

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

Monografía

Composición Nutricional y Funcional de Algas

Rodofíceas Chilenas



Prof. Jaime Ortiz V.

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 Vicerectoría 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 cinco diferentes algas rojas chilenas; ***Chondracanthus chamissoi***, ***Cryptonemia obovata***, ***Gigartina chamissoi***, ***Gracilaria chilensis***, ***Rhodymenia corallina***, ampliamente abundantes en Chile.

INDICE

	Pag.
1. INTRODUCCION.....	5
1.1 Generalidades de las algas.....	5
1.2 Clasificación de las macroalgas.....	7
1.2.1 Cianofíceas (algas verde-azuladas).....	7
1.2.2 Rodofíceas (algas rojas).....	7
1.2.3 Feofíceas (algas pardas).....	8
1.2.4 Clorofíceas (algas verdes).....	8
2 Características morfológicas y taxonómicas de Algas	
Rodofíceas (alga rojas).....	9
2.1 <i>Chondracanthus chamissoi</i>.....	9
2.2 <i>Cryptonemia obovata</i>.....	10
2.3 <i>Gigartina chamissoi</i>.....	11
2.4 <i>Gracilaria chilensis</i>.....	11
2.5 <i>Rhodymenia corallina</i>.....	13
3 Composición nutricional y funcional de Algas Rodofíceas	
(algas rojas).....	14
3.1 Composición Proximal de Algas Rodofíceas (algas rojas).....	14
3.2 Composición de aminoácidos.....	16
3.3 Perfil ácidos de grasos.....	18
4 Propiedades Funcionales de Algas Rodofíceas.....	20
4.1 Contenido de Tocoferoles presentes en los lípidos	

de las Algas Rodofíceas (%).....	20
4.2 Contenido de Carotenoides presentes en los lípidos de las Algas Rodofíceas.....	21
4.3 Contenido de Polifenoles presentes en las Algas Rodofíceas.....	22
4.4 Capacidad Capturadora de Radicales Libres (DPPH) de extractos de algas.....	23
5. Conclusiones generales.....	25
6. Referencias bibliográficas.....	27

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición Proximal en Algas Rodofíceas, porcentaje expresado en base seca.	15
Tabla 2: Concentración aminoacidica (mg/100 g de alga seca), Algas Rodofíceas.	16
Tabla 3: Contenido de Ácidos Grasos presentes en los lípidos de las Algas Rodofíceas (%).	19
Tabla 4: Contenido Tocolos (mg/Kg de lípido).	20
Tabla 5: Contenido de compuestos carotenoides en Algas Rodofíceas expresado en µg/g en peso seco.....	21
Tabla 6: Concentración de Polifenoles Totales presentes en las Algas.....	22
Tabla 7: Capacidad Capturadora de Radicales Libres (DPPH) en extractos etanólicos, expresado en porcentaje.	24

1. INTRODUCCION

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 mismo; es decir, no sería necesario enriquecerlas. Por otro lado, también podrían ser utilizadas para fortalecer otros alimentos.

1.2 Clasificación de las macroalgas

Las macroalgas, conocidas como los vegetales más sencillos, ya que su estructura está formada por una agrupación de células con cierta diferenciación (Chapman & Chapman, 1980), donde ciertas partes de la planta asumen funciones específicas. Poseen plastos ricos en clorofila y otros pigmentos; y se reproducen, generalmente en fases alternas, sexual y asexualmente. Las algas marinas viven hasta la profundidad donde llega la luz solar; salvo algunas algas rojas, que pueden habitar a 100 m.

Este grupo tan específico del reino vegetal, en una de sus clasificaciones fundamentales se divide en base al pigmento predominante en su estructura, siendo la más aceptada por los botánicos en la actualidad. Esta clasificación divide a las algas en cuatro grupos:

1.2.1 Cianofíceas (algas verde-azuladas): Son organismos procariotas fotosintéticos que poseen clorofila **a**, están más próximos a las otras bacterias fotosintéticas que a las algas eucariotas, por lo que también se les denomina cianobacterias (Santelices, 1991).

1.2.2 Rodofíceas (algas rojas): El color pardo rojizo viene dado por la existencia de biliproteínas (ficoeritrina y ficocianina, principalmente), que

contribuyen a enmascarar el color verde de la clorofila **a** y **b**; como material de reserva estas células acumulan almidón y su pared celular contiene, además de fibrillas de celulosa, galactanos sulfatados como el agar y los carragenanos. Son organismos eucarióticos presentes sobre todo en el medio marino, la mayoría son pluricelulares aunque también hay especímenes unicelulares; constituyen el grupo más diverso entre las algas bentónicas (Santelices, 1991).

1.2.3 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.

1.2.4 Clorofíceas (algas verdes): Es un grupo muy heterogéneo de algas con clorofila **a** y **b**, algunas xantófilas tales como luteína, violaxantina, neoxantina y enteroxantina; con esta composición de pigmentos el cuerpo del alga se ve verde, lo que permite una fácil identificación en terreno. Una característica biológica importante de este grupo es el almidón que almacenan como material de reserva en sus células, (Santelices, 1991). Morfológicamente son muy

variadas, desde algas unicelulares a pluricelulares bastante complejos. Se pueden reproducir en forma alternada vegetativa, asexual o sexualmente. Son muy importantes porque constituyen el primer eslabón en la cadena alimenticia de su hábitat y contribuyen al aporte de oxígeno atmosférico. Son algas que han colonizado todos los ambientes, encontrándose el 90% de las especies en agua dulce y el 10% restante en aguas marinas; siendo en los mares fríos y templados donde se produce la mayor cantidad de especies.

2. Características morfológicas y taxonómicas de Algas Rodofíceas (algas rojas)

Los antecedentes científicos recopilados conllevan la necesidad de realizar una investigación que caracterice y determine los componentes de alto valor biológico presente en las algas comestibles chilenas; en este caso específico se analizarán algas rojas con características morfológicas y taxonómicas diferentes y que abundan en las costas de Chile.

2.1 *Chondracanthus chamissoi*

Características morfológicas y taxonómicas



Especie: *Chondracanthus chamissoi*.

Familia: Gigartinaceae.

Orden: Gigartinales.

Clasificación: Rodofícea.

Descripción: Conocida con el nombre de chicorea de mar, de forma ramificada y de aspecto cesposo, de color café-rojizo; puede alcanzar un tamaño de 50cm. En su superficie se observa una gran cantidad de protuberancias, similares a quistes, que corresponden a estructuras productoras de esporas, llamadas cistocarpos. Esta alga crece adherida a rocas y conchas, mediante un pequeño disco de fijación. Se multiplican a través de esporas o por fragmentación de sus propias ramificaciones.

Poseen un alto contenido de carrageninas, por lo que son muy utilizadas en la industria cosmética y farmacéutica, y en menor cantidad en la elaboración de alimentos (Riofrio, 1998).

2.2 *Cryptonemia obovata*.

Características morfológicas y taxonómicas



Especie: ***Cryptonemia obovata*. (Agardh, 1876)**

Familia: Cryptonemiaceae.

Orden: Cryptonemiales.

Clasificación: Rodofícea.

Descripción: Plantas amplias y membranosas, de 20 – 30cm de alto, de color rojo, adheridas al sustrato con un disco adhesivo pequeño; pueden o no tener estipes y pueden mostrar una o varias frondas levantándose del mismo disco.

Las láminas pueden ser simples y amplias o divididas en células más estrechas, a veces, con apariencia cuneiforme, con bordes enteros y ápices redondeados. Se distingue de otras especies de *Cryptonemia* por su tamaño, su intensidad de color y grosor de sus láminas. Es común, encontrar esta alga sobre arena y piedra en ambientes submareales y resguardadas del oleaje fuerte. Se distingue de otras especies *Cryptonemias* por su intenso color rojo, por su tamaño y por el grosor de sus láminas. Se reporta como una especie endémica de las costas del pacífico de las Américas, encontrándose en el hemisferio norte desde Alaska a Santa Barbara, y por el hemisferio sur entre Perú y Chile. En nuestro país ha sido recolectada en las zonas de Antofagasta y Chiloé principalmente. (Ramírez & Santelices, 1981; Skottsberg, 1923).

2.3 *Gigartina chamissoi*

Características morfológicas y taxonómicas



Especie: *Gigartina chamissoi*.

(Agardh, 1842)

Familia: Gigartinaceae.

Orden: Gigartinales.

Clasificación: Rodofícea.

Descripción: Especie morfológicamente muy variable, habita entre 0 y 15 m de profundidad, en bahías tranquilas y protegidas del oleaje. Crece como masa de plantas membranosas, de ancho variable y de hasta 50 cm de alto; su color varia entre rojo-pardo, rojo-claro, rojo amarillento y rojo púrpura. Los ejes se elevan desde un disco basal pequeño, pueden ser delgados, alargados o muy anchos, subordiculares; el patrón de ramificación es dístico, subdicotómico o dicotómico; se puede distinguir un eje principal en las plantas más anchas, pero a menudo éste se pierde en las formas más angostas, que tienden a tener ramificación dicotómica. Los márgenes y la superficie de ejes y ramas tienen proliferaciones que a menudo son aguzadas y parecen dientes o espinas. Se reconoce esta especie para las zonas de Perú y Chile. En Chile su recolección ha sido efectuada en diversas localidades entre Iquique y Chiloé, (Ramírez & Santelices, 1981; Skottsberg, 1923; De Toni & Forti, 1920).

2.4 *Gracilaria chilensis*

Características morfológicas y taxonómicas



Especie: *Gracilaria chilensis*.

(Bird y cols., 1987)

Familia: Gracilariaceae.

Orden: Gigartinales.

Clasificación: Rodofícea.

Descripción: Formada por talos cilíndricos, filamentosos de color pardo rojizo; poseen una ramificación muy variable y pueden alcanzar hasta 2 m de longitud. Crecen en manojos o aisladamente. En hábitat con sustratos sólidos, estas plantas suelen adherirse a través de un grampón nítido, aplanado o cilíndrico; ramificado, con o sin márgenes divididas por numerosas ramas cortas, ramificación predominante en un solo plano; organización multiaxial. Sin embargo, la mayoría de las veces vive flotando o enterrada en la arena sin estructura de adhesión. La región cortical está constituida por células pequeñas con rodoplastos lenticulares (Bird y cols., 1987).

Esta alga es, casi en su totalidad, utilizada en la industria nacional y extranjera para la elaboración de agar; y es una de las más exportadas (Sernapesca, 2003).

2.5 *Rhodymenia corallina*

Características morfológicas y taxonómicas



Especie: *Rhodymenia corallina*

Familia: Rhodhymeniaceae

Orden: Rhodymeniales.

Clasificación: Rodofíceas.

Descripción: Alga de fronda plana y dicotómica, llamada corallina por su parecido a los corales; de color rojo claro brillante; de talo erecto, foliáceo, estrecho, ramificado dicotómicamente y de organización multiaxial. Tiene una región medular densa, formada por células grandes incoloras, de contorno redondeado y una región cortical constituida por células pequeñas con plastidios.

La *Rhodymenia corallina* no es una especie frecuente; y su mayor distribución es observada en las costas de Perú y Chile. En nuestro país, se recolecta en Chiloé, Puerto Montt y en la bahía de Mejillones (Ramírez & Santelices, 1981).

3. Composición nutricional y funcional de Algas Rodofíceas (algas rojas)

3.1 Composición Proximal de Algas Rodofíceas (algas rojas)

Las algas Rodofíceas constituyen una fuente potencial y considerable de proteínas; Tabla 1, especialmente, en el caso de la *Cryptonemia obovata* con 30.7 g/100 g de alga seca. El rango de proteínas de 10.6 a 30.7 g/100 g en peso seco, corrobora los valores establecidos en la literatura (Fleurence, 1990); y son comparables a los contenidos proteicos de algunos vegetales terrestres y soja (Norziah & Ching, 2000) y otros alimentos como legumbres y semillas (Schmidt y cols., 1992).

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

Algas Rojas	Proteínas (N*6.25)(%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	E.N.N (%)	Calorías (Kcal/100g)
<i>Chondracanthus ch.</i>	10.6 ± 0.0	0.5 ± 0.1	12.5 ± 0.6	76.4 ± 0.5	352.5
<i>Cryptonemia o.</i>	30.7 ± 0.1	0.7 ± 0.0	25.7 ± 0.0	42.8 ± 0.1	300.3
<i>Gigartina ch.</i>	14.0 ± 0.2	0.8 ± 0.0	42.5 ± 0.1	42.7 ± 0.5	234.0
<i>Gracilaria ch.</i>	13.7 ± 0.2	1.3 ± 0.0	18.9 ± 0.1	66.1 ± 1.2	330.9
<i>Rhododymenia c.</i>	18.3 ± 0.2	1.3 ± 0.0	24.1 ± 0.2	56.3 ± 0.8	310.1

Estas algas son ricas en minerales, alcanzando a 42.5 g/100 g en la *Gigartina chamissoi*; como se ha reportado está compuesta básicamente por Hierro, Calcio, Magnesio, Fósforo, Molibdeno y Manganeso (Sumarriva, 1985).

Dicha composición en minerales, permite destacar a este grupo no sólo como un recurso capaz de suministrar sales de importancia para el desarrollo industrial de alimentos enriquecidos en Yodo, Calcio y otros, lo que implica un significativo aporte dentro de los marcos nutricionales (Carrillo y cols., 2002).

Otra fracción química destacable por su elevado contenido, es el extracto no nitrogenado (E.N.N); cuyos valores varían entre 42.7 y 76.4 g/100 g de muestra seca. Este E.N.N comprende principalmente carbohidratos solubles, azúcares y pectinas, incluyendo también una considerable cantidad de ácido algínico, agar y carragenanos (Englyst y cols., 1995; Klasing, 1988).

El aporte energético de este grupo de algas, está dado principalmente por los carbohidratos y proteínas; ya que las calorías provenientes de las grasas son mínimas, pues el contenido de lípidos no se supera el 1.3%, similar al porcentaje que poseen algunos cereales y leguminosas, que bordean el 2%

(Chávez y cols., 1996). Esta característica fortalece los otros factores nutricionales, convirtiendo a estas algas en alimentos ideales para dietas de control de peso.

3.2 Composición de aminoácidos.

Tabla 2: Concentración aminoacídica (mg/100 g de alga seca), Algas Rodofíceas.

Aminoácido	<i>Chondracanthus chamissoi</i>	<i>Cryptonemia obovata</i>	<i>Gigartina chamissoi</i>	<i>Gracilaria chilensis</i>	<i>Rhodymenia corallina</i>
Ac. Aspártico	872.7 ± 7.5	2670.2 ± 15.9	1402.7 ± 9.2	1101.5 ± 10.4	2074.9 ± 9.8
Ac. Glutámico	1232.6 ± 11.3	2939.2 ± 13.1	1705.1 ± 14.4	1547.3 ± 12.8	2657.0 ± 13.5
Serina	508.6 ± 6.1	1604.7 ± 11.7	706.2 ± 7.9	749.4 ± 9.6	1215.8 ± 6.7
Histidina	878.9 ± 9.0	2283.1 ± 9.9	1227.7 ± 10.3	1124.6 ± 11.0	129.4 ± 3.3
Glicina	258.5 ± 5.6	817.5 ± 7.5	353.7 ± 9.9	410.7 ± 4.9	789.3 ± 5.6
Treonina	298.7 ± 3.8	530.3 ± 5.4	478.7 ± 8.1	643.9 ± 5.1	1009.4 ± 10.0
Arginina	388.8 ± 4.3	1489.3 ± 10.1	719.9 ± 10.6	596.4 ± 3.7	1000.5 ± 8.8
Alanina	522.7 ± 6.5	1591.0 ± 12.2	712.3 ± 7.5	663.9 ± 9.4	793.9 ± 7.3
Prolina	0.4 ± 0.0	1.0 ± 0.3	0.6 ± 0.1	0.5 ± 0.0	0.9 ± 0.3
Tirosina	208.6 ± 2.9	1014.5 ± 9.6	350.0 ± 4.8	389.4 ± 4.6	449.2 ± 3.4
Valina	542.1 ± 7.6	4174.2 ± 14.2	915.1 ± 11.3	765.9 ± 5.8	980.8 ± 5.3
Metionina	1071.0 ± 9.9	7.5 ± 1.0	941.8 ± 9.7	1879.6 ± 12.1	2255.1 ± 11.9
Cistina	5.0 ± 0.8	37.5 ± 2.1	20.6 ± 1.9	756.3 ± 6.0	22.5 ± 2.3
Isoleucina	409.9 ± 7.5	1386.4 ± 4.4	573.0 ± 6.2	803.0 ± 5.3	742.4 ± 9.7
Leucina	706.7 ± 9.1	2329.1 ± 12.0	955.4 ± 15.3	458.8 ± 4.9	1098.0 ± 10.1
Fenilalanina	438.6 ± 6.4	1347.8 ± 8.9	610.6 ± 8.4	1087.7 ± 9.5	838.9 ± 5.5
Lisina	593.9 ± 8.2	1637.8 ± 11.1	775.4 ± 9.0	658.6 ± 8.1	1056.0 ± 7.4
Total aminoácidos esenciales	4944.8 ± 62.3	13733.7 ± 69.0	6498.3 ± 80.2	8178.4 ± 67.8	8132.5 ± 65.5

Tal como se aprecia en la Tabla 2, la calidad proteica de las algas rojas analizadas es muy buena, ya que se establece la presencia de todos los aminoácidos esenciales; lo que concuerda con estudios realizados en otros

países (Jackson y cols., 1982). No obstante, son biológicamente incompletas por poseer aminoácidos limitantes, característica común de los vegetales (Olivares y cols, 1994). Estos corresponden a aquellos que en su fracción aminoacídica, que guarda relación con el valor de la proteína de referencia es inferior a 100% o a uno, en términos fraccionarios.

Sobresale en este grupo la *C. obovata* con una concentración total de aminoácidos esenciales de 13733.7 mg/100 g de alga seca, valor esperado, considerando que el contenido de proteínas para esta especie es de 30.7%; este contenido de aminoácidos esenciales representa el 44.7% de la proteína total. Entre las otras cuatro algas rojas, sin grandes diferencias en cuanto a la cantidad de proteína que poseen, la *G. chilensis* y *R. corallina* presentan un total de aminoácidos esenciales de 8178.4 y 8132.5 mg/100 g de alga seca, respectivamente; pero es importante señalar que el 59.7% de la proteína total de la *G. chilensis* corresponden a aminoácidos esenciales. En las especies *C. chamissoi* y *G. chamissoi* el contenido de aminoácidos esenciales supera levemente el 45% del aporte proteico total.

En base al cómputo aminoacídico destaca por su calidad biológica, las proteínas de la *Gigartina chamissoi*, que sólo posee a la lisina como aminoácido limitante y con un valor muy cercano a 1 (0.95); haciendo de esta especie la única alga rodofícea, entre las analizadas, prácticamente completa. Esto permite que al consumir esta alga sola o acompañada de algún otro alimento de origen vegetal que no sea limitante en este aminoácido como legumbres (Olivares y cols., 1994), se logre una adecuada complementación aminoacídica.

No obstante, siendo todas las especies de este grupo limitantes en lisina, se encuentran niveles considerables de este aminoácido en todas ellas,

pues poseen valores cercanos al 100% de la proteína de referencia. Así tenemos que para las especies *C. chamissoi*, *C. obovata*, *G. chamissoi*, *G. chilensis* y *R. corallina* los porcentajes son: 96, 92, 95, 83, 99%, respectivamente, lo que conlleva que la complementación aminoacídica de las proteínas de estas algas sea más fácil de conseguir (Olivares y cols., 1994).

3.3 Perfil de ácidos grasos.

Si bien las algas no son una fuente significativa de lípidos, poseen una alta concentración de ácidos grasos insaturados, a diferencia del común de los vegetales terrestres (Darcy-Vrillon, 1993).

Como se observa en la Tabla 7, las materias grasas más saturadas de las algas rojas estudiadas, corresponden a las presentes en las especies *C. chamissoi* y *C. obovata*, con contenidos totales de ácidos grasos saturados de 40.19 y 53.01%, donde el palmítico es predominante en ambos casos, similar a los resultados obtenidos en estudios realizados en Australia, que señalan un aporte semejante de ácidos grasos saturados en algas rojas nativas (Johns y cols., 1979).

Importante es indicar que la *C. chamissoi* además tiene la mayor concentración de ácidos grasos monoinsaturados con un total de 47.07%, compuesto principalmente por el oleico, de gran relevancia en la nutrición humana (Sánchez-Machado y cols., 2004; Pohl & Zurheide, 1979); seguido por el palmitoleico, ácido característico en productos marinos, y que también presenta su máximo valor en esta especie con 8.11%, dentro del rango establecido en la literatura (Masson & Mella, 1985). El resto de las especies

poseen de igual modo el oleico como su ácido destacado de los monoinsaturados.

Tabla 3: Contenido de Ácidos Grasos presentes en los lípidos de las Algas Rodofíceas (%).

Ácidos Grasos	<i>Chondracanthus chamissoi</i>	<i>Cryptonemia obovata</i>	<i>Gigartina chamissoi</i>	<i>Gracilaria chilensis</i>	<i>Rhodymenia corallina</i>
Porcentaje Materia grasa	0.5	0.7	0.8	1.3	1.3
Total Saturados	40.19 ± 0.67	53.01 ± 0.66	34.99 ± 0.21	36.71 ± 0.39	29.83 ± 0.28
Total Monoinsaturados	47.07 ± 0.54	29.64 ± 0.31	40.52 ± 0.26	41.49 ± 0.47	37.99 ± 0.16
Total Poliinsaturados	11.74 ± 0.25	16.47 ± 1.18	23.85 ± 0.34	21.30 ± 0.14	21.22 ± 0.52
Total Poliinsaturados ω6	5.97 ± 0.08	8.65 ± 0.05	12.02 ± 0.07	10.18 ± 1.11	13.10 ± 0.05
Total Poliinsaturados ω3	3.94 ± 0.07	4.91 ± 0.07	1.93 ± 0.06	2.98 ± 0.02	5.09 ± 0.30
Razón ω6/ω3	1.52	1.76	6.23	3.42	2.57
Índice de poliinsaturación	0.3	0.3	0.7	0.6	0.7

Estas cinco especies rojas poseen ácidos grasos esenciales, linoleico ($C_{18:2\omega6}$) y linolénico ($C_{18:3\omega3}$), excepto la *R. corallina* que no contiene este último; el aporte de ácido linoleico de estas algas se encuentra en cantidades que van desde 5% a 11.90%, para la *C. chamissoi* y la *R. corallina*, respectivamente; reflejado en el índice de poliinsaturación de 0.3 a 0.7. Además, todas contienen en concentraciones relativamente bajas, el ácido eicosanoico ($C_{20:0}$), el ácido araquidónico ($C_{20:4\omega6}$) y el eicosapentanoico ($C_{20:5\omega3}$), conocido comúnmente como EPA.

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).

4. Propiedades funcionales de Algas Rodofíceas.

4.1 Contenido de Tocoferoles presentes en los lípidos de las Algas Rodofíceas (%).

Las concentraciones totales de tocoles en las algas estudiadas son significativamente altas, en relación a los vegetales terrestres (Barrera-Arellano y cols., 2002; Masson & Mella, 1985); ha excepción de la *Chondracanthus chamissoi*, Tabla 10, que presenta valores muy bajos, con 48.5 ppm, conformado en un 93% por el α -tocoferol y el porcentaje restante por γ -tocoferol.

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

Algas	α -tocoferol	β -tocoferol	γ -tocoferol	γ -tocotrienol	δ -tocoferol	Tocoles totales
<i>C. chamissoi</i>	45.0 \pm 0.2	---	3.5 \pm 0.2	---	---	48.5 \pm 0.4
<i>C. obovata</i>	138.5 \pm 4.9	2.4 \pm 0.4	2.2 \pm 0.6	6.0 \pm 0.5	9.8 \pm 1.7	158.9 \pm 8.1
<i>G. chamissoi</i>	531.6 \pm 3.5	18.6 \pm 2.5	5.9 \pm 0.2	24.3 \pm 3.4	7.5 \pm 0.3	587.9 \pm 9.9
<i>G. chilensis</i>	86.5 \pm 2.7	32.4 \pm 1.3	9.5 \pm 0.9	263.5 \pm 4.8	---	391.9 \pm 9.7
<i>R. corallina</i>	7.9 \pm 0.3	91.3 \pm 4.7	142.2 \pm 5.1	850.3 \pm 9.4	---	1091.7 \pm 19.5

Una especie con un importante contenido de tocoles es la *Rhodymenia corallina* con un considerable contenido de γ -tocotrienol con 850.3 ppm, seguido por la *G. chamissoi* con 531.6 mg/kg de α -tocoferol (Tabla 4), 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).

4.2 Contenido de Carotenoides presentes en los lípidos de las Algas Rodofíceas.

Los compuestos carotenoides para las algas rodofíceas presentadas, muestran concentraciones relevantes de β -Caroteno en *Rhodymenia corallina*, y *Gracilaria chilensis* 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 Rodofíceas, expresado en $\mu\text{g/g}$ en peso seco.

Algas	Luteína	β -caroteno <i>trans</i>	β -caroteno <i>cis</i>
<i>Chondracanthus chamissoi</i>	0.5 \pm 0.1	28.2 \pm 0.6	5.3 \pm 0.2
<i>Cryptonemia obovata</i>	0.9 \pm 0.1	38.3 \pm 0.4	8.1 \pm 0.6
<i>Gigartina chamissoi</i>	2.9 \pm 0.5	23.6 \pm 2.5	16.1 \pm 0.2
<i>Gracilaria chilensis</i>	2.0 \pm 0.3	87.1 \pm 1.3	26.6 \pm 0.9
<i>Rhodymenia corallina</i>	3.4 \pm 0.3	327.7 \pm 4.7	53.0 \pm 5.1

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), basado en lo anterior bastaría consumir por ejemplo 40g de *R. corallina* seca en el mismo estado,

para cumplir con la dosis recomendada de β -Caroteno. 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 *Rhodymenia corallina* y *Gigartina Chamissoi*.

4.3 Contenido de Polifenoles presentes en las Algas Rodofíceas.

En la Tabla 6, se aprecian concentraciones de polifenoles, expresados en mg de ácido gálico/ L (EAG), en diferentes extractos etanólicos de las algas analizadas. 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 de polifenoles 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).

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>Chondracanthus chamissoi</i>	125	33.61	39.36
<i>Cryptonemia obovata</i>	127	87.76	443.24
<i>Gigartina chamissoi</i>	125	56.32	327.42
<i>Gracilaria chilensis</i>	136	29.95	133.12
<i>Rhodymenia corallina</i>	127	79.08	366.11

Al calcular las concentraciones de polifenoles totales para 100 g de alga seca (Tabla 6) se obtiene un rango de variabilidad mayor entre las especies, que van desde 39.36 mg de ác. Gálico/100 g para la *Chondracanthus chamissoi* hasta 443.24 mg de ác. Gálico/ 100 g en el caso de la *Cryptonemia obovata*.

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. Por ejemplo, la *Cryptonemia obovata* aporta la mitad de los polifenoles que proporciona la Uva; pero el desgaste de polifenoles que se produce durante la digestión de la Uva es mayor por el desequilibrio calórico.

4.4 Capacidad Capturadora de Radicales Libres (DPPH) de extractos de algas

Como se aprecia en la Tabla 7, (valores obtenidos al analizar la solución madre de cada alga 2 mg/ml); los porcentajes de decoloración de las muestras estudiadas son muy bajos, y por ende no se pudo observar la capacidad capturadora de radicales libres con la precisión necesaria.

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

Algas	Concentración muestra (mg/mL)	Absorbancia Promedio	Absorbancia Control	Decoloración (%)
<i>Chondracanthus chamissoi</i>	2.0	0.409	0.422	3.08 ± 0.0
<i>Cryptonemia obovata</i>	2.1	0.415	0.422	1.66 ± 0.0
<i>Gigartina chamissoi</i>	2.1	0.417	0.422	1.11 ± 0.1
<i>Gracilaria chilensis</i>	2.1	0.417	0.416	-0.32 ± 0.0
<i>Rhodymenia corallina</i>	2.1	0.423	0.416	-1.68 ± 0.0
<i>Macrocystis pyrifera</i>	2.1	0.415	0.422	1.74 ± 0.0
<i>Durvillaea a. (Cochayuyo)</i>	2.1	0.409	0.416	1.68 ± 0.0
<i>Durvillaea a. (Hulte)</i>	2.0	0.397	0.416	4.65 ± 0.1
<i>Codium fragile</i>	2.3	0.420	0.422	0.47 ± 0.1
<i>Ulva lactuca</i>	2.1	0.479	0.416	-15.14 ± 0.1

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).

5. Conclusiones Generales

Luego de este estudio, se puede inferir que las algas 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.

Característica importante también es el alto valor biológico de las proteínas de estas “verduras del mar”, pues en su composición existe una cuantía importante de aminoácidos esenciales; los cuales, resultan indispensables para que se realicen de manera óptima las actividades metabólicas en nuestro organismo. Otros compuestos relevantes que poseen las algas son los antioxidantes, encontrándose en las distintos análisis concentraciones notables de tocoles, polifenoles y carotenoides; los cuales no son biosintetizados por nuestro organismo y deben ser incorporados a través de la alimentación.

Ricas son las algas en minerales, cuya composición está muy relacionada con el agua marina, destacando micronutrientes como el Sodio, Potasio, Fósforo, Magnesio, Yodo, entre otros, algunos de ellos esenciales para el correcto funcionamiento de organismo.

A pesar de estos aspectos nutritivos, aún es necesario realizar estudios de biodisponibilidad e interacciones que se pudiesen producir entre estas moléculas. La gran variedad de componentes que conforman las algas, las hacen propicias para la formulación y desarrollo de alimentos funcionales; aunque las algas podrían constituir un alimento funcional por si mismo, sin necesidad de enriquecerlas para que adquieran una característica beneficiosa; pero serían de gran utilidad en la industria para fortalecer otros productos.

Además de todas las propiedades nutritivas que se le atribuyen a las algas, aportan una gran gama de posibilidades culinarias; así, cada tipo de alga tiene una preparación diferente con sabores, texturas, colores y aromas variados, tal como ocurre con los vegetales terrestres. Con esto, se convierten en una alternativa muy original y saludable.

Por todas estas cualidades, así como otras que no han sido consideradas en este estudio pero de las cuales existen referencias, se puede decir que las algas marinas constituyen un recurso potencial del cual se podrían obtener enormes beneficios tanto para la nutrición humana como animal. Sin embargo, existe una creciente necesidad de ampliar las investigaciones sobre estos recursos y existe el compromiso de hacer llegar a la mayor parte de la población de cada país los conocimientos científicos que se están generando, para así motivar su consumo.

AGRADECIMIENTOS:

La información recabada en esta monografía fue originada por el proyecto DI 2002: *Aprovechamiento integral de Compuestos bioactivos y nutraceuticos presentes en Algas Chilenas*, Vicerrectoria de Investigación y Desarrollo (VID). Universidad de Chile.

Referencias bibliográficas

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, 3º 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, Nº 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-Holzhauer, 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 *Sarotherondon 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 Alagae in Pharmaceutical Science*". Walter de Gruyter, Nueva York, 473-523 pp.

Proteggente, A; Sekher, A; Paganga, G. (2002). "The antioxidant activity of regularly 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 templada 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.