

RECYT

Año 21 / N° 31 / 2019 / 59–67

Composición química y propiedades tecnológicas de alga roja, *Agarophyton chilensis* (ex *Gracilaria chilensis*)

Chemical composition and technological properties of red seaweed, *Agarophyton chilensis* (ex *Gracilaria chilensis*)

Carla Morales¹; Marco Schwartz², Marcela Sepúlveda², Vilma Quitral^{3,*}

1- Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Talca;

2- Departamento de Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile; 3- Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás.

* E-mail: vilmaquitral@santotomas.cl

Resumen

Se caracterizó el alga *Agarophyton chilensis* (ex *Gracilaria chilensis*) tanto deshidratada como cocida al vapor. Se analizó la composición química, polifenoles totales y propiedades tecnológicas relacionadas con retención de agua, aceite y formación de geles. El contenido de proteínas del alga es alto ($13,3 \pm 0,32$ g/100g) al igual que fibra dietética ($21,7 \pm 2,4$ g/100g). El contenido de polifenoles es $309,9 \pm 26,1$ y $529,5 \pm 30,6$ mg AGE/100g en alga deshidratada y cocida respectivamente. El índice de absorción de agua (IIA) es alto, alcanzando $13,5 \pm 0,6$ g/g, y el índice de solubilidad en agua (ISA) es de $39,7 \pm 6,4\%$, ambos medidos en alga deshidratada. La concentración mínima de gelificación (CMG) es baja, con 4% en alga deshidratada y 2% en alga cocida. Estas propiedades permiten la incorporación del alga en alimentos procesados, como un ingrediente que aporta en viscosidad y permite la formación de geles.

Palabras clave: Algas; *Agarophyton chilensis*; Índice de absorción de agua; Índice de solubilidad en agua; Polifenoles totales.

Abstract

A characterization of *Agarophyton chilensis* (ex *Gracilaria chilensis*), both dehydrated and steamed was realized. Chemical composition analysis was carried out, total polyphenols content and technological properties related to water and oil retention, and gel formation were determined. The protein content was high ($13,3 \pm 0,32$ g/100g) like dietary fiber ($21,7 \pm 2,4$ g/100g). The polyphenols content was $309,9 \pm 26,1$ and $529,5 \pm 30,6$ mg GAE/100g in dehydrated and steamed seaweed respectively. Water absorption index (IIA) was high reaches $13,5 \pm 0,6$ g/g; water solubility index (ISA) was $39,7 \pm 6,4\%$, both measured in dehydrated seaweed. The minimum concentration of gelling (CMG) is low, 4% in dehydrated and 2% in steamed seaweed. These properties allow the incorporation of seaweed into processed foods as an ingredient that contributes in viscosity and allows gel formation.

Keywords: Seaweeds; *Agarophyton chilensis*; Water absorption index; Water solubility index; Total polyphenols.

Introducción

Las algas marinas son un recurso presente en casi todas las costas del mundo, son muy variadas y taxonómicamente se clasifican en: algas rojas (*rhodophyta*), pardas (*phaeophyta*), verdes (*chlorophyta*) y azul-verde (*cyanophyta*) (1, 2).

El desembarque artesanal de algas en Chile el año 2016 fue de 329.707 toneladas, las especies con mayor desembarque fueron Chascón o Huiro negro (155.740 T), Huiro Palo (49.802 T), Huiro (31.875 T) y Luna Negra o Crespa (30.694 T). Las regiones con mayores desembarques son Biobío, Los Lagos y Atacama (Sernapesca anuario). En Chile existen alrededor de 550 especies de algas y las más

conocidas son *Callaphyllis variegata* (Carola), *Chondracanthus chamosoi* (Chicoria de mar), *Pyropia* sp. (Luche), *Durvillaea antártica* (Cochayuyo), *Ulva lactuca* (Lechuga de mar o lamilla) y *Gracilaria chilensis* (Pelillo) (3, 4).

Las algas presentan bajo contenido calórico, alta concentración de proteínas, fibra dietética, minerales y vitaminas, contienen compuestos bioactivos como polifenoles y carotenoides y su consumo está asociado a baja incidencia de muchas enfermedades (5, 6, 7).

Las propiedades tecnológicas que presentan las algas como capacidad de retención de agua, capacidad de gelificación y otras, son producto del contenido de proteínas, fibra dietética e hidrocoloides (8, 9, 10). Estas propiedades permiten la incorporación de algas como ingrediente en

diferentes tipos de alimentos, como en productos cárnicos, pastas y productos de panificación, etc. (7, 11, 12).

En productos cárnicos a base de emulsiones que incorporan algas marinas como ingredientes, se mejora el rendimiento de cocción, textura, unión grasa/agua, estabilidad de emulsión y se disminuyen los costos de formulación (13, 14, 15, 16).

El alga *Agarophyton chilensis* (ex *Gracilaria chilensis*) conocida como “pelillo”, y de nombre comercial: ogo-nori (en Japón), chinesis moss (en China), Sea string (en Sudáfrica) es un alga roja nativa que se encuentra en sustrato intermareal y submareal, hasta los 25 m. de profundidad y habita sobre fondo arenoso o fangoso y en algunos casos adherida a sustratos duros. Se distribuye entre las regiones IV y X de Chile y a través del cultivo, su distribución se amplió a las regiones II y III. Se extrae durante todo el año. (17).

Esta alga es rica en fibra dietética, minerales, proteínas y compuestos fenólicos (18). La principal aplicación comercial de *Agarophyton chilensis* lo constituye el agar-agar que es una goma vegetal, de la que se derivan una serie de productos cosméticos, de la industria alimentaria y hasta de la biomedicina. En las costas de países como Japón y Hawai y en el Sureste asiático y Caribe, el pelillo se consume de forma fría. En España, se encuentra a disposición de los consumidores como tal y en mezcla con otras algas, en formato fresco, conservado con sal y deshidratado para su uso culinario donde se destaca su empleo como guarnición o tipo ensalada, además de su incorporación en todo tipo de comidas como croquetas, tortillas, salsas, caldos, licuados, etc.

El propósito del presente estudio fue la caracterización química, nutricional y de propiedades de interacción con el agua del alga *Agarophyton chilensis* (ex *Gracilaria chilensis*) para analizar su posible utilización como ingrediente en alimentos.

Materiales y Métodos

Materia prima

Alga *Agarophyton chilensis* (pelillo) deshidratada en forma solar en la costa, fue obtenida de la IV región de Coquimbo, Chile, durante los meses de verano.

Una vez recibida el alga en el laboratorio, se limpió y molió hasta alcanzar un tamaño de gránulo de 841 μm , y fue almacenada en envase de vidrio cerrado en lugar seco y oscuro (Muestra A1).

Se aplicó cocción al vapor, exponiendo una capa de 3 a 5 mm del alga molida durante 10 minutos a vapor húmedo sobre una lámina de papel mantequilla (Muestra A2) fue enfriado y almacenado a -18°C para su posterior análisis.

Análisis químicos

Análisis proximal mediante métodos oficiales de A.O.A.C (19). Humedad, mediante método termogravimétrico de eliminación del agua a 105°C . Proteínas por método de Kjeldahl con factor de corrección 4,59 para algas rojas (20). Cenizas, por método termogravimétrico de incineración de la muestra a 550°C . Lípidos por extracción Soxhlet. Extracto no nitrogenado (E.N.N.) por diferencia. Composición de ácidos grasos: se analizaron como ésteres metílicos derivatizados (21) por cromatografía gas líquido (GLC), usando cromatógrafo de gases, cuya materia grasa fue extraída por el método Bligh & Dyer (22) y almacenada a -75°C hasta su utilización. El contenido de Fibra dietética se determinó por el método enzimático gravimétrico, para fibra dietética total (FT), soluble (FS) e insoluble (FI) (19). Contenido de Polifenoles totales por método Folin-Ciocalteu (23) en extracto acuoso.

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño totalmente al azar con 2 tratamientos y 4 repeticiones. Analizándose mediante prueba de *t* de Student con un nivel de significancia de un 5%, comparando la materia prima inicial y tras la cocción con vapor en programa Infostat versión 2012.

Análisis de propiedades tecnológicas

Índice de Absorción de Agua (IAA) determinado por la técnica descrita por Kaur y Singh (24), se expresan en g/g (peso de sedimento/peso de sólidos secos). Índice de Solubilidad en agua (ISA) determinado por la técnica descrita por Kaur y Singh (24), se expresan en porcentaje ([peso de sólidos disueltos en sobrenadante/peso de sólidos secos] x100). Capacidad de Retención de Agua (CRA) se determinó por centrifugación (25) y se expresa en g/g. Capacidad de Absorción de Aceite (CAA) determinado por la técnica descrita por Kaur y Singh (24), se expresa en g/g. Capacidad de Hinchamiento (SW) determinado por la técnica descrita por Gómez-Ordoñez y col. (26), y se expresa como ml/g. Concentración Mínima de Gelificación (CMG) (24): con suspensiones al 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14%, 16%, 18% y 20% p/v.

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño totalmente al azar con 2 tratamientos y 4 repeticiones. Analizándose mediante prueba de *t* de Student con un nivel de significancia de un 5%, comparando la materia prima inicial y tras la cocción con vapor en programa Infostat versión 2012.

Resultados

Tabla 1: Composición nutricional de *A. chilensis*. (en 100 g muestra seca)

| Muestra | Proteínas (g) | Lípidos (g) | Cenizas (g) | Hidratos de carbono (g) | Energía (Kcal) |
|---------|---------------|-------------|--------------|-------------------------|----------------|
| A1 | 13,3 ± 0,320 | 0,4 ± 0,056 | 24,0 ± 0,813 | 62,3 ± 1,105 | 219,2 ± 8,943 |
| A2 | 13,4 ± 0,471 | 0,7 ± 0,142 | 25,1 ± 1,255 | 60,7 ± 1,466 | 182,0 ± 4,838 |

A1 = muestra deshidratada

A2 = muestra cocida al vapor

Tabla 2: Contenido fibra dietética de *A. chilensis* (g/100 g muestra seca)

| Muestra | FD soluble | FD insoluble | FD total | Relación FDS/FDI |
|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| A1 | 4,5 ± 1,3 ^a | 17,2 ± 1,1 ^a | 21,7 ± 2,4 ^a | 0,26 |
| A2 | 20,1 ± 4,5 ^b | 10,2 ± 3,6 ^a | 30,3 ± 0,9 ^b | 1,97 |

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por columna ($p < 0,05$), según t de Student.

A1 = muestra deshidratada

A2 = muestra cocida al vapor

Tabla 3: Composición ácidos grasos de *A. chilensis* (%p/p de ésteres metílicos)

| Parámetro | | | <i>A. chilensis</i> | | |
|---------------|--------------|----------|---------------------|---|-----|
| Ác. | Palmitico | C16:0 | 26,48 | ± | 0,3 |
| Ác. | Palmitoleico | C16:1n-7 | 3,09 | ± | 0,3 |
| Ác. | Estearico | C18:0 | 15,83 | ± | 0,1 |
| Ác. | Oleico | C18:1n-9 | 40,27 | ± | 0,0 |
| Ác. | Linoleico | C18:2n-6 | 7,56 | ± | 0,0 |
| Σ Saturados | | | 42,31 | ± | 0,4 |
| Σ Insaturados | | | 50,91 | ± | 0,3 |
| Σ MUFA | | | 43,35 | ± | 0,3 |
| Σ PUFA | | | 7,56 | ± | 0,0 |
| P/S | | | 0,18 | ± | 0,0 |
| ni | | | 6,79 | ± | 0,2 |

MUFA: ácidos grasos monoinsaturados;

PUFA: ácidos grasos poliinsaturados;

P/S: relación Poliinsaturados/Saturados;

ni: no identificado

Tabla 4: Contenido polifenoles y capacidad antioxidante de *A. chilensis*

| Muestra | Polifenoles totales (mg AGE/100g m.s.) |
|---------|--|
| A1 | 309,9 ± 26,1 ^a |
| A2 | 529,5 ± 30,6 ^b |

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$), según t de Student.

A1 = muestra deshidratada

A2 = muestra cocida al vapor

Tabla 5: Propiedades de Hidratación de *A. chilensis*

| Propiedad | A1 | A2 |
|--|-------------|--------------|
| Índice de absorción de agua IAA (g/g) | 13.5 ± 0.6a | 13.7 ± 0.2 a |
| Índice de solubilidad en agua ISA (%) | 39.7 ± 6.4a | 44.3 ± 7.4 a |
| Capacidad de retención de agua CRA (g/g) | 6.9 ± 0.2 a | 7.0 ± 0.5 a |
| Hinchamiento SW (ml/g) | 5.2 ± 0.9 a | 5.1 ± 0.3 a |
| Capacidad de absorción de aceite CAA (g/g) | 1.2 ± 0.0 a | 1.4 ± 0.1 a |
| Concentración mínima de gelificación CMG (%) | 4.0 ± 0.0 a | 2.0 ± 0.0b |

Letras minúsculas distintas en una fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$), según t de Student

Discusión

Análisis Químico

Se ha descrito que existe variación de la composición química de las algas por efecto de la localización geográfica y condiciones ambientales, estado de desarrollo del alga, estacionalidad, etc. (27, 28). Para la estación de verano, la composición nutricional descrita por Toledo y col. (29) es de 35,3 g/100g b.s. de proteínas; 41,9 g/100g b.s. de cenizas; 0,8 g/100g b.s. de lípidos y 22,0 g/100g b.s. de hidratos de carbono. El alga del presente estudio fue cosechada en verano, sin embargo presenta menor contenido de proteínas, cenizas y lípidos.

En cuanto al contenido de proteínas, las muestras A1 y A2 presentan un valor muy similar, ya que no se produjo migración de proteínas solubles debido a que la cocción se realizó con vapor. El alga estuvo expuesto a temperaturas moderadas, en torno a 85° C. Con el uso del vapor hay menor pérdida de biomoléculas y compuestos solubles, como vitaminas, minerales y antioxidantes, que pudieran ser eliminadas por arrastre. También puede haber oxidación de materias grasas, pero en menor grado que con aire caliente. Además, pueden existir menores pérdidas de compuestos termo-sensibles como vitaminas (30).

Otros autores han determinado que el contenido de proteínas en *Agarophyton chilensis* fresca es de 17,63 g/100g b.s. (31), 19,97 g/100g b.s. (32) y 13,7 g/100g b.s. (33), siendo este último valor el más cercano al que se determinó en el alga del estudio. En *Gracilaria changii*, Chan y col. (34) cuantificaron 12,57 g/100g b.s. de proteínas. En otras algas chilenas como *Codium fragile*, *Durvillaea antártica* y *Ulva lactuca* el contenido de proteínas es de 19, 17 y 51% respectivamente, valores mayores a los determinados en *A. chilensis* (33, 4). En general las algas contienen altas concentraciones de proteínas, llegando a valores superiores a 30 g/100g b.s. Astorga-España y col. (35) encontraron que las algas rojas y verdes tienen mayor contenido proteico que algas pardas, pero estas últimas tienen proteínas de mejor calidad debido al score aminoacídico y los aminoácidos esenciales que presentan.

El contenido de lípidos determinado en *A. chilensis* es bajo, al igual que en otras algas (4, 26, 33, 36, 37) y según Verma y col. (38) las algas rojas presentan menor contenido de lípidos que las pardas y verdes. En el alga sometida a cocción con vapor se encontró mayor contenido lipídico que en el alga cruda, este resultado se puede atribuir a que el calor haya producido la ruptura de membranas celulares, compuestas mayormente de fosfolípidos, aumentando la capacidad de extracción de los lípidos. Se ha señalado que a una temperatura mínima de 60° C ya se originan cambios en la integridad de dicha membrana (39).

El contenido de cenizas en las algas es alto, con valores que fluctúan entre 10,8 y 40,3 g/100g b.s. y 43% b.h. (4, 26, 31, 32, 33) esto se debe a que al encontrarse en un am-

biente marino absorben una gran diversidad de minerales (40). De acuerdo con Carrillo y col. (41), el calcio es el mineral mayoritario en las algas marinas. En el presente estudio se determinó una concentración de cenizas de 24,0 g/100g b.s. en el alga fresca, valores que se encuentran dentro de los que determinaron otros autores como Ortiz y col. (33), Mardones y col., (32) y Seguel y col. (31) que fueron de 19, 28 y 21 g/100g b.s. respectivamente.

Hidratos de Carbono y Fibra Dietética

El contenido de hidratos de carbono en *Agarophyton chilensis* es de 62,3 y 60,7 en alga deshidratada y cocida al vapor respectivamente. Los hidratos de carbono de las algas corresponden principalmente a polisacáridos, que forman una matriz en la pared celular, y se encuentran sulfatados, lo que les otorga características especiales y beneficiosas. En las algas pardas se encuentran alginatos, con efecto prebiótico; en algas rojas abundan carragenatos y ulvanos en las algas verdes (42).

Respecto a la fibra dietética, éste es un componente esencial en una dieta saludable debido a que presenta muchísimos efectos beneficiosos. Su principal característica es que no es digerible, lo que produce aumento del tránsito intestinal, aumento del volumen fecal, incremento de la fermentación bacteriana en el colon, reducción de niveles de glucosa postprandial y colesterol. Las algas se caracterizan por tener alta concentración de fibra dietética con valores que alcanzan hasta 71,4 g/100g b.s. como *Durvillaea antarctica* (4) y una alta proporción de fibra soluble (FS), lo que se refleja en que la relación [F. soluble/F. insoluble] sea mayor que en vegetales terrestres (43). Gomez-Ordóñez y col. (26) determinaron fibra dietética total en algas extraídas de las costas españolas y los contenidos fluctúan desde 29,31 a 37,42% b.s., y para FS el valor más alto es de *Himanthalia elongata* con 23,63% b.s. En algas extraídas de costas asiáticas, los valores de fibra dietética variaron desde 36,0 a 62,3 g/100g b.s. para *Laminaria sp.* y *Hizikia fusiforme*, ambas algas pardas (44). En otros estudios se ha determinado que la concentración de fibra dietética de *A. chilensis* en g/100g b.s. es de 11,79 y 59,8 (31,45), sin embargo, no se aplicaron los mismos métodos analíticos, por lo que la comparación no resulta adecuada. Los valores de fibra, tanto soluble como insoluble son estadísticamente diferentes entre las muestras A1 y A2 (Tabla 2), produciéndose un aumento al tratar el alga con vapor en el contenido de fibra soluble y fibra total. La relación [F. soluble/F. insoluble] aumentó en el alga sometida a tratamiento térmico con vapor, llegando a 1,97, valor muy alto, que es un indicador de mayores beneficios para la salud por la alta proporción de fibra soluble (46). El aumento en FS por efecto del tratamiento térmico se puede asociar a los posibles complejos proteína-fibra formados luego de una posible modificación química por la cocción (47). Colin-Henrion y col. (48) obtienen

en cocción de manzanas, de similar forma, un aumento de la FDS por una despolimerización de pectinas, lo que generaría polisacáridos solubles los cuales anteriormente pertenecían a la fracción insoluble. Otros autores sostienen que la cocción aumenta la FDS y en consecuencia la FDT debido al ablandamiento de la pared celular y la solubilización de algunas sustancias pécticas (49,50,51), además los ácidos urónicos de la fracción insoluble de la fibra se pueden solubilizar parcialmente (43). Dueñas y col. (52) encontraron que en porotos la cocción produjo aumento de FS y por el contrario en lentejas una disminución de FS y FI.

Ácidos grasos

Como se observa en la Tabla 3, *A. chilensis* tiene mayor presencia de ácidos grasos del tipo insaturados, en especial del tipo C18:1 (oleico) monoinsaturado (MUFA) con un 40,3%. Ortiz y col. (33), encontraron menor cantidad de este ácido graso (29,02% de ésteres metílicos). Se ha descrito que el ácido oleico tiene efectos benéficos como la disminución del riesgo cardiovascular al reducir lípidos sanguíneos especialmente el colesterol (53). En la industria agroalimentaria, altos valores de ácido oleico son esenciales para la prevención de la oxidación lipídica y la estabilidad de alimentos e ingredientes que son expuestos a procesos térmicos (54,55). El ácido graso saturado (SFA) C16:0 (Palmítico) se encuentra en segundo lugar con un 26,5% de mayor preponderancia en este estudio, lo cual es mayor a lo encontrado por Ortiz y col. (33) donde también es el segundo de mayor porcentaje (21,84%). El ácido palmítico es el componente mayoritario del perfil lipídico de diferentes tipos de algas (4,56,57,58). Los ácidos grasos palmitoleico (C16:1) y linoleico (C18:2), monoinsaturado y poliinsaturado (PUFA) respectivamente, representan alrededor de un 10% de ésteres metílicos al contrario de la investigación de Ortiz y col. (33) que la suma de ambos lípidos alcanza 13,98% al contener en mayor medida ácido palmitoleico, derivando en porcentajes superiores a lo alcanzado en este trabajo. Ortiz y col. (33) además de FAO/MINSAL (57), señalan mayores contenidos de ácidos grasos insaturados que saturados para el alga *A. chilensis*, con un mayor predominio de ácidos grasos monoinsaturados. Esta aseveración concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo. El contenido de ácido oleico determinado en el presente estudio es mayor que el que se determinó en otras algas, ya que en las algas rojas *Palmaria sp.* y *Porphyra sp.* los valores fueron 3,13% y 6,70% respectivamente. En el mismo estudio las algas pardas presentaron mayor concentración de ácido oleico, llegando a 22,64% en *Himanthalia elongata* (56). En el estudio realizado por Susanto y col. (59) en siete algas pardas de Japón e Indonesia el contenido de ácido oleico es menor que el que presenta *A. chilensis*, ya que el mayor valor determinado en ese estudio corresponde al alga *Ecklonia*

kurome con 16.07%. Valores mayores se han encontrado en algas pardas de las costas de Escocia, donde se ha determinado hasta 46,9% en *Fucus vesiculosus* extraídas en primavera (60). En variados estudios se ha determinado la presencia de ácidos grasos de cadena larga del tipo ω -3, como por ejemplo EPA, encontrándose en algas en general y específicamente en pelillo (4,33,37,44,57). En la presente investigación no fue posible identificarlo debido a su baja concentración. La relación Poliinsaturados/Saturados (P/S) es menor al recomendado en guías nutricionales que debe ser mayor a 0,4 para disminuir riesgo de enfermedades cardiovasculares (61,62). En el estudio de Ortiz y col. (33) se sobrepasa el mínimo de la relación para otorgar beneficios a la salud, obteniendo un valor de 0,6, mientras que en el presente estudio es solo de 0,18.

Polifenoles totales

El contenido de polifenoles (PT) en *A. chilensis* es alto, (Tabla 4) tanto en crudo como en cocido al vapor. El contenido de polifenoles varía según el solvente usado en la extracción (63), Souza y col. (64) obtiene valores en *Gracilaria birdiae* y *Gracilaria cornea* con extracción en metanol y etanol de 113, 106, 88 y 89 mg AGE/100g respectivamente, siendo valores inferiores a los obtenidos en este estudio con extracción en agua. Sabeena y Jacobsen (65) determinaron polifenoles totales en diferentes algas de las costas danesas, utilizando extracto acuoso, al igual que en el presente estudio y obtuvieron valores muy variados, desde 11,5 hasta 607,7 mg/100g en *Laminaria digitata* y *Fucus vesiculosus* respectivamente, y en la especie *Gracilaria vermiculophylla* cuantificaron 51,4 mg/100g. Mientras que en algas del sudeste asiático, Chew y col. (66) encontraron 2430, 144 y 155 mg AGE/100g de las algas *P. antillarum*, *C. racemosa* y *K. alvarezzi* respectivamente. Por su parte Agregán y col. (67) encontraron valores muy altos en algas pardas extraídas en La Coruña, España, de 960, 1150 y 1990 mg PGE/100g en *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria bifurcata* y *Fucus vesiculosus*. El alga roja *Laurencia obusta* de Túnez presenta un contenido mucho más alto de 1921 mg AGE/100g y las algas verdes *Caulerpa raemosa*, *C. scalpelliformis* y *C. veravelensis* extraídas en costas de India contienen 3257, 3600 y 61690 mg PGE/100g respectivamente (68). Los métodos de determinación de polifenoles totales en base a extracción con solventes, entregan la concentración de los polifenoles extraíbles (PE), que pueden variar de acuerdo al solvente utilizado, pero en general son similares. Los polifenoles “no extraíbles” (PNE) son aquellos que se encuentran unidos fuertemente a otras moléculas, requieren un tratamiento enzimático para su liberación y son mucho mayores en concentración que los PE (69,70). En los alimentos que contienen alto contenido de fibra dietética, como es el caso de *A. chilensis*, los polifenoles se encuentran unidos fuertemente a ella, por lo que los PNE

son muy altos. Sanz-Pintos y col. (45) determinaron PE y PNE en pelillo encontrando concentraciones de 216.4 y 792.7 mg AGE/100g b.s., por lo que la concentración total de polifenoles es de 1025 mg AGE/100g b.s. La cocción al vapor sobre el alga produjo aumento de polifenoles totales en un 71%. Con el calor, se dañan vacuolas liberando polifenoles al medio lo que aumentaría su concentración. Esto se puede explicar debido a que los polifenoles se acumulan principalmente en las vacuolas de las células vegetales, las que sufren un daño por la aplicación de elevadas temperaturas liberando polifenoles al medio, haciéndolos más accesibles a la extracción y más disponible durante el consumo del alimento (71). Por otra parte, los polifenoles de alto peso molecular, con temperaturas moderadamente altas formarían moléculas más pequeñas que se unen a otros compuestos como hidratos de carbono y proteínas, aumentando su extracción, llegando incluso al doble de la cantidad inicial; en cambio a temperaturas extremas se producirían un rompimiento de la estructura fenólica. Además la liberación de polifenoles sería el resultado de las reacciones de hidrólisis de las moléculas glicosiladas durante la deshidratación. Otro hecho que explicaría esta situación es que las enzimas oxidantes se inactivan con la temperatura, siendo mayor este efecto a 70° C, como es el caso de la polifenoloxidasas (PPO) (72,73,74).

Propiedades tecnológicas

Las propiedades tecnológicas analizadas en este estudio dependen principalmente del contenido de fibra dietética (FD) y el contenido proteico presente, además de las posibles interacciones que se produzcan entre éstos y otros componentes del alga (8, 75, 76, 77). No existen diferencias significativas en los valores de las propiedades tecnológicas entre el alga fresca y cocida al vapor, a excepción de la Concentración mínima de gelificación (CMG), que es menor en el alga tratada por calor. Como se presenta en la Tabla 5, el Índice absorción agua (IAA) influye en la elaboración de alimentos que necesitan algún grado de viscosidad, en la cual contribuye la interacción agua-proteína, como por ejemplo en salsas, masas, sopas y alimentos horneados (78). Se ha reportado en harina de piñones valores de hasta 4,1 g/g (79), en trigo 2,5 g/g (80), semillas de acacia 5,5 g/g (81), hojuelas de avena cocidas hasta 11,2 g/g (82), valores menores que los determinados en el alga *A. chilensis*. En cuanto a Índice de solubilidad en agua (ISA), en harina de piñones se han determinado valores de hasta 12,2 g/g (79), en semillas de acacia 3,6 g/g (81) y en hojuelas de avena cocidas hasta 3,0 g/g (82); mientras que en el alga fresca y cocida al vapor se determinaron valores de 39,7 y 44,3 g/g respectivamente, muy por encima de los anteriormente informados.

La Capacidad de retención de agua (CRA) es una propiedad importante en la evaluación de ingredientes, ya que afecta las condiciones de procesamiento y calidad

final de los alimentos. Las harinas que tienen mayor CRA, presentan mayor cantidad de compuestos constituyentes hidrofílicos, como los polisacáridos y proteínas (76,83). Pueden utilizarse como ingredientes funcionales para evitar la sinéresis y modificar la viscosidad y textura de algunas formulaciones de alimentos (77). En trigo se han encontrados valores de CRA de 3,1 g/g (80), en alga fresca y cocido se determinaron 6,9 y 7,0 g/g respectivamente. Fleury y Lahaye (84) para el alga *Laminaria digitata* obtuvieron valores de 17,4 g/g siendo mayores a los obtenidos en este estudio, al igual que la fibra de coco con 7,11 g/g (85). Sanz-Pintos y col. (45) determinaron esta propiedad en *G. chilensis* recolectada en el sur de Chile y el valor obtenido fue de $13,9 \pm 0,3$ g/g, valor que duplica al obtenido en el presente estudio. Sin embargo, en *Gracilaria changii* extraídas de costas de Malasia, el valor fue de 6,15 (g/g) a temperatura ambiente y alcanzó 13,30 (g/g) a 80° C (34).

Una alta capacidad de Hinchamiento (SW), es decir, un gran aumento de volumen en presencia de exceso de agua, se puede explicar por el contenido de proteínas y fibra, y también a la posible degradación de gránulos de almidón (75,81,86). En la industria de panificación, esta propiedad es muy valorada ya que soluciona problemas relacionado con la pérdida de volumen y humedad, otorgando mayor estabilidad durante la vida de anaquel al favorecer una apariencia de fresca (86). El valor obtenido en el presente estudio para *A. chilensis* es levemente menor al reportado por Sanz-Pintos y col. (45), 5,2 y 6,4 ml/g respectivamente, mientras que en *G. changii* el valor es muy similar, a temperatura ambiente es de 5,00 (ml/g) y llega a 10,91 ml/g a 80° C (34). Valores más altos se determinaron en *Laminaria digitata* con 13,8 ml/g (84).

La Capacidad de absorción de aceite (CAA) se relaciona con la retención de sabor y suavidad de alimentos procesados. Influye en la elaboración y formulación de productos de panadería, sopas y alimentos cárnicos, además el enlace de lípidos por parte de las proteínas contribuye en la elaboración de productos fritos (78, 87). Una alta CAA permitiría la estabilización de alimentos con altos contenidos de grasa y emulsiones (77). Y una baja CAA, proporcionará una sensación grasosa en productos fritos (87). *A. chilensis* presenta bajo valor de CAA, lo que coincide con los valores determinados por Sanz-Pintos y col. (45), sin embargo, en *G. changii* el valor es de 3,11 g/g (34).

El proceso de gelificación depende de interacciones proteína-proteína, este estado es dependiente del tamaño, forma y flexibilidad molecular. Esta condición, también está relacionada a polisacáridos como el almidón e hidrocoloides presentes en el alimento al retener agua. Productos con mayores valores de Concentración mínima de gelificación (CMG), requieren una mayor incorporación de éste para la formación de geles, por lo tanto son más favorables los valores bajos. El alga cocida al vapor presentó un valor significativamente menor que el alga fresca. Los valores del alga tanto fresca como cocida al vapor son más bajos que

los que presenta el aislado comercial de soya con 14% (76).

Agradecimientos

Proyecto Innova-CORFO “Alimentos sanos, saludables e innovadores derivados de vegetales para abastecer el Programa de Alimentación Escolar de la JUNAEB”.

Conclusión

Los resultados presentados indican que el alga *Agarophyton chilensis* (ex *Gracilaria chilensis*) tiene alta calidad nutricional, destacando su alto contenido de proteínas y de fibra dietética, además contiene compuestos antioxidantes como los polifenoles. Dentro de las propiedades tecnológicas, las más relevantes son Índice de absorción de agua, Índice de solubilidad en agua y Concentración mínima de gelificación. El alga *A. chilensis* puede ser consumida o incorporada como ingrediente en diversos alimentos como productos cárnicos y pastas.

Bibliografía

1. Santelices, B. *Catálogo de las Algas Marinas Bentónicas de la Costa Templada del Pacífico de Sudamérica*. Ed. Universidad Católica de Chile, Santiago (Chile). 1991.
2. Mendis, E.; Kim, S. *Present and Future Prospects of Seaweeds in Developing Functional Foods*. *Advances in Food and Nutrition Research* 64: 1-15. 2011.
3. Cortes, M.; Emery, F.; Avila, M.; Rodríguez, D.; Vásquez, S.; Riquelme, R. *La Huerta del Mar*. Universidad Santo Tomás. Centro CAPIA. 2012.
4. Ortiz, J.; Romero, N.; Robert, P.; Araya, J.; Lopez-Hernández, J.; Bozzo, C.; Navarrete, E.; Osorio, A.; Rios, A. *Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica**. *Food Chemistry* 99: 98–104. 2006.
5. Plaza, M.; Cifuentes, A.; Ibáñez, E. *In the search of new functional food ingredients from algae*. *Trends in Food Science and Technology* 19:31-39. 2008.
6. Gupta, S.; Abu-Ghannam, N. *Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds*. *Trends in Food Science and Technology* 22: 315-326. 2011.
7. Rioux, L-E.; Beaulieu, L.; Turgeon, S. *Seaweeds. A traditional ingredients for new gastronomic sensation*. *Food Hydrocolloids*. 68:255-265. 2017.
8. Roohinejad, S.; Koubaa, M.; Barba, F.; Saljoughian, S.; Amid, M.; Greiner, R. *Application of seaweeds to develop new food products with enhanced shelf-life, quality and health-related beneficial properties*. *Food Research International* 99: 1066–1083. 2017.
9. Choi, Y.S.; Han, D.J.; Kim, H.Y.; Kim, H.W. *Effects of *Laminaria japonica* on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties*. *Meat Science* 91: 1-7. 2012.

10. López-López, I.; Cofrades, S.; Yakan, A.; Solas, M.T.; Jiménez-Colmenero, F. *Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat beef patties as affected by Wakame addition and replacing pork backfat with olive oil-in-water emulsion*. Food Research International 43: 1244 – 1254. 2010.
11. Kadam, S.U.; Prabhasankar, P. *Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products*. Food Research International. 43.1975–1980. 2010.
12. Cofrades, S.; Benedí, J.; Garcimartin, A.; Sanchez-Muniz, F.J.; Jimenez-Colmenero, F. *A comprehensive approach to formulation of seaweed-enriched meat products: From technological development to assessment of healthy properties*. Food Research International 99:1084-1094. 2017.
13. Fernández-Martín, F.; López-López, I.; Cofrades, S.; Jiménez Colmenero, F. *Influence of adding Sea Spaghetti seaweed and replacing the animal fat with olive oil or a konjac gel on pork meat batter gelation. Potential protein/alginate association*. Meat Science 83: 209–217. 2009.
14. Jimenez-Colmenero, F.; Cofrades, S.; López-López, I.; Ruiz-Capillas, C.; Pintado, T.; Solas, M.T. *Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed*. Meat Science 84: 356–363. 2010.
15. Jiménez Colmenero, F.; Ayo, M.J.; Carballo, J. *Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers*. Meat Science 69:781-788. 2005.
16. De Escalada, P.M.; González, P.; Sette, P.; Portillo, F.; Rojas, A.M.; Gerschenson, L. *Effect of processing on physico-chemical characteristics of dietary fibre concentrates obtained from peach (Prunus persica L.) peel and pulp*. Food Research International 49: 184–192. 2012. [En línea] http://www.subpesca.cl/portal/616/w3-article-849.html#noticias_especies_h
17. Tello-Ireland, C.; Lemus-Moncada, R.; Vega-Galvez, A.; López, J.; Di Scala, K. *Influence of hot-air temperatura on drying kinetics, functional properties, color, phycobiliproteins, antioxidant capacity, texture and agar yield of a alga Gracilaria chilensis*. LWT- Food Science and Technology. 44:212-2118. 2011.
18. AOAC: *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists International*. 18th Edn. AOAC. 2005.
19. Lourenço, S.; Barbarino, E.; De-Paula, J.C.; Otávio, L.; Lanfer, S.U. *Amino acid composition, protein content, and calculation of nitrogen to protein conversion factors for nineteen tropical seaweeds*. Phycological Research. 50(3): 233-241. 2002.
20. AENOR. *Asociación Española de Normalización: Norma UNE 55037-73*. Catálogo de Normas UNE, Madrid (Spain). 1991.
21. Bligh, E. G.; Dyer, W.J. *A rapid method for total lipid extraction and purification*. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology. 37(8): 911-917. 1959.
22. Swain, T., Hillis, W. *The phenolic constituents of Prunus domestica L. – the quantitative analysis of phenolic constituents*. Journal of Science of Food and Agriculture. 10: 63 – 68. 1959.
23. Kaur, M.; Singh, N. *Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different Chickpea (Cicer arietinum L) cultivars*. Food Chemistry. 91(3): 403-411. 2005.
24. Yaich, H.; Garna, H.; Bchir, B.; Besbes, S.; Paquot, M.; Richel, A.; Blecker, C.; Attia, H. *Chemical composition and functional properties of dietary fibre extracted by Englyst and Prosky methods from the alga Ulva lactuca collected in Tunisia*. Algal Research 9:65-73. 2015.
25. Gómez-Ordóñez, E., Jiménez-Escrig, A.; Rupérez, P. *Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spanish coast*. Food Research International 43: 2289–2294. 2010.
26. Cruz-Suárez, L.E.; Ricque-Marie, D.; Tapia-Salazar, M.; Guajardo-Barbosa, C. *Uso de harina de kelp (Macrocystis pyrifera) en alimentos para camarón*. En: Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del Simposium Internacional de Nutrición Acuícola (5, 19-22 nov, Mérida). Yucatán, México. 2000.
27. Polat, S.; Ozogul, Y. *Seasonal proximate and fatty acid variations of some seaweeds from the northeastern Mediterranean coast*. Oceanologia 55(2): 375-391. 2013.
28. Toledo, M.I.; Ávila, M.; Manríquez, A.; Olivares, G.; Soto, A.; Saavedra, S. *Algas: Insumo alternativo para la alimentación de especies acuícolas*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 2009.
29. Vallejo, F.; Tomás-Barberán, F.A.; García-Viguera, C. *Glucosinolates and vitamin C content in edible parts of broccoli florets after domestic cooking*. European Food Research and Technology 215: 310-316. 2002.
30. Seguel, C.G.; Soto, E.; Rojas, J. *Gracilaria chilensis: Bioethanol production and by-product characterization*. Journal of Coastal Zone Management. 18(2): 1-3. 2015.
31. Mardones, A.; Cordero, R.; Augsburg, A.; De los Ríos-Escalante, P. *Desarrollo del ensilado del alga Gracilaria chilensis para la alimentación de abalón rojo Haliotis rufescens*. Latin American Journal of Aquatic Research 43(2): 295-303. 2015.
32. Ortiz, J.; Uquiche, E.; Robert, P.; Romero, N.; Quitral, V.; Llantén, C. *Functional and nutritional value of the Chilean seaweeds Codium fragile, Gracilaria chilensis and Macrocystis pyrifera*. European Journal of Lipid Science Technology 111: 320-327. 2009.
33. Chan, P.T.; Matanjun, P. *Chemical composition and physicochemical properties of tropical red seaweed Gracilaria changii*. Food Chemistry 221: 302-310. 2017.
34. Astorga-España, M.S.; Rodríguez-Galdón, B.; Rodríguez-Rodríguez, E.M.; Díaz-Romero, C. *Amino acid content in seaweeds from the Magellan Straits (Chile)*. Journal

- of Food Composition and Analysis 53:77-84. 2016.
35. Vidal, A.; Fallarero, A.; Silva, E.R.; de Oliveira, A.M., de Lima, A.; Pavan, R.; Vuorela, P.; Mancini-Filho, J. *Composición química y actividad antioxidante del alga marina roja Bryothamnion triquetrum (S.G.Gmelin) Howe*. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences 42(4): 589-600. 2006.
 36. Denis, C.; Morança, M.; Li, M.; Deniaud E.; Gaudin P.; Wielgoz-Collin, G.; Barnathan, G.; Jaouen, P.; Fleurence, J. *Study of the chemical composition of edible red macroalgae Grateloupia turuturu from Brittany (France)*. Food Chemistry 119: 913-917. 2010.
 37. Verma, P.; Kumar, M.; Mishra, G.; Sahoo, D. *Multivariate analysis of fatty acid and biochemical constituents of seaweeds to characterize their potential as bioresource for biofuel and fine chemicals*. Bioresource Technology 226:132-144. 2017.
 38. González, M.E.; Anthon, G.E.; Barrett, D.M. *Onion cells after high pressure and thermal processing: comparison of membrane integrity changes using different analytical methods and impact on tissue texture*. Journal of Food Science 75 (7): 426-432. 2010.
 39. MacArtain, P.; Gill, C.; Brooks, M.; Campbell, R.; Rowland, I. *Nutritional value of edible seaweeds*. Nutrition Reviews 65(12): 535 – 543. 2007.
 40. Carrillo, S.; Casas, M.; Ramos, F.; Pérez-Gil, F., Sánchez, I. *Algas marinas de baja california Sur, México: Valor nutrimental*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 52(4): 400-405. 2002.
 41. Peso-Echarri, P., Frontela-Saseta, C., González-Bermúdez, C., Ros-Berruazo, G., Martínez-Graciá, C. *Polysaccharides from seaweed as ingredients in marine aquaculture feeding: alginate, carrageenan and ulvan*. Revista de Biología Marina y Oceanografía 47(3): 373-381. 2012.
 42. Benitez, V.; Mollá, E.; Martín-Cabrejas, M.A.; Aguilera, Y.; López-Andreu, F.J.; Esteban, R.M. *Effect of sterilization on dietary fibre and physicochemical properties of onion by-products*. Food Chemistry 27(2):501-507. 2011.
 43. Dawczynski, C., Schubert, R.; Jahreis, G. *Amino acids, fatty acids and dietary fibre in edible seaweed products*. Food Chemistry 103: 891-899. 2007.
 44. Sanz-Pintos, N.; Pérez-Jiménez, J.; Buschmann, A.; Vergara-Salinas, J.; Pérez-Correa, J.R.; Saura-Calixto, F. *Macromolecular antioxidants and dietary fiber in edible seaweeds*. Journal of Food Science 82(2): 289-295. 2017.
 45. Quitral, V.; Morales, C.; Sepúlveda, M.; Schwartz, M. *Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional*. Revista Chilena de Nutrición 39(4): 196-202. 2012.
 46. Wang, T.; Jónsdóttir, R.; Kristinsson, H.G.; Hreggvidsson, G.O.; Jónsson, J.; Thorkelsson, G.; Ólafsdóttir, G. *Enzyme-enhanced extraction of antioxidant ingredients from red algae Palmaria palmata*. LWT - Food Science and Technology 43: 1387-1393. 2010.
 47. Colin-Henrion, M.; Mehinagic, E.; Renard, C.; Richomme, P.; Jourjon, F. *From apple to applesauce: Processing effects on dietary fibres and cell wall polysaccharides*. Food Chemistry 117: 254-260. 2009.
 48. Kutos, T.; Golob, T.; Kac, M.; Plestenjak, A. *Dietary fibre content of dry and processed beans*. Food Chemistry 80: 231-235. 2003.
 49. Aguilera, Y.; Martín-Cabrejas, M.A.; Benítez, V.; Mollá, E.; López-Andreu, F.J.; Esteban, R.M. *Changes in carbohydrate fraction during dehydration process of common legumes*. Journal of Food Composition and Analysis 22:678-683. 2009.
 50. Jing, Y.; Chi, Y.-J. *Effects of twin-screw extrusion on soluble dietary fibre and physicochemical properties of soybean residue*. Food Chemistry 138:884-889. 2013.
 51. Dueñas, M.; Sarmiento, T.; Aguilera, Y.; Benitez, V.; Mollá, E.; Esteban, R.M.; Martín-Cabrejas, M.A. *Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (Phaseolus vulgaris L.) and lentils (Lens culinaris L.)*. LWT- Food Science and Technology 66: 72-78. 2016.
 52. López-Huertas, E. *Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milk. A review of intervention studies*. Pharmacological Research 61(3): 200-207. 2010.
 53. Talcott, S.T.; Duncan, C.E.; Del Pozo, D.; Gorbet, D.W. *Polyphenolic and antioxidant changes during storage of normal, mid, and high oleic acid peanuts*. Food Chemistry 89: 77-84. 2005.
 54. Smith, S.A.; King, R.E.; Min, D. *Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil*. Food Chemistry 102(4):1208 – 1213. 2007.
 55. Sánchez-Machado, D.I.; López-Cervantes, J.; López-Hernández, J.; Paseiro-Losada, P. *Fatty acids, protein and ash contents of processed edible seaweeds*. Food Chemistry 85(3): 439-444. 2004.
 56. FAO/MINSAL, (Food and agriculture organization of the united nations), Italia y MINSAL (Ministerio de Salud), Chile. 2010. *Tabla chilena de composición química de alimentos, actualización 2010*. [En línea]. <http://www.minsal.gob.cl/portal/url/page/minsalcl/g_proteccion/g_alimentos/prot_composicion.html>
 57. Schmid, M.; Guihéneuf, F.; Stengel, D.B. *Evaluation of food grade solvents for lipid extraction and impact of storage temperature on fatty acid composition of edible seaweeds Laminaria digitata (Phaeophyceae) and Palmaria palmata (Rhodophyta)*. Food Chemistry 208: 161-168. 2016.
 58. Susanto, E.; Fahmi, A.S.; Abe, M.; Hosokawa, M.; Miyashita, K. *Lipids, fatty acids, and fucoxanthin content from temperate and tropical Brown seaweeds*. Aquatic Procedia 7:66-75. 2016.
 59. Peinado, I.; Girón, J.; Koutsidis, G.; Ames, J.M. *Chemical composition, antioxidant activity and sensory evaluation of five different species of brown edible seaweeds*. Food Research International 66:36-44. 2014.
 60. Wood, J.; Richardson, R.; Nute, G.; Fisher, A.; Campo, M.; Kasapi-

- dou, E. *Effects of fatty acids on meat quality*. A review. *Meat Science* 66(1): 21-32. 2003.
61. Cifuni, G.; Napolitano, F.; Riviezz, A.; Braghieri, A.; Girolami, A. *Fatty acids profile, cholesterol content and tenderness of meat from Podolian Young bulls*. *Meat Science* 67: 289-297. 2004.
 62. López, A.; Rico, M.; Rivero, A.; Suárez de Tangil, M. *The effects of solvents on the phenolic contents and antioxidant activity of *Stypocaulon scoparium* algae extracts*. *Food Chemistry* 125:1104-1109. 2011.
 63. Souza, B.; Cerqueira, M.A.; Martins, J.T.; Quintas, M.; Ferreira, A.; Teixeira, J.A.; Vicente, A.A. *Antioxidant Potential of Two Red Seaweeds from the Brazilian Coasts*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59: 5589-5594. 2011.
 64. Sabeena, K.H.F.; Jacobsen, C. *Phenolic compounds and antioxidant activities of selected species of seaweeds from Danish coast*. *Food Chemistry* 138: 1670-1681. 2013.
 65. Chew, Y.L.; Lim, Y.Y.; Omar, M.; Khoo, K.S. *Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia*. *LWT* 41:1067-1072. 2008.
 66. Agregán, R.; Munekata, P.E.; Domínguez, R.; Carballo, J.; Franco, D.; Lorenzo, J.M. *Proximate composition, phenolic content and in vitro antioxidant activity of aqueous extracts of the seaweeds *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria bifurcata* and *Fucus vesiculosus**. Effect of addition of the extracts on the oxidative stability of canola oil under accelerated storage conditions. *Food Research International*. 99:986-994. 2017.
 67. Kumar, M.; Gupta, V.; Kumari, P.; Reddy, C.R.K.; Jha, B. *Assessment of nutrient composition and antioxidant potential of *Caulerpaceae* seaweeds*. *Journal of Food Composition and Analysis* 24:270-278. 2011.
 68. Saura-Calixto, F. *Antioxidant Dietary Fiber Product: A New Concept and a Potential Food Ingredient*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46:4303-4306. 1998.
 69. Díaz-Rubio, M.E.; Serrano, J.; Borderías, J.; Saura-Calixto, F. *Technological effect and nutritional value of dietary antioxidant fucus fiber added to fish mince*. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 20(3): 295-307. 2011.
 70. Dewanto, V.; Wu, X.; Adom, K.; Liu, R.H. *Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(10): 3010-3014. 2002.
 71. Saura-Calixto, F.; Bravo, L. *Dietary Fiber – Associated compounds: Chemistry, Analysis and Nutritional Effects of Polyphenols*. *HandBook of Fiber Dietary*. In: Cho S.S. and M.L. Dreher (ed.). New York, United States of America. 2002.
 72. Soong, Y.; Barlow, P. *Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds*. *Food Chemistry* 88(3): 411-417. 2004.
 73. Turkmen, N.; Sari, F.; Velioglu, S. *The effect of cooking method on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables*. *Food Chemistry* 93(4): 713-718. 2005.
 74. Hevia, F.; Berti, M.; Wilkens, R.; Yévenes, C. *Contenido de proteína y algunas características del almidón en semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) cultivado en Chillan, Chile*. *Agro Sur* 30(1): 24-31. 2002.
 75. Moure, A.; Sineiro, J.; Domínguez, H.; Parajo, J.C. *Functionality of oilseed protein products: A review*. *Food Research International* 39(9): 945-963. 2006.
 76. Elleuch, M.; Bedigian, D.; Roiseux, O.; Besbes, S.; Blecker, C.; Attia, H. *Dietary fibre and fiber-rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: A review*. *Food Chemistry* 124(2): 411-421. 2011.
 77. Granito, M.; Guerra, M.; Torres, A.; Guinand, J. *Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna sinensis**. *Interciencia* 29(9): 521-526. 2004.
 78. Muñoz, G. *Propiedades tecnológicas de harina de piñones, crudos y cocidos*. Tesis Ingeniero Agrónomo y Magister en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Agroindustrial. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2008.
 79. Thebaudin, J.Y.; Lefebvre, A.C.; Harrington, M.; Bourgeois, C.M. *Dietary fibres: Nutritional and technology interest*. *Trends in Food Science and Technology* 8(2): 41-48. 1997.
 80. Calfunao, R. *Caracterización de las propiedades tecnológicas de la harina de cotiledón de la semilla de acacia de tres espinas (*Gleditsia triacanthos L.*)*. Memoria Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2012.
 81. San Martín, V. *Caracterización tecnológica y funcional de dos tipos de harina de avena (*Avena sativa L.*)*. Memoria Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2012.
 82. Singh, U. *Functional properties of grain legume flours*. *Journal of Food Science and Technology* 38(3): 191-199. 2001.
 83. Fleury, N.; Lahaye, M. *Chemical and physico-chemical characterisation of fibres from *Laminaria digitata* (Kombu Breton): A physiological approach*. *Journal of Science of Food and Agriculture* 55(3): 389-400. 1991.
 84. Raghavendra, S.N.; Swamy, S.R.; Rastogi, N.K.; Raghavarao, K.; Kumar, S.; Tharanathan, R. *Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fibre*. *Journal of Food Engineering* 72(3): 281- 286. 2006.
 85. Cervantes J.; Rascón, J.; Ramos, M.; Sánchez, M.; Jiménez, E. *Estudio de algunas propiedades funcionales de residuos agroindustriales de frutos tropicales*. En: Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. Acapulco, México. 2010.
 86. Sangronis, E.; Machado, C.; Cava, R. *Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajanus cajan*) germinadas*. *Interciencia* 29(2): 80- 85. 2004.

Recibido: 22/02/2018.

Aprobado: 01/03/2019.