González, P. 2007. Análisis proximal, microbiológico y evaluación sensorial de salchichas elaboradas a base de Cachama negra (*Colossoma macropomum*). *Revista Científica, FCV-LUZ*. Vol. XVII, N°3.

Jiménez, R; Martos, E y Díaz, M. 2005. Metabolismo del hierro. *An Pediatric Contin*. 3:352-356.

Jiménez, A y Goñi, C. 1999. Nutritional evaluation and physiological effects of edible seaweeds. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 49:114-120.

Jiménez, A y Sánchez, F. 2000. Dietary fibre from edible seaweeds: chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutrition Research*. 20:585-598.

Kaimoussi, A; Mouzdahir, A y Saih, A. 2004. Variations saisonnières des teneurs en métaux (Cd, Cu, Fe, Mn et Zn) chez l'algue *Ulva lactuca* prélevée au niveau du littoral de la ville d'El Jadida. (Maroc). *Comptes Rendus Biologies*. 327:361-369.

Kaur, M., Sandhu, K y Singh, N. 2007. Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flours from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars. *Food chemistry*.

Keller, C. 2006. Trends in beverages and "Measurable Health". In *Proceedings of the third functional food net meeting*.

Kin, Y. 2000. Impact of dietary fiber on colon cancer occurrence. *Aga technical review*. *Gastroenterology*. 118.

Klein, R; Cronquist, A. 1967. A consideration of the evolutionary and taxonomic significance of some biochemical, micromorphological and physiological characters in the thallophytes. *Quarterly Review of Biology*. 42:105-296.

Kotilainen, L; Rajalahti, R; Ragasa, C y Pehu, E. 2006. Health enhancing foods: Opportunities for strengthening the sector in developing countries. *Agriculture and Rural Development Discussion Paper*. 30.

Kujimaki, S y Yamashita, M. 1977. Enzymatic protein degradation and resynthesis for protein improvement. *Advance Chemical*. Ed. R. Feeney and R. Whitaker. American Chemical Society, Washington. D.C. pp.156-184.

Kwak, N y John D. 2001. Functional foods. Part 2: the impact on current regulatory terminology. *Food Control*. 12:109-117.

Lahaye, M. 1991. Marine algae as sources of fibers:determination of soluble and insoluble dietary fiber contents in some sea vegetables. *Journal Science of Food Agricultural*. 54:587-594.

Lachance, P. 1972. La filosofía de la fortificación aplicada al maíz. Guatemala, INCAP.

Leal, M; Alarcón, A; Janacua, H. 2008. Estudio de consumidor de productos cárnicos menonitas en la ciudad de Chihuahua. *NACAMEH* Vol. 2 [En línea][http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/v2n2/Nacameh\\_v2n2\\_095LealRamosycol.pdf](http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/v2n2/Nacameh_v2n2_095LealRamosycol.pdf) [Consulta: 1 septiembre 2011]

León, A. 2008. Agricultura marina de alto rendimiento. Bioeconomía sustentable. Sinaloa Seafields.

Lewis, S y Heaton, K. 1997. The intestinal effect of bran-like plastic particles: is the concept of roughate valid after all?. *European Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 9:553-557.

Lieu, P; Heiskala, M; Peterson, P y Yang, Y. 2001. The roles of iron in health and disease. *Mol. Aspects Med*. 22:1-87.

Liu, S; Julie, E; Howard, D; Eric, B; Willet, W; Manson, J. 2002. A prospective study of dietary fiber intake and risk of cardiovascular disease among women. *Journal of the American College of Cardiology*. 39.

Lourenco,S; Barbarino, J; De-Paula, L y Otavio da S.U, L. 2002. Amino acid composition, protein content and calculation of nitrogen-to-protein conversion factors for 19 tropical seaweeds. *Phycological Research*. 50:233-241.

Lutz, M; Morales, D; Sepúlveda, S; Alviña, M. 2008. Evaluación sensorial de preparaciones elaboradas con nuevos alimentos funcionales destinados al adulto mayor. CIDAF, CREAS. Valparaíso, Chile.

Mäkinen, M. 2006. Trends in functional foods dairy market. In proceedings of the third functional food net meeting.

Mamatha, B; Namitha, K; Senthil, A; Smitha, J y Ravishankar, G. 2006. Studies on use of Enteromorpha in snack food. *Food chemistry*.

Martínez, E y Añon, M. 1996. Composition and structural characterization of Amaranth protein isolates. Electrophoretic and colorimetric study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 9:124-127.

Massieu, G; Cravioto, O; Cravioto, R y Figueroa, F.1954. Estudios sobre proteínas y aminoácidos de dietas mexicanas III. Eficiencia proteica de dietas a base de tortilla, suplementada con frijol, garbanzo o leche por el método de crecimiento de la rata blanca. *Ciencia*. 14.

Meléndez, A; Vicario, I y Heredia,F. 2004. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*.54:209-215.

Menéndez, J y Fernández, R. 2005. "Las algas, los vegetales del mar". Num.10. [En línea]. <[www.Asturnatura.com](http://www.Asturnatura.com)>[Consulta: Abril 2010]

- Menrad, K. 2003. Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering*. 56:181-188.
- Moll, B y Deikman, J. 1995. *Enteromorpha clathrata*: A potential seawater-irrigated crop. *Bioresource Technology*. 52:255-260.
- Moll, B. 2004. Aquatic surface barriers and methods for culturing seaweed. World Intellectual Property Organization WO 2004/093525.
- Morán J. 2010. Tendencias actuales en alimentos funcionales: Mercado y legislación. Food Consulting- San Antonio Technologies. Vitartis
- Morón, C y Zacarías, I. 1997. Análisis de fibra dietética. Departamento de agricultura. Santiago de Chile, FAO.
- Nisizawa, K. 2006. Seaweeds Kaisei, Bountiful Harvest from the Seas. In *World Seaweed Resources* A.T. Critchley, M. Ohno, y D.B. Largo (eds). ETI Bioinformatics. Univ. of Amsterdam, Netherland.
- Norziah, M y Ching, Y. 2000. Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgi*. *Food Chemistry*. 68:69-76.
- Oakenfull, D. 2001. Physicochemical properties of dietary fiber: Overview. *Handbook of dietary fiber*. S. Sungsoo Cho and M.L.Dreher. New York, Marcel Dekker.Inc.
- Olmedilla, B; Granado, F y Blanco, I. 2001. Carotenoides y salud humana. Fundación Española de la Nutrición (FEN). Madrid.
- Ortiz, J; Romero, N; Robert, P; Araya, J, López, J; Bozzo, C; Navarrete, E; Osorio, A y Ríos, A. 2006. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food chemistry*. 99:98-104.
- Orozco, M. 2007. Desarrollo de harina de maíz para tortilla de mesa. Tesis para obtener grado de Ingeniero Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Guatemala.
- Pacheco, E y Rivas, N. 1992. Efecto de la hidrólisis con tripsina y pepsina sobre las propiedades funcionales de la harina de ajonjolí. *Rev. Fac. Agron.* 18:107-117.
- Pacheco, E; Sánchez, M; Girlando, R y Sánchez, E. 1994. Obtención de aislados proteínicos de girasol por hidrólisis con bromelina y papaina, composición química y propiedades funcionales. *Agronomía tropical*. 44(2): 299-315.
- Pak, D. 2000. La fibra dietética en la alimentación humana, importancia en la salud. *Anales de la Universidad de Chile VI, serie 11*.
- Pak,D y Araya, L. 2001. Fibra dietética y obesidad. En: *Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud*. Lajolo, M; Saura-Calixto, F; Wittig de Penna, E; Wenzel de Menezes, E. Eds Varela. Cap.27: 371-384.

Peña, A. 2011. Uso potencial de la Macroalga verde *Ulva clathrata* en el cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Tesis para obtener grado de Doctor en Ciencias con especialidad en Biotecnología. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León.

Pulz, O y Gross, W. 2004. Valuable products from biotechnology of microalgae. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 65:635-648.

Raymont, A y Lineford, E. 1964. Biochemical studies on zooplankton. 1. The biochemical composition of seaweeds from Goa biochemical composition of *Neomycis integer*. *J. coast. Indian J. Marine Sci.* 9(1).

Redondo, L; Torné A. 2008. Fibra terapeutica. Laboratorios Madaus S.A. Madrid, España.

Reyes, C. 1990. El maíz y su cultivo. Edit. AGT Editor S.A. Ira. Edición. Mexico, D.F.

Richmond, A. 1986. Handbook of microalgal mass culture. CRC Press, Inc. 528pp.

Rimber, J. 2007. Why is seaweed so important?. [En línea]. <[http://tumoutou.net/papers\\_present.htm](http://tumoutou.net/papers_present.htm)> .[Consulta: Diciembre 2010].

Roberfroid, M. 1999. What is beneficial for health? The concept of functional food. *Food and Chemical Toxicology.* 37:1039-1041.

Roberfroid, M. 2002. Functional food concept and its application to prebiotics. *Digest Liver Dis.* 34:S105-S110

Rodríguez, J y Amaya, C. 2010. Evaluación sensorial de tortillas de maíz fortificadas con harina de amaranto, frijol y nopal. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato.

Rodríguez, D. 1997. Carotenoides y preparación de alimentos: La retención de los carotenoides provitamina A en alimentos preparados, procesados y almacenados. USAID. Brasil.

Rodríguez, M; Serna, S y Sánchez, F. 2008. Nixtamalización del maíz a la tortilla; aspectos nutrimentales y toxicológicos. UAQ, Serie Ingeniería, Primera edición.

Ruales, J; Valencia, S y Nair, B. 1993. Effect of processing on the physico-chemical characteristics of quinoa flour (*Chenopodium quinoa*, Willd.). *Starch/Starke.* 45:13-19.

Salazar, M. 2000. Carotenoides: distribución en el mundo vegetal y animal. *Contacto S.* 37:60-68.

Salminen, S; Bouley, C y Boutron, R. 1998. Functional food science and gastrointestinal physiology and function. *Br. J. Nutr.* 80.

Sanz, B. 2009. El variado mundo de los alimentos funcionales, nutracéuticos y suplementos dietéticos. [En línea]. <[www.analesranf.com](http://www.analesranf.com)> [Consulta: Noviembre 2011]

Siró, I; Kápolna, E; Kápolna, B y Lugasi, A. 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance. *Appetite.* 51:456-467

Sloan, A. 2000. The top ten functional food trends. *Food Technology.* 54:33-62.

- Sloan, E. 2002. The top 10 functional food trends. The next generation. *Food Technology*. 56:32-57.
- Sloan, A. 2004. The top ten functional food trends. *Food Technology*.58:28-51.
- Sosa, M. 2001. Preparación de una mezcla de harina de maíz fortificada con zinc y pruebas de aceptabilidad de tortillas preparadas con dicha mezcla. Tesis de Licenciatura Clínica. Universidad Francisco Marroquín. Escuela de Nutrición. Guatemala.
- Sosulski, F.W. 1962. The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. *Cereal Chemistry*. 39:344-350.
- Spence, J. 2006. Challenges related to the composition of functional foods. *Journal of Food Composition and Analysis*.19:S4-S6.
- Stahl, W y Sies, H. 2005. Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. *Biochim. Biophys. Acta*. 1740:101-107.
- Stanton, C; Ross, R; Fitzgerald, G y Van Sinderen, D. 2005. Fermented functional foods base don probiotics and their biogenic metabolites. *Current Opinion in Biotechnology*. 16:198-203.
- Stone, L; Lorenz, K y Collins F. 1984. The starch of amaranths. Physico-chemical properties and functional characteristics. *Starch/Starke*. 36:232-237.
- Teresa, M; Vasconcelos, S y Leal, C. 2001. Seasonal variability in the kinetics of Cu,Pb, Cd and Hg accumulation by macroalgae. *Marine Chemistry*.74:65-68.
- Tewari, A. 1972. The effects of seaweed pollution on *Enteromorpha prolifera* var. *tubulosa* growing under natural habitat. *Botánica Marina* XV. 167.
- Trowell, H; Southgate, D; Wolever, T; Lead, S; Gassull, M y Jenkins D. 1976. Dietary fibre redefined. *Lancet*.307:967.
- Valdés, O.2006 .Informe de proyecto: Características química-farmacológica de algunas algas del archipiélago cubano con fines alimentarios, abordó el estudio en seis géneros de algas. Fondo de la Agencia de Medio Ambiente
- Valdés, O. 2009. Informe de proyecto: Evaluación de dos especies de *Sargassum sp* y *Ulva sp*. con fines nutraceuticos. Fondo de la Agencia de Medio Ambiente.
- Vaqueiro y Reyes. 1986. Process for producing nixtamalized corn flour. Patent No.4594260. USA.
- Vargas, M. 2009. Identificación de fibra dietaria en la pulpa de café (*Coffea arabica L. var. Typica*).Tesis Universidad Católica de Loja. Ecuador.
- Vázquez, J y Guerra, A. 2010. Evaluación sensorial de tortillas de maíz fortificadas con harina de amaranto, frijol y nopal. Departamento de Alimentos. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Vidal M. 2008. Alimentos funcionales. Algunas reflexiones en torno a su necesidad, seguridad y eficacia y a cómo declarar sus efectos sobre la salud. HUMANITAS Humanidades Médicas. 24.

Watts, B; Ylimaki, G; Jeffery, L y Elias, L. 1995. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá.

Walzem, R. 2004. Functional foods. Trends in Food Science & Technology.15:518.

Wild, C. 1973. Presentación de trabajos realizados en México sobre enriquecimiento de la harina de maíz. Guatemala, INCAP.

Williams, M; Pehu, E y Ragasa C. 2006. Functional Foods: Opportunities and Challenges for Developing Countries. Agricultural & Rural Development. 19.

Yaich, H; Garna H; Besbes, S; Paquot, M; Blecker, Ch y Attia, H. 2011. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. Food chemistry. 128:895-901.

Zarzuelo, A y Gálvez, J. 2005. Fibra dietética. Gil Hernandez A . Tratado de nutrición. Acción médica.

Zubillaga, M; Weill, R; Postaire, E; Goldman, C; Caro, R y Boccio, J. 2001. Effect of probiotics and functional foods and their use in different diseases. Nutrition Research. 21:569-579.

# 10. ANEXOS

Anexo 1. Boleta de evaluación

Escriba el código de la muestra así como los datos de fecha y Sexo.  
 Pruebe la muestra y posteriormente califique con una X la característica indicada en cada columna de acuerdo a lo que considere representa su opinión acerca de la muestra.  
 Escriba un comentario. Gracias.

Código: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Sexo: F \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_

<b>Característica</b>				
<b>Olor</b>	<b>Color</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Apariencia general</b>
_____ Me disgusta extremadamente				
_____ Me disgusta Mucho				
_____ Me disgusta un poco				
_____ Ni me gusta ni me disgusta				
_____ Me gusta Poco				
_____ Me gusta Mucho				
_____ Me gusta extremadamente				

Comentarios: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Anexo 2. Instructivo para aplicadores de evaluación sensorial

### 1. Animar a los participantes en la actividad.

- ☞ Dar la bienvenida a los participantes.
- ☞ Acomodar a cada uno de los participantes en su respectivo lugar.

### 2. Explicar a los participantes acerca de la actividad.

- ☞ Dar una explicación detallada del motivo de la reunión.
- ☞ Presentar el formulario y dar las instrucciones para que lo puedan llenar.

### 3. Presentar las formulaciones.

- ☞ Presentar cada una de las muestras en platos desechables.
- ☞ Entregar cada muestra acompañada de un formulario.
- ☞ Proporcionar un lápiz a cada uno de los participantes.
- ☞ En el intervalo de cada prueba se pasará una galleta y un vaso de agua purificada

**Nota:** A los participantes se les ayudara a resolver dudas según lo soliciten.  
Se mantendrá en secreto la formulación de las tostadas