

Las algas: potencial nutritivo y aplicaciones cosméticas

Nathalie Bourgougnon¹, Gilles Bedoux¹, Amélie Sangiardi¹, Valérie Stiger-Pouvreau²

1. Université européenne de Bretagne, Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines, Université de Bretagne-Sud, Campus de Tohannic, 56017 Vannes, France.

2. Université européenne de Bretagne, Laboratoire Environnement Marin, Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Technopôle Brest-Iroise, Rue Dumont d'Urville, 29280 Plouzané, France.

Dirección e-mail: nathalie.bourgougnon@univ-ubs.fr

Resumen

Las algas representan una parte importante de los recursos marinos explotados en nuestro planeta. De hecho, cada año se recogen en el mundo 11,3 millones de toneladas de algas frescas, con un valor de 5.700 millones de dólares. Las $\frac{3}{4}$ partes de esta producción tienen lugar en los países asiáticos, como China, Corea y Japón, y se destinan principalmente a la alimentación. Se cultivan alrededor de 220 especies de algas; sin embargo, 6 géneros *Laminaria* (Kombu; 40,1%), *Undaria* (Wakame; 22,3%), *Porphyra* (Nori; 12,4%), *Euclima/Kappaphycus* (11,6%) y *Gracilaria* (8,4%) representan el 94,8% de la producción de algas, y 4 géneros (*Laminaria* 47,9%, *Porphyra* 23,3%, *Undaria* 17,7% y *Gracilaria* 6,7%) totalizan el 95,6% de su valor. Las aplicaciones alimentarias directas (« alga como verdura ») representan el principal mercado mundial en valor y volumen (76,1% del tonelaje y 88,3% del valor). Evidentemente, estas cifras son así de elevadas como consecuencia del importante consumo directo que tiene lugar en los países del Sudeste asiático. Allí las algas están presentes desde hace milenios y son un producto muy apreciado por el consumidor. Las aplicaciones de tipo hidrocoloide, con un 11,2% del tonelaje y el 10,8% en términos de valor, constituyen la segunda utilización, muy por detrás del alga para uso alimentario. Los hidrocoloides explotados industrialmente son principalmente el alginato, la carragenina y el agar. Se trata de polisacáridos cuyas propiedades texturizantes específicas (espesamiento, gelificación, estabilización) se utilizan en numerosas

aplicaciones. Las $\frac{3}{4}$ partes de estas aplicaciones son alimentarias (aditivos desde E400 a E407 de la nomenclatura europea). Un sector emergente es el de los complementos alimentarios (10,8% del tonelaje y un valor actualmente subestimado del 0,9%) (FAO, 1994, Chopin & Sawhney, 2009). El sector de la cosmética marina se desarrolla desde hace 2 décadas con la utilización de los hidrocoloides como agente texturizante. Más recientemente se han incorporado extractos de algas en los productos cosméticos debido a sus principios activos; por ejemplo, la acción anti-edad.

1. Las algas en el contexto francés y en Bretaña

Francia se sitúa en el 7º lugar del mundo en cuanto a producción de macroalgas y autoriza la venta de 23 especies de algas destinadas al consumo humano. Algunas de ellas se cultivan en el archipiélago de Bréhat, en la costa norte de Bretaña. Esta región, que comprende cerca de 800 islas e islotes, posee 2.700 kilómetros de costas y uno de los campos de algas más grandes de Europa. Por ello, las algas marinas de las costas bretonas suponen una producción vegetal natural extremadamente importante y diversificada. Estos campos de algas se explotan en determinados momentos del año, ya sea en barco (Figura 1) o a pie.

Las algas proliferan en estas costas gracias a las condiciones óptimas que se dan para su desarrollo, a la escasa profundidad de los fondos rocosos y al constante drenaje producido por las corrientes y la amplitud de la marea. De este modo, en el litoral bretón hay actualmente censadas alrededor de 700 especies de algas (Arzel, 2000, Dizerbo y Herpé, 2007). La recolección y utilización de las algas pertenece a la economía patrimonial del litoral y representa el 90% de la producción francesa. Esta actividad, considerada marginal durante mucho tiempo, ha sido el modo de vida de muchas personas desde



Figura 1. Recogida de algas pardas en Bretaña

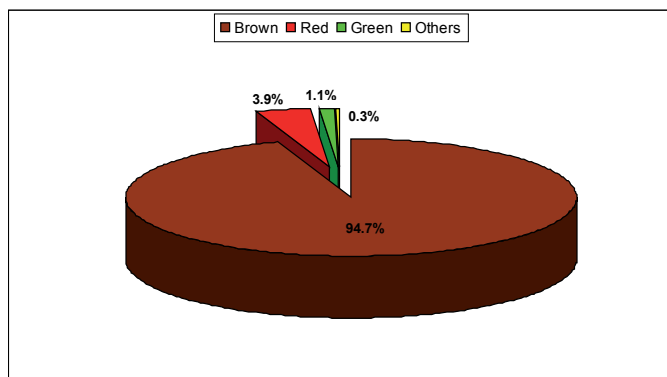


Figura 2. Porcentaje de los tres grupos principales de macroalgas recogidas en Bretaña en 2009 (Bourgougnon y Stiger-Pouvreau, 2011)

hace varios siglos. En un primer momento fueron los habitantes de la costa quienes explotaban este cultivo para destinarlo al autoconsumo. Así, las algas se convirtieron en una fuente de ingresos para una gran cantidad de familias. De hecho, se pueden utilizar para abonar el campo y también como combustible. La mejora en el rendimiento y la profesionalización de esta actividad condujo a su regularización por parte del Servicio de Asuntos Marítimos. El comercio de algas aumentó debido a que la industria de la sosa, y después la del yodo, se interesó por los habitantes de la costa para realizar las labores de recogida. Parece que una de las primeras fábricas que se instalaron en Bretaña fue la de Conquet, en el Finisterre francés, construida en 1828. Desde la década de 1920, las empresas comenzaron a utilizar algas cada vez con más frecuencia (Arzel, 1987). La extracción de sosa y yodo y el posterior descubrimiento de los coloides trajeron consigo una implantación progresiva de empresas en el litoral bretón. A partir de los años 80 fueron múltiples las empresas que mostraron interés, desde el sector de la cosmética hasta el agroalimentario pasando por el farmacéutico y la talasoterapia. Una sesentena de barcos equipados recogen las algas laminarias entre Pleubian y la punta de Permach, pasando principalmente por las zonas de Abers y el archipiélago de Molène. Cada año, entre 50.000 y 60.000 toneladas de algas, fundamentalmente pardas (Figura 2), son recogidas en Bretaña para su transformación en coloides que se utilizan en la industria agroalimentaria y cosmética, o sirven como abono.

Las algas se vienen utilizando en la medicina china desde hace milenios. Gracias a su gran diversidad biológica, las algas marinas suponen una fuente de nuevos

principios activos interesantes en los sectores agroalimentario, farmacéutico y cosmético. Se han determinado químicamente más de 15.000 compuestos originales (Ioannou y Roussis, 2009, Bourgougnon y Stiger-Pouvreau, 2011). Asimismo, los productos derivados de las macroalgas poseen una amplia gama de actividades biológicas: son antibacterianos, antifúngicos, antivirales, antineoplásicos, anticoagulantes, tóxicos, antitumorales, antipalúdicos, antihelmínticos, antiinflamatorios, antiprotozoarios, inmunosupresores, etc. (Bourgougnon y Stiger-Pouvreau, 2011).

2. Potencial nutritivo de las algas

Las algas pueden incluirse en dietas normales y en dietas especiales como complemento o aporte específico. De hecho, sus propiedades nutritivas aportan prometedoras perspectivas que, en el mundo occidental, constituyen otra vía para la valorización de las algas en la alimentación humana (MacArtain et al., 2007). Los componentes principales de las algas son los hidratos de carbono, con un 53%, seguidos por los minerales (25%) y las proteínas (20%) (Figura 3).

2.1 Los minerales

Las algas toman del mar una gran variedad de elementos minerales. Los tres grandes grupos de algas (Heterokontophyta o algas pardas, Rhodophyta o algas rojas, Chlorophyta o algas verdes) son prácticamente equivalentes en cuanto a la cantidad de minerales. No obstante, se puede observar una ligera ventaja en las pardas y las rojas (hasta el 36% de la masa seca) frente a las verdes (hasta el 30%).

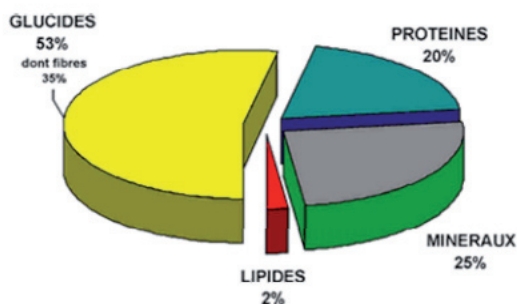


Figura 3. Composición media de las algas (% de materia seca)

Existe una amplia diversidad de elementos. Además de macroelementos como sodio, calcio, magnesio, potasio, cloro, azufre y fósforo, encontramos igualmente una gran cantidad de oligoelementos esenciales como yodo, hierro, zinc, cobre, selenio, molibdeno, flúor, manganeso, boro, níquel y cobalto (los seis primeros de esta lista son oligoelementos esenciales con riesgo de deficiencia). 1.500 millones de personas en el mundo sufren deficiencia de **yodo**; por tanto, el interés del alga como aporte ocasional en la alimentación o como ingrediente suplementario es evidente.

Las laminarias y las fucas pueden acumular, respectivamente, de 1.500 a 8.000 ppm y de 500 a 1.000 ppm en peso seco, principalmente en forma de yodo mineral. Con algunas excepciones, el contenido en las algas rojas y verdes es inferior (100 a 300 ppm en peso seco).

La biodisponibilidad varía en función de la especie y el tratamiento del alimento. Tras ingerir *Laminaria japonica*, el yodo es absorbido en un 98% por la rata y excretado al 100% por el hombre, lo que demuestra una biodisponibilidad total. La suplementación de yodo mediante algas requiere un riguroso control de la recogida y una gestión racional de los lotes de algas en función de la estación para reducir las variaciones estacionales. La deficiencia de yodo representa un problema importante debido a su extensión en el mundo y la gravedad de sus consecuencias. Esta deficiencia es la causa principal del retraso mental en todo el mundo. La prevalencia de bocio en la población mundial se estima en un 12,56% (Valeix, 2003).

En Francia, el consumo medio de **calcio** es de 900 mg/día, pero esta cifra oculta una gran variabilidad individual que expone a grupos importantes (mujeres embarazadas, adolescentes, personas de edad avanzada) a un riesgo de deficiencia. Las algas constituyen una de las fuentes vegetales de calcio más importantes, con niveles que pueden alcanzar el 7% de la masa seca en el caso de las macroalgas. Más interesante aún, el alga roja *Lithothamnium calcareum* o *maërl*, que tiene las paredes impregnadas de carbonato de calcio, contiene del 25 al 34% de calcio. Se utiliza principalmente como abono calcáreo para suelos. Aparece también en el mercado de los complementos alimentarios minerales y de los cosméticos. La biodisponibilidad del calcio del maërl, relacionada con su solubilidad en condiciones gástricas (pH = 1,5), entre otras, está demostrada. *Lithothamnium calcareum* recibió en 1996 una opinión favorable para su utilización en complementos alimentarios

por parte de la Dirección General de Competencia, Consumo y Represión de Fraudes francesa (no publicada) y para su incorporación a la fabricación de panes especiales (BID n° 4/99-079). *Palmaria palmata* (Rhodophyta) y *Undaria pinnatifida* (Heterokontophyta) contienen una cantidad 20 veces superior de calcio que la leche, asociadas a grandes cantidades de potasio y magnesio que ayudan a su asimilación. *Ulva lactuca* (Chlorophyta) contiene el doble de hierro que el germen de trigo y 12 veces más que las lentejas. Las algas contienen una cantidad de magnesio de 5 a 10 veces superior que el germen de trigo. Todas las categorías son también líderes en cuanto al aporte de magnesio. Una cantidad de 5 g en peso seco aporta el 100% de las necesidades diarias.

2.2 Las vitaminas

Las algas contienen prácticamente todas las **vitaminas**, a pesar de las grandes variaciones estacionales. El interés principal reside en los niveles de provitamina A (algas rojas), vitamina C (pardas o verdes) y vitamina E (pardas). En general, hay una gran presencia de vitaminas del grupo B (especialmente B2 y B3), con una peculiaridad en el caso de la vitamina B12: las algas contienen una proporción significativa, a diferencia de las plantas terrestres, en las que no está presente. Si bien algunas vitaminas aparecen en cantidades notables, el interés del contenido de vitaminas de las algas radica, más allá de estos niveles individuales, en el concepto de cóctel.

2.3 Las proteínas y los antioxidantes

Las algas marinas, al menos determinadas especies, presentan una fuente potencial de **proteínas** vegetales que pueden tener gran valor para la alimentación humana o animal. Es el caso principalmente de algunas Chlorophyceae y Rhodophyceae, cuya proporción de proteínas puede alcanzar un nivel del 26 al 35% del peso seco de la planta. Por lo general, las proteínas de las algas están bien equilibradas en aminoácidos, que se encuentran en cantidades importantes en determinadas especies. Los contenidos descritos son comparables, e incluso superiores, a los de ciertas leguminosas como la soja, que es una fuente de proteínas vegetales para la nutrición animal. En cuanto a su composición en aminoácidos, determinadas Ulvas (algas verdes) tienen una proporción de aminoácidos esenciales como la valina, la leucina o la isoleucina comparable a la que presentan las leguminosas.

Asimismo, tienen niveles de metionina y treonina superiores a los encontrados en estas plantas terrestres. *Palmaria palmata*, alga roja más conocida como Dulce, se caracteriza por una fracción proteica constituida principalmente por aminoácidos de interés nutritivo como la valina, la leucina e incluso la metionina. El contenido de proteínas de las algas marinas cambia a lo largo del año y de una especie a otra. La espirulina, microalga de agua dulce, es conocida por sus excepcionales niveles de proteínas (70% de la materia seca). Su digestibilidad en el hombre alcanza el 60% (Fleurence et al., 1995, Fleurence, 1999) (Tabla 1). Entre las proteínas de las algas, hay que citar la presencia de moléculas particulares en determinadas algas rojas y azules: las ficobiliproteínas (Denis et al., 2010). Estos compuestos, formados por un enlace covalente de una bilina (núcleo tetrapirrólico abierto) y una cadena proteica, son los principales pigmentos de estas algas, pigmentos que forman parte del sistema de recogida de energía luminosa. Las ficobiliproteínas (ficocianina de espirulina y ficoeritrina de algas rojas) tienen además propiedades antioxidantes que podrían aprovecharse para la prevención o el tratamiento de enfermedades degenerativas: determinadas formas de cáncer, enfermedades cardiovasculares u oftálmicas vinculadas con el estrés oxidativo (Galland-Irmouli et al., 1999) (Figura 4).

Tabla 1. Composición en aminoácidos de algunas macroalgas (Fleurence, 1999).

Amino acids	<i>Laminaria digitata</i> (brown seaweed) (1)	<i>Undaria pinnatifida</i> (brown seaweed) (2)	<i>Ulva armoricana</i> (green seaweed) (3)	<i>Ulva pertusa</i> (green seaweed) (2)	<i>Palmaria palmata</i> (red seaweed) (4)	<i>Porphyra tenera</i> (red seaweed) (2)	<i>Chondrus crispus</i> (red seaweed) (5)	Leguminous plants (6)	Ovalbumin (2)
Histidine	1.3	2.7	1.2-2.1	4.0	0.5-1.2	1.4	0.9	3.8-4.0	4.1
Isoleucine	2.7	2.9	2.3-3.6	3.5	3.5-3.7	4.0	1.8	3.6	4.8
Leucine	5.4	5.1	4.6-6.7	6.9	5.9-7.1	8.7	2.9	7.3	6.2
Lysine	3.7	4.3	3.5-4.4	4.5	2.7-5.0	4.5	4.9	6.4-6.5	7.7
Methionine	1.6	2.0	1.4-2.6	1.6	2.7-4.5	1.1	0.5	1.2-1.4	3.1
Phenylalanine	3.2	3.7	5.0-7.1	3.9	4.4-5.3	3.9	1.5	2.4	4.1
Threonine	4.4	2.4	4.5-6.8	3.1	3.6-4.1	4.0	2.2	4.0	3.0
Tryptophan	0.8	0.8	-	0.3	3.0	1.3	-	1.6-1.9	1.0
Valine	4.2	4.1	4.0-5.2	4.9	5.1-6.9	6.4	-	4.5	5.4
Cysteine	1.7	0.5	-	1.2	-	0.3	-	1.1-1.3	1.3
Arginine	0.3	7.5	4.3-8.7	14.9	4.6-5.1	16.4	33.6	13.0-14.0	11.7
Aspartic acid	8.7	5.6	6.0-11.8	6.5	8.5-18.5	7.0	3.8	4.7-5.4	6.2
Glutamic acid	9.4	5.1	11.7-23.4	6.9	6.7-9.9	7.2	4.1	6.4-6.7	9.9
Alanine	14.4	4.8	5.5-7.7	6.1	6.3-6.7	7.4	3.8	-	6.7
Glycine	4.3	4.4	6.3-7.5	5.2	4.9-13.3	7.2	3.5	-	3.4
Proline	3.7	2.8	5.0-10.5	4.0	1.8-4.4	6.4	1.9	-	2.8
Serine	4.0	2.8	5.6-6.1	3.0	4.0-6.2	2.9	2.2	-	6.8
Tyrosine	1.5	1.6	4.4-4.7	1.4	1.3-3.4	2.4	1.0	2.3-2.6	1.8
Alanine	14.4	4.8	5.5-7.7	6.1	6.3-6.7	7.4	3.8	-	6.7

(1) Augier & Santimone, 1978; (2) Fujiwara-Arasaki et al, 1984 ; (3) Fleurence, 1999 a ; (4) Morgan et al., 1980; (5) Young & Smith, 1958; (6) Fowden, 1954

Hay otra familia de pigmentos muy valorada en las algas: la **astaxantina**, extraída principalmente de la microalga *Haematococcus pluvialis*, que pertenece a la gran familia de carotenoides, en la que figura también el β -caroteno, la luteína y la zeaxantina, y que tiene importantes propiedades antioxidantes. Este poderoso anti-radical se caracteriza por una excepcional acción antioxidante: 500 veces superior a la de la vitamina E. Debido a su importante poder antioxidante, la astaxantina se utiliza para neutralizar los radicales libres causados por los rayos ultravioleta. Los rayos ultravioleta son conocidos por causar numerosos daños en el ojo, como el envejecimiento e incluso la opacidad del cristalino (que da lugar a las cataratas). La astaxantina, la luteína y la zeaxantina se comercializan como cápsulas para el tratamiento de la degeneración macular relacionada con la edad. Entre los antioxidantes, la **vitamina E** interviene en reacciones con radicales libres inhibiendo la oxidación de lipoproteínas de baja densidad. También desempeña un papel importante en la cascada del ácido araquidónico, inhibiendo la formación

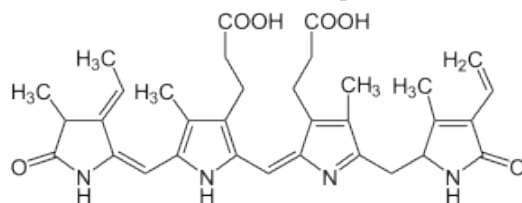


Figura 4. Estructura química de la ficoeritrina de las algas rojas.

de prostaglandinas y tromboxanos. Las algas pardas contienen una cantidad de vitamina E más elevada que las algas verdes y rojas.

Entre las algas pardas, las concentraciones más elevadas se observan en las fucales (*Ascophyllum nodosum* y *Fucus sp.*), que contienen entre 200 y 600 mg de tocoferoles por kilogramo de materia seca. Los **florotaninos** constituyen un grupo de moléculas muy heterogéneo (estructura y grado de polimerización) que proporciona una amplia variedad de posibles actividades biológicas. Los niveles más altos se encuentran en las algas pardas, que contienen entre el 5 y el 15% del peso seco (Singh y Bharate, 2006). La actividad antioxidante de los extractos de polifenoles de las algas pardas y rojas se ha demostrado mediante estudios *in vitro* (Maréchal y Hellio, 2009, Le Lann y Stiger, 2009, Le Lann et al., 2008). Sin embargo, a diferencia de los polifenoles de las plantas terrestres, se sabe poco sobre el papel de los florotaninos en la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo.

2.4 Los lípidos

Las algas tienen un bajo **nivel lipídico** (del 1 al 3% de la materia seca). Entre las algas de las costas francesas, *Ascophyllum nodosum* (Heterokontophyta) es la única que puede contener hasta un 5%. Desde un punto de vista cualitativo, los lípidos de las algas difieren de los de las plantas terrestres, ya que presentan una mayor proporción de ácidos grasos insaturados. El tipo predominante de ácidos grasos insaturados parece una característica de la línea evolutiva considerada.

De este modo, las algas verdes, cuya composición de ácidos grasos es la más similar a la de las plantas superiores, tienen, en relación a éstas, un nivel mucho más alto de ácido oleico (C18: 1) y en ácido α -linoleico (ω 3 - C18: 3). Las algas rojas contienen niveles elevados de ácidos grasos poliinsaturados de 20 carbonos, en particular de ω 3 - C20: 5, ácido eicosapentaenoico (el 50% de los ácidos grasos poliinsaturados en el caso de *Porphyra*) y de ω 6 - C20: 4, ácido araquidónico. Los ácidos grasos poliinsaturados de 18 carbonos, como el ácido α -linoleico (ω 3 - C18: 3) o el ácido γ -linoleico (ω 6 - C18: 2) están también representados (el 10% de los ácidos grasos totales en el caso de *Porphyra*). En el caso de las algas pardas, la distribución de los ácidos grasos es bastante comparable; sin embargo, la concentración en ácido α -linoleico (ω 3 - C18: 3) es elevada.

2.6 Las fibras

La pared de las algas está formada por una fase cristalina fibrilar (el esqueleto), que consta de glicanos neutros, y una fase amorfa (la matriz), formada generalmente por glicanos sulfatados. También tiene proteínas poco abundantes, a diferencia de las plantas superiores (hasta el 10% del peso seco de la pared). Los polisacáridos de la matriz suelen ser muy abundantes y representan de media del 30 al 70% del peso seco del talo. Los polisacáridos solubles que pueden ser considerados como fibras alimentarias son el agar, en el caso de las algas rojas (*Gracilaria verrucosa*, *Chondrus crispus*, *Porphyra umbilicalis*, *Palmaria palmata*), y la carragenina y los alginatos en las algas pardas (*Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus*, *Himanthalia elongata*, *Undaria pinnatifida*). La carragenina y el agar tienen estructuras análogas en la medida en que se trata, en ambos casos, de polímeros sulfatados de manera diversa de galactosa y/o de 3, 6- α -anhidrogalactosa. Las diferencias esenciales entre la carragenina y el agar radican en la tasa de sulfatación (alta en el caso de la carragenina, más baja para el agar) y en la conformación de galactosa, que

pertenece a la serie D en la carragenina y a la serie L en el agar, pero solo en el caso de la 3, 6- α -anhidrogalactosa. Los alginatos están formados por dos unidades de ácidos urónicos: los ácidos D-manurónicos unidos en α -1,4 y los ácidos L-gulurónicos, unidos en α -1,4. Los polisacáridos de la fase de la matriz dan lugar a soluciones con gran viscosidad o gelificadas, residuos estables en presencia de una gran diversidad de aditivos, lo que explica los distintos usos industriales posibles: en la industria alimentaria, en la del papel, o el textil. Asimismo, se pueden utilizar como agentes estabilizantes o clarificantes (eliminación de los microorganismos durante la fermentación del vino, de la cerveza...), como agentes enlazantes, como gelificantes, etc. bajo las denominaciones E400, E401, etc.

Las fibras solubles suelen asociarse con comportamientos de hidratación (absorción, retención, hinchazón) que afectan al tránsito del bolo alimenticio en el estómago y el intestino delgado, y que pueden tener efectos hipocolesterolemiantes e hipoglucemiantes (Bourgougnon & Stiger-Pouvreau, 2011).

3. La legislación

No existe una **normativa europea** específica para las algas. A nivel de países, Bélgica es el único que menciona las algas en su legislación relativa a los productos alimentarios. En Francia, las algas marinas se consideran alimentos no tradicionales y su utilización como materia prima o producto intermedio en la industria alimentaria se rige por una normativa reciente (dictamen del Consejo Superior de Higiene Pública de Francia publicado en el Boletín Oficial del Ministerio de Sanidad (n°90/45, p. 103) y B.I.D n°2/98-030).

En dicha normativa se incluye una lista de especies y grupos autorizados para el consumo humano y recomendaciones sobre los límites aceptables de algunos contaminantes. En Francia, a día de hoy, se pueden utilizar 23 algas, de las cuales 3 son microalgas. Entre las macroalgas se citan 7 algas pardas (*Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus*, *Himanthalia elongata*, *Undaria pinnatifida*, *Laminaria digitata*, *Laminaria saccharina* y *Laminaria japonica*), 11 algas rojas (*Palmaria palmata*, *Porphyra umbilicalis*, *Porphyra tenera*, *Porphyra yezoensis*, *Porphyra dioica*, *Porphyra purpurea*, *Porphyra laciniata*, *Porphyra leucostica*, *Chondrus crispus*, *Gracilaria verrucosa* y *Lithothamnium calcareum*) y 2 algas verdes (*Ulva sp.* (1990), *Enteromorpha sp.* (1990)).

3 microalgas forman parte de la lista de algas autorizadas: *Spirulina sp.* (1990), *Chlorella sp.* y *Ondontella aurita* (2002). El aceite extraído de *Schizochytrium sp.*, con un alto nivel de DHA (32%), ha recibido una autorización para comercialización en virtud del Reglamento (CE) n° 258/97 de la Comunidad Europea (2003/427/CE y extensión de los usos – Sometimiento a la Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de los Alimentos (AFFSA) n° 2008-SA-0316, Sometimiento vinculado n° 2001-SA-0095). El aceite extraído de *Ulkenia sp.* (32% de DHA) ha recibido también un dictamen favorable relativo al uso para alimentación (Reglamento de la CE 2009/777/CE) (Normativa sobre algas alimentarias, Resumen del Centre d'Étude et de Valorisation des Algues (CEVA), 2010). Con el objetivo de garantizar la seguridad alimentaria, las algas autorizadas deben cumplir criterios precisos respecto a los niveles máximos en metales pesados y yodo, así como criterios microbiológicos para los productos secos. Por ejemplo, el alga fresca lavada debe almacenarse a -4 °C durante 3-4 días, los productos acabados frescos salados pueden conservarse 3 meses, etc.

4. Las algas en la cosmética

Desde hace dos décadas las algas se han utilizado ampliamente en la industria cosmética de Francia. En total, el 5% de las especies se destinan a tal fin, lo que incluye 30 variedades. Se pueden utilizar como excipientes (2-20%) gracias a sus propiedades gelificantes o espesantes. En forma de polvos que se pueden dispersar en el agua, entran en la formulación de geles acuosos, de geles protectores solares (como geles cicatrizantes tras la exposición al sol), de geles anti-inflamatorios, de agentes revitalizadores para el cabello en las lociones capilares, de fijadores para el cabello y de lociones suavizantes. Los extractos de algas pueden intervenir también como activos (0,2-2%) gracias a sus propiedades tonificantes, hidratantes, nutrientes, anti-edad o anti-radicales. Por último, se pueden integrar como aditivos (<0,2%) gracias a sus propiedades colorantes, aromatizantes o conservadoras: máscaras, envoltentes, etc. En cosmetología suelen utilizarse tres tipos de algas: *Fucus*, *Ascophyllum* y determinadas especies de *Laminaria*. Sin embargo, no hay mucha información sobre la acción de estas algas sobre la piel o el cabello. Las algas se utilizan de formas diversas: secas, microestalladas o liofilizadas, en papilla o criotrituradas. En todo caso, pueden formar parte de productos citofiltrados, extractos acuosos, alcohólicos o glicolípidicos, etc. En general, hay una escasa

proporción de algas en la composición de los novedosos productos que se anuncian con “principio activo marino”.

5. Conclusión

En este capítulo se ilustra el potencial nutritivo y cosmético de las algas. Su fracción mineral variada y abundante constituye una importante contribución de macro y oligoelementos. Por lo general, las proteínas de las algas están bien equilibradas en aminoácidos, que se encuentran en cantidades importantes en determinadas especies. El contenido vitamínico forma un cóctel variado en el que están representadas la mayoría de las vitaminas. La fracción de lípidos es escasa; sin embargo, en determinadas especies es rica en determinados ácidos grasos poliinsaturados. Por último, las algas son una fuente importante de fibras alimentarias; algunas de las cuales se estudian cada vez más para aplicaciones funcionales. Por tanto, las algas pueden incluirse en dietas normales y en dietas especiales como complemento o aporte específico. Así, además de las propiedades tecnológicas de las algas (gelificantes, texturizantes, espesantes) ampliamente utilizadas en la industria agroalimentaria, sus propiedades nutritivas muestran prometedoras perspectivas que, en el mundo occidental, podrán constituir otra vía para la valorización de las algas en la alimentación, la sanidad humana y la cosmética.

Referencias bibliográficas

- Arzel P. (2000). Sur la route des Algues, les goémoniers. Patrimoine maritime de Bretagne, Ed . Uhel Izel, 65 p.
- Arzel P. (1987). Les goémoniers, Le Chasse-marée, Editions de l'estran, 305 p.
- Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique émis lors des séances du 14 juin 1988, du 13 décembre 1988, du 9 janvier 1990 et du 14 octobre 1997
- Bourgougnon N. y Stiger-Pouvreau V. (2011). Chemodiversity and bioactivity within red and brown marine macroalgae along French coasts (Metropole and overseas departments and territories). Handbook of macroalgae. CRC Book “Recent Advances in the Bioactivity of Seaweeds” in press
- Chopin T. y Sawhney M. (2009) Seaweeds and their Mariculture. Encyclopedia of Ocean Sciences, Pages 317-326.

- Denis C., Massé A., Fleurence J., Jaouen P. (2009) Concentration and pre-purification with ultrafiltration of a R-phycoerythrin solution extracted from macro-algae *Grateloupia turuturu*: Process definition and up-scaling. *Separation and Purification Technology*, 69(1): 37-42.
- Dizerbo A.H. y Herpé E. (2007) Liste et répartition des algues marines des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique, Iles Normandes incluses. pp. [1]-315, 92 pls. Landernau: Éditions Anaximandre.
- FAO (2004) The State of the World Fisheries and Aquaculture 2004 (SOFIA), FAO, Rome, http://www.fao.org/sof/sofia/index_en.htm
- Fleurence J. (1999) Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends in Food Sciences and Technology*, 10: 25–28.
- Fleurence J., Le Cœur C., Mabeau S., Maurice M., Landrein A. (1995) Comparison of different extractive procedures for proteins from the edible seaweeds *Ulva rigida* and *Ulva rotundata*. *Journal of Applied Phycology*, 7: 577–582.
- Galland-Irmouli A.V., Fleurence J., Lamghari R., Luçon M., Rouxel C., Barbaroux O., Bronowicki J.P., Villaume C., Guéant J.-L. (1999). Nutritional value of proteins from edible seaweed *Palmaria palmata* (Dulse). *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 10(6): 353–359.
- Ioannou E. y Roussis V. (2009) Natural products from seaweeds. Springer Science, 51-81
- Le Lann K. y Stiger-Pouvreau V. (2009). Spatio-temporal phenologies of temperate Sargassaceae: coexistence of invasive and native species. *Phycologia*, 48(4 suppl): 74.
- Le Lann K., Jegou C., Stiger-Pouvreau V. (2008). Impact of different conditioning treatments on total phenolic content and antioxidant activities in two Sargassacean species: comparison of the frondose *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt and the cylindrical *Bifurcaria bifurcata* R. Ross. *Phycological Research*, 56: 238-245.
- MacArtain P., Gill C.I.R., Brooks M., Campbell R., Rowland I.R. (2007). Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Reviews*, 65:535-543.
- Maréchal J.P. y Hellio C. (2009) Challenges for the development of new non-toxic antifouling solutions. *International Journal of Molecular Sciences*, 10: 4623-4637.

Las algas como recurso.

Valorización. Aplicaciones industriales y tendencias

Singh I.P. y Bharate S.B. (2006) Phloroglucinol compounds of natural origin.
Natural Product Reports, 23: 558-591.

Valeix P., 2003. La carence en iode dans le monde. Dossier IFN, 13