

ALGAS EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER



Paula Fleitas Ramírez

Máster en seguridad y calidad de los alimentos.

Tutoras: Dra. Elena M. Rodríguez Rodríguez y Dra. Beatriz Rodríguez Galdón

2019/20

Índice.

1. Resumen.....	1
2. Abstract.....	2
3. Introducción.....	3
4. Objetivos.	4
5. Material y método.	4
6. Mercado de algas comestibles.	5
7. Control y seguridad alimentaria.....	8
8. Propiedades tecnológicas de las algas.....	9
9. Composición de las algas y propiedades nutricionales.	11
9.1. Vitaminas y Minerales:.....	11
9.2. Polifenoles y Fitoesteroles:.....	12
9.3. Ácidos grasos y Fibra dietética:	13
9.4. Proteínas:	14
10. Conclusiones.	16
11. Bibliografía.	17
12. Anexo I.	20

1. Resumen.

La búsqueda de nuevos alimentos que aporten beneficios a la salud, y que se adecuen a las exigencias de los consumidores que buscan productos seguros y de calidad, hacen de las algas un conjunto de organismos de uso alimentario de alto interés. Las algas comestibles resultan ser un alimento novedoso para las culturas occidentales, pero éstas llevan incorporadas en la dieta de las poblaciones orientales desde hace siglos, y en menor medida en otros países, como Chile e Irlanda. Es por ello que su comercio se halla visto extendido en los últimos años, con producciones de miles de millones de toneladas por año.

El uso principal de las algas es el de materia prima para la extracción de ficocoloides, cuyas propiedades permiten que sean empleados en una amplia variedad de industrias. Su consumo se ha visto potenciado por la presencia de sustancias biológicamente activas, además de vitaminas y minerales, que ofrecen beneficios para la salud o que, de alguna forma, reducen el riesgo de sufrir ciertas enfermedades crónicas. Teniendo en cuenta el aumento de su popularidad, se hace necesario conocer el consumo total entre la población para, con el tiempo, establecer medidas para su control y normalización.

Palabras clave: *algas, composición, compuestos bioactivos, propiedades tecnológicas.*

2. Abstract.

Searching for new foods that provide health benefits, and suit the consumers' demands whom look for safe and quality products, make algae a group of high interesting organisms for food use. Edible algae turn out to be a novel food for western cultures, but they have been incorporated into the diet of eastern populations for centuries, and to a lesser extent in other countries, such as Chile and Ireland. That is why seaweeds trade has been expanded in recent years, with productions of billions of tons per year.

Algae are mainly used as a raw material for the extraction of phycocolloids, whose properties allow them to be used in a wide variety of industries. Its consumption has been enhanced by the presence of biologically active substances, in addition to vitamins and minerals, that offer health benefits or, somehow, reduce the risk of bear certain chronic diseases. Taking into account the increase in popularity, knowing the total consumption among the population is required in order to establish measures for its control and normalization over time.

Key words: *seaweeds, composition, bioactive compounds, technological properties.*

3. Introducción.

Las algas son un conjunto de organismos fotosintéticos autótrofos extremadamente diversos que incluyen tanto a procariotas como las cianobacterias y a eucariotas, que son las algas propiamente dichas. Estos organismos se han ordenado en filos y clases basándose en sus características como la composición de sus pigmentos, sus sustancias de reserva, las paredes celulares, su división celular, etcétera.

Las algas con interés en la alimentación están clasificadas en los siguientes grupos taxonómicos:

- Algas pardas (*Phaeophyta*)
- Algas rojas (*Rhodophyta*)
- Algas verdes (*Chlorophyta*)
- Algas azules (*Cyanophyta*)¹

Las algas pueden, además, presentar tamaños heterogéneos, desde las denominadas *macroalgas* que pueden llegar a medir hasta los 50 metros de altura, hasta las *microalgas*, que apenas miden unas micras (Osuna Ruiz et al., 2016). Son capaces de ocupar cualquier tipo de hábitat, siempre que cuenten con iluminación y la humedad suficiente (Punín Crespo, 2005), pero principalmente se encuentran asociados a los ambientes acuáticos, como el mar y los ríos. Es importante destacar su relevancia en los ecosistemas marianos, pues además de preservar la vida de los océanos contribuyen en la producción del oxígeno atmosférico (Osuna Ruiz et al., 2016).

A lo largo de la historia, las culturas occidentales han encontrado empleos diversos en las algas, en función de las civilizaciones, como abono para la tierra, en la fabricación de vidrio o la extracción de yodo, y en la industria moderna recae su importancia como materia prima en la industria de los ficocoloides (Punín Crespo, 2005). A partir de estos polisacáridos se obtienen distintos agentes gelificantes, espesantes y estabilizantes, que permiten su uso en diversos ámbitos como en la industria alimentaria, productos del hogar, cosmética, o biomedicina, entre otros (Gómez Ordoñez, 2013).

¹ La expresión correcta para referirse a este tipo de organismos es Cianobacterias. A diferencia de las algas, se tratan de organismos procariotas que realizan la fotosíntesis oxigénica.

Desde la antigüedad se han consumido como alimento en países orientales como China, Japón o Corea, así como en las islas del océano Pacífico y Chile al contrario de la cultura occidental, donde se emplearon como alimento para las poblaciones más pobres, o bien se consumen en algunas zonas del noroeste europeo, como Irlanda (Bradford, 2000).

Aproximadamente, 200 especies de algas son destinadas al consumo humano aprovechando sus propiedades nutritivas y tecnológicas (Palasí Mascarós, 2015). La gastronomía japonesa ha sido el principal referente del desarrollo de su potencial culinario, que se ha extendido y popularizado en los países desarrollados (Bradford, 2000; Quiral et al., 2019). También suponen una alternativa más como una valiosa fuente de nutrientes en las dietas vegetarianas y veganas (Paz Montelongo, 2018).

4. Objetivos.

El objetivo del presente trabajo es exponer la importancia de las algas como alimento, y como ingrediente en la industria alimentaria. Se estudiarán sus propiedades tecnológicas y nutritivas, diferenciando entre géneros de algas. También se aportará información acerca de su valor nutritivo, su expansión a nivel comercial, y la reglamentación disponible para el control y la seguridad alimentaria.

5. Material y método.

Para realizar este trabajo se recopilaron datos e información a partir de distintas fuentes bibliográficas: tesis doctorales, trabajos de fin de grado, recopilaciones de datos oficiales publicados por organismos internacionales (FAO), artículos científicos, reseñas bibliográficas y trabajos experimentales.

La fuente principal usada para la búsqueda de los trabajos fue el Google scholar. Los filtros principalmente empleados se basaron en la búsqueda de publicaciones relativamente recientes, entre 2014 y 2020. Se emplearon en la búsqueda diferentes palabras clave tanto en español como en inglés:

- *algas, algas rojas, pardas y verdes, composición, compuestos bioactivos, propiedades tecnológicas, consumo, producción.*
- *seaweeds, algae, red, brown and green seaweeds, composition, bioactive compounds, technological properties, consumption, production.*

6. Mercado de algas comestibles.

En 2017 se estimó que la producción mundial de plantas acuáticas, principalmente algas marinas, alcanzó los 32,9 millones de toneladas, de los cuales el 96,6% fueron producto de cultivo (FAO, 2019). En la Tabla 1 se muestran los datos de producción de algas diferenciando entre continentes y también si proceden de aguas continentales o a partir del mar. Se observa como la producción en aguas continentales es casi insignificante en comparación con las áreas marinas. Asia es el principal productor, con un 97,2% del total, seguido a mucha distancia de América y Europa. En Asia (Tabla 2), se cultivan principalmente algas rojas seguidas de las pardas, mientras que la contribución de las algas verdes es muy pequeña. A consecuencia del elevado interés que han suscitado las algas en la Unión Europea (UE), se ha llegado a importar cerca de 180.000 toneladas de algas y derivados de éstas en el año 2016, siendo Francia el mayor mercado de consumo (FAO, 2018).

Tabla 1. Producción de algas en 2017.

Área		Toneladas
África	Aguas continentales	92
	Área marina	151.185
Total:		151.277
América	Aguas continentales	74
	Área marina	485.782
Total:		485.856
Asia	Aguas continentales	77.309
	Área marina	31.910.546
Total:		31.987.855
Europa	Aguas continentales	156
	Área marina	273.240
Total:		273.397
Oceanía	Área marina	23.505
Total global:		32.921.890

Tabla 2. Cultivo de algas en Asia en 2017.

<i>División</i>	<i>Miles de toneladas</i>
<i>Rhodophyta</i> (algas rojas)	17.139,4
<i>Phaeophyta</i> (algas pardas)	13.824,3
<i>Chlorophyta</i> (algas verdes)	35,5
Plantas acuáticas diversas	988,7

Las mayores exportaciones provienen desde Asia, seguido de países de África como Tanzania y Madagascar, o Chile, en Suramérica. Los países de Asia del Este y Suroeste contribuyen a la mayor parte de los cultivos de algas que se emplean en la industria de los hidrocoloides. No obstante, ciertas especies destinadas a alimentación humana son monopolizadas por países en concreto, como en el caso de Japón, el cual aporta el 90% de la producción de *Porphyra spp.*, *Laminaria spp.*, y *Undaria pinnatifida* (FAO, 2018).

Las corrientes migratorias y la globalización (Paz Montelongo, 2018) han permitido que sea cada vez más común encontrar en el mercado europeo. Si bien la mayoría de las algas comestibles que se importan a Europa provienen de Asia, España destaca en ser uno de los principales productores de agar, *Laminaria spp.*, y *Undaria pinnatifida* a nivel europeo (Paz Montelongo, 2018). Así, destacan los cultivos de las costas gallegas, cuyas instalaciones para producción de carragenina se encuentran entre las mejores del continente (Punín Crespo, 2005).

En la Tabla 3 se muestran las algas comestibles más comercializadas. Los principales tipos de algas pardas utilizadas como alimento son *Laminaria*, *Undaria* e *Hizikia*, mientras que *Porphyra* es el alga roja más comercializada. Dulce (*Palmaria palmata*), otra alga roja, se emplea, en menor escala y principalmente en Europa junto con el musgo de Irlanda (*Chondrus crispus*) como alimento y condimento. Entre las algas verdes, *Ulva* y *Monostroma* se utilizan en ensaladas, sopas o aditivos para mejorar los sabores de los alimentos, (Capuzzo et al., 2016). Entre las microalgas más reconocidas en el mercado se encuentran *Chlorella*, un alga verde, y *Arthrospira*,

cianobacteria, ambas empleadas tanto como ingredientes como suplemento alimenticio (Sahni et al., 2019). Otras algas se consumen únicamente en los propios países productores: *Eisenia bicyclis* (Japón), *Durvillaea antarctica* (Chile) o *Himanthalia elongata* (Galicia, España). (Anexo I)

Tabla 3. Algas comestibles clasificadas taxonómicamente y nombre común.		
División	Especie	Nombre común
Phaeophyta (algas pardas)	• <i>Laminaria spp</i>	→ Kombu
	• <i>Undaria pinnatifida</i>	→ Wakame
	• <i>Eisenia bicyclis</i>	→ Arame
	• <i>Hizikia fusiforme</i>	→ Hiziki o hijiki
	• <i>Durvillaea antarctica</i>	→ Cochayuyo
	• <i>Himanthalia elongata</i>	→ Espagueti o correa de mar
Rhodophyta (algas rojas)	• <i>Porphyra spp</i>	→ Nori
	• <i>Palmaria palmata</i>	→ Dulse
	• <i>Chondrus crispus</i>	→ Irish moss o musgo de irlanda
Chlorophyta (algas verdes)	• <i>Ulva lactuca</i>	→ Lechuga de mar
	• <i>Chlorella spp</i>	→ Clorela
Cyanophyta (cianobacterias)	• <i>Arthrospira spp</i>	→ Spirulina

Las algas se consumen en diferentes formatos: deshidratada, fresca, en polvo, en conserva y, sobre todo, combinadas con otros ingredientes (Palasí Mascarós, 2015). China junto con Japón y Filipinas son los mayores consumidores de algas comestibles. Se estima que el consumo de algas diario de un japonés está entre 4,3 y 5,3 g/día. Estas cifras se han mantenido constantes desde los últimos cuarenta años, donde se ha observado un elevado consumo de algas nori y wakame, mientras que ha disminuido el de kombu (Zava y Zava, 2011).

En la actualidad se conocen pocos datos acerca del consumo de algas como alimento en países occidentales. Este hecho es destacado en estudios de evaluación del riesgo de metales pesados en algas comestibles, en los cuales se emplean aproximaciones a partir de datos de consumo de países asiáticos como Japón (Cherry et al., 2019; Rubio et al., 2017).

7. Control y seguridad alimentaria.

Actualmente la reglamentación para la comercialización, producción y control de algas en el marco europeo es relativamente escasa. En la Tabla 4 se indican los reglamentos de la UE.

Tabla 4. Reglamentos del marco europeo relativos a las algas comestibles.

- Reglamento (CE) n° 258/97 de 27 de enero de 1997, del Parlamento Europeo y del Consejo, **sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios.**

- La Recomendación (97/618/CE) de 29 de julio de 1997, de La Comisión relativa **a los aspectos científicos y a la presentación de la información necesaria para secundar las solicitudes de puesta en el mercado de nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios.**

- El Reglamento (CE) n° 710/2009 de 5 de agosto de 2009 que modifica el Reglamento (CE) n° 889/2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n° 834/2007, en lo que respecta **a la fijación de disposiciones de aplicación para la producción ecológica de animales de la acuicultura y de algas marinas.**

- La Recomendación (UE) 2018/464 de 19 de marzo de 2018, de La Comisión relativa **al control de metales y yodo en las algas marinas, las plantas halófilas y los productos a base de algas marinas.**

En algunos países de la UE, como es el caso de Francia, existen ya legislaciones específicas para la puesta en el mercado de las algas para el consumo humano y que aseguran su inocuidad. Así, algunos países no considerarían a las algas como “nuevo alimento” al haberse implantado en su mercado desde antes del 15 de mayo de 1997 (Gómez Ordoñez, 2013).

Sin embargo, no hay legislaciones específicas para el consumo de algas y productos derivados en la mayoría de países del marco europeo, más allá de la Recomendación 2018/484 de la Comisión para el control de metales y yodo en algas. Es necesario que los operadores y empresarios controlen el contenido de yodo en las algas y los productos asociados con el objetivo de unos niveles aceptables de estos elementos que no impliquen un riesgo para la salud pública. Existen estudios que recomiendan el refuerzo de los controles de calidad de los suplementos alimenticios producidos a partir

de las microalgas que llegan al mercado, al encontrar niveles poco aceptables de metales como aluminio o plomo (Rzymiski et al., 2019).

8. Propiedades tecnológicas de las algas.

La incorporación de las algas como ingrediente en alimentos favorece la textura y palatabilidad de estos; mejora sus propiedades físicas, el rendimiento en determinados productos, y posibilita la sustitución de ciertos aditivos. Así, proteínas y fibras favorecen la solubilidad, capacidad de retención de agua, actividad emulsionante, estabilidad de espumas, viscosidad y gelificación (Palasí Mascarós, 2015).

Por ejemplo, la funcionalidad de algas en productos cárnicos procesados, como hamburguesas, salchichas y emulsiones cárnicas, presenta múltiples beneficios desde el punto de vista tecnológico. Las algas pueden influir en el pH debido a componentes ácidos como fucoïdanos y ácido algínico; en la estabilidad gracias a los antioxidantes que retardan el enranciamiento de estos productos; su alto contenido en sales minerales permite disminuir la adición de sal y mejorar las propiedades de retención de agua en el alimento, además de disminuir el porcentaje de grasas saturadas (Quitral et al., 2019). También es destacable su aplicación en productos a base de cereales (Figura 1), como el pan, harina o pasta, donde mejora la interacción entre gránulos de almidón y matriz proteica (Ścieszka y Klewicka, 2018).



Figura 1. Producto a base de cereales al que se le ha incorporado algas como ingrediente.

Por otro lado, el uso de las algas en la alimentación ha sido más enfocado hacia la incorporación de sus extractos ricos en determinados componentes, a los alimentos de consumo humano. El ejemplo más evidente son los ficocoloides, los cuales son el componente estructural de las paredes celulares de las algas. Se trata de un conjunto de polisacáridos que poseen la función de contribuir a la estabilización de emulsiones, suspensiones y espumas, además de controlar el crecimiento de cristales.

Estos compuestos, principalmente alginatos, agar y carregenanos, se suelen emplear en la industria alimentaria para la producción de geles y gelatinas, o dar una

consistencia similar, si bien cada uno posee características diferentes. En la Tabla 5 se muestran las principales algas de las que se extraen los ficocoloides más importantes a nivel comercial y sus usos.

Tabla 5. Ficocoloides (Gómez Ordoñez, 2013; Ścieszka y Klewicka, 2018).		
<i>Phaeophyta</i>		
Ficocoloides	Origen	Aplicación industrial
Alginatos		
(β -(1,4)-ácido manurónico y α -(1,4)-ácido gulurónico)	<i>Laminaria</i> , <i>Ascophyllum</i> , y <i>Lessonia</i>	Productos enlatados y lácteos. Regula la viscosidad al mejorar la retención de agua, y se usa como estabilizador en cervezas.
<i>Rhodophyta</i>		
Ficocoloides	Origen	Aplicación industrial
Agar		
(D-galactosa y (3,6)-anhidro-D-galactosa sulfato)	<i>Gelidium</i> spp y <i>Gracilaria</i> spp.	Su alto punto de fusión permite que se emplee en productos de repostería, además de para gelatinas y productos cárnicos enlatados.
Carragenanos		
(D-galactosa y (3,6)-anhidro-L-galactosa sulfato)	<i>Chondrus crispus</i> , <i>Kappaphycus alvarezii</i> y <i>Eucheuma denticulatum</i> .	Facilita el mantenimiento y textura de productos lácteos. Su alta capacidad de retención de agua lo hace útil en productos cárnicos.

Además, su incorporación a los alimentos se relaciona estrechamente con el aumento de su calidad nutricional, ya que los ficocoloides constituyen un porcentaje importante de la fibra alimentaria contenida en las algas, al mismo tiempo que aportan una mayor capacidad de retención de agua y mejora en las propiedades de unión de la grasa.

El empleo de las microalgas llega a ser tan válido como el de las macroalgas, ya que también contienen grandes cantidades de biopolímeros estructurales (proteínas y carbohidratos) que podrían mostrar interesantes funcionalidades tecnológicas en productos alimenticios, principalmente como texturizadores, estabilizadores o emulsionantes (Bernaerts et al., 2019).

9. Composición de las algas y propiedades nutricionales.

Las algas o sus extractos se pueden incorporar como ingredientes con el fin de mejorar la calidad y aportar propiedades nutricionales distintas a las del producto original. Asimismo, muchas algas se comercializan como suplementos alimentarios, ya que presentan un aporte nutricional superior al de los alimentos fortificados (Sahni et al., 2019). Además, su incorporación puede suponer una ventaja en el desarrollo de alimentos con menor contenido lipídico y con mejores fuentes de proteínas, minerales y fibra dietética destinados para consumidores celíacos entre otros (Fradinho et al., 2019).

Actualmente existe una gran variedad de estudios que exponen el potencial de explotación farmacológica de las sustancias bioactivas que presentan las algas, y los posibles beneficios sobre la salud que hacen de ellas un alimento novedoso y atractivo para el consumidor. Entre las propiedades descritas destacan la capacidad antioxidante, antimutagénica, antitumoral, antiangiogénica, antiproliferativas, antiinflamatorias, e inmunomoduladoras, entre otras (Osuna Ruiz et al., 2016). No obstante, la disponibilidad de dichos compuestos, así como su concentración, es muy variable y depende de la estacionalidad del muestreo, la entidad taxonómica, la ubicación y las condiciones de crecimiento (Schepers et al., 2020).

9.1. Vitaminas y Minerales:

Las algas poseen una cantidades considerablemente altas y variadas tanto de vitaminas como de minerales, con lo que su uso como suplemento dietético es muy valorado, especialmente en las microalgas como *Haematococcus*, *Dunaliella*, y *Chlorella* (algas verdes), o *Arthrospira* (cianobacteria) (Rzymiski et al., 2019).

Destacan los contenidos en vitaminas E y C, las cuales tienen propiedades antioxidantes, también vitamina A y del complejo B, como riboflavina, niacina, ácido pantoténico, ácido fólico, junto con la cianocobalamina (B₁₂), lo cual es un reclamo para suplir el déficit que los veganos y vegetarianos poseen debido a las restricciones de su dieta (Palasí Mascarós, 2015; Quitral et al., 2019). Hay estudios que concluyen que las algas son productoras de análogos no cobalamínicos de esta vitamina que no son aprovechables en humanos, por lo que su biodisponibilidad en las algas es un tema controvertido (Millán Lence, 2015).

Las algas aportan sodio, potasio, calcio, magnesio, azufre, fósforo, iodo, hierro, cobre, manganeso y cloro, junto con otros oligoelementos como flúor, litio, selenio, cobalto y zinc.

A pesar de que estos elementos intervengan de forma adecuada en el mantenimiento del organismo, también existen estudios en donde se destacan que las elevadas cantidades de yodo encontradas en las algas podrían ser contraproducentes para la salud, pues su exceso afecta principalmente al aumento de la producción de hormonas tiroideas, degenerando a un hipertiroidismo (González et al., 2019). En un informe de la AESAN acerca de la contribución de las algas a la ingesta de yodo, se considera que su consumo no es significativo en la dieta de los españoles como para superar la ingesta diaria recomendada, por lo que el riesgo es bajo (AECOSAN, 2012).

Por otro lado, la capacidad de absorción y acumulación de metales de los vegetales del mar podrían hacer de estas unos posibles reservorios de metales tóxicos, como mercurio, cadmio, o plomo (Paz Montelongo, 2018).

9.2. Polifenoles y Fitoesteroles:

Los polifenoles de las algas son derivados del floroglucinol (1,3,5-trihidroxibenceno) con una gran variedad de grupos y moléculas, que les confiere una potencial amplia gama de actividades biológicas con alta capacidad antioxidante y con actividad específica que afecta la expresión de genes (Fernández Pérez et al., 2015; Millán Lence, 2015). Las algas verdes y rojas tienen un bajo contenido de polifenoles con respecto a las pardas, las cuales pueden llegar a tener un 14% en materia seca en especies de *Ascophyllum* y *Fucus* (Gómez Ordoñez, 2013). Los polifenoles se han considerado tradicionalmente como poco bioasimilables, pero algunos estudios indican un incremento en la capacidad antioxidante del plasma después de su ingestión formando parte de alimentos o bebidas. Por otra parte, algunos estudios epidemiológicos han encontrado una asociación entre el elevado consumo de polifenoles en la dieta y la baja incidencia de enfermedades crónicas (Millán Lence, 2015).

Los fitoesteroles por su parte han ganado reconocimiento por ser ingredientes funcionales para enriquecer alimentos, como un método para la reducción de los niveles de colesterol en sangre, con lo que su ingesta es favorable para prevenir enfermedades coronarias y cardiovasculares (Millán Lence, 2015; Schepers et al., 2020).

Las algas contienen fitosteroles específicos, como fucosterol y saringosterol, que han demostrado ejercer efectos neuromoduladores sobre la integridad y la cognición de la sinapsis, otorgando beneficios para la prevención y tratamiento de enfermedades del sistema nervioso central por sus propiedades de modulación sobre los procesos neuroinflamatorios. Es importante destacar que las especies de las algas *Phaeophyta* presentan mayores contenidos de estos fitosteroles respecto de otras especies (Schepers et al., 2020).

Por otro lado, estudios centrados en los fitosteroles de microalgas han mostrado que tienen propiedades antiinflamatorias, anticancerígenos, inmunomoduladores, actividad neuromoduladora, reducción del colesterol y actividad antioxidante (Sahni et al., 2019).

9.3. Ácidos grasos y Fibra dietética:

Desde el punto de vista nutricional las algas son consideradas alimentos bajos en calorías, pobres en grasa y muy ricos en fibra dietética.

Su contenido de materia grasa varía de 1 a 6 g/100 g en peso seco, y depende de la especie, junto con otros factores ambientales (Quitral et al., 2019).

Aun así, de forma general, las algas destacan por sus altas cantidades de ácidos grasos poliinsaturados (AGPs) de cadena larga de la serie omega-3, más concretamente, ácidos eicosapentanoico (EPA) y docosahexanoico (DHA). Asimismo, las algas pardas suelen presentar altos contenidos de ácido araquinódico (ARA), mientras que algas rojas y verdes suelen ser más ricas en EPA y DHA, respectivamente (Gómez Ordoñez, 2013; Harwood, 2019; Quitral et al., 2019).

Por lo tanto, las algas son una fuente dietética de estos ácidos grasos, lo que supone una alternativa frente al pescado. Tanto EPA como DHA poseen efectos beneficiosos para la salud, entre los cuales destacan un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares, artritis y una mejor función cerebral (Harwood, 2019). También el DHA se ha relacionado con una mejora de la salud ocular y adecuado funcionamiento cerebral en niños (Sahni et al., 2019).

La cantidad de fibra alimentaria que aportan las algas comestibles varía mucho dependiendo de la especie, y se encuentra entre 33-62% en peso seco, lo cual es un dato muy alto en comparación con el aporte de hortalizas y frutas (Gómez Ordoñez, 2013;

Pal et al., 2014). Este alto porcentaje podría ayudar a contrarrestar enfermedades del tracto digestivo, obesidad, enfermedades cardiovasculares o diabetes; además de contribuir a la actividad anticancerígena, antioxidante, antihipertensiva y una mejora de la microbiota y el tránsito intestinal. El aporte de fibra que representa el consumo de algas ayudaría a satisfacer las necesidades de fibra establecidas para la población adulta que actualmente es de 25-35 g/día (Palasí Mascarós, 2015).

En las algas se pueden encontrar fracciones de fibra soluble e insoluble en distintos porcentajes. Las algas pardas contienen los mayores valores de fibra dietética total (*Undaria*, 58%) e insoluble (*Fucus*, 40%), mientras que las algas con mayor contenido en fibra soluble son las rojas (*Chondrus*, 15% y *Porphyra*, 22%) (Palasí Mascarós, 2015). La celulosa es el principal componente de la fibra insoluble en las algas tanto pardas como rojas y verdes. Los polisacáridos contribuyentes a la fracción soluble son característicos en función de la especie taxonómica: en algas verdes se encuentran xinalos, ulvano y galactasos sulfatados; en algas rojas predominan carragenano, agar, xilanos y mananos; y en las pardas, laminaros, alginatos y fucanos (Gómez Ordoñez, 2013; Pal et al., 2014).

9.4. Proteínas:

Las algas contienen cantidades altas de proteínas (10-30% peso seco), siendo las algas verdes y rojas más ricas que las pardas. De forma general, la ingesta de una ración de algas secas (30 g) supone una importante contribución a la ingesta diaria de proteínas, entre 7,5 y 14,6% para hombres y mujeres, respectivamente (Astorga-España et al., 2016).

No obstante, los contenidos de proteínas, péptidos, y de aminoácidos esenciales y no esenciales pueden variar en función de múltiples factores tales como el género, el origen geográfico y las variaciones estacionales, ambientales y fisiológicas (Gómez Ordoñez, 2013; Millán Lence, 2015; Astorga-España et al., 2016).

Las algas contienen, en su mayoría, todos los aminoácidos esenciales y son una muy buena fuente de los ácidos aspártico y glutámico, especialmente las pardas. Estos altos niveles contribuyen al sabor de las algas y productos marinos. Otros aminoácidos, tales como alanina, leucina, lisina, glicina, serina y arginina, también se presentan en altas concentraciones. La relativamente alta concentración de lisina es de particular interés, porque este aminoácido esencial es el aminoácido limitante en los cereales. En

contraste, metionina e histidina fueron los aminoácidos con las concentraciones más bajas en las proteínas de las algas (Astorga-España et al., 2016).

10. Conclusiones.

1. El consumo de algas se ha incrementado en los países occidentales en los últimos años, siendo Asia la principal productora a nivel mundial.
2. Las algas poseen componentes con propiedades nutritivas y tecnológicas, que les confieren una alta versatilidad para su aplicación en la industria alimentaria, entre los que destacan los ficocoloides, los cuales son componentes estructurales.
3. Las sustancias biológicamente activas que forman parte de la composición de las algas presentan beneficios evidentes para la salud, como ácidos grasos de la serie omega-3, fitoesteroles y polifenoles entre otros.
4. El uso de las algas como suplemento o ingrediente alimentario podría enriquecer la calidad nutritiva de productos elaborados, en especial los destinados a grupos de población tales como veganos, vegetarianos o celíacos.
5. Se precisan más estudios sobre el consumo diario de las algas dentro de los países occidentales para mejorar y controlar los niveles de sustancias perjudiciales para la salud humana.

11. Bibliografía.

- AECOSAN.** (2012) *Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre la evaluación del riesgo asociado al consumo de algas macroscópicas con alto contenido en yodo.* Revista del comité científico 1-16. Disponible desde internet en: http://www.aecosan.mssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/YODO_MACROALGAS.pdf
- Astorga-España, M.S.;** Rodríguez-Galdón, B.; Rodríguez-Rodríguez, E.M. y Díaz Romero, C. (2016) Amino acid content in seaweeds from the Magellan Straits (Chile). *Journal of Food Composition and Analysis* 53:77–84.
- Bernaerts, T.M.M.;** Gheysenb, L.; Foubertb, I.; Hendrickxa, M. y Van Loeya, A.M. (2019) *The potential of microalgae and their biopolymers as structuring ingredients in food: A review.* *Biotechnology Advances* 37(8):107419.
- Bradford, M.** (2000) *Algas, las verduras del mar.* Editorial Océano, Barcelona.
- Cherry, P.;** O’Hara, C.; Magee, P.J.; McSorley, E.M. y Allsopp P.J. (2019) *Risks and benefits of consuming edible seaweeds.* *Nutrition Reviews* 77(5):307–329.
- FAO** (2018) *The global status of seaweed production, trade and utilization.* Globefish Research Programme, nº 124, Roma.
- FAO** (2019) *FAO yearbook. Fishery and aquaculture statistics 2017,* Roma.
- Fernández Pérez, M.D.;** Hernández Balmaseda I. y Regueira Betancourt, S.M. (2015) *Bioactivos marinos en el tratamiento del cáncer.* *Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta* 40(7).
- Fradinho, P.;** Raymundo, A.; Sousa, I.; Domínguez, H. y Torres M.D. (2019) *Edible brown seaweed in gluten-free pasta: technological and nutritional Evaluation.* *Foods* 8(12):622.

- Gómez Ordoñez, E.** (2013) *Evaluación nutricional y propiedades biológicas de algas marinas comestibles. Estudios in vitro e in vivo*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, España.
- González, A.;** Paz, S.; Rubio, C.; Gutiérrez y Hardisson, A. (2019) *Human exposure to iodine from the consumption of edible seaweeds*. Biological Trace Element Research. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01996-w>
- Harwood, J.L.** (2019) *Algae: critical sources of very long-chain polyunsaturated fatty acids*. Biomolecules 9(11):708.
- Millán Lence, R.** (2015) *Consumo de algas marinas: su influencia en el valor nutritivo de la dieta y en diversos parámetros fisiológicos*. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela, España.
- Osuna Ruiz, I.;** Hurtado Oliva, M.A.; Nieves Soto, M.; Manzano Sarabia, M.M.; Burgos Hernández, A.; Lizardi Mendoza, J. y Hernández Garibay, E. (2016) *Algas marinas: potencial fuente de compuestos contra el cáncer*. Disponible desde internet en: <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/online/AlgasMarinas.pdf>
- Pal, A.;** Kamthania, M.C. y Kumar, A. (2014) *Bioactive compounds and properties of seaweeds: a review*. Open Access Library Journal 1(4):752.
- Palasí Mascarós, J.T.** (2015) *Caracterización físico-química y nutricional de algas en polvo empleadas como ingrediente alimentario*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Valencia, España.
- Paz Montelongo, S.** (2018) *Determinación de metales y elementos traza en algas, evaluación nutricional y toxicológica*. Tesis doctoral. Universidad de la Laguna, España.
- Punín Crespo, M.O.** (2005) *Estudio de algas de consumo humano producidas y manufacturadas en Galicia: Evaluación de su seguridad alimentaria*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, España.

- Quitral, V.;** Jofré, M.J.; Rojas, N.; Romero, N. y Valdés, I. (2019) *Algas marinas como ingrediente funcional en productos cárnicos*. Revista Chilena de Nutrición 46(2):181-189.
- Rubio, C.;** Napoleone, G.; Luis-González, G.; Gutiérrez, A.J.; González-Weller, D.; Hardisson, A. y Revert, C. (2017) *Metals in edible seaweed*. Chemosphere 173:572-579.
- Rzymiski, P.;** Budzulak, J.; Niedzielski, P.; Klimaszuk, P.; Proch, J.; Kozak, L. y Poniedziałek, B. (2019) *Essential and toxic elements in commercial microalgal food supplements*. Journal of Applied Phycology 31:3567-3579.
- Sahni, P.;** Aggarwal, P.; Sharma, S. y Singh, B. (2019) *Nuances of microalgal technology in food and nutraceuticals: a review*, Nutrition & Food Science 49(5):866-885.
- Schepers, M.;** Martens, N.; Tiane, A.; Vanbrabant, K.; Liu, H.B.; Lütjohann, D.; Mulder, M. y Vanmierlo, T. (2020) *Edible seaweed-derived constituents: an undisclosed source of neuroprotective compounds*. Neural Regeneration Research 15(5):790-795.
- Ścieszka S. y Klewicka S.** (2018) *Algae in food- a general review*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 59(21):3538-3547.
- Zava, T.T. y Zava, D.T.** (2011) *Assessment of Japanese iodine intake based on seaweed consumption in Japan: a literature based analysis*. Thyroid Research 4:14.

12. Anexo I.

Phaeophyta (Algas pardas)

Alga wakame



Alga cochayuyo



Espagueti de mar



Rhodophyta (Algas rojas)

Algas nori



Alga dulce



Irish moss



Chlorophyta (Algas verdes)

Lechuga de mar



Clorela



Cyanophyta (Cianobacterias)

Spirulina

