

**Laboratorio de Química y Análisis de Alimentos, Departamento de Ciencia
de los Alimentos y Tecnología Química.**

Monografía

**Composición Nutricional y Funcional de Algas Pardas
Chilenas : *Macrocystis pyrifira* y *Durvillaea antarctica***



Jaime Ortiz V. MSc.

2011

Resumen

Existen pocos antecedentes científicos referente a la composición químico-nutricional y de componentes funcionales de las diferentes macroalgas que proliferan en las amplias costas chilenas, en vista a la necesidad de obtener mayor información sobre este tema de investigación, los investigadores del Laboratorio de Química de Alimentos perteneciente a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile con la ayuda de la Vicerrectoría de Investigación (Proyecto DI 02-2002), ha recopilado una base de datos basada en tesis y memorias de investigación que involucran la caracterización de los componentes de alto valor nutricional y biológico presente en las algas comestibles chilenas; en este caso específico se presentan las características morfológicas y taxonómicas junto a la composición nutricional y de componentes funcionales presentes de dos diferentes algas pardas chilenas; ***Durvilleae antarctica*** (Cochayuyo y Ulte) y ***Macrocystis pyrifera*** ampliamente abundantes en Chile.

INDICE

	Pag.
1. Introducción.....	5
1.1 Generalidades de las algas.....	5
1.2 Componentes de carácter bioactivo posibles de encontrar en algas y su importancia biológica.....	5
1.2.1 aminoácidos.....	5
1.2.2 Ácidos Grasos	7
1.2.3 Tocoferoles	9
1.2.4 Compuestos Carotenoides.....	11
1.2.5 Polifenoles.....	14
2 Feofíceas (algas pardas).....	15
2.1 Características morfológicas y taxonómicas del alga <i>Macrocystis pyrifera</i>	16
2.2 Características morfológicas y taxonómicas del alga <i>Durvillaea antarctica</i> (Hariot, 1892).....	17
3. Composición nutricional y funcional de Algas Feofíceas.....	17
3.1 Composición Proximal de Algas Feofíceas.....	18
3.2 Composición aminoacídica de Algas Feofíceas.....	20
3.3 Composición lipídica de Algas Feofíceas	22
3.4 Contenido de Tocolos de la fracción lipídica de Algas Feofíceas.....	23
3.5 Carotenoides presentes en las algas Feofíceas	24
3.6 Contenido de Polifenoles en Algas Feofíceas	25
4. Conclusiones.....	27
5. Referencias.....	28

INDICE DE TABLAS	Pag
Tabla 1: Composición Proximal en Algas Feofíceas, porcentaje expresado en base seca.....	19
Tabla 2: Concentración aminoacidica (mg/100 g de alga seca), Algas Rodofíceas.....	20
Tabla 3: Contenido de Ácidos Grasos presentes en los lípidos de las Algas Rodofíceas (%).	22
Tabla 4: Contenido Tocolos (mg/Kg de lípido).	23
Tabla 5: Contenido de compuestos carotenoides en Algas Feofíceas expresado en $\mu\text{g/g}$ en peso seco.	24
Tabla 6: Concentración de Polifenoles Totales presentes en las Algas... 	26
Tabla 7: Capacidad Capturadora de Radicales Libres (DPPH) en extractos etanólicos, expresado en porcentaje.....	27

1. Introducción.

1.1 Generalidades de las algas

Las algas son un grupo grande y heterogéneo de organismos vegetales, unas 50.000 especies, entre los que se cuentan desde especies unicelulares hasta plantas enormes que pueden medir sobre 50 metros; se caracterizan por ser autótrofos; es decir, realizan fotosíntesis. Viven en dos tipos de condiciones muy distintas; unas lo hacen flotando en las capas más superficiales del agua, son unicelulares y se las conoce con el nombre de algas plantónicas; las otras viven adheridas a rocas u otros sustratos, y se las conoce con el nombre de algas bentónicas (Santelices, 1991). La distribución, el asentamiento, el crecimiento y la propagación de las algas dependen directamente de las corrientes oceanográficas, al igual que su estructura fisiológica.

En Chile existen aproximadamente 550 especies de algas bentónicas, aunque las conocidas ampliamente por la población representan menos del 1% de ellas. Las especies más comunes son exportadas como materia prima, usadas internamente en las industrias de alginatos y agar, y en menor grado consumidas como alimentos (Chapman & Chapman, 1980); pero durante los últimos años ha aumentado significativamente la importancia económica y social de este recurso natural renovable.

Las algas en general constituyen un alimento sano y completo, perfecto para nuestra época; en la cual, el pésimo hábito alimenticio, el consumo de alimentos altamente procesados, y el exceso en la utilización de sustancias químicas en la agricultura, desvirtúan el sentido de la nutrición, además de debilitar el organismo.

Investigaciones realizadas en el extranjero señalan que la ingesta de algas de manera habitual, provocan efectos favorables en la salud, relacionando los componentes químicos derivados de la biosíntesis de las células vegetales marinas con dichos efectos; por lo tanto, moléculas como polifenoles, ácidos grasos esenciales, pigmentos, fitoestrógenos, proteínas, vitaminas y minerales; son objeto de acuciosos estudios y son buscados incesantemente para ser utilizados como base de alimentos funcionales y saludables (Chan y cols., 1997). Es decir, la gran variedad de componentes nutricionales que conforman las algas propician la formulación y desarrollo de nuevos alimentos, los cuales por sus propiedades físicas, químicas y biológicas pueden ayudar a una nutrición adaptada a cada caso o situación fisiológica individual, contribuyendo a mejorar la salud y bienestar, junto con prevenir o hacer más tolerable muchas enfermedades como cáncer de colon, arteriosclerosis, obesidad y problemas cardiovasculares entre otras (Sanz, 2000).

No obstante, la explotación de las algas a nivel nacional ha sido mínima perdiendo con esto la optimización de procesos, productos industriales y agrícolas (Chapman & Chapman, 1980). En menor grado se les ha considerado como una importante fuente de nutrientes esenciales para una alimentación sana; atendiendo a su aporte energético, fibra dietaria (Lahaye, 1991) y los bajos contenidos de lípidos, principalmente ricos en ácidos grasos poliinsaturados ω 3 (Khotimchenko y cols., 2002), lo que permite incluirlas en dietas especiales. Son muy pocos los productos en nuestro mercado que cumplen con las características de ser beneficiosos para los consumidores con carencias fisiológicas y nutricionales especiales, y los existentes lo son gracias a que se le ha añadido una sustancia específica, cuyos efectos favorables han

sido científicamente probados. Pero en el caso particular de las algas, éstas podrían llegar a constituir un alimento funcional por si mismas; es decir, no sería necesario enriquecerlas. Por otro lado también podrían ser utilizadas para fortalecer otros alimentos.

1.2 Componentes de carácter bioactivo posibles de encontrar en algas y su importancia biológica.

1.2.1 Aminoácidos

Las proteínas son macromoléculas complejas que se componen de Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y, habitualmente Azufre.

Las proteínas de los alimentos proporcionan al organismo los aminoácidos esenciales, indispensables para la síntesis tisular y para la formación de hormonas, enzimas, jugos digestivos, anticuerpos y otros constituyentes orgánicos (Olivares y cols., 1994).

Los aminoácidos son las unidades estructurales básicas de las proteínas; un aminoácido (libre, sin polimerizar) siempre tiene: Un grupo amino (-NH₂), un grupo carboxilo (-COOH), un hidrógeno (-H) y una cadena lateral (-R). Estos cuatro elementos están unidos entre si a través de un carbono central, conocido como carbono α . Se distingue un aminoácido de otro por la cadena lateral R; de una cadena lateral a otra hay una serie de diferencias químicas, estructurales y de tamaño (Fennema, 1993). Los aminoácidos se agrupan en 4 categorías: Alifáticos, Aromáticos, Hidrofílicos y Aminoácidos que contienen Azufre.

Aunque existen muchos más, sólo hay 20 aminoácidos codificables para la síntesis de proteínas, de los cuales 8 son esenciales; es decir, aquellos que el organismo no fabrica por sí mismo y cuya ingesta, por tanto, es absolutamente imprescindible. Estos aminoácidos son: Valina, Leucina, Isoleucina, Fenilalanina, Treonina, Lisina, Cistina y Metionina. Tanto los aminoácidos esenciales como los no esenciales intervienen en la formación de hormonas, enzimas, neurotransmisores, anticuerpos y transportadores de nutrientes (Udall, 1997).

Las principales funciones de los aminoácidos esenciales son:

- ❖ Valina: Estimula el crecimiento y reparación de los tejidos, favorece el mantenimiento óptimo de diversos sistemas y el balance de nitrógeno.
- ❖ Leucina e Isoleucina: Estos dos aminoácidos en conjunto con la hormona de crecimiento, intervienen en la formación y reparación del tejido muscular.
- ❖ Fenilalanina: Interviene en la producción de colágeno, fundamentalmente en la estructura de la piel y el tejido conectivo, también en la formación de neurohormonas.
- ❖ Treonina: Junto con la Metionina y el Ácido Aspártico ayuda al hígado en sus funciones generales de desintoxicación. Actuar como factor lipotrópico evitando el hígado graso.
- ❖ Lisina: Al asociarse con otros aminoácidos interviene en diversas funciones, incluyendo el crecimiento, reparación de tejidos, anticuerpos del sistema inmunológico y síntesis de hormonas.

❖ Cistina: Está implicada en la desintoxicación, principalmente como antagonista de los radicales libres; también contribuye a mantener la salud de los cabellos por su elevado contenido de azufre.

❖ Metionina: Aminoácido que contiene azufre, elemento vital para producir y utilizar determinados antioxidantes. El hígado lo sintetiza para la producción de s-adenosilmetionina, sustancia eficaz para tratar enfermedades hepáticas, depresión, osteoartritis, trastornos cerebrales, entre otros. Además actúa como potente agente detoxificador, pudiendo disminuir, en forma considerable, los niveles de metales pesados en el organismo. Además, colabora en la síntesis de proteínas y constituye el principal limitante en las proteínas de la dieta.

❖ Histidina: En combinación con la hormona de crecimiento y algunos aminoácidos asociados contribuyen al desarrollo y reparación de los tejidos con un papel específicamente relacionado con el sistema cardiovascular. Para el caso de los lactantes este aminoácido es considerado esencial por su importancia en el crecimiento, aunque algunos estudios señalan que lo es también para los adultos (Olivares y cols., 1994); por lo cual, es considerado para evaluar la calidad proteínica de los alimentos (FAO/OMS/UNU, 1985).

1.2.2 Ácidos Grasos

Son los componentes más importantes de los lípidos, químicamente corresponden a ácidos carboxílicos de cadenas laterales hidrocarbonadas, de más de seis átomos de carbono, y difícilmente se encuentran libres en la

naturaleza. Estos ácidos orgánicos se clasifican según la conformación molecular predominante, en saturados e insaturados, y éstos últimos a su vez en monoinsaturados y poliinsaturados (Voet & Voet, 1992).

❖ Ácidos grasos saturados: Mayoritariamente son estructuras de cadena corta, entre cuatro y veinticuatro átomos de carbono. Este tipo de grasas provienen, principalmente, del reino animal; por ejemplo: manteca, sebo y mantequilla, se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente, debido a su elevado punto de fusión. El ácido Palmítico es el más común de los ácidos grasos saturados, ya que se encuentra en casi la totalidad de las materias grasas que han sido estudiadas (Masson & Mella, 1985). El consumo excesivo de este tipo de grasa puede ser nocivo para la salud, ya que contribuye a aumentar los niveles de colesterol en la sangre, provocando enfermedades cardiovasculares como trombosis arterial y aterosclerosis (Hegsted y cols., 1965).

❖ Ácidos grasos insaturados: Se caracterizan por poseer doble enlace (C=C), en la cadena hidrocarbonada, dándole mayor rigidez a la molécula, también genera la aparición de isómeros de posición y geométricos *cis* y *trans*; los cuales confieren propiedades distintas a los ácidos grasos. Estos factores afectan principalmente el punto de fusión, la mayoría presenta en forma natural la configuración *cis* y los hace ser líquidos a temperatura ambiente, en cambio los isómeros *trans*, que se producen normalmente en el proceso de hidrogenación, transforman las grasas líquidas en estructuras sólidas (Lands y cols., 1966).

Los ácidos grasos insaturados pueden ser mono o poliinsaturados, los primeros poseen solo un doble enlace en su estructura; la cual esta formada por cadenas largas de entre diez y veintidós átomos de carbono. Los poliinsaturados presentan dos o más dobles enlaces en su molécula, formada por dieciséis a veintidós átomos de carbono (Masson & Mella, 1985).

Además existen los denominados ácidos grasos esenciales, ácido linoleico (C_{18:2}) y ácido linolénico (C_{18:3}); los cuales no son biosintetizados por el cuerpo y es necesario consumirlos en la dieta (Burr & Burr, 1930). Estos ácidos grasos ayudan a la disminución del colesterol total y la concentración de LDL, importantes son también para mantener las membranas celulares, para producir prostaglandinas que regulan muchos procesos corporales (Kunau & Holman, 1977), y para que las vitaminas liposolubles puedan ser absorbidas. Otros componentes destacables son los Omega (ω), en particular el 3 y el 6, que corresponden a ácidos grasos poliinsaturados que se encuentran mayoritariamente en pescados, y en menor proporción en semillas y aceites vegetales como lino, soja, zapallo y nueces.

Se recomienda que la relación en la dieta de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados sea de 1:1:1. Pero cabe señalar que el consumo excesivo de ácidos poliinsaturados puede representar efectos adversos, ya que se oxidan con facilidad induciendo la formación de radicales libres, aumentando con esto los requerimientos de vitamina E (Bunnell y cols., 1975); también se ha observado que inciden en la formación de cálculos hepáticos.

1.2.3 Tocoferoles

Los tocoferoles son antioxidantes naturales que aumentan la estabilidad de los alimentos grasos y cumplen una importante actividad biológica. Están bajo forma de un aceite viscoso, por lo tanto son liposolubles, poco sensibles al calor y a los ácidos; pero muy sensibles al oxígeno y a las bases.

La Vitamina E es el nombre que se le da genéricamente a los Tocoferoles; existen varios tipos, de los cuales el más activo y el que más frecuentemente encontramos en los alimentos es el α -tocoferol. Los tocoferoles son derivados poliisoprenoides que tienen una cadena lateral saturada de 16 átomos de carbono.

La vitamina E está ampliamente difundida en los diversos grupos de alimentos (Fennema, 1993). Aunque el α -tocoferol es el más importante en relación con la actividad biológica, los otros isómeros naturales están presentes en concentraciones significativas y contribuyen de una forma importante tanto a la actividad vitamínica como a la antioxidante.

El margen estimado de la ingesta diaria está comprendido entre 4.4 y 15.4 mg/día; la cual, es absorbida a nivel medio del intestino delgado siendo necesaria la presencia de sales biliares y lipasa pancreática; y sólo se absorbe el 50% de los aportes.

La pérdida de vitamina E puede producirse por vía mecánica o por procesos oxidativos, un ejemplo de pérdidas mecánicas al separar el germen de los granos; por tanto, cualquier tratamiento en el que se pretenda la separación o la extracción de la fracción lipídica o los procesos de fabricación que impliquen el refinado o hidrogenación ocasionará pérdidas de esta

vitamina. Las pérdidas por oxidación lipídica, puede deberse al uso de sustancias químicas en el procesado de los alimentos.

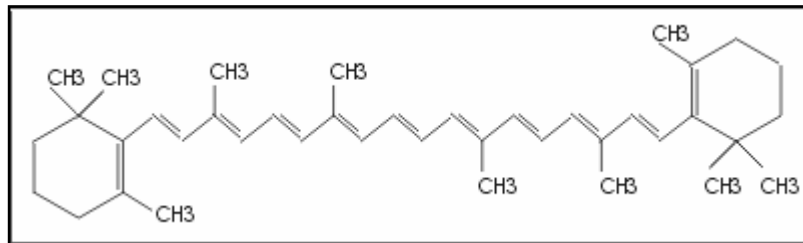
1.2.4 Compuestos Carotenoides

Los compuestos carotenoides son tetraterpenos de 40 átomos de carbono, formado por ocho unidades isoprenoides de 5 átomos de carbono. La importancia de los carotenoides va más allá de su papel como colorante, debido a sus funciones y acciones biológicas. La función de la pro-vitamina A se conoce ya por mucho tiempo. Actividades biológicas han sido atribuidas más recientemente como: fortalecimiento del sistema inmunológico, disminución del riesgo de enfermedades degenerativas como cáncer, prevención de enfermedades cardiovasculares, prevención de degeneración macular, disminución y formación de cataratas (Basu & cols., 2001). Estos efectos en la salud han sido asociados a la propiedad antioxidante de carotenoides. Por lo tanto, la acción antioxidante de carotenoides en oxidación lipídica ha sido de interés tanto en membranas biológicas como en alimentos lipídicos.

Los carotenoides son un grupo de compuestos principalmente liposolubles, responsables de muchos de los colores amarillos, naranjos y rojos de los productos vegetales y animales. Corresponden a una clase de hidrocarburos denominados **carotenos** y sus derivados oxigenados, las **xantófilas**. Normalmente las xantófilas están asociadas con los carotenos y sus estructuras son muy parecidas a la del β -caroteno, con la diferencia de que tienen un hidroxilo en el segundo anillo que puede esterificarse con varios ácidos grasos.

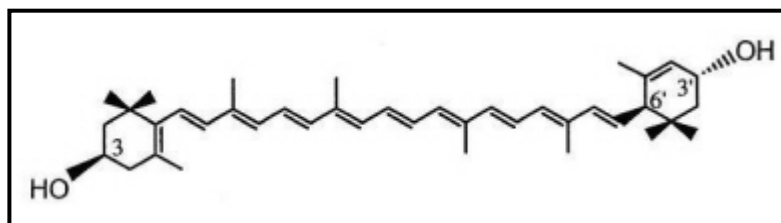
Existen tres isómeros α , β y γ ; siendo el más común el β -caroteno; que tiene la capacidad de transformarse en Vitamina A en nuestro organismo.

Figura 1: Estructura química del β -caroteno



Otro carotenoide importante es la Luteína, la cual se encuentra esterificada por varios ácidos grasos. La Luteína actúa como antioxidante, protegiendo las células de los efectos dañinos de los radicales libres; se almacena, principalmente, en un punto de la retina llamado mácula lútea, donde cumple su función más importante, proteger la vista actuando como filtro contra los dañinos efectos del sol; y como antioxidante contra la degeneración natural producto del envejecimiento (Philip & Berry, 1975).

Figura 2: Estructura química de la Luteína.



Los pigmentos son los constituyentes naturales de las células o tejidos que imparten color, y tienen propiedades beneficiosas para la salud; además

pueden ser receptores de energía, transportadores de oxígeno o protectores de radiaciones (Bauernfeind, 1981).

Hay muchos pigmentos naturales en los alimentos, pero las mayores concentraciones se encuentran en aquellos de origen vegetal; siendo los más comunes la clorofila y los carotenoides.

La mayor parte de los pigmentos se encuentran en el protoplasma de las células, dentro de los plastídios, y generalmente cuando son solubles en agua, se concentran en forma disuelta en las vacuolas de las células; aunque también es posible encontrarlos disueltos en lípidos, formando complejos con proteínas, carbohidratos y ácidos grasos.

Debido a su naturaleza altamente insaturada, los carotenoides tienen tendencias a oxidarse rápidamente, particularmente en los dobles enlaces, provocando la ruptura de éstos; lo que hace que el color característico de los carotenoides vaya desapareciendo (Bauernfeind, 1981).

Las plantas biosintetizan carotenoides, por eso la composición de los alimentos de origen vegetal es compleja (Rodríguez-Amaya, 1993). Los animales son incapaces de biosintetizar carotenoides, los obtienen de la dieta, los acumulan o los modifican en carotenoides típicos animales.

En las algas, incluso en las rodófitas, los carotenoides se encuentran enmascarados por la clorofila, que es el principal agente capaz de absorber energía luminosa para la síntesis de carbohidratos a partir del dióxido de carbono y el agua.

Por lo tanto, los carotenoides tienen una importancia significativa, no sólo por su aporte en el color del alimento, sino porque cumple funciones tan relevantes, como ser los principales precursores de la vitamina A en el ser humano (Bauernfeind, 1981).

1.2.5 Polifenoles

Los polifenoles son antioxidantes activos, abundantes, principalmente, en tejidos vegetales (Kinsella y cols., 1993). Estos antioxidantes corresponden a un conjunto heterogéneo de moléculas que comparten la característica de poseer en su estructura varios grupos bencénicos, sustituidos por funciones hidroxílicas (Vázquez y cols., 1976).

Los vegetales donde se han encontrado mayores concentraciones de polifenoles son: Ginseng, Uva, Oliva, Eucalipto, Mandarina, Toronja, Limón, Naranja, Romero, Caléndula y Avena (Kinsella y cols., 1993).

Los mecanismos de acción por los cuales los distintos polifenoles cumplen sus funciones antioxidantes, pueden ser variados; considerando que cada polifenol actuará por uno o más mecanismos, según sus propiedades particulares. Por su capacidad de inhibir, activar o proteger enzimas específicas en el organismo, se ha observado que sus formas más comunes de actuar son:

- ❖ Como antioxidante propiamente tal, atrapa radicales libres; evitando que su electrón desapareado sustraiga electrones de otras moléculas constituyentes del medio donde se encuentra. Esta acción impide que se genere una reacción en cadena, conocida como estrés oxidativo (Conner & Grisham, 1996).

- ❖ En forma indirecta, actúan como agentes quelantes de iones metales de transición; es decir, se unen a estos iones reduciendo su capacidad de formar radicales libres (Conner & Grisham, 1996).

❖ También en forma indirecta, debido a sus propiedades de solubilidad, se localizan sobre las partículas de LDL o colesterol “malo”; provocando que el consumo de antioxidantes, como vitamina E y carotenoides, disminuyan e incluso favorecen la regeneración de vitamina E oxidada en las LDL (Conner & Grisham, 1996).

❖ Preservan la actividad de la paraoxonasa, enzima asociada al HDL o colesterol “bueno”, permitiendo que se hidrolicen y regeneren los lípidos oxidados presentes en las LDL, estabilizando estas moléculas (Conner & Grisham, 1996).

❖ Algunos polifenoles inhiben oxigenasas celulares y por tanto la producción de especies oxidantes del oxígeno y del nitrógeno dentro del cuerpo humano.

Las propiedades más relevantes en la salud humana son antirradicales, antimutagénicas, anticarcinogénicas, antimicrobianas y retardar la senescencia (Sohal & Weindruch, 1996).

Por lo tanto, los polifenoles exhiben una gama de cualidades beneficiosas para la salud, y pueden incluirse entre los componentes naturales de los alimentos con aplicaciones valiosas en la medicina tradicional.

2. Algas Feofíceas (algas pardas).

La coloración parda, de tonalidad muy variable, se debe a la presencia de una gran cantidad de xantófilas, entre las que destacan fucoxantina y flavoxantina; además de la clorofila **a** poseen clorofila **c**; que muchas veces son

enmascaradas por la abundancia de los otros pigmentos (Santelices, 1989). Son algas eucariotas, pluricelulares y morfológicamente muy diversas; se encuentran sólo en agua de mar y con formas que van desde algas filamentosas de estructura sencilla hasta algas que tienen tejidos diversificados por los que se realiza transporte de nutrientes dentro de la planta. En general, este tipo de algas es de crecimiento rápido y de gran tamaño, pudiendo alcanzar hasta las 200 m de largo. Son muy utilizadas como estabilizantes de emulsiones, como fertilizantes y para la obtención de yodo, entre otras.

2.1 Características morfológicas y taxonómicas del alga *Macrocystis pyrifera*

Especie: *Macrocystis pyrifera*.



Familia: Lessoniaceae.

Orden: Laminariales.

Clasificación: Feofíceas.

Descripción: Esta alga conocida como huiro, puede alcanzar hasta 30 m de largo. Se adhieren a un sustrato mediante un disco basal cónico; este disco

está formado por hapterios ramificados, de aproximadamente 1 cm de grosor, no fusionados entre sí, que forman una masa densa de más de 1m de diámetro. Los hapterios nacen en capas superpuestas que, en ejemplares viejos, llegan a circundar la base de los primeros estipes; los cuales, nacen del disco basal, son cilíndricos y terminan en láminas de hasta 70cm de largo, provistas de un aerocisto piriforme basal, lleno de aire. Entre la porción terminal del estipe y la base de la lámina se producen fisuras en dirección distal; al avanzar estas fisuras hasta el borde de la lámina, se originan nuevos estipes y láminas (Santelices & Ojeda, 1984a, 1984b). Generalmente, sirve de sustrato a un importante número de moluscos, erizos, peces, etc. Además su gran tamaño y movimiento ayuda a la oxigenación del mar. Debido a su elevado contenido de yodo y sodio, no es aconsejable su consumo en personas que sufren hipertiroidismo e hipertensión, respectivamente.

2.2 Características morfológicas y taxonómicas del alga *Durvillaea antarctica* (Hariot, 1892)



Familia: Durvillaeaceae.

Orden: Durvillaeales.

Clasificación: Feofíceas.

Descripción: Más conocida como Cochayuyo, corresponde al alga de mayor consumo en nuestro país, encontrándose en toda la costa chilena.

Las plantas pueden medir hasta 15 mt de largo, son de color pardo verdoso oscuro o pardo amarillento. Esta alga se divide en Cochayuyo, que corresponde a las frondas de la planta, que suelen medir entre 3 y 12 cm de ancho, y Hulte, que representa al tallo; él cual, generalmente se consume sin previa deshidratación.

Crece adherida a rocas, mediante el rizoide, que es como una raíz que se aferra al terreno; especialmente, en lugares de oleaje intenso y cierta profundidad. Para que toda la planta pueda recibir la energía del sol, las frondas están formadas por cavidades llenas de aire, separadas por tabiques, envueltas en una elástica y firme membrana; lo que les permite flotar (Buschmann y cols., 1984; Santelices y cols., 1980).

El Cochayuyo como tal, destaca nutricionalmente por su equilibrada cantidad de yodo, aproximadamente, 150 $\mu\text{g}/100\text{ g}$. Es rico en minerales, fibra y proteínas, además, posee todos los aminoácidos esenciales. Todo esto convierte al Cochayuyo en una fuente valiosa de nutrientes; por lo cual, es ideal que se le incorpore en la dieta habitual.

3. Composición nutricional y funcional de Algas Feofíceas.

3.1 Composición Proximal de Algas Feofíceas

Las algas pardas estudiadas coinciden en el contenido de proteínas con lo descrito en la literatura (Castro y cols., 1994; Rodríguez & Hernández, 1991), cuyos valores fluctúan entre 10.4 y 13.2 g/100 g de alga seca. Valores proteicos similares a los que presentan alimentos como huevo, ostras,

cangrejo, cebada, globena, maíz, quinoa, pastas de espinaca y huevo, nuez, avellana, entre otros (Schmidt y cols., 1992).

Tabla 1: Composición Proximal en Algas Feofíceas, porcentaje expresado en base seca.

Algas Pardas	Proteínas (N*6.25)(%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	E.N.N (%)	Calorías (Kcal/100g)
<i>Macrocystis pyrifera</i>	13.2 ± 0.0	0.7 ± 0.1	10.8 ± 0.3	75.3 ± 0.2	360.3
<i>Durvillaea a. (Cochayuyo)</i>	10.4 ± 0.6	0.8 ± 0.0	17.9 ± 0.1	70.9 ± 1.3	332.4
<i>Durvillaea a. (Hulte)</i>	11.6 ± 0.1	4.3 ± 0.1	25.7 ± 0.1	58.4 ± 0.8	318.7

Tal como ocurre en el grupo anterior, estas algas poseen un alto contenido de E.N.N, alcanzando a 75.3 g/100 g peso seco para la especie *M. pyrifera*. Según la literatura, esta fracción química se compone casi en su totalidad por hidratos de carbono solubles y carragenanos (Klasing, 1988).

La cantidad de materia inorgánica es una característica destacable, por la gran capacidad que tienen las algas de almacenar los elementos minerales propios del medio marino donde se desarrollan (Lobban & Harrison, 1994; Chapman & Chapman, 1980). El contenido de ceniza se encuentra en un rango de 10.8 a 25.7%, valores cercanos a los mencionados por algunos autores (Carrillo y cols., 1992; Etcheverry & López, 1982). Tal como se observa en la Tabla 1, el valor más alto de minerales corresponde al tallo de la *Durvillaea antarctica* (Hulte); que es el que se encuentra en contacto directo con el sustrato del cual absorbe todos los nutrientes para su crecimiento.

Las cantidad de lípidos de las algas pardas, también es reducida; salvo en el caso del Hulte con 4.3 g/100 g peso seco. Concordando con los datos informados por otros autores (Herbetreau, 1997); diferencias entre los

resultados y la literatura, se debe a factores climáticos, geográficos, etapas de crecimiento y distribución marina, entre otros.

3.2 Composición aminoacídica de Algas Feofíceas

Tabla 2: Composición aminoacídica de Algas Feofíceas.

Aminoácidos (mg/100 g b.s.)	<i>Macrocystis pyrifera</i>	<i>Durvillaea a.</i> (Cochayuyo)	<i>Durvillaea a.</i> (Hulte)
Ac. Aspártico	1338.8 ± 22.8	936.4 ± 10.2	2953.6 ± 14.1
Ac. Glutámico	1827.3 ± 15.4	1642.7 ± 29.9	1485.9 ± 8.3
Serina	830.9 ± 9.6	552.7 ± 12.4	385.6 ± 4.8
Histidina	161.9 ± 6.1	867.1 ± 9.9	1743.0 ± 10.7
Glicina	664.9 ± 8.7	715.3 ± 14.1	441.7 ± 6.3
Treonina	735.4 ± 6.9	626.9 ± 15.6	421.4 ± 9.4
Arginina	944.7 ± 10.1	225.6 ± 8.1	229.8 ± 7.5
Alanina	643.8 ± 13.7	780.0 ± 10.3	1252.9 ± 9.0
Prolina	0.8 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.3 ± 0.0
Tirosina	425.9 ± 9.4	264.0 ± 5.8	123.1 ± 3.6
Valina	1140.2 ± 12.5	274.4 ± 11.2	281.4 ± 5.1
Metionina	1111.6 ± 10.8	170.4 ± 9.7	631.7 ± 7.7
Cistina	228.1 ± 8.3	13.9 ± 4.8	148.7 ± 4.3
Isoleucina	507.0 ± 9.7	437.7 ± 5.9	241.6 ± 8.2
Leucina	339.4 ± 13.0	779.5 ± 14.0	419.7 ± 7.1
Fenilalanina	589.5 ± 6.7	478.6 ± 7.9	297.4 ± 6.5
Lisina	321.3 ± 9.2	550.1 ± 13.0	294.9 ± 9.6
Total aminoácidos esenciales	5134.4 ± 83.2	4198.6 ± 92.0	4479.8 ± 68.6

Las algas feofíceas presentan todos los aminoácidos esenciales, distinguiéndose la *Macrocystis pyrifera* con 5134.4 mg/100 g de muestra seca;

lo que representa un 38.9% de la proteína total, similar porcentaje de aminoácidos esenciales presentan las otras muestras de este grupo, con 40.3% para la *Durvillaea antarctica* (Cochayuyo) y 38.6% para la *Durvillaea antarctica* (Hulte).

Estas especies son particularmente ricas en Histidina, Metionina, Isoleucina, Leucina, Fenilalanina y Lisina; corroborando estudios anteriores (Wahbeh, 1997).

De acuerdo al cálculo de cómputo aminoacídico se establece la presencia de aminoácidos limitantes para estas algas pardas; en donde el primer limitante, denominado "cómputo aminoacídico", para la *M. pyrifera* es la Histidina, en el caso de la *D. antarctica* (Cochayuyo) es el total de aminoácidos azufrados (Metionina y Cistina), y en la *D. antarctica* (Hulte) corresponde a la Lisina, con valores de 0.64, 0.71 y 0.43, respectivamente. Conforme a esto, la *Durvillaea antarctica* (Cochayuyo) es la de mejor calidad biológica, ya que sólo posee dos aminoácidos limitantes.

En cuanto a la lisina tanto la *Macrocystis pyrifera* como la *Durvillaea antarctica* (Cochayuyo) presentan niveles cercanos al 100% de los requerimientos para este aminoácido, en relación a la proteína de referencia, con 94 y 91% respectivamente, a diferencia de la *Durvillaea antarctica* (Hulte) que cubre solo el 43.7% de la necesidad, en comparación al patrón (Olivares y cols., 1994); por lo que demanda una mayor complementación aminoacídica.

Generalmente, las materias grasas obtenidas de productos marinos se caracterizan por presentar un cierto equilibrio entre los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados (Masson & Mella, 1985), demostrado por la *D. antarctica* (Cochayuyo) y la *D. antarctica* (Hulte), a diferencia de la *M. pyrifera* cuyos contenidos de ácidos poliinsaturados supera

ampliamente a los otros (Tabla 3), con un total de 51.41%, compuesto en gran parte por el ácido linoleico con un aporte de 43.41%; esto aumenta su índice de poliinsaturación a un valor de 2.3.

3.3. Composición lipídica de Algas Feofíceas.

En cuanto a los ácidos grasos saturados, predomina el ácido palmítico ($C_{16:0}$), con concentraciones que fluctúan entre 12.12% en la *D. antarctica* (Cochayuyo) y 18.35% en la *D. antarctica* (Hulte). Importante se aprecia entre los monoinsaturados, la cantidad del ácido graso oleico ($C_{18:1\omega9cis}$) alcanzando al 25.86% para la *D. antarctica* (Hulte), 25.36% para la *D. antarctica* (Cochayuyo) y 19.64% para la *M. pyrifera*.

Tabla 3: Contenido de Ácidos Grasos en Algas Feofíceas (%).

Ácidos Grasos	<i>Macrocystis pyrifera</i>	<i>Durvillaea a.</i> (Cochayuyo)	<i>Durvillaea a.</i> (Hulte)
Porcentaje Materia grasa	0.7	0.8	4.3
Total Saturados	22.78 ± 0.62	26.63 ± 1.46	39.77 ± 1.43
Total Monoinsaturados	25.17 ± 0.15	38.88 ± 2.24	33.88 ± 2.82
Total Poliinsaturados	51.41 ± 0.56	35.51 ± 3.38	28.25 ± 1.27
Total Poliinsaturados $\omega6$	43.91 ± 0.44	22.52 ± 1.89	15.67 ± 1.09
Total Poliinsaturados $\omega3$	5.92 ± 0.01	10.97 ± 1.36	3.79 ± 0.05
Razón $\omega6/\omega3$	7.42	2.05	4.13
Índice de poliinsaturación	2.3	1.3	0.7

En los ácidos grasos poliinsaturados se aprecia el alto contenido de ácido linoleico, que como se menciona anteriormente sobresale en la *M. pyrifera*, pero no deja de ser significativo en la *D. antarctica* (Cochayuyo y

Hulte) con 10.77 y 15.67%, respectivamente; en la primera de éstas, destaca también la presencia de ácido araquidónico con 11.23%, acompañado de 4.95% de EPA correspondiente al valor más alto entre las muestras.

3.4 Contenido de Tocolos de la fracción lipídica de Algas Feofíceas

Tabla 4: Contenido Tocolos (mg/Kg de lípido).

Algas	α -tocoferol	β -tocoferol	γ -tocoferol	γ -tocotrienol	δ -tocoferol	Tocolos totales
<i>Macrocystis p.</i>	1327.7 \pm 4.4	91.3 \pm 4.7	88.9 \pm 4.0	25.2 \pm 1.4	7.7 \pm 1.1	1457.2 \pm 11.4
<i>Durvilleae a.</i>						
Cochayuyo	179.4 \pm 7.3	7.7 \pm 0.5	19.4 \pm 1.0	651.7 \pm 8.1	245.9 \pm 3.7	1112.4 \pm 22.1
Hulte	24.0 \pm 1.8	16.0 \pm 2.0	35.6 \pm 0.7	15.3 \pm 2.1	10.6 \pm 1.4	167.3 \pm 8.3

Las concentraciones totales de tocolos en las algas estudiadas son significativamente altas, en relación a los vegetales terrestres (Barrera-Arellano y cols., 2002; Masson & Mella, 1985); Un importante contenido de tocolos lo presenta *Macrocystis pyrifera*, perteneciente al grupo de las Feofíceas, con 1457.2 ppm en que en proporciones menores se encuentran los isómeros β -tocoferol, γ -tocoferol, δ -tocoferol y γ -tocotrienol. Dentro de este mismo grupo se aprecia el alto contenido que poseen las frondas de la *Durvilleaea antarctica* (Cochayuyo) en contraste con la cantidad obtenida en el tallo de la misma alga, Hulte (procesado), con 1112.4 y 167.3 ppm, respectivamente; esto puede tener relación con la mayor exposición a la luz solar de las frondas del alga. Cabe señalar que a pesar de la mínima cantidad de lípidos presentes en las

algas, los valores de vitamina E son muy relevantes y, además, contribuyen a la estabilidad de los ácidos grasos poliinsaturados presentes en estas especies, previniendo la formación de radicales libres. Conjuntamente se ha estimado que la relación dietaria debería ser 0.6 mg de α -tocoferol por gramo de ácido graso poliinsaturado (Harris & Embree, 1963).

3.5 Carotenoides presentes en las algas Feofíceas.

Los resultados obtenidos en la determinación de compuestos carotenoides para las algas en estudio, muestran concentraciones relevantes de β -Caroteno en *Durvillaea antarctica* (Hulte) con concentraciones totales de β -Caroteno de 380.7, 197.9, 113.7 y 101.0 $\mu\text{g/g}$, respectivamente; superando a las cantidades promedio encontradas en la zanahoria fresca de 80.33 $\mu\text{g/g}$ (Gayatri, 2004), y mucho más altas que las contenidas en vegetales de consumo habitual como brócoli, espinaca, calabaza, repollo y acelga que promedian los 25 $\mu\text{g/g}$ (Macías & cols., 2003; Rodríguez-Amaya, 1999).

Tabla 5: Contenido de compuestos carotenoides en Algas Feofíceas expresado en $\mu\text{g/g}$ en peso seco.

Algas	Luteína	β-caroteno <i>trans</i>	β-caroteno <i>cis</i>
<i>Macrocystis pyrifera</i>	0.3 \pm 0.0	10.8 \pm 0.3	6.6 \pm 0.1
<i>Durvillaea antarctica</i>			
<i>Cochayuyo</i>	1.0 \pm 0.0	35.0 \pm 1.6	----
<i>Hulte</i>	4.2 \pm 0.4	58.0 \pm 3.4	43.0 \pm 1.0

Según investigaciones preliminares las dosis más adecuadas de ingesta de β -Caroteno es 15 mg/día y 6 mg/día para Luteína, con estas cantidades se podría alcanzar un mejor estado de salud (Krinsky, 1998). En relación con las concentraciones de Luteína, no se consideran relevantes al realizar el símil a vegetales de consumo cotidiano (Rodríguez-Amaya, 1999); no obstante, resaltan las especies *Durvillaea antarctica* (Hulte), con niveles de 4.2 $\mu\text{g/g}$ respectivamente.

3.6 Contenido de Polifenoles de algas Feoficeas

Al comparar estos extractos con el rango de polifenoles presentes en el vino tinto, 1.8 – 4.1 g/L (Baldi, 1996), se puede señalar que las cantidades obtenidas en los extractos etanólicos de las algas son muy inferiores; pero no por esto despreciables, pues es conocida la propiedad que poseen los polifenoles de actuar a bajas concentraciones. Además, estudios realizados en aceite de oliva virgen indican que con 180 ppm de estos antioxidantes, propios del aceite, se consigue estabilidad oxidativa (Gutiérrez y cols., 2001).

Comparando los resultados conseguidos para estos productos en peso seco con los presentados en la literatura, correspondientes a estudios realizados en vegetales terrestres como Frambuesa, Ciruela roja, Uva, entre otros (Proteggente y cols, 2002), considerados importantes por sus contenidos de polifenoles, se establece que las algas realizan un aporte inferior a estos; pero su ventaja radica en que son alimentos de bajo contenido calórico, por ende la formación de radicales libres es menor, reduciendo la acción antioxidante de los Polifenoles que posee el alimento; además favorecen la digestión por su riqueza en fibra.

Tabla 6: Concentración de Polifenoles Totales presentes en las Algas.

Algas	Concentración de ácido gálico mg/L, en extracto etanólico	Concentración de ácido gálico mg/100g alga fresca	Concentración de ácido gálico mg/100g alga seca
<i>Macrocystis pyrifera</i>	125	83.53	96.46
<i>Durvillaea Antarctica</i>			
Cochayuyo	130	55.00	198.57
Hulte	127	48.72	273.68

3.7. Capacidad de Captura de Radicales Libres (DPPH)

Como se aprecia en la Tabla 7, los porcentajes de decoloración del DPPH las muestras estudiadas son muy bajos, y por ende no se puede observar la capacidad captadora de radicales libres con la precisión necesaria. Diversos factores pueden crear esta interferencia, tal vez este método necesita un grado de pureza muy elevado en el tratamiento de las muestras, lo que por la naturaleza de las algas es extremadamente difícil de conseguir, otro factor es la inestabilidad del extracto etanólico que debe pasar por un proceso de adecuación al sistema metanólico, tampoco es descartable el efecto que pueden crear los compuestos clorofílicos que se aprecian por la fuerte tonalidad verdosa de los extractos, e inclusive, pero con menor probabilidad de demostrarse, es que los polifenoles presentes actúen a través de un mecanismo indirecto como los que señala la literatura como la acción quelante de metales de transición, (Zloch. Z, 1996).

Tabla 7: Capacidad Capturadora de Radicales Libres (DPPH) en extractos etanólicos, expresado en porcentaje.

Algas	Concentración Polifenoles (mg/mL)	Decoloración DPPH (%)
<i>Macrocystis pyrifera</i>	2.1	1.74 ± 0.0
<i>Durvillaea antarctica</i>		
Cochayuyo	2.1	1.68 ± 0.0
Hulte	2.0	4.65 ± 0.1

4. Conclusiones

La información analizada nos permite inferir que las algas pardas son un alimento equilibrado de bajo contenido calórico, que podrían incluirse dentro del grupo de las verduras y hortalizas, pues aportan una amplia gama de nutrientes esenciales. Su contenido de lípidos es bajo, pero rico en ácidos grasos insaturados; por lo que pueden ser de importancia en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares. Junto con lo anterior, estudios paralelos señalan la presencia de concentraciones relativamente considerables de fibra, que contribuyen a reducir el colesterol sanguíneo además de facilitar el tránsito intestinal.

5. Referencias

- Agardh, J.G. (1842). "*Algae maris Mediterranei et Adriatici*". París, 164 pp.
- Agardh, J.G. (1876). "*Species genera et ordines algarum*". Leipzig, vol. 3 (1). Epicrisis systematis floridearum. 724 pp.
- Alaiz, M; Navarro, J; Vioque, G & Vioque, E. (1992). "*Amino acid analysis by high-performance liquid chromatography after derivatization with diethyl ethoxymethylenemalonate*". *Journal of Chromatography*. 591:181-186.
- A.O.A.C. (1995). "*Method of air oven. Moisture in cereal adjuncts*". Official Methods of Analysis of A.O.A.C. International, Vol. II, 16^a Edition, USA:
- A.O.A.C. (1996). "*Ash of Flour*". Direct Method. Official Method N° 923.03, Chapter 32, P2, Official Methods of Analysis of A.O.A.C. International, Vol. II, 16^a Edition, Maryland, USA.
- Baldi, A. (1996). "*Antioxidants in red wine. Wine and Human Health*". Udine 9-11.
- Barrera-Arellano, D; Ruiz-Méndez, V; Velasco, J; Marquez-Ruiz, G. & Dobarganes, C. (2002). "*Loss of tocopherols and formations of degradation compounds at frying temperature in oils differing in degree of unsaturation and natural antioxidant content*". *Journal Science of Food Agricultural* 82, 1696-1702.
- Bauernfeind, J.C. (1981). "*Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors*". Academic Press, New York.
- Bird, C.J, McLachlan, J. & Oliveira, E.C. (1987). "*Gracilaria chilensis sp. Nov. (Rhodophyta, Gigartinales), from Pacific South America*". *Canadian Journal Botany*. 64:2928-2934.
- Borden, E. & Scarpa, J. (2000). "*Análisis químico del vino*". Ediciones Universidad Católica de Chile. Págs. 219-221.
- Bunell, R. H; De Ritter, E. & Rubin, S.H. (1975). "*Effect of feeding polyunsaturated fatty acids with a low vitamin E diet on blood level of tocopherol in men performing hard physical labor*". *American Journal of Clinical Nutrition*; vol. 28, págs. 706-711. USA.
- Buschmann, A; Alveal, K. & Romo. H. (1984). "*Biología de Durvillaea antarctica (Phaeophyta, Durvilleales) en Chile centro-sur. Morfología y Reproducción*". *Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura*, 5:399-406.

- Burr, G.O. & Burr, M.M. (1930). "On the nature and role of fatty acids essential in nutrition". Journal Biological Chemistry. Vol. 86, pág. 587.
- Carrillo, D.S, Castro, G.M, Pérez-Gil, F; Rosales, E. & Manzano, R.E. (1992). "The seaweed (*Sargassum sinicola* Setchel & Gardner) as an alternative for animal feeding". Cuban Journal Science, 26: 177-184.
- Carrillo, S; Casas, M; Ramos, F; Pérez-Gil, F. & Sánchez, I. (2002). "Algas Marinas de Baja California Sur, México: Valor nutrimental". Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán"; Laboratorio de Macroalgas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México.
- Castro, G.M; Carrillo, D.S. & Pérez-Gil, F. (1994). "Chemical composition of *Macrocystis pyrifera* collected in summer and winter and its possible use in animal feeding". Ciencias Marinas, 20(1):33-40.
- Chan, J.C-C; Cheung, P.C-K & Ang, P.O. jr. (1997). "Comparative studies on the effect of tree drying methods on the nutritional composition of seaweeds *Sargassum hemiphyllum* (turn) C. Ag". Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 3056-3059.
- Chapman, V. & Chapman, D.J. (1980). "Seaweeds and their uses". Ed. Chapman and Hall, 3^o Edición, Nueva York.
- Chavez, M.M; Chávez, V.A; Roldán, A.J; Ledesma, S.J; Mendoza, M.E; Pérez-Gil, F; Hernández, C.S. & Chaparro, F.A. (1996). "Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en Latinoamérica". Edición Internacional. Instituto Nacional de la Nutrición, Instituto Nacional de Cancerología. Editorial Pax, México.
- Conner, E.M & Grisham, M.B. (1996). "Inflammation, free radicals and antioxidants". Nutrition 12:274-277.
- Darcy-Vrillon, B. (1993). "Nutritional aspects of the developing use of marine macroalgae for the human food industry". International Journal of Food Science and Nutrition, 44, 23-35.
- De Toni, G.B. & Forti, A. (1920). "Enumerazione di alghe marine cilene". Boletín del Museo Nacional, Chile, 11:277-283.
- Emodi, A. (1978). "Carotenoids properties applications". Food Technol 32, 38-42.
- Englyst, H.N; Quigley, M.E. & Hudson, G.J. (1995). "Definition and measurement of dietary fibre". European J Clin Nut, Suppl. 3:S48-S62.
- Etcheverry, H. & López, G.L. (1982). "Estudios Químicos en *Macrocystis pyrifera*, constituyentes inorgánicos y orgánicos". Rev. Biología Marina, 18(1):73-79.

- FAO/OMS/UNU (1981). "*Necesidades de energía y de proteínas*". Informe de una Reunión Consultiva Conjunta FAO/OMS/UNU de Expertos. OMS, (Serie de Informes Técnicos 724), Ginebra, Suiza.
- FAO (1985). "*Alimentación y Nutrición. Contenido de aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas*". Estudios sobre Nutrición, N° 24, 3ª ed. Roma.
- Fennema, O.R. (1993). "*Química de los Alimentos*". Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España.
- Fleurence, J. (1990). "*Seaweeds proteins: Biochemical nutritional aspects and potential uses*". Trends in Food Science & Technology 10(1), 25-28.
- Gayathri, G.N; Platel, K; Prakash, J. & Srinivasan, K. (2004). "*Influence of antioxidant spices on the retention of β -carotene in vegetables during domestic cooking processes*". Food Chemistry 84, 35-43.
- Gutiérrez, F; Arnaud, T. & Garrido, A. (2001). "*Contribution of polyphenols to the oxidative stability of virgin olive oil*". Journal of the Science of Food and Agriculture, 81:1463-1470.
- Harris, P.L. & Embree, N.D. (1963). "*Quantitative consideration of the effect of Polyunsaturated fatty acid content of the diet upon requirements for vitamin E*". American Journal Clinical Nutrition, vol. 13, págs. 385-392. USA.
- Hegsted, D.M; Mc Gandy, R.B; Myers, M.L. & Stare, F.J. (1965). "*Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man*". American Journal Clinical Nutrition; vol. 17; págs. 281-295. USA.
- Herbetreau, F; Coifford, L.J.M; Derrien, A. & De Roeck-Holzhauser, Y. (1997). "*The fatty acid composition of five species of macroalgae*". Botánica Marina 40, 25-27.
- Jackson, A.J; Copper, B.S. & Matty, A.J. (1982). "*Evaluation of some plant proteins in complete diets for tilapia *Sarotherodon mossambicus**". Aquaculture 27, 97-109.
- Johns, R.B, Nichols, P.D. & Perry, G.J. (1979). "*Fatty acid composition of ten algae from Australian waters*". Phytochemistry 18, 799-802.
- Kinsella, J.E; Frankel, E; German, B. & Kanner, J. (1993). "*Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant foods*". Food Technology, 85-89.
- Khotimchenko, S.V; Vaskovsky, V.E. & Titlyanova, T.V. (2002). "*Fatty acids of marine algae from the Pacific coast of North California*". Botánica Marina. 45, 17-22.

- Krinsky, N.I. (1998). "*The antioxidant and biological properties of the carotenoids*". Ann NY Acad Science; 854: 443-7.
- Kunau, W. & Holman, R. (1977). "*Functions of Polyunsaturated Fatty acids: Biosynthesis of Prostaglandins*". American Oil Chemists' Society. Polyunsaturated Fatty Acids; Cap. 11. USA.
- Lahaye, M. (1991). "*Marine algae as sources of fibers: Determination of soluble and insoluble dietary fiber contents in some sea vegetables*". Journal Science of Food Agricultural. 54, 587-594.
- Lands, W.E.M; Blank, M.L; Nutter, L. & Privett, O.S. (1966). "*A comparison of Acyltransferase. Activities in vitro with the distribution of Fatty Acids in lecithins and tryglicerides in vivo*". Lipids; vol. 1, N°3, págs. 224-229. USA.
- Lobban, C. & Harrison, P. (1994). "*Seaweeds ecology and physiology*". Cambridge Press University, England.
- Macías, S; Montenegro, M; Arregui, T; Sánchez, M.I; Nazareno; M. & López, B. (2003). "*Caracterización de acelga fresca de Santiago del Estero. Comparación del contenido de nutrientes en hojas y tallo. Evaluación de los carotenoides presentes*". Cienc. Tecnol. Aliment., vol. 23, N°1. Campinas.
- Maldonado, M. (2003). "*Antioxidantes en algas*". Tópicos de análisis de alimentos. Laboratorio de Química de los Alimentos, Universidad de Chile, Chile.
- Masson, L. & Mella, M. (1985). "*Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile*". Composición de ácidos grasos, Ed. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas; Universidad de Chile, Chile.
- Norziah, M.H. & Ching, Ch.Y. (2000). "*Nutritional composition of edible seaweed Gracilaria changgy*". Food Chemistry. 68, 69-76.
- Olivares, S; Andrade, M. & Zacarias, I. (1994). "*Necesidades nutricionales y calidad de la dieta. Manual de autoinstrucción*". Universidad de Chile, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos.
- Osborne, D.R. & Voogt, P. (1978). "*Análisis de los nutrientes de los alimentos. Determinación de grasa total. Método de extracción con cloroformo-metanol (Folch)*". Págs. 168-170. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Pak, N. & Araya, H. (1996). "*Macroalgas comestibles de Chile como fuente de fibra dietética: Efecto de la digestibilidad aparente de proteínas, fibra, energía y peso de deposiciones en ratas*". Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 46: 42-46.
- Pantano, L. & Gonzáles, P. (2003). "*Lista florística marina*". Departamento de Botánica Marina. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, España.

- Philip, T. & Berry, J.W. (1977). "Nature of Lutein Acylation in Marigold". Journal Food Science, 40:1089
- Pohl, P. & Zurheide, F. (1979). "Fatty acids and lipids of marine algae and the control of their biosynthesis by environmental factors in Marine Algae in Pharmaceutical Science". Walter de Gruyter, Nueva York, 473-523 pp.
- Proteggente, A; Sekher, A; Paganga, G. (2002). "The antioxidant activity of regulary consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition". Taylor & Francis health sciences. Free Radicals Research: 36 (2): 217-233.
- Ramirez M.E. & Santelices, B. (1981). "Análisis biogeográfico de la flora algológica de Antofagasta (Norte de Chile)". Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile. 38:5-20.
- Riofrío, O; Córdova, C; Magallanes, C; Peña, T; Tarazona, J; Romero, L. & Huallpa, E. (1998). "Fenología de *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta) durante el período mayo '97 - Enero '98". Laboratorio de Ficología Marina, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos; Lima – Perú.
- Rodríguez-Amaya, Delia B. (1999?). "A guide to carotenoid analysis in foods". Departamento de Ciencia de Alimentos, Facultad de Ingeniería de Alimentos, Universidad Estatal de Campinas. Campinas, SP, Brasil.
- Rodríguez, M.E. & Hernández, C.G. (1991). "Seasonal and geographic variations of *Macrocystis pyrifera* chemical composition at the Western coast of Baja California". Ciencias Marinas, 17(3):91-107.
- Sánchez-Machado, D.I; López-Cervantes, J; López-Hernández, J. & Paseiro-Losada, P. (2004). "Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds". Food Chemistry. 85, 439-444.
- Santelices, B; Castilla, J.C; Cancino, J. & Schmiede, P. (1980). "Comparative ecology, *Lessonia nigrescens* and *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta) in central Chile". Marine Biology, 59:119-132.
- Santelices, B. & Ojeda, F.P. (1984 a). "Effects of canopy removal on the understory algal community structure of coastal forests of *Macrocystis pyrifera* from southern South America". Marine Ecology Progress Series. 14:165-173.
- Santelices, B. & Ojeda, F.P. (1984 b). "Populations dynamics of coastal forests of *Macrocystis* in Puerto Toro, Isla Navarino, Southern Chile". Marine Ecology Progress Series. 14:175-183.
- Santelices, Bernabé. (1991). "Algas Marinas de Chile; distribución, ecología, utilización y diversidad". Ed. Universidad Católica de Chile; 1º Edición; Chile.

- Santelices, Bernabé. (1991). "*Catálogo de las algas marinas bentónicas de la costa temperada del Pacífico de Sudamérica*". Ed. Universidad Católica de Chile; 1º Edición; Chile.
- Sanz, B. (2000). Monografía VI. "*Alimentos y salud*". Instituto de España, Real Academia de Farmacia. Ed. Realigraf. Madrid, España.
- Schmidt-Hebbel, H; Pennacchiotti, M; Masson, L. & Mella, M.A. (1992). "*Tabla de Composición Química de los Alimentos Chilenos*". Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- SERNAPESCA. (2003). "*Datos Estadísticos del Desembarque, Producción y Cosecha de Algas Marinas Chilenas*".
- Skottsberg, C. (1923). "*Botanische Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach Patagonien und dem Feuerlande 1907-1909 IX. Marine algae 2. Rhodophyceae*". K. Svenska Vet. Akad. Handl. Bd. 63 (8), 70 pp.
- Sohal, R. S. & Weindruch, R. (1996). "*Oxidative Strees, Caloric Restriction and Aging*". Science 273:59-63.
- Sumarriva, L. (1985). "*Estudio de la Composición Química de algunas Algas de mayor consumo en el Perú*".
- Udall, K.G. (1997). "*Aminoacids, The building blocks of life*". Woodland Publishing.
- Vázquez Roncero, A; Janer del Valle, C. & Janer del Valle, M.L. (1976). "*Polifenoles naturales y estabilidad del aceite de oliva*". Grasas y Aceites, 27: 185.
- Vituro, C; Molina, A. & Schmeda-Hirschmann, G. (1999). "*Phytother*". Res. 13, 422.
- Voet, D. & Voet, J.G. "*Bioquímica*". Ediciones Omega, S.A., Barcelona, España.
- Wahbeh, M. (1997). "*Amino acid and Fatty acid profiles of tour species of macroalgae from aqaba and their suitability for use in fish diets*". Aquaculture, 159: 101-109.