

Original

Caracterización de una tortilla tostada elaborada con maíz (*Zea mays*) y alga (*Ulva clathrata*) como prospecto de alimento funcional

Adrian Guillermo Quintero Gutiérrez¹, Guillermina González Rosendo¹, Araceli Solano Navarro², Gybran Eduardo Reyes Navarrete¹, Javier Villanueva Sánchez¹, Guadalupe Bravo Rivera¹

¹Departamento de Nutrición y Alimentos Funcionales. ²Departamento de Desarrollo Tecnológico. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec. Morelos. México.

Resumen

Fundamentos: La tortilla de maíz es de los alimentos más consumidos en México, por lo que es importante que sea vehículo de sustancias benéficas para la salud. La *Ulva clathrata*, por su alto contenido de fibra soluble y carotenoides entre otros antioxidantes, es una buena opción para adicionar la tortilla y con ello tener importantes beneficios de salud de los consumidores.

Objetivo: Desarrollar y caracterizar una tortilla tostada a base de maíz (*Zea mays*) y *Ulva clathrata*.

Métodos: Se usó una mezcla de harinas de maíz y *Ulva clathrata* (proporción 92 a 8, respectivamente). Se realizaron análisis químicos y microbiológicos. Se evaluó sensorialmente mediante una escala hedónica aplicada a 40 jueces no entrenados.

Resultados: En el análisis químico de la tortilla tostada se observó la siguiente composición: humedad, 9,4%; cenizas, 2,6%; fibra cruda, 3,4%; calcio, 1.789,2 mg/kg; sodio, 206,5 mg/kg; potasio, 3.271,8 mg/kg; carotenoides totales, 7,4 µg/g en los que la mayor cantidad fue luteína (85%). En la evaluación sensorial tuvo un 87,5% de aceptación general.

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

Palabras clave: Alimento funcional. *Ulva clathrata*. Tortilla tostada adicionada. Fibra. Carotenoides.

Introducción

En los últimos años, la investigación en la ciencia de los alimentos, se ha centrado principalmente en la iden-

Correspondencia: Adrián Guillermo Quintero Gutiérrez.
Departamento de Nutrición y Alimentos Funcionales.
Carretera Yautepec-Jojutla, km. 6.
C/ Ceprobi, 8. Colonia San Isidro.
C. P. 62731. Apartado Postal 24. Yautepec. Morelos. México.
E-mail: gquinter@ipn.mx

Fecha Recibido: 28-XI-2013.
Fecha Aceptado: 20-II-2014.

CHARACTERIZATION OF A TOASTED TORTILLA MADE WITH CORN (*ZEA MAYS*) AND SEAWEED (*ULVA CLATHRATA*) AS FUNCTIONAL FOOD PROSPECTUS

Abstract

Background: The corn tortilla is the most consumed food in México, so it is important to be vehicle of beneficial substances to health. The *Ulva clathrata*, for its high content of soluble fiber and carotenoids among other antioxidants, is a good option to add tortilla and thus have important health benefits of consumers.

Objective: To develop and characterize a toasted tortilla made with corn and *Ulva clathrata*.

Methods: We used a mixture of maize and *Ulva clathrata* in a ratio of 92 to 8, respectively. Chemical and microbiological analyses were performed. Was evaluated using a hedonic scale sensory applied to 40 untrained judges.

Results: Chemical analysis showed that toasted tortilla contains: 9.4% humidity, 2.6% ash, 3.4% crude fiber, 1,789.2 mg/kg calcium, 206.5 mg/kg sodium, 3,271.8 mg/kg potassium, 7.4 µg/g total carotenoids, in which the largest part was of lutein (84%). In the sensory evaluation was it had an 87.5% in general acceptance.

Conclusions: A toasted tortilla with the substitution of *Ulva clathrata* was accepted and is a good source of soluble fiber and carotenoids, so studies are recommended, leading to the measurement of its biologic effect as a functional food for humans.

Key words: Functional food. *Ulva clathrata*. Toasted tortilla added. Fiber. Carotenoids.

tificación de componentes biológicamente activos, que puedan reducir el riesgo de padecer enfermedades, así como mejorar las condiciones físicas y mentales del ser humano¹. A partir de lo cual ha surgido el concepto de alimentos funcionales, productos que en los últimos años se han diversificado y aumentado su demanda².

Los productos de maíz fortificados y/o enriquecidos, son un ejemplo importante de alimentos funcionales en los EE.UU y se están haciendo populares en Europa, Australia y Asia³. Están hechos a partir de maíz cocido con cal (maíz nixtamalizado), que se lava y se muele para obtener una pasta suave y cohesiva, a la que se da el nombre de



masa. La masa es laminada en capas delgadas que se cortan en pequeños trozos, generalmente triangulares (totopos) o redondos (tostadas), son parcialmente cocidos en un horno, se enfrían y luego se frien. En México, las tortillas, de elaboración similar (sólo que sin freír), han sido la principal fuente de energía, proteínas y calcio para la población de bajos recursos económicos⁴.

Para mejorar las propiedades nutricionales de la tortilla, se han utilizado ingredientes de fuentes convencionales y no convencionales⁵; dentro de éstas una fuente potencial son las algas, que 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, hidratos de carbono, minerales, vitaminas, enzimas, fibra y antioxidantes, entre otros⁶.

Dentro de la clase de algas verdes se encuentra el género de *Ulva clathrata*, que es una 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 a temperatura controlada, lo que permite su versatilidad en cuanto a los lugares de cultivo⁷⁻⁸. La *U. clathrata* contiene: proteínas (9 a 14%); hidratos de carbono (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 (17 a 25%), como Fe, Ca, Mg, Mn, Zn, K, I, Cu, Na; carotenoides (0,1 a 0,2 %), principalmente, beta caroteno, luteína y otras xantofilas y vitaminas: A, B₁₂, B₆, C, E, niacina y ácido fólico. Por el contenido nutrimental que presenta, puede tener un gran número de aplicaciones: alimento para especies acuáticas (camarón), 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, entre otros. Por su composición, el alga es buen ingrediente de alimentos funcionales, se justifica por su alto contenido de fibra soluble y carotenoides, que al ser adicionada en pequeñas cantidades, puede tener efectos importantes en la salud⁷⁻¹⁴. El objetivo de este estudio fue desarrollar y caracterizar una tortilla tostada de maíz adicionada con alga *Ulva clathrata*, con el fin de que sea utilizada como alimento funcional en grandes poblaciones.

Materiales y métodos

Material biológico

Se utilizó harina de alga *Ulva clathrata*, producida por la empresa Aonori Aquafarms Inc (USA), harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizado de marca comercial MASECA® (México).

Se realizó una molienda de la harina de *U. clathrata* para reducir y homogeneizar el tamaño de partícula. Una vez obtenida la harina molida se procedió a realizar un tren de tamizado, utilizando 4 tamices: #14 (1,0 µm), #16 (1,190 µm), #18 (1,000 µm) y #60 (0,250 µm); por tanto, la harina utilizada medía menos de 0,250 µm, similar al tamaño de partícula de la harina MASECA, que reúne las condiciones de granulometría que la Norma Oficial Mexicana establece (el 75% de la harina debe pasar a través de una malla #60).

Análisis químico y propiedades fisicoquímicas en las harinas y tortillas tostadas

Estas pruebas se realizaron empleando las técnicas de la American Association of Cereal Chemists (AACC, 2000), se determinó humedad (método 44-19), cenizas (método 08-01), extracto etéreo (método 30-25), contenido de proteínas (método 46-13) y fibra cruda (método: NMX-F-090-S-1978). Los hidratos de carbono se calcularon por diferencia.

Para el análisis de elementos en las muestras (0,15 g), fueron digeridas en una mezcla de 5 ml de HNO₃ concentrado, 1 ml de HCl concentrado y 1 ml de agua oxigenada, la muestra se colocó en un tubo de 25 ml en un digestor de microondas (ANTON PAAR, MULTIWAVE 3000, Europa) durante 15 minutos y posteriormente se dejó enfriar. El contenido del tubo se aforó a 25 ml para realizar la determinación en un espectrómetro de emisión por plasma acoplado inductivamente (HORIBA JOBIN YVON, ÚLTIMA 2, Japón).

En la determinación de las propiedades fisicoquímicas de las harinas, se midió capacidad de absorción de agua por el método de centrifugación de Sosulski¹⁵, modificado por Kaur y cols.¹⁶, capacidad de absorción de aceite por el método descrito por Dench¹⁷ e índice de solubilidad en agua por el método descrito por Singh y cols.¹⁸.

Formulación de la tortilla tostada

Las tortillas tostadas se prepararon con la formulación tradicional empleando harina de maíz (MASECA®), la que se adicionó en diferentes niveles con harina de *U. clathrata* (8%, 10%, 12% y 15%); con base a los resultados sensoriales, se estableció el 8% de sustitución como el óptimo. Se pesaron: 1500 g de maseca®, 180 g de *U. clathrata* y 1.800 ml de agua, se mezclaron los ingredientes hasta formar una masa, la cual posteriormente se colocó en los rodillos de una máquina tortilladora (Marca TORTEC, México) para ser extendida y cortada en círculos de 15 cm de diámetro y formar de esta manera las tortillas, que fueron enviadas a través de una banda a un deshidratador (diseño propio) para su cocción en proceso continuo a temperaturas entre 210 a 230° C durante 5 a 8 minutos y finalmente fueron horneadas (horno de diseño propio), durante 7 minutos a una temperatura de 210 a 230° C, para obtener un producto seco (menos del 10% de hume-





dad) denominado tortillas tostadas, éstas se dejaron enfriar a temperatura ambiente durante 10 min para finalmente ser empacadas en bolsas de celofán.

Extracción e identificación de carotenoides

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.

La identificación de carotenoides se determinó por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC). El extracto se centrifugó a 4° C durante 10 minutos a 4.500 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 C₃₀ 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 luteína purificada a partir de ligulas de cempasúchil. En el caso de zeinoxantina y β-caroteno se utilizaron curvas de calibración que se construyeron a partir de compuestos purificados de jugo de naranja.

Análisis microbiológicos

Las determinaciones aplicadas a las tortillas tostadas fueron: Cuenta de coliformes totales en placa¹⁹, hongos y levaduras en placa²⁰ y mesófilos aerobios²¹.

Evaluación sensorial

A fin de evaluar la aceptación de las tortillas tostadas se realizó una prueba de aceptabilidad utilizando una escala hedónica categorizada de siete puntos²², los atributos a calificar fueron olor, color, sabor, textura y apariencia general. Se conformó un panel de cuarenta evaluadores no entrenados. Las tortillas 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 enjuagar su boca con agua.

Análisis de datos

A los datos obtenidos se aplicó un análisis de varianza 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.

Resultados

Los resultados obtenidos de la composición química de las harinas y las tortillas tostadas se muestran en la tabla I, los componentes más abundantemente encontrados en la muestra de harina de *U. clathrata* en base seca fueron: proteína, fibra bruta y cenizas. Los valores obtenidos para este género de alga son similares a los reportados por León^{14,23}, que informa un contenido de proteína que está entre el 18-30%; fibra cruda 4-6% y cenizas 22-38%.

En la composición química de la tortilla tostada adicionada con *U. clathrata* (tabla I), se encontró un mayor contenido de hidratos de carbono y muy cercano a éste el de proteína, relación que no sólo contribuye a la saciedad del hambre, sino al balance nutricional energético, teniendo un efecto positivo sobre algunas funciones, así como en el control de deficiencias nutricionales y pre-

Tabla I
Composición química de harina *U. clathrata*, harina de maíz, tortilla tostada de maíz adicionada con *U. clathrata* y tortilla control

Determinación	Harina de <i>U. clathrata</i> g/100 g	Harina de maíz g/100 g	Tortilla tostada de maíz adicionada con <i>U. clathrata</i> g/100 g	Tortilla tostada control g/100 g
Humedad	8,43	2,00	9,42	8,96
Grasas	4,88	3,10	1,03	1,16
Cenizas	23,13	1,39	2,60	1,37
Proteína cruda	23,01	8,00	10,66	9,53
Fibra bruta	13,88	2,00	3,44	2,58
Hidratos de Carbono*	26,67	83,51	72,85	76,4

Notas:

1. Datos reportados en base seca (BS). Promedios.
2. *Calculados por diferencia.
3. *P < 0,05 con t de Student.





Tabla II
Propiedades funcionales de las harinas

Propiedad	Harina de <i>U. clathrata</i>	Harina de maíz
Absorción de agua ml H ₂ 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

Notas:

1. Datos presentados como media.
2. [†]P < 0,05 con t de Student.

vención de enfermedades crónicas. Considerándose que la ingesta de esta tortilla tostada adicionada con *U. clathrata*, podría favorecer el balance de nutrimentos de la dieta y promover la salud.

Los resultados obtenidos en el estudio de las propiedades funcionales tecnológicas de las harinas, se muestran en la tabla II, donde se observa que respecto al parámetro de absorción de agua entre la harina de *U. clathrata* y de maíz, no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$). Estos resultados coinciden con los valores de absorción de agua para harina de maíz comerciales de México, que fluctúan entre 1,2 y 1,35 ml agua/ml harina²⁴. Una alta capacidad de absorción de agua, se relaciona con el aumento en la capacidad de rehidratación del producto y es un valor positivo para el uso que se le da a la harina²⁵.

El valor de absorción de aceite encontrado para *U. clathrata*, fue menor ($P < 0,05$) que el de la harina de maíz (tabla II); esto hace suponer que las proteínas de dicha alga contienen menos grupos lipofílicos¹⁷⁻³⁷. 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 bajo en grasa.

El índice de solubilidad en agua, es un buen indicador del grado de degradación de polímeros. La harina de maíz presentó un mayor índice de solubilidad en agua, que el de la harina de *U. clathrata*. Esto se explica porque en la harina de maíz al separarse fragmentos de las cadenas de almidón en la harina de

maíz, se facilita la formación de uniones puente hidrógeno 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^{25,38-40}, los resultados encontrados indican que al mezclarse la tostada con la saliva, tiene una buena aceptación.

Los nutrimentos inorgánicos encontrados en la harina de *U. clathrata* fueron principalmente; calcio (15,80 g/kg), magnesio (27,81 g/kg), potasio (21,72 g/kg) y sodio (2,98 g/kg). Las concentraciones de los nutrimentos inorgánicos observadas en la tortilla tostada adicionada con *U. clathrata* son para calcio, 1.789 mg/kg; magnesio, 2.836,41 mg/kg; potasio, 3.271,76 mg/kg y sodio 206,46 mg/kg, estos valores son notoriamente mayores que los de la tortilla tostada de maíz (sin Ulva) que tuvo la siguiente composición: calcio, 734,61 mg/kg; magnesio, 1.124,35 mg/kg; potasio, 2.394,1 mg/kg y sodio 48,31 mg/kg, esto explicado porque la harina de *U. clathrata* posee cantidades altas de estos nutrimentos por lo que por cada ración puede representar una proporción importante de las recomendaciones de los nutrimentos esenciales que participan en las reacciones fisiológicas del cuerpo humano.

La concentración de carotenoides (luteína, zeinoxantina y β -caroteno) en la harina de *U. clathrata*, en la tortilla tostada adicionada con harina de *U. clathrata* y en la tortilla tostada de harina de maíz, se muestran en la tabla III. Los cantidades de estos compuestos medidas en la tostada con harina de *U. clathrata* fueron más altas que las de la tortilla tostada de maíz, esto fue debido al alto contenido de carotenoides que tiene la harina de *U. clathrata*, siendo la luteína la que predomina en dicha composición con el 84% del total de carotenoides.

Los resultados de los análisis microbiológicos para ambas tortillas tostadas, se evaluaron conforme a las normas mexicanas relativa a productos y servicios⁴¹ y correspondiente a cereales y sus productos⁴². Se encontró presencia de coliformes totales y mesofílicos aerobios con menos de 10 UFC/g en las muestras de tortilla de maíz y de tortilla adicionada. Estos resultados estuvieron dentro de los parámetros permitidos por la norma

Tabla III
Contenido de carotenoides presentes en las muestras de harina de U. clathrata, tortilla tostada de maíz adicionada con U. clathrata y tortilla control

Pigmento	Concentración de carotenoides (mg/g)		
	Harina de <i>U. clathrata</i>	Tortilla tostada adicionada	Tortilla tostada control
Luteína	74,62	5,79	0,24
Zeinoxantina	5,59	0,96	-
β -caroteno	7,89	0,62	0,08

Notas:

1. Datos presentados como media.
2. [†]p < 0,05 con t de Student.
3. - No detectable.





oficial, < 30 UFC/g coliformes totales, < 1.000 UFC/g mesofilos aerobios y para hongos y levaduras el parámetro permitido es de < 300 UFC/g. Se infiere que durante la manufactura y distribución del producto se cumplieron los requerimientos higiénicos y sanitarios; obteniendo un producto microbiológicamente seguro y apto para su consumo.

En el análisis sensorial se observó que para aceptación de color, textura y apariencia general, no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) en los valores de ambas tortillas tostadas, a pesar del color ligeramente azul que le confiere la harina de *U. clathrata* a la tortilla tostada. En cuanto a la aceptabilidad de olor y sabor, fue mejor aceptada la tortilla tostada de maíz con una ligera diferencia, estadísticamente significativa ($p < 0,05$), por lo que habría necesidad de adecuar las condiciones de secado y obtención de la harina para evitar olores y sabores no deseados. La obtención de resultados similares en la aceptabilidad general de la tortilla tostada de maíz adicionada con harina de *U. clathrata*, en comparación con la no adicionada, indican que este producto puede usarse como posible vehículo de minerales, proteínas, carotenoides y fibra derivados de *U. clathrata*.

Discusión

La variación en la composición del alga depende de diversos factores como: condiciones de cultivo, épocas estacionales, factores ambientales, por lo que los valores obtenidos no son valores generalizables, pero se pueden tomar como pauta para identificar la composición química de *U. clathrata* bajo determinadas condiciones de cultivo y a partir de ello valorar su utilidad¹⁴.

El alto contenido de proteína encontrado en *U. clathrata* es comparable con fuentes tradicionales ricas en proteínas vegetales como leguminosas y cereales, especialmente soya, avena y amaranto. Por su alto contenido en proteína puede ser utilizada como complemento nutritivo en la alimentación humana^{23,24-28}. La fibra de *U. clathrata* incluye principalmente celulosa y lignina, presentes en la pared celular de las algas. Sin embargo, la medición de la fibra bruta no considera elementos no fibrosos, como las gomas, que en muchos casos están ligadas a almidón y otros hidratos de carbono. 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^{29,30}.

Conocer las propiedades funcionales en las harinas en general es de suma importancia, ya que ayuda a determinar el uso que se les puede dar para la elaboración de productos. 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 hidrosolubles, que propician una mayor capacidad de absorción de agua, 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 mayor rendimiento en masa y tortillas. El agua se adhiere a las

moléculas de las proteínas y del almidón presente en las harinas³⁷.

La absorción de aceite es una propiedad que debe tomarse en cuenta, especialmente en productos adicionados con proteínas, ya que los lípidos absorbidos modifican sustancialmente las propiedades sensoriales del producto, tanto en textura, como en sabor y olor. Al ser hidrolizada la proteína, produce cadenas polipeptídicas cada vez de menor tamaño, aumentando así los extremos no polares y a su vez la absorción de aceite.

Los alimentos que ingerimos contienen nutrientes que son fuentes importantes para los distintos procesos y funciones básicas de nuestro organismo. Las cantidades contenidas de calcio en la harina de *U. clathrata* (15,80 g/kg) son mayores a las de vegetales como las espinacas (2,1 g/kg) y nopal (14,7 g/kg). En las algas, la presencia de estos elementos nutritivos se debe al consumo de los mismos del medio donde viven, así como a su capacidad de acumulación. Las algas pueden concentrar varias veces las cantidades de metales encontrados en el agua; por lo que la concentración de elementos en el agua, fertilizantes y suelo del sistema de cultivo, deben de ser controlados antes de iniciar la producción de la alga, con la finalidad de evitar que por altas concentraciones de metales se convierta en tóxica para el consumo animal y humano.

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 presencia de metales pesados en algas marinas comestibles en base seca, son: para Pb < 5 mg/kg y para Cd < 0,5 mg/kg, estos límites están por encima de los valores encontrados de *U. clathrata* en este estudio: < 0,98 y < 0,16 respectivamente³¹⁻³³.

Considerando que la ingesta de la tortilla tostada adicionada con *U. clathrata*, podría favorecer el mantenimiento de balance de nutrientes en la dieta y promover el equilibrio en la salud; se estimó que la composición promedio, teniendo en cuenta que cuatro piezas (36 g), incluidas en la dieta de adultos, puede satisfacer el 50 % de su recomendación de hierro, que oscila entre 8-18 mg/día, para promover funciones de transporte de oxígeno, síntesis de ADN y transporte de electrones de la cadena respiratoria, entre otras^{34,35}; también cubriría el mismo porcentaje de la recomendación de calcio, misma que oscila entre 1.000-1.200 mg/día; como se sabe, el calcio contribuye a la mineralización del hueso, la conducción nerviosa, la contractilidad muscular y al proceso de coagulación de la sangre; respecto al potasio, con un consumo similar de tortillas adicionadas con *Ulva*, se alcanza el 40% de la recomendación que es de 20-300 mg/día, el potasio contribuye en funciones de presión osmótica. Con referencia al magnesio, se cumple con el 25% de la recomendación de 27-400 mg/día, favoreciendo su intervención como cofactor en numerosas reacciones enzimáticas, como aquellas en que participa el ATP y en los procesos de replicación, transcripción y traducción de la información genética³⁶. Desde el punto





de vista nutricional la tortilla tostada representa una importante fuente de ingestión de nutrientes.

La utilización de la harina de *U. clathrata* como ingrediente funcional de alimentos, abre otra área de interés en el ámbito del estudio de los carotenoides, su efecto en la formación de vitamina A (β -caroteno), que puede ser una herramienta importante para reducir la deficiencia de esta vitamina, que continúa siendo un problema de salud pública en el campo de las deficiencias nutricionales⁴³ y la luteína, con sus propiedades antioxidantes, de protección y salud ocular⁴⁴.

Conclusiones

Por su composición fisicoquímica, propiedades funcionales tecnológicas y aporte nutricional, la harina de *U. clathrata*, puede ser una fuente potencial para el diseño de alimentos funcionales, que a su vez pueden ser usados en la prevención de algunas enfermedades. La tortilla tostada elaborada con una mezcla de harinas de maíz y de *U. clathrata* en una proporción 92 a 8, respectivamente; presentó alto nivel de agrado y propiedades de textura, similares a la tortilla tostada de maíz, por lo que la harina de *U. clathrata* es una buena alternativa en la fortificación de las tortillas tostadas de maíz. Es una importante fuente de carotenoides, principalmente luteína; la cual tiene propiedades antioxidantes. El proceso de adición con la harina de *U. clathrata* en la tortilla tostada de maíz, incrementó las concentraciones de proteína, minerales y fibra, hecho importante desde el punto de vista nutricional, ya que la tortilla es de consumo generalizado en México.

La tortilla tostada adicionada con *U. clathrata*, cumple con los parámetros de desarrollo de nuevos productos que son inocuidad, calidad y aceptabilidad.

Agradecimientos

Se agradece al Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT-Morelos. Quien financió el proyecto con número de registro FOMIX-Morelos 2007-C01-80210.

Al Instituto Politécnico Nacional por su apoyo y facilidades para la realización.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores de este trabajo declaran no tener ningún conflicto de interés en relación con esta investigación.

Referencias

- Ashwell M. Conceptos sobre los alimentos funcionales. ILSI Europe 2004.
- Franch A. Los alimentos funcionales a la luz de la normativa Europea. *Boletín Pediátrico* 2009; 49: 348-54.
- Cortes M, Chiralt A, Puente L. Alimentos funcionales: una historia con mucho presente y futuro. *Vitae* 2005; 12: 5-14.
- Barquera S, Hernández-Barrera L, Campos-Nonato I, Espinosa J, Flores M, Rivera JA. Energy and nutrient consumption in adults: Analysis of the Mexican National Health and Nutrition Survey 2006. *Salud Pública Mex* 2009; 51 (4): S562-S573.
- FAO. El maíz en la nutrición humana. Cómo mejorar el valor nutritivo del maíz. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome 1993.
- Rimber J. Why is seaweed so important?. En línea: http://tumoutou.net/papers_present.htm. [Consulta: Diciembre 2010]. 2007.
- Menéndez J, Fernández R. "Las algas, los vegetales del mar". Num.10. En línea: <http://www.Asturnatura.com>. [Consulta: Abril 2010]. 2005.
- Moll B, Deikman J. *Enteromorpha clathrata*: A potential seawater-irrigated. *Crop Bioresource Technology* 1995; 52: 255-60.
- Raymont A, Lineford E. Biochemical studies on zooplankton. 1. The biochemical composition of seaweeds from Goa biochemical composition of *Neomycisinteger*. *J Coast Indian. J Marine Sci* 1964; 9: 1.
- Burtin P. Nutritional value of seaweeds. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry* 2003; 2: 498-503.
- Águila R, Casas M, Hernández C, Marín A. Biomasa de *Ulva* spp. (Chlorophyta) en tres localidades del malecón de la Paz, Baja California Sur, México. *Rev Biol Mar Oceanogr* 2005; 40: 55-61.
- Aguilera M, Casas M, Carrillo S, González B, Pérez F. Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source. *J Food Comp Anal* 2005; 18: 79-88.
- Cruz L, Tapia M, Nieto C, Guajardo B, Ricque M. Comparison of *Ulvaclathrata* and the kelps *Macrocystispyrifera* and *Ascophyllumnodosum* as ingredients in shrimp feeds. *Aquac Nutr* 2008; 9: 207-12.
- León A. Agricultura marina de alto rendimiento. Bioeconomía sustentable. *Sinaloa Seafields* 2008.
- Sosulski FW. The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. *Cereal Chem* 1962; 39: 344-50.
- Kaur M, Sandhu K, Singh N. Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flours from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanuscajan* L.) cultivars. *Food Chem* 2007; 104: 259-67.
- Dench J, Rivas N, Caygill J. Selected functional properties of sesame *Sesamum indicum* L. flour and two protein isolates. *J Sci Food Agric* 1981; 32: 557.
- Singh N, Kaur L, Sodhi NS, Sekhon K. Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. *Food Chem* 2005; 89 (2): 253-9.
- SSA. 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. México D. F. 25 de agosto de 1995.
- SSA. 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. México D. F. DOF. 13 de septiembre de 1995.
- SSA. 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. México D. F. DOF. 12 de diciembre de 1995.
- Torricella RG, Zamora E, Pulido H. Evaluación Sensorial aplicada a la Investigación, Desarrollo y Control de la calidad en La Industria Alimentaria. Ciudad de la Habana: Editorial Universitaria. 2007; 2 ed. pp: 131.
- Cruz L, León A, Peña A, Rodríguez G, Moll B, Ricque D. Shrimp/*Ulva* co-culture: A sustainable alternative to diminish the need for artificial feed and improve shrimp quality. *Aquaculture* 2010; 301: 64-8.
- Flores R, Martínez F, Salinas Ríos, E. 2002. Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia* 2000; 36: 557-67.
- González R, Torres D, De Greef, N, Gordon, Veloci M. Influencia de las condiciones de extrusión en las características de la harina de maíz para elaborar sopas instantáneas. *Rev Agroquim Tecnol* 1991; 31: 87-96.
- Tewari A. The effects of seaweed pollution on *Enteromorpha prolifera* var. *tubulosa* growing under natural habitat. *Botánica Marina* 1972; XV: 167.





27. Martínez E, Añon M. Composition and structural characterization of Amaranth protein isolates. Electrophoretic and colorimetric study. *J Agric Food Chem* 1996; 9: 124-7.
28. Norziah M, Ching Y. Nutritional composition of edible seaweed *Gracilariachanggi*. *Food Chem* 2000; 68: 69-76.
29. Lahaye M. Marine algae as sources of fibers: determination of soluble and insoluble dietary fiber contents in some sea vegetables. *J Sci Food Agric* 1991; 54: 587-94.
30. Ortiz J, Romero N, Robert P, Araya J, López-Hernández J, Bozzo C, et al. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chem* 2006; 99: 98-104.
31. Dauvalter V, Rognerud S. Heavy metal population in sediments of the Pasvik River drainage. *Chemosphere* 2001; 42: 9-18.
32. Besada V, Andrade J, Schultze F, González J. Heavy metals in edible seaweeds commercialised for human consumption. *J Mar Syst* 2009; 75: 305-13.
33. Peña A, Mawhinney TP, Ricque MD, Cruz E. Chemical composition of cultivated seaweed *Ulva clathrata* (Roth) C. Agardh. *Food Chem* 2011; 129: 491-8.
34. Lieu P, Heiskala M, Peterson P, Yang Y. The roles of iron in health and disease. *Mol Aspects Med* 2001; 22: 1-87.
35. Jiménez R, Martos E, Díaz M. Metabolismo del hierro. *An Pediatr Contin* 2005; 3: 352-6.
36. Gómez C, Rodríguez M, Cannata J. Metabolismo del calcio, del fósforo y del magnesio. En línea: <http://www.infomagnesio.com/investigaciones/inv04.pdf> [Consulta: Enero 2012]. 2012.
37. Hevia F, Berti M, Wilckens R, Yévenes C. Contenido de proteína y algunas características del almidón en semillas de amaranto (*Amaranthus* spp) cultivado en Chilán, Chile. *Agro Sur* 2002; 30: 24-31.
38. Pacheco E, Sánchez M, Giraldo R, Sánchez E. Obtención de aislados proteínicos de girasol por hidrólisis con bromelina y papaina, composición química y propiedades funcionales. *Agronomía Tropical* 1994; 44: 299-315.
39. Fennema O. 2000. Química de los alimentos. Editorial Acirbia, S.A. Zaragoza. España.
40. Lazou A, Krokida M. Functional properties of corn and corn-lentin extrudates. *Food Res Int* 2010; 43: 609-16.
41. SSA. 2003. SSA/SCFI. Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba. México D.F. DOF. 18 de agosto de 2003.
42. SSA. 1999. Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996, Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. México D. F. DOF. 17 de noviembre de 1999.
43. WHO. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995 2005. WHO Global Database on Vitamin A Deficiency. Geneva. World Health Organization. 2009. 55.
44. Krinsky N, Johnson E. Carotenoid actions and their relation to health and Disease. *Mol Aspects Med* 2005; 26: 459-516.

