

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

Monografía

Composición Nutricional y Funcional de las Algas

Clorofíceas Chilenas:

Codium fragile* y *Ulva lactuca



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 dos diferentes algas verdes chilenas; ***Codium fragile*** y ***Ulva lactuca*** ampliamente abundantes en Chile.

INDICE

	Pag.
1. Introducción.....	5
2. Características de las algas Clorofíceas <i>Codium fragile</i> y <i>Ulva lactuca</i>	7
2.1 Características morfológicas y taxonómicas del alga <i>Macrocystis pyrifera</i>	7
2.2 Características morfológicas y taxonómicas del Alga <i>Codium fragile</i>	8
3. Composición nutricional de Algas clorofíceas <i>Codium fragile</i> y <i>Ulva lactuca</i>	8
3.1 Composición Proximal de Algas Clorofíceas; <i>Codium fragile</i> y <i>Ulva lactuca</i>	8
3.2 Composición aminoacídica de Algas Clorofíceas; <i>Codium fragile</i> y <i>Ulva lactuca</i>	10
4 Propiedades Funcionales de Algas Clorofíceas.....	11
4.1 Composición lipídica de Algas Clorofíceas; <i>Codium fragile</i> y <i>Ulva lactuca</i>	11
4.2 Contenido de Tocolos en Algas Clorofíceas; <i>Codium fragile</i> y <i>Ulva lactuca</i>	13
4.3 Carotenoides presentes en las Algas Clorofíceas; <i>Codium fragile</i> y <i>Ulva lactuca</i>	14
4.4 Contenido de Polifenoles en Algas Clorofíceas; <i>Codium fragile</i> y <i>Ulva lactuca</i>	15
4.5 Capacidad Capturadora de Radicales Libres (DPPH) de extractos de algas <i>Codium fragile</i> y <i>Ulva lactuca</i>	16

5 Conclusiones Generales	17
5.1 Propuestas para la utilización de algas en la elaboración de alimentos o suplementos alimentarios.....	17
5.1.1 Pellets para alimentación animal.....	17
5.1.2 Productos alimenticios para el control de peso.....	18
5.1.3 Fortificación de productos alimenticios orientados especialmente hacia la población mayor.....	19
6 Referencias.....	20

INDICE DE TABLAS

	Pag
Tabla 1: Composición Proximal en Algas Clorofíceas, porcentaje expresado en base seca.....	9
Tabla 2: Concentración aminoacidica (mg/100 g de alga seca), Algas Clorofíceas <i>Codium fragile</i> y <i>Ulva lactuca</i>	20
Tabla 3: Contenido de Ácidos Grasos presentes en los lípidos de las Algas Clorofíceas (%).....	12
Tabla 4: Contenido Tocolos en algas Clorofíceas <i>Codium fragile</i> y <i>Ulva lactuca</i>	13
Tabla 5: Contenido de compuestos carotenoides en Algas Clorofíceas expresado en µg/g en peso seco.	14
Tabla 6: Polifenoles Totales presentes en las Algas Clorofíceas.....	15
Tabla 7: Capacidad Capturadora de Radicales Libres (DPPH) en extractos etanólicos, expresado en porcentaje.....	16

1. Introducción

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:

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).

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).

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.

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 de las algas Clorofíceas *Codium fragile* y *Ulva lactuca*

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 diez algas con características morfológicas y taxonómicas diferentes.

2.1 Características morfológicas y taxonómicas del Alga *Codium fragile*

- Especie: *Codium fragile*

Familia: Codiaceae.

Orden: Caurlerpales.

Clasificación: Clorofícea



Descripción: Plantas robustas, de color verde intenso, de hasta 30cm de largo. Sus ramas son cilíndricas, ramificadas dicotómicamente. El talo está formado por numerosos filamentos sin tabicar, con una médula interna incolora y una empalizada externa de vesículas, provistas de numerosos cloroplastos aislados

(Pantano & González, 2003). Se reproducen alternadamente en forma vegetativa por fragmentación y división celular, asexual por esporas y zoosporas y sexual por conjugación.

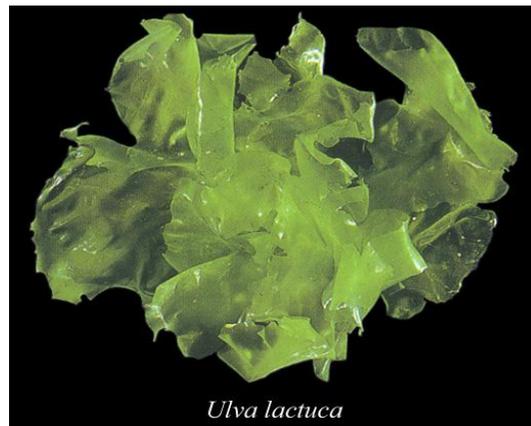
2.2 Características morfológicas y taxonómicas del Alga *Ulva lactuca*

.- Especie: *Ulva lactuca*

Familia: Ulvaceae

Orden: Ulvales.

Clasificación: Clorofícea.



Descripción: Alga foliosa de color verde claro a intenso, de hoja redondeada, delgada, con bordes lisos y suaves al tacto. Las láminas son anuales, mayoritariamente sin estipe; los procesos rizoidales son originados en células basales multi-nucleadas y se extienden hacia abajo entre los márgenes de la lámina, formando un grampón generalmente perenne (Santelices, 1991).

3. Composición nutricional de Algas Clorofíceas Alga *Codium fragile* y *Ulva lactuca*

3.1 Composición Proximal de Algas Clorofíceas; *Codium fragile* y *Ulva lactuca*.

La composición proximal de la Tabla 1, muestra diferencias entre las dos especies clorofíceas analizadas, principalmente, en relación a proteínas, lípidos

y cenizas. El contenido de proteínas es mayor para la *Ulva lactuca* con 27.2% contra 10.8% que presenta el *Codium fragile*; lo que confirma anteriores estudios (Pak, 1996). Las concentraciones de proteínas aportadas por la *U. lactuca* son similares a la de alimentos naturales como legumbres, entre las que destacan lentejas, arvejas y fréjoles (Schmidt y cols., 1992). En el caso del *C. fragile* la cantidad de proteínas es similar al observado en las algas pardas, cuyos aportes se asemejan a los de algunos cereales y semillas.

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

Algas Verdes	Proteínas (N*6.25)(%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	E.N.N (%)	Calorías (Kcal/100g)
<i>Codium fragile</i>	10.8 ± 0.0	1.5 ± 0.0	20.9 ± 0.2	66.8 ± 0.4	323.9
<i>Ulva lactuca</i>	27.2 ± 1.1	0.3 ± 0.0	11.0 ± 0.1	61.5 ± 0.8	357.5

Sigue siendo una característica muy marcada la gran cantidad de E.N.N presente en la composición de las algas. La que en este grupo alcanza a 66.8 g de E.N.N/100 g de peso seco.

En cuanto al contenido de materia inorgánica, nuevamente destaca el *Codium fragile* con 20.9%. La cantidad de lípidos presentes va desde 0.3% en la *Ulva lactuca* a 1.5% en el *Codium fragile*.

Entre los tres grupos estudiados, el correspondiente a las Rodofíceas presenta las mejores características nutricionales; básicamente, por su riqueza proteica, por el alto contenido de carbohidratos y minerales. Aunque el componente nutricional mayoritario, en todas las algas, son los carbohidratos.

3.2 Concentración aminoacídica (mg/100 g b.s.) de Algas Clorofíceas; *Codium fragile* y *Ulva lactuca*.

Tabla 2: Concentración aminoacídica (mg/100 g b.s.) de Algas Clorofíceas; *Codium fragile* y *Ulva lactuca*.

Aminoácidos	<i>Codium fragile</i>	<i>Ulva lactuca</i>
Ac. Aspártico	823.1 ± 10.5	2625.6 ± 24.3
Ac. Glutámico	1088.8 ± 27.2	2663.3 ± 30.1
Serina	510.7 ± 9.1	1471.1 ± 12.8
Histidina	95.9 ± 4.3	236.4 ± 9.4
Glicina	536.6 ± 13.8	1440.0 ± 7.9
Treonina	586.1 ± 9.7	1408.7 ± 10.0
Arginina	420.3 ± 8.4	859.2 ± 15.4
Alanina	630.8 ± 13.2	1935.9 ± 31.5
Prolina	0.5 ± 0.1	1.2 ± 0.6
Tirosina	389.4 ± 7.6	768.3 ± 8.7
Valina	1417.7 ± 17.5	598.8 ± 18.8
Metionina	946.7 ± 10.3	1186.0 ± 21.3
Cistina	159.7 ± 2.9	97.2 ± 5.4
Isoleucina	401.8 ± 8.2	971.2 ± 9.2
Leucina	730.4 ± 15.4	1826.6 ± 13.1
Fenilalanina	476.2 ± 11.1	2199.1 ± 9.9
Lisina	544.6 ± 8.9	277.1 ± 13.5
Total aminoácidos esenciales	5359.1 ± 88.3	8801.1 ± 110.6

En las dos especies clorofíceas se observa la presencia de todos los aminoácidos esenciales, calificando de buena calidad nutricional a las

proteínas (FAO, 1981) de estas dos algas. Aunque el contenido de aminoácidos esenciales en el *Codium fragile* es menor, estos representan un 49.6% de la proteína total, a diferencia del 32.3% de la *Ulva lactuca*. Entre estas algas destacan los contenidos de Valina, Metionina y Fenilalanina concordando con la teoría (Wahbeh, 1997).

Este grupo también presentan aminoácidos limitantes, el primero de ellos, y que equivale al cómputo aminoacídico para ambos casos es la Histidina, con fracciones de 0.47 en el *Codium fragile* y 0.46 en la *Ulva lactuca*, catalogándolas de proteínas biológicamente incompletas, pese a su buena calidad (Olivares y cols., 1997).

4. Propiedades Funcionales de Algas Clorofíceas

4.1 Contenido de Ácidos Grasos en Algas Clorofíceas

Como se observa en la Tabla 3, el *Codium fragile* presenta una concentración de ácidos grasos saturados mayor a la *Ulva lactuca* con un 43.48%; donde destacan los contenidos de ácido palmítico y ácido esteárico. Existe una diferencia importante entre los ácidos grasos monoinsaturados, mientras que en el *Codium fragile* es 19.95%, en la *Ulva lactuca* alcanza a un 42.94%; en ambas especies predomina el ácido oleico.

En lo que respecta a los ácidos poliinsaturados se observan niveles altos de ácido linolénico en *C. fragile* con un porcentaje de 22.81, por otro lado las concentraciones de linoleico para ambas especies son relativamente bajas, pero considerables dada la importancia que presenta este ácido graso, los valores son 6.24% para el *C. fragile* y 8.91% en la *U lactuca*.

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

Ácidos Grasos	<i>Codium fragile</i>	<i>Ulva lactuca</i>
Saturados		
C12:0	0.30 ± 0.01	0.15 ± 0.01
C14:0	1.04 ± 0.05	1.22 ± 0.20
C15:0	0.66 ± 0.01	0.22 ± 0.00
C16:0	17.74 ± 0.09	15.01 ± 1.12
C17:0	1.11 ± 0.12	---
C18:0	17.38 ± 0.04	9.53 ± 0.03
C20:0	0.82 ± 0.00	0.20 ± 0.01
C22:0	2.52 ± 0.06	0.29 ± 0.01
C24:0	1.91 ± 0.01	10.12 ± 0.01
Monoinsaturados		
C15:1	1.51 ± 0.03	1.20 ± 0.11
C16:1 isómero	0.67 ± 0.01	0.74 ± 0.01
C16:1	0.95 ± 0.01	2.01 ± 0.11
C16:1 isómero	0.68 ± 0.02	---
C17:1	---	0.19 ± 0.11
C18:1 isómero	3.02 ± 0.01	---
C18:1 ω 9 <i>trans</i>	---	0.39 ± 0.11
C18:1 ω 9 <i>cis</i>	12.25 ± 0.10	29.40 ± 1.91
C18:1 ω 7 <i>cis</i>	0.87 ± 0.03	3.65 ± 0.01
C20:1	---	4.51 ± 0.50
C22:1	---	0.85 ± 0.01
Poliinsaturados		
C16:2	---	1.10 ± 0.21
C18:2	---	1.83 ± 0.91
C18:2 ω 6	6.24 ± 0.18	8.91 ± 1.21
C18:3 isómero	1.75 ± 0.07	---
C18:3 ω 3	22.81 ± 0.24	4.69 ± 0.31
C18:4 ω 3	1.11 ± 0.02	0.44 ± 0.01
C20:2	---	0.26 ± 0.00
C20:4 ω 6	2.56 ± 0.01	0.36 ± 0.01
C20:5 ω 3	2.10 ± 0.00	1.08 ± 0.01
C22:6 ω 3	---	0.85 ± 0.01
No identificados	0.00 ± 0.00	0.80 ± 0.03

4.2 Contenido de Tocolos en Algas Clorofíceas; *Codium fragile* y *Ulva lactuca*.

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 4, 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 Tocolos (mg/Kg lípido) en *Codium fragile* y *Ulva lactuca*.

Algas	α -tocoferol	β -tocoferol	γ -tocoferol	γ -tocotrienol	δ -tocoferol	Tocolos totales
<i>Codium f.</i>	453.5 \pm 3.2	56.9 \pm 1.1	63.5 \pm 1.9	365.9 \pm 2.3	677.8 \pm 1.8	1617.6 \pm 10.3
<i>Ulva l.</i>	5.4 \pm 0.8	9.2 \pm 1.5	25.8 \pm 0.5	963.5 \pm 4.2	25.3 \pm 0.9	1029.2 \pm 7.9

El alga que destaca dentro de los tres grupos por tener un mayor contenido de tocoles totales es el *Codium fragile* con 1617.6 ppm, compuesto en gran parte por δ -tocoferol, α -tocoferol y γ -tocotrienol, tal como se aprecia en la Tabla 4. Este mayor contenido de tocoles podría estar dado por la cantidad superior de ácidos grasos ω -3 que posee esta 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).

4.3 Contenido de Carotenos en Algas Clorofíceas; *Codium fragile* y *Ulva lactuca*.

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

Algas	Luteína	β -caroteno <i>trans</i>	β -caroteno <i>cis</i>
<i>Codium fragile</i>	0.7 \pm 0.1	198.6 \pm 1.8	----
<i>Ulva lactuca</i>	1.9 \pm 0.2	12.8 \pm 0.3	----

Los resultados obtenidos en la determinación de compuestos carotenoides para las algas en estudio, muestran concentraciones sólo relevantes de β -Caroteno en el alga clorofíceas *Codium f.* y escaso aporte en el *Ulva l.*, lo que no coincide con los datos publicados para esta última alga que la describen como un alga rica en vitamina A. *Codium fragile*, con concentración total de β -Caroteno de 198.6, $\mu\text{g/g}$, supera 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).

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 75g de *C. fragile* en estado seco, para cumplir con la dosis recomendada de β -Caroteno.

4.4 Contenido de Polifenoles en Algas Clorofíceas; *Codium fragile* y *Ulva lactuca*.

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>Codium fragile</i>	124	73.42	84.00
<i>Ulva lactuca</i>	138	29.22	146.11

Se aprecian concentraciones considerables de polifenoles, expresado en mg de ácido gálico/ L (EAG), en los extractos etanólicos de ambas algas.

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 compuestos de acción aún desconocida frente a enfermedades degenerativas podrían ser relevantes en salud humana.

4.5 Capacidad Capturadora de Radicales Libres (DPPH) de extractos de algas *Codium fragile* y *Ulva lactuca*

Tabla 7: Capacidad Capturadora de Radicales Libres (DPPH) en extractos.

Algas	Concentración muestra (mg/mL)	Decoloración DPPH (%)
<i>Codium f.</i>	2.3	0.47 ± 0.1
<i>Ulva l.</i>	2.1	-15.14 ± 0.1

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. 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) la cual aunque no fue observado **in vitro**, puede darse factiblemente *in vivo*.

5. Conclusiones Generales

Analizando la información obtenida de este estudio para dos algas Clorofíceas (algas verdes) y los informados en las monografías de algas Rodofíceas (algas rojas) y Feofíceas (algas pardas), se puede inferir que las algas son un alimento equilibrado nutricional y funcionalmente y que pueden factiblemente ser utilizadas para el desarrollo de alimentos funcionales capaces de prevenir enfermedades de la sociedad moderna, por lo cual se proponen las siguientes alternativas de aplicación para la industria de alimentos y producción animal:

5.1 Propuestas para la utilización de algas en la elaboración de alimentos o suplementos alimentarios

A continuación se presentan algunas ideas de posibles usos industriales y alimentarios, con el fin de aprovechar al máximo las cualidades beneficiosas que presentan estas algas.

5.1.1 Pellets para alimentación animal



Una problemática que enfrenta la industria salmonera actual, es la alta concentración de fitoestrógenos (compuesto que se estima interfiere los procesos de reproducción) presente en la soja, que es la principal fuente de alimentación. Las algas podrían suplir la necesidad proteica que requieren

los peces, además de entregar: Vitaminas, antioxidantes y una gran cantidad de minerales sin presentar ese inconveniente.

Principalmente, se podrían aprovechar las cualidades nutritivas presentes en las especies *Cryptonemia obovata* y *Ulva lactuca*, atendiendo al

alto contenido proteico que poseen. Y a las especies *Rhodymenia corallina* y *Codium fragile* de las cuales resaltan las concentraciones de compuestos carotenoides precursores de la coloración (astaxantina) en los salmones.

5.1.2 Productos alimenticios para el control de peso



En nuestro país ya se ha declarado la obesidad como un problema de salud pública, en especial la infantil, por esto cualquier alternativa que colabore en el control de este problema es de sumo interés para las políticas de salud.

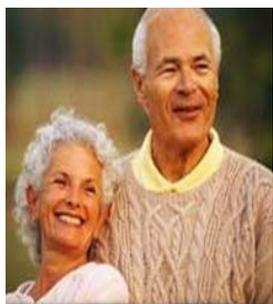


Conocidas son las propiedades que poseen las algas con relación al control de peso, disminución de la capacidad de absorción de grasa, reducción del colesterol y más recientemente capacidad antioxidante.

El desarrollo de producto con base a estos vegetales ayudaría a equilibrar de alguna forma la dieta de la población pudiendo incorporarse en hamburguesas, pastas, pan, bebidas isotónicas, mermeladas, etc., para que se masifique y su consumo sea más cotidiano desde la infancia. Junto con lo anterior se necesita el apoyo de políticas públicas y el financiamiento de la empresa privada que fomenten la investigación y desarrollo en este rubro. En referencia a las algas que se podrían utilizar en la elaboración de estos productos destacan las especies *Ulva lactuca* (Luche), *Durvillaea antarctica*, *Gracilaria chilensis* y *Gigartina chamissoi*, por ser las más

reconocidas por la población y la industria, además de estar presentes en grandes cantidades en las costas de nuestro país y de su fácil recolección.

5.1.3 Fortificación de productos alimenticios orientados especialmente hacia la población mayor



Debido a las cualidades que poseen las algas en relación con la capacidad de reducir la constipación, actividad antioxidante, y el gran aporte de minerales en especial calcio que tiene relevancia en el tratamiento del control de la osteoporosis, entre otras, se estima conveniente la utilización de estos vegetales en la elaboración de productos que se pudiesen consumir más habitualmente por este segmento etario; como sería el caso de sopas

(preparado deshidratado), jugos, jaleas y galletones integrales en donde la participación de políticas públicas orientadas hacia la distribución y masificación de la información de las propiedades que estos productos entregan es fundamental para que tengan una aceptación distinta al concepto que se tiene de ellas en la actualidad. Las especies que cuentan con ventajas para el desarrollo de productos para este segmento son: *Cryptonemia obovata*, *Rhodymenia corallina* y *Gigartina chamissoi*, por las concentraciones de polifenoles totales presentes en ellas y también además contienen la mayor concentración de minerales (cenizas). También en este punto investigaciones en el extranjero apuntan a que la especie *Ulva lactuca* posee considerables cantidades de calcio el cual se estima podría controlar la osteoporosis.

6. Referencias bibliográficas

- Agardh, J.G. (1842). "*Algae maris Mediterranei et Adriatici*". Paris, 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, págs. 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, 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 *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 Algae 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 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.