



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE POSTGRADO**

**FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE HAMBURGUESA CON  
INCORPORACIÓN DEL ALGA PELILLO (*Gracilaria chilensis*) COMO  
SUSTITUTO GRASO Y CÁRNICO**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo y al Grado de  
Magister en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Agroindustrial

**CARLA PAMELA MORALES GUZMÁN**

Director de Tesis

MARCO SCHWARTZ MELGAR

VILMA QUITRAL ROBLES

Profesores Consejeros

ÍTALO CHIFFELLE GÓMEZ

PAULA JIMÉNEZ PATIÑO

SANTIAGO – CHILE

2014

## **Agradecimientos**

Primero agradecer a todas las personas que hicieron posible directa o indirectamente que esta tesis se llevara a cabo.

A mis profesores guías Vilma Quitral y Marco Schwartz, por su apoyo y confianza a lo largo del estudio, además por su innegable paciencia y amabilidad.

También a profesores que mostraron su apoyo durante este proceso: Prof. Paula Jiménez, Prof. Ítalo Chiffelle, Prof. Hugo Núñez, Prof. Marcela Sepúlveda; quienes con su constante aporte fortalecieron esta investigación, y ayudaron con su disposición y paciencia.

A quienes, con su gran colaboración y temple, permitieron y apoyaron la realización de la parte experimental y logística de la investigación: Tania Valenzuela, Francisco Valenzuela, Greys Lagos, Inés Cea, Luci Benitez, Rosa Figueroa, Nancy Lineros.

Al panel sensorial de Facultad de Medicina y alumnos de la Universidad de Chile - degustadores de aceptabilidad sensorial-, que sin su valiosa ayuda no habría sido posible parte importante de este estudio.

Proyecto Innova-Corfo Alimentos Sanos, Saludables e Innovadores (07CT9IZM-31), el cual financió la investigación.

A mis amigos quienes me apoyaron en todo momento, en especial a Alessandro Schenone, Luis Rivera, Oliver Gálvez, Catalina Pinto, Ignacio Guajardo, Paulina Barraza, Sara Yanzon, Carla Soto, Alejandra Allendes, por toda su colaboración durante este proceso y más.

Por último, pero no de menor importancia, a mi familia por su apoyo, entereza y amor; especialmente la mostrada durante estos años de formación.

*El sentido y fin de todo desarrollo, es alcanzar la plenitud del florecimiento de las capacidades humanas*

- Aristóteles

*A los que amo y estimo...*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>2</b>
GENERALIDADES DE ALGAS MARINAS .....	3
PELILLO (GRACILARIA CHILENSIS) .....	3
PROPIEDADES TECNOLÓGICAS .....	4
ALGAS Y SU UTILIZACIÓN EN ALIMENTOS .....	5
CARACTERÍSTICAS DE LAS HAMBURGUESAS .....	6
<b>CAPÍTULO I: CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL PELILLO, COMO POTENCIAL INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS .....</b>	<b>8</b>
RESUMEN .....	8
ABSTRACT .....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
HIPÓTESIS.....	11
OBJETIVOS.....	11
MATERIALES Y MÉTODO.....	12
RESULTADOS .....	14
DISCUSIÓN.....	18
Análisis Proximal.....	18
Fibra Dietética.....	19
Capacidad Antioxidante y contenido de polifenoles .....	21
Ácidos grasos.....	23
Análisis microbiológico.....	24
CONCLUSIONES .....	25
LITERATURA CITADA .....	26
APÉNDICE I: PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS A LOS CUALES SE SOMETIÓ PELILLO CRUDO Y COCIDO CON VAPOR.....	33
<b>CAPITULO II: CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE PELILLO PARA EL USO POTENCIAL COMO INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS .....</b>	<b>34</b>
RESUMEN .....	34
ABSTRACT .....	35
INTRODUCCIÓN.....	36
HIPÓTESIS.....	37
OBJETIVOS.....	37

MATERIALES Y MÉTODO .....	38
RESULTADOS .....	39
DISCUSIÓN.....	40
Índice absorción agua (IAA) e índice solubilidad en agua (ISA).....	40
Capacidad de retención de agua (CRA).....	40
Hinchamiento (SW).....	41
Capacidad de absorción de aceite (CAA).....	41
Concentración mínima de gelificación (CMG) .....	42
CONCLUSIONES .....	43
LITERATURA CITADA .....	44
<b>CAPITULO III: FORMULACIÓN, ELABORACIÓN Y VIDA ÚTIL DE HAMBURGUESA CON INCORPORACIÓN DE PELILLO .....</b>	<b>47</b>
RESUMEN .....	47
ABSTRACT .....	48
INTRODUCCIÓN.....	49
HIPÓTESIS.....	50
OBJETIVOS.....	50
MATERIALES Y MÉTODO .....	51
<i>Análisis de vida útil</i> .....	54
<i>Análisis estadístico</i> .....	55
RESULTADOS .....	56
<i>Etapa I</i> .....	56
<i>Etapa II</i> .....	57
<i>Vida Útil</i> .....	61
DISCUSIÓN.....	65
<i>Etapa I</i> .....	65
<i>Etapa II</i> .....	65
<i>Vida Útil</i> .....	70
CONCLUSIONES .....	73
LITERATURA CITADA .....	74
<b>DISCUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>83</b>
FIBRA DIETÉTICA EN MATRIZ ALIMENTARIA .....	83
ANTIOXIDANTE Y VIDA ÚTIL DE HAMBURGUESAS.....	85
CONTENIDO Y CALIDAD LIPÍDICA.....	86
<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>87</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Composición proximal pelillo crudo y cocido con vapor .....	14
CUADRO 2. Contenido fibra dietética pelillo crudo y pelillo cocido con vapor .....	15
CUADRO 3. Contenido extracto no nitrogenado, hidratos de carbono disponibles y energía de pelillo crudo y cocido con vapor .....	15
CUADRO 4. Contenido polifenoles y capacidad antioxidante pelillo crudo y pelillo cocido con vapor .....	15
CUADRO 5. Composición ácidos grasos de pelillo (%p/p de ésteres metílicos).....	16
CUADRO 6. Contenido microbiológico en parámetros referidos a frutas y verduras desecadas o deshidratadas, para el pelillo crudo .....	16
CUADRO 7. Contenido microbiológico en parámetros referidos a frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados que requieren cocción, para el pelillo cocido con vapor .	17
CUADRO 8. Cantidad de pelillo crudo y pelillo cocido con vapor para cumplir los requerimientos diarios de fibra dietética (FD) .....	21
CUADRO 9. Propiedades tecnológicas asociadas al agua, en pelillo crudo y cocido con vapor.....	39
CUADRO 10. Capacidad de absorción de aceite y concentración mínima de gelificación, en pelillo crudo y cocido con vapor .....	39
CUADRO 11. Formulación de hamburguesa control y tratamientos .....	52
CUADRO 12. Matriz variable por tratamientos hamburguesas Etapa I.....	55
CUADRO 13. Aceptabilidad y contenido de fibra dietética para tratamientos con incorporación de pelillo cocido con vapor .....	56
CUADRO 14. Contenido microbiológico en parámetros referidos a cecinas crudas (cecinas crudas frescas y hamburguesas) .....	58
CUADRO 15. Composición proximal de hamburguesa óptima y control .....	58
CUADRO 16. Contenido extracto no nitrogenado, hidratos de carbono disponibles y energía de hamburguesa óptima y control. ....	58
CUADRO 17. Contenido fibra dietética total y fracción soluble e insoluble de hamburguesa óptima y control .....	59
CUADRO 18. Contenido polifenoles y capacidad antioxidante de hamburguesa óptima y control .....	59
CUADRO 19. Contenido ácidos grasos de hamburguesa óptima y control .....	60
CUADRO 20. Rendimiento a la cocción, reducción del diámetro y altura, retención de humedad y grasa de hamburguesas control y optimizada.....	60
CUADRO 21. Puntaje promedio aceptabilidad sensorial para hamburguesa control y con incorporación de pelillo.....	61
CUADRO 22. Vida útil estimada correspondiente a sabor rancio analizado por panel sensorial para hamburguesa control y hamburguesa con incorporación de pelillo.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Elaboración chilena de hamburguesas en mg, durante el periodo 2007 – 2011.	7
FIGURA 2. Pelillo crudo (PC) y pelillo cocido con vapor (PV), respectivamente .....	14
FIGURA 3. Diagrama de flujo, etapas del estudio .....	52
FIGURA 4. Optimización función de conveniencia.....	57
FIGURA 5. Gráfico superficie de respuesta para la variable aceptabilidad sensorial y contenido de fibra dietética .....	57
FIGURA 6. Recuento de aerobios mesófilos de hamburguesas control y optimizada con incorporación de pelillo durante 28 días, dentro del estudio de vida útil .....	61
FIGURA 7. Puntajes promedio de aspecto (a), aroma extraño (b), sabor extraño (c), sabor rancio (d) y cohesividad (e) de hamburguesa control (HC) y OPTIMIZADA (HPO) durante el almacenamiento a -17°C .....	62
FIGURA 8. Índice de peróxido (a) y de acidez libre, como porcentaje de ácido oleico (b) presentes en las hamburguesas control y optimizada durante 28 días. ....	64
FIGURA 9. Hamburguesa control (a) y hamburguesa optimizada con incorporación de pelillo (b).....	65
FIGURA 10. Hamburguesa control (a) y hamburguesa optimizada con incorporación de pelillo (b) posterior a la cocción. ....	69

## ÍNDICE DE APÉNDICES

<b>APÉNDICE I:</b> Parámetros microbiológicos a los cuales se sometió pelillo crudo y cocido con vapor	
<b>33</b>	
<b>APÉNDICE II:</b> Elaboración hamburguesas	<b>79</b>
<b>APÉNDICE III:</b> Aceptabilidad sensorial– hamburguesas	<b>80</b>
<b>APÉNDICE IV:</b> Pauta de evaluación sensorial - hamburguesas	<b>81</b>
<b>APÉNDICE V:</b> Parámetros microbiológicos referidos a cecinas crudas (cecinas crudas frescas y hamburguesas)	<b>82</b>

## RESUMEN

La incorporación de nuevos ingredientes a la industria agroalimentaria da posibilidades de crear productos novedosos y atractivos para los consumidores, además de otorgar características beneficiosas al producto, minimizar el contenido de nutrientes críticos e incorporar compuestos bioactivos beneficiosos para la salud; dentro de un contexto de altos índices de sobrepeso y obesidad, que afecta a toda la población, incluida la infantil. El alga marina pelillo (*Gracilaria chilensis*) es un potencial ingrediente para incorporar en alimentos.

En primera instancia, se compararon las características químicas y microbiológicas del pelillo crudo y cocido con vapor; luego se evaluaron sus características tecnológicas para estimar su comportamiento en la elaboración de alimentos. El pelillo cocido se caracteriza por su alto contenido de fibra dietética y polifenoles en comparación al pelillo sin cocción. El pelillo cocido presenta propiedades tecnológicas adecuadas para incorporarlo en alimentos.

Posteriormente, se evaluó la incorporación de pelillo en una hamburguesa. La incorporación de pelillo como ingrediente en la hamburguesa aumentó el contenido de proteínas, de fibra dietética y de polifenoles; al mismo tiempo disminuyó el contenido de materia grasa y mejoró el perfil lipídico, al aumentar el contenido de ácidos grasos monoinsaturados, en comparación con una hamburguesa control. Sumado a lo anterior, la hamburguesa con pelillo presenta una mejor estabilidad durante el almacenamiento que el control, ya que su oxidación lipídica fue más tardía y necesita mayor energía de activación para la reacción de rancidez. En cuanto a sus características sensoriales, el tratamiento en cuestión fue aceptable para los evaluadores.

El pelillo se presenta como un buen ingrediente para nuevos productos alimenticios, y al incorporarlo en hamburguesas se logra un alimento más saludable.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A nivel mundial, incluyendo a Chile, se ha producido un aumento de sobrepeso en las personas, con una alta prevalencia y desde los primeros años de vida. En el desarrollo de ésta hay diversos factores que contribuyen como las variables genéticas, ambientales, culturales y sociales (Zacarías *et al.*, 2006; MINSAL, 2010a; Atalah, 2012).

Un ejemplo visible de esto, es la presencia de la obesidad, duplicándose desde 1980 a la actualidad en el mundo. En el 2008, 1500 millones de adultos mayores de 20 años presentan sobrepeso, dentro de estos alrededor de 200 millones de hombres y 300 millones de mujeres eran obesos, logrando la proporción de que cada 3 personas adultas una obesa (OMS, 2011). Chile no está muy alejado de estas cifras, evidenciándose en el Simce de educación física realizado por MINEDUC (2012), donde se registra que niñas y niños de octavo básico presentan obesidad o sobrepeso en un 50 y 40% respectivamente; además de concluir que un 23% de los estudiantes encuestados tienen riesgo de desarrollar enfermedades cardíacas y metabólicas en edad adulta.

El sobrepeso y obesidad tienen sus raíces en un cambio de comportamiento, en el cual existe responsabilidad compartida entre lo personal y variables ambientales en el área de las relaciones económicas, dinámicas culturales, y modelos de vida y de satisfacción de necesidades, los cuales en conjunto afectan los patrones de alimentación y de actividad física (Zacarías *et al.*, 2006).

Un ejemplo de lo anterior es el privilegiar las comidas estilo “de paso” o comidas rápidas sobre las comidas equilibradas desde el punto de vista nutricional. Las primeras contienen altos niveles de grasas, especialmente saturadas; acompañadas por altos niveles de hidratos de carbono y bajos en fibra dietética, lo que sumado al sedentarismo actual está provocando obesidad, enfermedades cardíacas, gastrointestinales, entre otras.

Dentro de los desafíos que debe enfrentar una sociedad para prevenir y controlar la obesidad y las enfermedades crónicas no transmisibles, se encuentra el estimular la alimentación saludable desde los primeros años de vida (Zacarías *et al.*, 2006; Mercado y Vilchis, 2013). Dentro de este concepto se han llevado a cabo distintas políticas públicas en el país para orientar la mejor alimentación, con programas de gobierno como “Elige vivir Sano”, guías alimentarias, etiquetado nutricional, mensajes nutricionales, mensajes saludables y de acuerdo a la nueva ley de alimentos y publicidad (20.606) mensajes de advertencias sobre el contenido de nutrientes críticos. Además de incentivar la actividad física, sumado a lo anterior con el fin de elegir un estilo de vida saludable.

Como consecuencia a las deficiencias nutricionales, se han buscado alternativas alimenticias en pro de la salud humana, incorporando ingredientes más saludables en la formulación de alimentos, como es el caso de algas, que se caracterizan por su bajo aporte calórico, buena calidad nutricional, sus compuestos bioactivos como polifenoles y fibra dietética, que las hacen un buen aliado al otorgar efectos saludables al organismo, siendo una razón importante para aumentar su consumo (Quitral *et al.*, 2012).

## Generalidades de algas marinas

Las algas, son organismos autótrofos (los cuales poseen pigmentos fotosintéticos), de estructura simple, con escasa o nula diferenciación celular y de tejidos complejos (Ramírez, 2008) por lo que son talófitas (Kaladharan y Kaliaperumal, 1999).

Dentro de estas últimas están las macroalgas, que se pueden clasificar en tres grupos, Chlorophyta o clorófitas, Phaeophyta o feófitas y Rhodophyta o rodófitas, y comúnmente se les puede diferenciar por los colores que presentan como verdes, pardas y rojas respectivamente (Santelices, 1989) ya que presentan pigmentos que predominan sobre los otros.

En Chile continental, existe una mayor presencia de algas en comparación a la parte insular y antártico del país; predominando las algas rojas (Ramírez, 2008; Wiencke y Clayton, 2002).

Existen alrededor de 150 especies utilizadas como alimento (Barrow, 2007). Dependiendo del tipo de alga, esta puede ser usada en platos fríos, gelatinosos y mezclas (Norziah y Ching, 2000). Las algas marinas más producidas a nivel mundial el año 2008 son Laminaria del Japón (*Laminaria japonica*) con 4,8 millones de Mg, seguida por las algas *Euclima* (*Kappaphycus alvarezii* y *Euclima spp.*) con 3,8 millones de Mg, Wakame (*Undaria pinnatifida*) con 1,8 millones de Mg, *Gracilaria spp.* con 1,4 millones de Mg y Nori (*Porphyra spp.*), con 1,4 millones Mg (FAO, 2010).

Los hidrocoloides obtenidos de algas son utilizados en aplicaciones alimentarias por sus propiedades texturizantes y estabilizantes. Son incorporados a alimentos como flanes, helados o mermeladas, además de productos cárnicos (PROCHILE, 2011).

### Pelillo (*Gracilaria chilensis*)

En el mundo existen alrededor de 550 algas marinas indexadas (Ortiz *et al.*, 2009), una de ellas es *Gracilaria chilensis* cuyo nombre común es "pelillo", la cual corresponde a una alga nativa roja agarófitas perteneciente a la clase Florideophyceae (García *et al.*, 2007), género *Gracilaria* y orden Gracilariales (Gálvez *et al.*, 2006). Es la principal materia prima utilizada en producciones de agar-agar, lo cual es exclusivo del género *Gracilaria* (Santelices, 1986).

*Gracilaria* es uno de los géneros de algas marinas más explotados en todo el mundo (Yarish y Pereira, 2008). El cultivo de la agarófitas, *Gracilaria chilensis* ha sido una actividad comercial desde mediados de los 80 a lo largo de la costa chilena (Buschmann *et al.*, 2001).

En Chile habita entre la región de Coquimbo y la isla de Chiloé (IV a X región), pero por medio del cultivo, se ha ampliado su distribución a las regiones de Antofagasta y Atacama,

principalmente en aguas poco profundas y estuarios de fondos blandos propagados por talos fragmentados como en el sur de Chile (Santelices y Ugarte, 1987; Gómez *et al.*, 2005; Gálvez *et al.*, 2006; SUBPESCA, 2013).

Actualmente el cultivo se realiza en ambientes marinos de la zona norte, entre las regiones II y IV, y marinos y estuarinos en la zona centro-sur del país, entre las regiones VIII y X. Se encuentran 615 centros de cultivo inscritos en el Registro Nacional de Acuicultura, con un promedio de 3 ha (SUBPESCA, 2013).

En el año 2011 el pelillo presentó un 13,6% del total desembarques artesanales de algas, por lo que se enmarca como la segunda alga de importancia en Chile. Se utilizaron 56.488 Mg de pelillo como materia prima representando un 13,7% del total de algas destinadas a producción de alga seca, agar-agar y colagar, siendo este último el principal destino del pelillo. Es la segunda alga de importancia como materia prima y producción después del huiro negro o chascón (SERNAPESCA, 2011).

En el año 2011 se exportaron 2.628 Mg de pelillo, siendo la tercera alga de importancia hasta octubre de ese año. En general para las algas chilenas, los principales mercados abordados durante el período enero - octubre 2011 han sido encabezados por China, Francia y Japón; mientras que el pelillo ha sido adquirido por Japón, Hong Kong y Argentina (PROCHILE, 2009; PROCHILE, 2010; SUBPESCA, 2013).

El pelillo producido en el norte se exporta como alga seca, mientras que el cosechado en el sur se comercializa en forma interna en las plantas productoras de agar-agar y colagar para ser exportado con mayor valor agregado. En Chile se cultiva el 90% de las algas graciláreas que se usan para producir el agar agar, el cual es exportado a 40 países, lo que transforma al país en el mayor productor mundial, destacando por su calidad (Jarpa, 2007).

### **Propiedades tecnológicas**

Las propiedades tecnológicas de una materia prima son utilizadas como un criterio para su elegibilidad en la incorporación en alimentos, afectando también la aceptabilidad de éste (Kaur y Singh, 2005). Es por ello, que las características químicas, físicas y su interacción con los demás componentes de la matriz alimentaria influyen en el proceso de preparación y en los atributos de calidad del producto final (Kinsella, 1981).

Las propiedades asociadas con la hidratación (como la absorción de agua, solubilidad, retención de agua e hinchamiento), son muy importantes en los ingredientes alimenticios, ya que permiten incorporar agua, lo que contribuye con muchos beneficios tecnológicos y sensoriales. Estas propiedades dependen del tamaño de partícula, temperatura, pH y fuerza iónica (Escobar y Estévez, 2008).

Los componentes relacionados con la absorción de agua en los alimentos son la fibra dietética (que es muy abundante en algas, con alta proporción de fibra soluble), el

contenido de proteínas, factores físicos como la capilaridad y la estructura de las proteínas presentes, e interacciones proteína-agua y agua-agua (Sangronis *et al.*, 2004; Granito *et al.*, 2004). Las propiedades de absorción de agua son importantes en los alimentos ya que contribuyen con el grado de viscosidad, característica muy importante en salsas, masas, sopas y alimentos horneados (Granito *et al.*, 2004).

El hinchamiento es una propiedad de hidratación que está influenciada por interacciones proteínas-agua y el contenido de fibra dietética.

Otras propiedades tecnológicas de gran importancia en alimentos son absorción de aceite y concentración mínima de gelificación, las que se asocian principalmente a las proteínas presentes en el alimento siendo también propiedades que presenta la fibra dietética.

La capacidad de absorción de aceite está relacionada con una fijación física de las grasas por parte de las proteínas, ya que las cadenas no polares de las proteínas se entrelazan con las cadenas hidrocarbonadas de las grasas (Sangronis *et al.*, 2004).

En cuanto a la gelificación, esta consiste en la transformación de una proteína del estado sólido a estado gel, induciendo la formación de una estructura tridimensional. Este fenómeno se ve favorecido por el efecto del calor (Porras, 2010).

La fibra dietética influye directamente en muchas de las propiedades tecnológicas de una materia prima, por lo tanto, caracterizar a las algas marinas en este aspecto da otra visión sobre sus posibles aplicaciones en la industria de alimentos.

### **Algas y su utilización en alimentos**

Las algas marinas se han utilizado como ingredientes en distinto tipo de alimentos como por ejemplo en pastas y en productos cárnicos. Esta particularidad se debe a que la interacción de la fibra dietética de algas con proteínas es favorable (Cofrades *et al.*, 2008; Fernández-Martín *et al.*, 2009; López-López *et al.*, 2009a; López-López *et al.*, 2009b; López-López *et al.*, 2009c; López-López *et al.*, 2010; Choi *et al.*, 2012)

El sistema alga-carne posee proteínas de calidad tecnológica, además las algas aportan antioxidantes, los que mejoran la estabilidad oxidativa durante el almacenamiento de los alimentos (López-López *et al.*, 2009a).

Se han realizado investigaciones en que se incorporan algas marinas como ingredientes a cecinas como por ejemplo en hamburguesas y salchichas. Gracias a la incorporación de las algas se produce un aumento de la concentración de fibra dietética, polifenoles y minerales, manteniendo cantidades normales de sodio y una baja proporción de sodio-potasio. La algas también logran mejorar el perfil de ácidos grasos en las cecinas, con la incorporación de ácidos grasos insaturados de cadena larga  $\omega 3$  como EPA y DHA, además se mejora la relación  $\omega 6/\omega 3$  (López-López *et al.*, 2009b; López-López *et al.*, 2010). Los productos

cárnicos que contienen algas no presentan disminución en el contenido de proteínas, y si disminuye su concentración de materia grasa (López-López *et al.*, 2010).

En cuanto a las características sensoriales de los productos, van a depender del tipo de alga que se incorpore y de su proporción en la formulación.

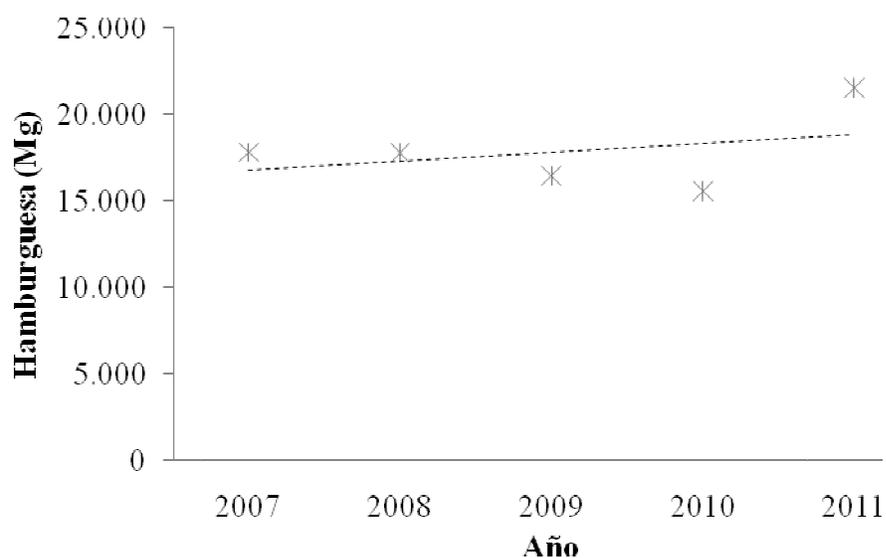
### **Características de las Hamburguesas**

La población chilena posee un estilo de vida que favorece la preferencia por la comida rápida y “chatarra”. Este problema se acentúa en familias de menores ingresos, con una capacidad económica limitada a la hora de seleccionar alimentos, además por el atractivo que ejercen los alimentos "chatarra", de fácil preparación y rápida ingesta. Esta situación es muy preocupante además ya que el control del adulto sobre la alimentación de los jóvenes es limitado y por la escasa inversión en educación alimentaria que se realiza a nivel estatal (Atalah, 2012).

Los productos cárnicos (cecinas) son alimentos de alto consumo por parte de la población, siendo mayor que el esperado para este tipo de alimentos, que contienen altos niveles de nutrientes críticos como sodio, grasas saturadas y calorías (MINSAL, 2010).

El artículo 300 del Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 2010b), define hamburguesa como un producto elaborado con carne picada o molida, con adición o no de grasa animal, sal, aditivos permitidos y especias; y que previo a su cocción, el contenido de grasa no exceda de un 24%. Y el artículo 301, menciona que se permite usar como extensor de la carne proteínas no cárnicas autorizadas; y que en el caso de usar proteínas texturizadas su proporción máxima será de 10% en base seca.

La elaboración de hamburguesas en Chile representa un 7,2% respecto a las cecinas producidas, concentrándose entre la VI y VII Región. Desde el año 2005 al 2009 hubo un aumento en su producción en 2.000 Mg (Velis y Araya, 2010), lo que sumado al aumento de las importaciones en un 50% (Editor Chile Potencia Alimentaria, 2010) demuestra un incremento en el consumo de la población chilena. En cuanto a la elaboración, esta tiene una tendencia al aumento desde el 2007 al 2011, como se señala en la Figura 1.



Fuente: INE, 2012.

**Figura 1.** Elaboración chilena de hamburguesas en Mg, durante el periodo 2007 – 2011.

Dado el alto consumo de hamburguesas, es posible utilizar este alimento como vehículo para la incorporación de un ingrediente más saludable, que permita disminuir el contenido de nutrientes críticos. Es así como la incorporación de algas como ingredientes en hamburguesas es una atractiva estrategia para que este tipo de alimento, de consumo masivo, permita incorporar fibra dietética y compuestos bioactivos en la dieta.

Este estudio tiene como objetivo obtener un producto nutritivo y atractivo sensorialmente, especialmente para niños y jóvenes, a través del desarrollo de una hamburguesa con la incorporación de *Gracilaria chilensis* (pelillo) con características saludables y sensorialmente aceptable.

## **CAPÍTULO I: CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL PELILLO, COMO POTENCIAL INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS**

### **Resumen**

Es conocido el aporte nutricional que pueden otorgar las algas marinas a nivel global, pero a nivel local poco se sabe acerca de éstas. Para conocer las propiedades nutricionales y saludables del pelillo, como potencial ingrediente alimenticio, se determinó la composición química en pelillo crudo y cocido con vapor; además de conocer su contenido de antioxidantes. También se analizó microbiológicamente para tener en consideración al momento de ser utilizada dentro de un alimento.

El pelillo cocido con vapor, obtuvo mayor contenido de humedad, cenizas, lípidos y mejor calidad microbiológica que el pelillo crudo, pero una menor capacidad antioxidante. La fibra dietética total aumentó durante la cocción, al igual que el contenido de polifenoles. A pesar de tener un bajo contenido de materia grasa, ésta es rica en ácidos insaturados, principalmente oleico.

El pelillo cocido con vapor se presenta como un buen ingrediente para la formulación alimentos más saludables.

Antioxidantes, Algas marinas, Cocción con vapor, Fibra dietética, *Gracilaria sp.*

## CHAPTER I: CHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE OGO-NORI AS POTENTIAL INGREDIENT IN FOOD PROCESSING

### Abstract

The nutritional content that the seaweed can give is well-known globally, but locally it is almost unknown. In order to discover the alimentary potential of this seaweed to complement nutritionally the human feed, the cooking effect of the smashed ogo-nori, comparing chemically the seaweed steam cooked and raw; also knowing its antioxidants content. It was also analyzed microbiologically for having under consideration when it is going to be used into a food.

The steamed ogo-nori got a higher wetting, ashes, lipids and a better microbiological quality than the raw ogo-nori, but a lower antioxidant capacity. The total amount of dietary fiber rose during de cooking, so as the polyphenols content. Although having a low fat content is rich in unsaturated, predominantly oleic acid.

The steamed ogo-nori is introduced as a good ingredient for the creation and improves of food to incorporate into the diet.

Antioxidant, Dietary fiber, *Gracilaria sp.*, Seaweeds, Steaming.

## Introducción

Las algas marinas son utilizadas tradicionalmente en la dieta oriental, siendo la obtención de ficocoloides industriales la principal utilización en Occidente, pero en estudios recientes se ha estudiado su potencial alimentario (Jimenez-Escrig y Goñi, 1999; Quitral *et al.*, 2012). Presentan alto valor nutricional gracias a su contenido de vitaminas, proteínas y minerales, además de ser un producto en bajas calorías (Norziah & Ching, 2000; Chan *et al.*, 1997; Chandini *et al.*, 2008)

El pelillo u ogonori (*Gracilaria chilensis*), también conocido como musgo marino, es un alga roja que se presenta como una ramificación alargada, fina e irregular, con un color pardo rojizo en su estado natural. A pesar de que es un recurso natural de bajo costo que habita en las costas a lo largo de Chile, es poco conocido como alimento; posee un período extractivo durante todo el año y está orientado a la producción de agar-agar o para la exportación seca como materia prima para los mismos efectos (Mardones, 2006; SUBPESCA, 2013).

En las costas de países como Japón y Hawaii y en el Sur-este 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. (Suralgae<sup>\*</sup>).

A pesar de lo anterior, poco se conoce sobre su uso alimenticio a nivel industrial y los efectos que la cocción pueda ocasionar en este. Se ha descrito que procesos térmicos puede afectar la composición química de productos, como por ejemplo en porotos y garbanzos (Wang *et al.*, 2010)

---

\* Suralgae. [En línea]. Cádiz, España. Recuperado en: < <http://www.suralgae.com/>>. Consultado el: 30 de Septiembre de 2013.

### **Hipótesis**

El pelillo difiere significativamente en su composición química y microbiológica entre alga deshidratada y cocida con vapor.

### **Objetivos**

Caracterizar el alga pelillo, desde el punto de vista químico, incluyendo la determinación de fibra dietética, polifenoles y capacidad antioxidante, evaluando el efecto de la cocción con vapor, incluyendo la variación microbiológica.

## Materiales y método

La experimentación se llevó a cabo en los laboratorios del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas, y laboratorios del Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

La materia prima, fue alga pelillo (*Gracilaria chilensis*) deshidratada, obtenida de la IV región de Coquimbo, Chile, desde la empresa Acex S.A., cosechada durante Marzo 2010. Previo a la realización de los análisis, el pelillo fue molida por medio de molinos: cuchillos rotatorios Global Home modelo 2012 y molino de martillos marca Wiley Mill model 2, hasta 841  $\mu\text{m}$ , y fue almacenada en un lugar seco en oscuridad en envase de vidrio cerrado.

El pelillo deshidratado (PC), se expuso en una capa de 3 a 5 mm con vapor durante 10 min sobre una lámina de papel mantequilla obteniendo pelillo cocido con vapor (PV); luego almacenada a  $-18^{\circ}\text{C}$  para su posterior uso. Este último, fue analizado comparándolo con el pelillo deshidratado crudo por medio de diversos análisis químicos y microbiológicos.

Se realizaron los siguientes análisis químicos: Análisis proximal (AOAC, 2005): Humedad, mediante método termogravimétrico; proteínas, con factor de corrección 4,59 para algas rojas (Lourenço *et al.*, 2002); cenizas (horno mufla Heraeus modelo KR170); lípidos (extractor Soxhlet Junke Kunkel KG modelo Heyx 67). Además del cálculo de extracto no nitrogenado (E.N.N.) por diferencia. Fibra dietética: método enzimático gravimétrico, para fibra dietética total (FDT), soluble (FDS) e insoluble (FDI) (AOAC, 2005). La energía disponible para ambos tratamientos se calculó mediante el contenido proteico, lipídico e hidratos de carbono disponible por sus valores energéticos correspondientes, expresado en Joules (Comunidades Europeas, 1997). Capacidad antioxidante por método FRAP en extracto acuoso (Benzie & Strain, 1996). Polifenoles totales por método Folin-Ciocalteu (Swain y Hillis, 1959) en extracto acuoso (espectrofotómetro marca Perkin-Elmer, modelo Lambda 25). Composición de ácidos grasos: se analizaron como ésteres metílicos derivatizados (AENOR, 1991) por cromatografía gas líquido (GLC), usando cromatógrafo de gases, cuyo materia grasa fue extraída por el método Bligh & Dyer (1959) (Rotavapor Büchi modelo R-3; Bomba de vacío modelo V-700) y almacenada a  $-75^{\circ}\text{C}$  hasta su utilización.

En base a los requisitos del Reglamento Sanitario de Alimentos (MINSAL, 2010) para productos hortofrutícolas pre-elaborados que requieren cocción, tomando una muestra compuesta de 10 g por bolsa de cada tratamiento, y se mezcló con 90 mL de agua peptonada estéril en un homogenizador (Homogenizador Classic, IUL S.A) durante 1 min. Determinando: Mohos y Levaduras: en medio Papa dextrosa Agar (Pd) a  $25^{\circ}\text{C}$  por 5d. Enterobacterias: en medio Eosina Azul de Metileno (EMB) a  $37^{\circ}\text{C}$  por 24-48 h; colonias típicas para E.coli fueron cultivadas en medios agar TSI, agar LIA y agar MIO a  $37^{\circ}\text{C}$  por 24-48 h. *Staphylococcus aureus*: en medio de cultivo Baird Parker Agar (BPA), a  $37^{\circ}\text{C}$  por 24-48h. Salmonella: se utilizan distintos medios de cultivos los cuales serán un caldo nutritivo, caldo tetrionato, caldo selenito, agar Salmonella-Shigella (SS), agar TSI, agar LIA y agar MIO. Cada prueba se realizó a  $37^{\circ}\text{C}$  por 24-48 h.

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

Al exponer al pelillo al vapor se observan cambios en su aspecto, como se aprecia en la Figura 2 en el cual se evidencia un ligero oscurecimiento posterior a la cocción. Mientras que en el Cuadro 1, se aprecian la composición química para ambos tratamientos.



**Figura 2.** Pelillo crudo (PC) y pelillo cocido con vapor (PV), respectivamente

Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamiento para humedad, cenizas y contenido lipídico. Al contrario de lo que ocurre al compararlos en el contenido proteico.

**Cuadro 1.** Composición proximal pelillo crudo y cocido con vapor

Tratamiento	Humedad	Cenizas	Proteínas	Lípidos
g 100g <sup>-1</sup> muestra húmeda				
<b>PC</b>	13,6 ± 0,3 b	24,1 ± 0,8 b	13,3 ± 0,1a	0,4 ± 0,1 b
<b>PV</b>	25,9 ± 0,0 a	25,1 ± 0,6 a	13,4 ± 0,2a	0,7 ± 0,1 a

Valores Promedio ± D.E. (n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por columna ( $p < 0,05$ ), según t de Student. PC: pelillo crudo; PV: pelillo cocido con vapor.

La cantidad de fibra dietética del pelillo se ve señalada en el Cuadro 2, donde se aprecia que los contenidos de fibra dietética total presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, afectando principalmente al contenido de fibra dietética soluble (FDS), ya que la fibra dietética insoluble (FDI) no presenta diferencias significativas.

La fibra dietética presente en el pelillo contiene proporciones variadas de fibra soluble e insoluble, el pelillo crudo deshidratado contiene un 20,7%FDS y un 79,3%FDI de la FDT; mientras que el pelillo cocido con vapor contiene valores de 66,3%FDS y 33,7%FDI.

**Cuadro 2.** Contenido fibra dietética pelillo crudo y pelillo cocido con vapor

Tratamiento	FDT	FDS	FDI
	g 100g <sup>-1</sup> muestra húmeda		
PC	21,7 ± 2,4 b	4,5 ± 1,3 b	17,2 ± 1,1 a
PV	30,3 ± 0,9 a	20,1 ± 4,5 a	10,2 ± 3,6 a

Valores Promedio ± D.E.(n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por columna (p<0,05), según t de Student. PC: pelillo crudo; PV: pelillo cocido con vapor. FDT: fibra dietética total; FDS: fibra dietética soluble; FDI: fibra dietética insoluble.

En el Cuadro 3, se señalan los valores obtenidos para Extracto No Nitrogenado y Hidratos de carbono disponibles.

**Cuadro 3.** Contenido extracto no nitrogenado, hidratos de carbono disponibles y energía de pelillo crudo y cocido con vapor

Tratamientos	ENN	HdeC Disponibles	Energía
	g 100g <sup>-1</sup> muestra		kJ 100g <sup>-1</sup> muestra
PC	48,7 ± 1,1 a	27,0 ± 1,7 a	691,2 ± 5,2 a
PV	35,0 ± 2,3 b	5,0 ± 0,3 b	327,9 ± 2,3 b

Valores Promedio ± D.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por columna (p<0,05), según t de Student. PC: pelillo crudo; PV: pelillo cocido con vapor. E.N.N.: extracto no nitrogenado

La capacidad antioxidante del pelillo y contenido de polifenoles está descrita en el Cuadro 4, encontrándose diferencias estadísticamente significativas para la capacidad antioxidante, siendo el pelillo crudo el que obtiene los valores más altos. En cuanto al contenido de polifenoles, también se obtienen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, siendo mayor para el pelillo crudo.

**Cuadro 4.** Contenido polifenoles y capacidad antioxidante pelillo crudo y pelillo cocido con vapor

Tratamiento	Capacidad Antioxidante	Polifenoles
	mmol Fe 100g <sup>-1</sup> muestra húmeda	mg AGE 100g <sup>-1</sup> muestra húmeda
PC	4,34x10 <sup>-3</sup> ± 0,0 a	309,9 ± 26,1 b
PV	2,76x10 <sup>-5</sup> ± 0,0 b	529,5 ± 30,6 a

Valores Promedio ± D.E. (n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas (p<0,05), según t de Student. PC: pelillo crudo; PV: pelillo cocido con vapor. AGE: ácido gálico equivalente

En el Cuadro 5 se presenta el perfil de ácidos grasos del alga, en la cual se observa un mayor predominio de lípidos del tipo insaturado (UFA), y una relación de Poliinsaturados/Saturados (P/S) de 0,2.

**Cuadro 5.** Composición ácidos grasos de pelillo (%p/p de ésteres metílicos)

Parámetro		Pelillo
Ác. Palmítico	C16:0	26,48 ± 0,3
Ác. Palmitoleico	C16:1 Δ <sup>9</sup>	3,09 ± 0,3
Ác. Esteárico	C18:0	15,83 ± 0,1
Ác. Oleico	C18:1 Δ <sup>9</sup>	40,27 ± 0,0
Ác. Linoleico	C18:2 Δ <sup>9,12</sup>	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

Valores Promedio ± D.E. (n=4); MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados; P/S: relación Poliinsaturados/Saturados; ni: no identificado

En los Cuadros 6 y 7, se describen los microorganismos presentes, cuyos valores fueron comparados con los parámetros microbiológicos del Reglamento Sanitario de los Alimentos (Ministerio de Salud, 2010), adjuntos en el Apéndice I. Se observa que los valores obtenidos por PC y PV son menores a los requeridos por el RSA.

**Cuadro 6.** Contenido microbiológico en parámetros referidos a frutas y verduras desecadas o deshidratadas, para el pelillo crudo

Parámetro	PC	m	M
		cfu g <sup>-1</sup>	
Moho	< 1x10 <sup>1</sup>	1x10 <sup>2</sup>	1x 10 <sup>3</sup>
Levaduras	< 1x10 <sup>1</sup>	1x 10 <sup>2</sup>	1x 10 <sup>3</sup>
E.coli	< 1x10 <sup>1</sup>	1x 10	5x10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella</i> en 50 g	< 1x10 <sup>1</sup>	0	---

Valores Promedio (n=2) para PC. PC: pelillo crudo; m: valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud; M: valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

**Cuadro 7.** Contenido microbiológico en parámetros referidos a frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados que requieren cocción, para el pelillo cocido con vapor

Parámetro	PV	m	M
	cfu g <sup>-1</sup>		
Enterobacterias	20x10 <sup>2</sup>	5x10 <sup>2</sup>	5x10 <sup>4</sup>
<i>S. aureus</i>	0	10	10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella</i> en 25 g	0	0	---

Valores Promedio (n=2) para PV. PV: pelillo cocido con vapor; m: valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud; M: valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

## Discusión

El pelillo 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 perdidas por arrastre. También puede haber oxidación de compuestos susceptibles, como materias grasas, pero en menor grado que con aire caliente. Además, pueden existir menores pérdidas de compuestos termo-sensibles como vitaminas (Vallejo *et al.*, 2002).

### Análisis Proximal

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, etc. (Cruz-Suárez *et al.*, 2000). Para la estacionalidad del alga (verano), la composición proximal sería de un 17,5% proteínas, 20,8% cenizas, 0,4% lípidos y 10,9% hidratos de carbono (Toledo *et al.*, 2009); por lo que el alga cosechada para este estudio tendría un mayor contenido de cenizas. Del mismo modo Ortiz *et al.* (2009) obtiene menores valores de cenizas, además señala cantidades similares para proteínas; en cuanto a lípidos y ENN obtienen mayores cifras que en este estudio.

Se evidencia un aumento de la humedad después de la cocción con vapor, debido a que el pelillo absorbió parte del agua del vapor en suspensión. De igual forma, en el pelillo cocido con vapor, hubo un aumento del contenido de cenizas, resultado de las altas temperaturas alcanzadas durante la cocción provocando una degeneración de moléculas y estructuras celulares aumentando los residuos inorgánicos; se ha descrito la presencia de minerales como el calcio, cloro, sulfuro, fósforo, yodo, hierro, zinc, cobre, selenito, flúor, etc., además de una baja relación sodio-potasio (Rajapakse y Kim 2011), ya que al estar en un ambiente marino pueden absorber una gran diversidad de minerales (MacArtain *et al.*, 2007). El calcio es el mineral mayoritario en las algas marinas (Carrillo *et al.*, 2002).

Mardones *et al.*, (2013) determinó contenidos similares de cenizas para *Gracilaria chilensis* cruda, al contrario de Ortiz *et al.* (2009) que obtuvo menores concentraciones. El alga roja *Bryothamnion triquetrum* se le ha atribuido un 43% de materia inorgánica, un valor superior a los alcanzados en este estudio, similar a *Codium bursa*; en cuanto a *Ulva rigida* y *Ceramium diaphaman* las cuales poseen bajos niveles de cenizas (Frikha *et al.*, 2011). El contenido de cenizas es dependiente de la absorción de sales inorgánicas del agua de mar o de la asociación entre cationes y polisacáridos algales, lo cual está relacionado con la capacidad de cada especie de acumular minerales según las condiciones ambientales, la temporada y la localización geográfica (Lahaye 1991; Kaehler y Kennish 1996; Polat y Ozogul 2008)

El contenido proteico no se vio afectado durante la cocción entre los tratamientos. Principalmente porque no hubo migración de proteínas solubles debido a que la cocción se

realizó con vapor. Al comparar con otras algas chilenas como *Codium fragile* y *Durvillaea antarctica*, el contenido de proteínas es similar; pero relativamente menor que algas como *Laminaria saccharina* y *Macrocystis pyrifera*, y que productos terrestres como harina de trigo candeal, quínoa, garbanzos. Mientras que en comparación a avena, arroz, acelga, alcachofas cocidas, porotos y lentejas cocidas, el pelillo tiene mayor contenido proteico (Schmidt-Hebbel *et al.*, 1992; Ortiz *et al.*, 2006; Ortiz *et al.*, 2009; Gómez-Ordóñez *et al.*, 2010). Se ha descrito que la digestibilidad proteica de las algas marinas resulta superior al 70%, indicando que son de “buena digestibilidad” (Castro *et al.*, 1996; Carrillo *et al.*, 2002).

El contenido lipídico en el pelillo es bajo, al igual que muchas algas, como *Ulva lactuca*, *Macrocystis pyrifera*, *Durvillaea antarctica*; si se compara con vegetales terrestres, es similar a trigo mote, lentejas cocidas, acelga o alcachofas cocidas (Schmidt-Hebbel *et al.*, 1992; Ortiz *et al.*, 2006; Ortiz *et al.*, 2009). El pelillo cocido presenta mayor contenido lipídico que el pelillo crudo, este resultado, puede ser debido a que las temperaturas del vapor en la cocción ocasionaron la ruptura de membranas celulares, compuestas mayormente de fosfolípidos, causando el aumento de lípidos en el tratamiento en cuestión; se ha señalado que a una temperatura mínima de 60°C ya se originan cambios en la integridad de dicha membrana (Ávila-Portillo *et al.*, 2006; González *et al.*, 2010).

El extracto libre de nitrógeno (E.N.N.) y hidratos de carbono disponibles también se vieron afectados por la cocción con vapor. En ambos parámetros, PC tiene mayores contenidos en comparación a PV. Para pelillo, Ortiz (2011) señala mayor contenido de E.N.N. (66,1 g 100g<sup>-1</sup>). Al igual que *Ulva lactuca*, que E.N.N. es mayor al pelillo, y sus hidratos de carbono disponibles son menores (61,5 y 1,0 g 100g<sup>-1</sup>, respectivamente) (Ortiz *et al.*, 2006). Según Vidal *et al.* (2006), el alga *Bryothamniom triquetrum* contiene menores cantidades de E.N.N. (5,9 g 100g<sup>-1</sup>).

El pelillo crudo entrega 691,2 kJ, lo que equivale a 165,1 kcal por cada 100 gramos de alga; contenido superior al pelillo cocido con vapor, el cual ofrece 327,9 kJ lo que equivale a 78,3 kcal por cada 100 g de alga. La diferencia se debe principalmente al contenido de hidratos de carbono disponibles de ambos tratamientos, que en el pelillo crudo es mayor en un 81,5% al ser comparado con el pelillo cocido con vapor. Al ser comparados ambos tratamientos con cereales y legumbres, los primeros poseen menor contenido energético, mientras que verduras como acelgas, zapallo o el cochayuyo y hulte poseen menores valores. Alimentos como el pimentón seco, choclo, ajo y poroto granado contienen mayor contenido calórico que el pelillo cocido con vapor, pero menores que el crudo (Schmidt-Hebbel, 1992).

### **Fibra Dietética**

A la fibra dietética se le han atribuido muchos efectos saludables como favorecer flora intestinal positiva, aumento del tránsito y volumen fecal; la reducción de conversión de procarcinógenos a carcinógenos, disminución del riesgo de cáncer de colon, además de

disminución del contacto entre la mucosa y procarcinogénicos (Madar y Odes, 1990; Lefebvre y Thebaudin, 2002; Gudiel-Urbano y Goñi, 2002). Además algunos componentes de la fibra dietética poseen efecto prebiótico y pueden aumentar los niveles de *bifidobacterias* microfloral y *Lactobacilos*; otro efecto beneficioso se produce por la fermentación de la fibra soluble, ya que se generan ácidos grasos de cadena corta, los que poseen efecto anticancerígeno y afectan la saciedad (Brownlee, 2011).

También contribuye a disminuir los niveles de colesterol total y de lipoproteínas de baja densidad en el plasma, que se asocia a una mayor dilución y excreción de ácidos biliares; y que reduce los niveles posprandiales de glucosa y/o insulina en la sangre, ya que la fibra dietética tiene influencia en la biodisponibilidad de los hidratos de carbono en el tracto intestinal (Rodríguez *et al.*, 2006).

El contenido de FDS en el pelillo cocido es mayor que en pelillo crudo; el mismo efecto se produce en porotos y garbanzos, asociándolo a los posibles complejos proteína-fibra formados luego de una posible modificación química por la cocción (Wang *et al.*, 2010). Colin-Henrion *et al.* (2009) obtiene 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 (Kutos *et al.*, 2003; Aguilera *et al.*, 2009; Jing y Chi, 2013)

La FDT sufre cambios con la cocción con vapor, debido a la variación que sufre la FDS, ya que la FDI no presenta diferencias significativas.

Al comparar los resultados del contenido de FDT, del presente estudio con otros realizados con otras algas marinas, se han obtenido valores superiores para las algas *Porphyra sp.* (alga roja), *Undaria pinnatífida* y *Hizikia fusiforme* (algas verdes) (48,6 y 43,8 g 100g<sup>-1</sup> de alga en promedio para algas rojas y pardas respectivamente), también comparativamente con *Himanthalia elongate* (34,04 g 100g<sup>-1</sup> alga) y *Durvillaea antártica* (44,0 g 100g<sup>-1</sup> alga). Pero al compararla con *Laminaria saccharina* los valores del pelillo cocido con vapor son mayores (28,3 g 100g<sup>-1</sup> alga) (Dawczynski *et al.*, 2007; Gómez-Ordóñez *et al.*, 2010). La baja cantidad de FDT en relación a otras algas puede estar relacionado degradación de los polisacáridos en el alga cuando ésta es almacenada por periodos de más de un año (Romero *et al.*, 2008).

La relación FDS/FDI es muy importante, ya que mientras más alta sea ésta indica que la proporción de FDS es mayor, y es justamente a la FDS que se atribuyen la mayoría de los efectos saludables de la FD; la FDS es la que fermenta en el colon, produciendo ácidos grasos de cadena corta, además de tener efecto en la saciedad, posee propiedades viscosas y de retención de agua, forma geles y éstos atrapan moléculas a través del tracto intestinal, logrando eliminar compuestos nocivos. La mayoría de los alimentos presenta una baja relación FDS/FDI, ya que la FDI se encuentra en mayor proporción.

El pelillo deshidratado crudo tiene una relación FDS/FDI de 0,3, mientras que el pelillo cocido con vapor de 1,9. El primero es inferior a algas como *Ulva lactuca* y las hojas de *Durvillaea antarctica*, los cuales presentan una relación de 0,8 y 0,6 respectivamente. En cuanto al pelillo cocido con vapor, presenta valores superiores a las algas anteriormente señaladas, incluyendo además a *Ulva clathrata*, *Laminaria saccharina*, y *Himanthalia elongate* (Quitral *et al.*, 2012). En vegetales terrestres, en relación a los resultados obtenidos por Pak (2000; 2003), el pelillo cocido con vapor presenta una mayor relación que espárragos cocidos, repollo y lechuga milanesa (0,8; 0,5 y 0,3 respectivamente) y frutas como la ciruela *var Laroda*, manzana verde e higo (0,7; 0,4 y 0,7 respectivamente). En general, la relación FDS/FDI de vegetales terrestres es menor a la de las algas marinas.

Se considera que una proporción FDS/FDI óptima es 3:1, en cuanto a beneficios tecnológicos a los alimentos y a la salud, pero una relación 0,4 a 1,0 ya se considera balanceada (Jenkins *et al.*, 2000; Benítez *et al.*, 2011); dentro de este criterio, el pelillo cocido con vapor está dentro de los rangos considerados beneficiosos.

Existe más de una recomendación referencial diaria de FD. Se ha sugerido el consumo de 20 – 35g día<sup>-1</sup> para adultos, y en niños entre 2 a 18 años la suma de 5 g día<sup>-1</sup> a su edad para conocer la cantidad propuesta, es decir, que para dos años corresponde la cantidad de 7 g día<sup>-1</sup> (Escudero-Álvarez y González-Sánchez, 2006), por lo que pelillo crudo y cocido cumplirían las cantidades sugeridas, al consumir las cantidades expuestas en el Cuadro 8.

En Chile, 25 g de FD es la mínima cantidad requerida, la cual es utilizada en el etiquetado nutricional de alimentos basados en valores de referencia diarios para adultos, adolescentes y niños mayores de 4 años; en concordancia con lo anterior es necesario el consumo de 115,2 g de pelillo crudo deshidratado y 82,51 g de pelillo cocido con vapor.

**Cuadro 8.** Cantidad de pelillo crudo y pelillo cocido con vapor para cumplir los requerimientos diarios de fibra dietética (FD)

<b>FD</b>	<b>PC</b>	<b>PV</b>
<b>g 100g<sup>-1</sup></b>	<b>g</b>	<b>g</b>
<b>5</b>	23,0	16,5
<b>7</b>	32,3	23,1
<b>20</b>	92,2	66,0
<b>35</b>	161,3	115,2

Respecto a las sugerencias diarias expuestas por Escudero-Álvarez y González-Sánchez (2006). FD: fibra dietética; PC: pelillo crudo; PV: pelillo cocido con vapor.

### Capacidad Antioxidante y contenido de polifenoles

El contenido de polifenoles (CP) en pelillo es alto, tanto en crudo como en cocido. Los resultados obtenidos son mayores a los presentados por Ortiz *et al.* (2011), dónde se encontró una concentración de 133,12 mg AGE 100g<sup>-1</sup> para la misma alga.

El contenido de polifenoles varía según el solvente usado en la extracción, Souza *et al.* (2011) obtiene valores en *Gracilaria birdiae* y *Gracilaria cornea* con extracción en metanol y etanol de 1,095 y 0,885 mg AGE 100g<sup>-1</sup> respectivamente, siendo valores inferiores a los obtenidos en este estudio con extracción en agua. El contenido de polifenoles determinado en extracto acuoso de *Durvillaea antártica* fue de 151 mgAGE 100g<sup>-1</sup> (Allendes, 2012), mucho menor que el que se determinó en pelillo. En otras investigaciones realizadas en algas marinas, se determinaron concentraciones de polifenoles mayores que en pelillo (Manach *et al.*, 2004; Souza *et al.*, 2011).

Si se compara con vegetales terrestres, pelillo presenta valores superiores a piña, naranja, zanahoria y tomate en extracto de metanol-agua, también a frutillas, uvas y pomelo en extracción de acetona-agua (Brat *et al.*, 2006; Kremer y Fialho, 2009). Por lo tanto el pelillo es un alga con un contenido de polifenoles parcialmente importante.

Los métodos de determinación del CP en base a extracción con solventes, entregan la concentración de una parte de los polifenoles contenido en los alimentos, estos polifenoles extraíbles pueden variar de acuerdo al solvente utilizado, pero en general son similares. Los polifenoles no extraíbles son aquellos que se encuentran unidos fuertemente a otras moléculas, requieren un tratamiento enzimático para su liberación y son mucho mayores que los extraíbles (Saura-Calixto, 1998; Díaz-Rubio *et al.*, 2011). En los alimentos que contienen alto contenido de fibra dietética, como es el caso de pelillo, los polifenoles se deben encontrar unidos fuertemente a ella y al realizar la determinación de los polifenoles extraíbles, solo se determina una parte menor del total.

El efecto de la cocción fue el de aumentar el CP en pelillo, 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 (Dewanto *et al.*, 2002)

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 presencia, 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) (Saura-Calixto y Bravo, 2002; Soong y Barlow, 2004; Turkmen *et al.*, 2005; Llantén *et al.*, 2007).

Para descartar o aceptar la última opción es necesaria una identificación de polifenoles en el pelillo, lo cual no está dentro de los objetivos de este estudio, por lo que no se estudiará más en detalle. Lo cual unido a que los posibles nuevos polifenoles formados tengan menos grupos hidroxilos libres explicarían la disminución de la Capacidad Antioxidante (CA) en mmol Fe 100g<sup>-1</sup> aún cuando aumenta el CP en mg AGE 100g<sup>-1</sup>. Para lo anterior es

necesario conocer el perfil de estos compuestos presentes en el alga, lo cual no está dentro de los objetivos de este estudio por lo que no se estudiará con mayor detención.

Los valores de la capacidad antioxidante son bajos en pelillo. Si se comparan con otras algas, tiene menores valores que *Sargassum muticum* (Namvar *et al.*, 2013). Al comparar con alimentos de origen vegetal, son más bajos que en sandía, zapallo y repollo, con 0,04, 0,08 y 0,09 mmolFe 100g<sup>-1</sup> respectivamente, teniendo como referencia al contenido que aporta la granada o el maqui con 11,33 y 18,00 mmolFe 100g<sup>-1</sup> respectivamente, conocidos por su alto poder antioxidante (Araya *et al.*, 2006; Halvorsen *et al.*, 2002).

La CA de los alimentos depende de carotenoides, vitaminas antioxidantes y del contenido de polifenoles (CP). Souza *et al.* (2011) encontraron una relación lineal entre el contenido polifenólico y la capacidad antioxidantes de gracilarias de origen brasileñas. En el presente estudio se encuentran resultados contradictorios, ya que en PC la capacidad antioxidante es mayor, pero el contenido de polifenoles es menor, mientras que en PV ocurre el fenómeno inverso; similar a lo señalado por Wootton-Beard *et al.* (2011), donde se determinó la capacidad antioxidante por medio de FRAP, DPPH y ABTS+, encontrando en algunos casos alto contenido de polifenoles y baja capacidad antioxidante, ya que son muchos los compuestos de un alimento que influyen en su capacidad antioxidante; por ejemplo vitaminas como el ácido ascórbico que está presente en el pelillo la cual es termolábil (Toledo *et al.*, 2009).

El ensayo FRAP mide la capacidad de un compuesto antioxidante para reducir un oxidante férrico (Fe<sup>3+</sup>) a un complejo ferroso (Fe<sup>2+</sup>) por transferencia de electrones, esto indica la capacidad del compuesto para reducir las especies reactivas (Benzie y Strain, 1999; De *et al.*, 2008). Con otros métodos, como DPPH, Ortiz (2011) obtiene una capacidad antioxidante baja al no observarse la capacidad de radicales libres con la precisión necesaria (-0,32% Decoloración), asociándose a una interferencia por el alto grado de pureza en el tratamiento de las muestras que necesita la prueba, que por la naturaleza de las algas es extremadamente difícil de conseguir; de similar forma en este estudio se obtuvo un porcentaje de decoloración similar al anteriormente expuesto, de -1,59% Decoloración (datos no presentados).

## Ácidos grasos

El pelillo tiene mayor presencia de ácidos grasos del tipo insaturados (UFA), en especial del tipo C18:1 (oleico) monoinsaturado (MUFA) con un 40,3%. Ortiz *et al.* (2009), encontraron menor cantidad de este ácido graso (29,02% de ésteres metílicos), pero aún así es el componente mayoritario del perfil lipídico (Sánchez-Machado *et al.*, 2004; Ortiz *et al.*, 2006; Ortiz, 2011; FAO y MINSAL, 2010). Se ha descrito que el ácido oleico tiene efectos benéficos como la disminución del riesgo cardiovascular al reducir lípidos sanguíneos especialmente el colesterol (López-Huertas, 2010). En la industria agroalimentaria, altos valores de ácido oleico es esencial para la prevención de la oxidación lipídica y la estabilidad al ser expuesto a procesos térmicos (Talcott *et al.*, 2005; Smith *et al.*, 2007)

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 *et al.* (2009) donde también es el segundo de mayor porcentaje (21,84%). Ortiz (2011) y FAO y MINSAL (2010) señalan que es SFA de mayor cantidad presente en las algas, lo cual concuerda a lo estudiado.

Los ácidos grasos palmitoleico (C16:1) y linoleico (C18:2), MUFA y poliinsaturado (PUFA) respectivamente, representan alrededor de un 10% de ésteres metílicos al contrario de la investigación de Ortiz *et al.* (2009) que la suma de ambos lípidos alcanza 13,98% al contener en mayor medida C16:1, derivando en porcentajes superiores a lo alcanzado en este trabajo.

Ortiz *et al.* (2009) además de FAO y MINSAL (2010), señalan mayores contenidos de UFA que SFA para el pelillo, con un mayor predominio de MUFAs. Esta aseveración concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo.

En variados estudios se ha determinado la presencia de ácidos grasos de cadena larga del tipo  $\omega$ -3, como por ejemplo EPA, encontrándose en algas en general y específicamente en pelillo (FAO y MINSAL, 2006; Ortiz *et al.*, 2006; Dawczynski *et al.*, 2007; Ortiz *et al.*, 2009; Denis *et al.*, 2010). En la presente investigación no fue posible identificarlo debido a su baja concentración dentro del alga.

La relación Poliinsaturados/Saturados (P/S) con los ácidos grasos determinados en ambos casos es menor al recomendado en guías nutricionales que debe ser mayor a 0,4 para disminuir riesgo de enfermedades cardiovasculares (Wood *et al.*, 2003; Cifuni *et al.*, 2004). En el estudio de Ortiz *et al.* (2009) se sobrepasa el mínimo de la relación para otorgar beneficios a la salud, obteniendo un valor de 0,6.

### **Análisis microbiológico**

Al realizar las pruebas microbiológicas correspondientes al reglamento sanitario de los alimentos (MINSAL, 2010), tanto el pelillo crudo como el pelillo cocido con vapor, se alcanzan valores de cfu g<sup>-1</sup> fuera de los rangos que implican peligros para los consumidores dentro de un alimento que requerirá cocción. Por ejemplo, microorganismos adquiridos principalmente durante la manipulación del producto como lo es *Staphylococcus aureus*, o los que presentan un de riesgo alimentario como lo es el género *Salmonella*.

El pelillo cocido con vapor de igual forma presentó valores de cfu g<sup>-1</sup> de enterobacterias menores al que obtuvo el pelillo crudo deshidratado, siendo el primero una mejor opción al momento de ser utilizado en algún producto alimenticio, ya que el análisis no asegura que no existan microorganismos deteriorantes o patógenos, incluso la presencia de toxinas, lo que podría presentar problemas durante el almacenamiento o vida útil del alimento al cual se pueda integrar.

## Conclusiones

Se encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad, cenizas, lípidos y en el contenido de hidratos de carbono con la exposición con vapor del pelillo comparado con su par deshidratado. También se diferencian en el contenido de polifenoles.

El pelillo es un aporte a la alimentación humana, ya que presenta un contenido proteico considerable, además de un bajo contenido graso y baja energía disponible. La composición de ácidos grasos está dada principalmente por ácido oleico.

El pelillo presenta buen contenido de fibra dietética (FD), con una alta proporción de la fracción soluble, lo que no es usual en la mayoría de los alimentos, presenta además una concentración relativamente considerable de polifenoles, ambos componentes son beneficiosos para la salud.

La cocción con vapor del alga provocó un aumento de la concentración de FD, principalmente de fibra soluble, y del contenido de polifenoles.

Microbiológicamente es apto para incorporarlo en formulaciones alimentarias que requerirán cocción; pero el pelillo cocido con vapor presenta una mejor calidad microbiológica ante el crudo deshidratado.

El pelillo cocido con vapor se presenta como un buen ingrediente para la formulación y mejora de alimentos para incorporar a la dieta.

### Literatura citada

- AENOR (Asociación española de normalización), España. 1991. Norma UNE 55037-73. Catálogo de Normas UNE, Madrid.
- Aguilera, Y.; M. Martín-Cabreja; V. Benitez; E. Mollá; F. Lopez-Andreu and R. Esteban. 2009, nov.-dic. Changes in carbohydrate fraction during dehydration process of common legumes. *Journal of Food Composition and Analysis* 22(7): 678 – 683.
- Allendes, A. 2012. Elaboración de un alimento tipo hamburguesa en base a cochayuyo (*Durvillaea antarctica*). Memoria Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 37h.
- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists), United States of America. 2005. Official methods of Analysis of Analytical Chemist. In: Horwitz W. and Latimer G.W. (ed.). 18th Edition. 1067p.
- Araya H.; C. Clavijo y C. Herrera. 2006, dic. Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivados en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 56(4): 361 – 365.
- Ávila-Portillo, L.M.; J.I. Madero; C. López; M.F. León; L. Acosta; C. Gómez; L.G. Delgado; C. Gómez; J.M. Lozano y M.T. Reguero. 2006, dic. Fundamentos de criopreservación. Revista *Colombiana de Obstetricia y Ginecología* 57 (4): 291-300.
- Brat, P.; S. George; A. Bellamy; L. Du Chaffaut; A. Scalbert; L. Mennen. et al. 2006, sep. Daily polyphenol intake in France from fruit and vegetables. *Journal of Nutrition* 136: 2368 – 2373
- Benitez V.; E. Mollá; M.A. Martín-Cabrejas; Y. Aguilera; F.J. López-Andréu and R.M. Esteban. 2011, jul. Effect of sterilisation on dietary fibre and physicochemical properties of onion by-products. *Food Chemistry* 127: 501 – 507.
- Benzie, I. and J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239(1): 70 - 76.
- Benzie, I.F.F. and J.J. Strain. 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods in Enzymology* (299): 15 - 27.
- Bligh, E. G. and W.J. Dyer. 1959, ago. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37(8): 911 – 917.
- Brownlee, I. 2011, ma. The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids* 25: 238 – 250.

- Carrillo, S.; M. Casas; F. Ramos, F. Pérez-gil y I. Sánchez. 2002, dic. Algas marinas de baja california Sur, México: Valor nutrimental. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 52(4): 400 – 405.
- Castro-González, M.I.; F. Pérez-Gil; S. Pérez-Estrella and S. Carrillo-Domínguez. 1996, mar. Chemical composition of green alga, *Ulva lactuca*. *Ciencias Marinas* 22(2): 205 – 213.
- Chan, J.; P. Cheung and P. Ang. 1997, ago. Comparative studies on the effect of three drying methods on the nutritional composition of seaweed *Sargassum hemiphyllum* (Turn.) C. Ag. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 3056 – 3059.
- Chandini, S. K.; P. Genesan; P.V. Suresh and N. Bhaskar. 2008. Seaweeds as source of nutritionally beneficial compounds – A review. *Journal of Food Science and Technollogy* 45(1): 1 – 13.
- Cifuni, G.; F. Napolitano; A. Riviezzi; A. Braghieri and A. Girolami. 2004, jun. Fatty acids profile, colesterol content and tenderness of meat from Podolian Young bulls. *Meat Science* 67: 289 – 297.
- Colin-Henrion, M.; E. Mehinagic; C.M.G.C. renard; P. Richomme and F. Jourjon. 2009, nov. From apple to applesauce: Processing effects on dietary fibres ans cell wall polysaccharides. *Food Chemistry* 117(2): 254 – 260.
- Comunidades Europeas. 1997. Regulation 258/97 concerning novel foods and novel food ingredients. *Official Journal of the European Communities* L43: 1 – 7.
- Cruz-Suárez, L.E.; D. Ricque-Marie; M. Tapia-Salazar y C. Guajardo-Barbosa. 2000. 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). Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, R. (Eds). Yucatán, México.
- Dawczynski, C.; R. Schubert and G. Jahreis. 2007. Amino acids, fatty acids and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry* 103(3): 891 – 899.
- De, S.; S. Adhikari; J. Tilak-Jain; V.P. Menon and T.P.A. Devasagayam. 2008, jun. Antioxidant activity of an aminothiazole compound: Possible mechanisms. *Chemico-Biological Interactions* 173(3): 215 – 223.
- Del Caro, A.; A. Piga; I. Pinna; P.M. Fenu and M. Agabbio. 2004, jul. Effect of drying conditions and storage period on polyphenolic content, antioxidant capacity and ascorbic acid prunes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 4780 – 4784.
- Denis, C.; M. Morançais; M. Li; E. Deniaud; P. Gaudin; G. Wielgosz-Collin. et al. 2010abr. Study of chemical composition of edible red macroalgae *Grateloupia turuturu* from Brittany (France). *Food Chemistry* 119(3): 913 – 917.

Dewanto, V.; X. Wu; K. Adom and R.H. Liu. 2002, may. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(10): 3010 - 3014.

Díaz-Rubio, M.E.; J. Serrano; J. Borderias and F. Saura-Calixto. 2011, jul. Technological effect and nutritional value of dietary antioxidant fucus fiber added to fish mince. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 20(3): 295 – 307.

Englyst, H.N.; M.E. Quigley and G.J. Hudson. 1995, oct. Definition and measurement of dietary fibre. *European Journal of Clinical Nutrition* 49(3): 48 – 62.

Escudero-Álvarez, E. y P. González-Sánchez. 2006, may. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria* 21(2): 61 – 72.

FAO (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]. Recuperado en: <[http://www.minsal.gob.cl/portal/url/page/minsalcl/g\\_proteccion/g\\_alimentos/prot\\_composicion.html](http://www.minsal.gob.cl/portal/url/page/minsalcl/g_proteccion/g_alimentos/prot_composicion.html)>. Consultado el: 21 de Abril de 2013.

Frikha, F.; M. Kammoun; N. Hammami; R.A. Mchirgui; L. Belbahri; Y. Gargouri. et al. 2011, jun. Composición química y algunas actividades biológicas de algas marinas recolectadas en Túnez. *Ciencias marinas* 37(2): 113 - 124.

Gómez-Ordóñez, E.; A. Jiménez-Escrig and P. Rupérez. 2010. Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spanish coast. *Food Research International* 43: 2289 – 2294.

González, M.E.; G.E. Anthon and D.M. Barrett. 2010, sep. 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.

Gudiel-Urbano, M. and I. Goñi. 2002, mar. Effect of edible seaweeds (*Undaria pinnatifida* and *Porphyra tenera*) on the metabolic activities of intestinal microflora in rats. *Nutrition Research* 22(3): 323 – 331.

Halvorsen, Bl.; K. Holte; M.C.W. Myhrstad; I. Barikmo; E. Hvattum; S.F. Remberg. et al.. 2002, mar. A sistematic screening of total antioxidants in dietary plants. *Journal of Nutrition* 132(3): 461 – 471.

Jenkins D.J.A.; C.W.C. Kendall and V. Vuksan. 2000, feb. Viscous fibers, health claims, and strategies to reduce cardiovascular disease risk. *The American Journal of Clinical Nutrition* 71(2): 401 – 402.

Jiménez-Escrig, A. y I. Goñi. 1999, jun. Evaluación nutricional y efectos fisiológicos de macroalgas marinas comestibles. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 49(2): 114 – 120.

- Jing, Y. and Y. Chi. 2013, jun. Effects of twin-screw extrusion on soluble dietary fibre and physicochemical properties of soybean residue. *Food Chemistry* 138(2-3): 884 – 889.
- Kaehler S. and R. Kennish. 1996. Summer and winter comparisons in the nutritional value of marine macroalgae from Hong Kong. *Botanica Marina* 39: 11 – 17.
- Klasing, K.C. 1998. Comparative Avian Nutrition. CAB International. Oxon, United Kingdom. 352p.
- Kremer, A.L. and E. Fialho. 2009, abr. Polyphenol availability in fruit and vegetables consumed in Brazil. *Revista de Saúde Pública* 43(2): 211 – 218.
- Kutos, T.; T. Golob; M. Kac and A. Plestenjak. 2003, feb. Dietary fibre content of dry and processed beans. *Food Chemistry* 80(2): 231 – 235.
- Lahaye M. 1991, oct. Marine algae as sources of fibers: Determination of soluble and insoluble dietary fiber contents in some sea vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 54(4): 587 – 594.
- Llantén, C. 2007. Efecto del proceso de secado sobre los niveles de polifenoles, vitamina C y capacidad antioxidante en kiwis deshidratados. Universidad Tecnológica Metropolitana. 129p.
- Lefebvre, A. C. y J.Y. Thébaudin. 2002. Fibras extraídas de las hortalizas. (pp. 459–481). Tecnología de las Hortalizas. En: Tirilly, Y. and C. Bourgeois (ed.). Zaragoza, España.
- Lópes, T.J.; D.A. bender; M.H. Davidson and A. McDonal. 1998. Fiber: Forms and functions. *Nutrition Research* 18(4): 617 – 624.
- López-Huertas, E. 2010, mar. 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.
- Lourenço, S.; E. Barbarino; J.C. De-Paula; L. Otávio and S.U. Lanfer. 2002, sep. Amino acid composition, protein content, and calculation of nitrogen-to-protein conversion factors for nineteen tropical seaweeds. *Phycological Research* 50(3): 233-241.
- MacArtain, P.; C. Gill; M. Brooks; R. Campbell and I. Rowland. 2007, dic. Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Reviews* 65(12): 535 – 543.
- Madar, Z. and H.S. Odes. 1990. Dietary fibre in metabolic diseases. (pp. 1 – 65). Progress in Biochemical Pharmacology: Dietary fibre research. In: Paoletti R. (ed.). Karger, Basel.
- Manach C.; A. Scalbert; C. Morand; C. Rémésy and L. Jiménez. 2004, may. Polyphenols: food sources and bioavailability. The American *Journal of Clinical Nutrition* 79(5): 727 – 747.
- Mardones, A. 2006. El cultivo del puye (*Galaxias* spp.) y otras especies nativas en Chile. [En línea]. Recuperado en:

<[http://www.aqua.stir.ac.uk/GISAP/Conference/ppt/23\\_Mardones.pdf](http://www.aqua.stir.ac.uk/GISAP/Conference/ppt/23_Mardones.pdf)>. Consultado el 23 de Septiembre de 2010.

Mardones, A.; R. Cordero; A. Augsburger y P. De los Ríos-Escalante. Desarrollo del ensilado del alga *Gracilaria chilensis* para la alimentación de abalón rojo *Haliotis rufescens*, (Swainson, 1822). (pp. 239-242) En: IV Congreso Nacional de Acuicultura, 16 a 18 enero 2013, Puerto Montt, Chile). Puerto Montt, Chile: Ediciones Universidad Austral de Chile. 606p.

MINSAL (Ministerio de salud), CHILE.2010. Reglamento sanitario de los alimentos. Dto n° 997/96. 182p.

Namvar, F.;R. Mohamad; J. Baharara; S. Zafar-Balanejad; F. Fargahi and H.S. Rahman. 2013. Antioxidant, Antiproliferative, and Antiangiogenesis Effects of Polyphenol-Rich Seaweed (*Sargassum muticum*). [En línea]. BioMed Research International. Recuperado en: <<http://www.hindawi.com/journals/bmri/2013/604787/>>. Consultado el: 4 de Noviembre de 2013.

Norziah, M. and C.H. Ching. 2000, ene. Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgi*. *Food Chemistry*. 68: 69 – 76.

Ortiz, J.; N. Romero; P. Robert; J. Araya; J. López-Hernández; C. Bozzo. et al.. 2006. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chemistry* 99(1): 98 – 104.

Ortiz, J.; E. Uquiche; P. Robert; N. Romero; V. Quitral and C. Llantén. 2009, abr. Functional and nutritional value of the Chilean seaweeds *Codium fragile*, *Gracilaria chilensis* and *Macrocystis pyrifera*. *European Journal of Lipid Science and Technology* 111(4): 320 – 327.

Ortiz, J. 2011. Composición nutricional y funcional de algas rodofíceas chilenas. [En línea]. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. 32p. Recuperado en: <<http://www.captura.uchile.cl/bitstream/handle/2250/14731/Monograf%C3%ADa%20II%20algas%20Rojas.pdf?sequence=1>>. Consultado el: 2 de Julio de 2013.

Pak, N. 2000, mar. Fibra dietética en verduras cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 50(1): 97 – 101.

Pak, N. 2003, dic. Fibra dietética en frutas cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 53(4): 413 – 417.

Polat, S. and Y. Ozogul. 2008, nov.-dic. Biochemical composition of some red and brown macroalgae from the northeastern Mediterranean Sea. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 59(7-8): 566 – 572.

Proteggente, A.R.; A.S. Pannala; G. Paganga; L. Van Buren; E. Wagner; S. Wiseman. et al. 2002, feb. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radical Research* 36(2): 217 – 233.

Quitral, V.; C. Morales; M. Sepúlveda y M. Schwartz. 2012, dic. Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Revista Chilena de Nutrición* 39(4): 196 – 202.

Rajapakse, N and S. Kim. 2011. Nutritional and digestive health benefits of seaweeds. *Advances in Food & Nutrition Research* 64: 17 – 28.

Rodríguez, R.; A. Jiménez.; J. Fernández-Bolaños; R. Guillén and A. Heredia. 2006, ene. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science & Technology* 17: 3 – 15.

Romero J.B.; R.D. Villanueva and M.N. Montaña. 2008, nov. Stability of agar in the seaweed *Gracilaria eucheumatoides* (Gracilariales, Rhodophyta) during postharvest storage. *Bioresource Technology* 99(17): 8151 – 8155.

Sánchez-Machado, D.I.; J. López-Cervantes; J. López-Hernández and P. Paseiro-Losada. 2004, may. Fatty acids, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chemistry* 85(3): 439 – 444.

Saura-Calixto F. 1998, oct. Antioxidant Dietary Fiber Product: A New Concept and a Potential Food Ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46(10): 4303 – 4306.

Saura-Calixto F. and L. Bravo. 2002. Dietary Fiber – Associated compounds: Chemistry, Analisis and Nutritional Effects of Polyphenols. (cap. 22, pp. 415-430). Hand Book of Fiber Dietary. In: Cho S.S. and M.L. Dreher (ed.). New York, United States of America. 869p.

Schmidt-Hebbel, H.; I. Pennacchiotti; L. Masson y M.A. Mella. 1992. Tabla de composición química de alimentos chilenos. 8va Edición. [En línea]. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Recuperado en: <[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_quimicas\\_y\\_farmaceuticas/schmidth03/index.html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/schmidth03/index.html)>. Consultado el: 11 de Agosto de 2013.

Smith, S.A.; R.E. King and D.B. Min. 2007. Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil. *Food Chemistry* 102(4): 1208 – 1213.

Soong, Y.-Y. and P. Barlow. 2004, dic. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food Chemistry* 88(3): 411 - 417.

Souza B.W.S.; M.A. Cerqueira; J.T. Martins; M.A.C. Quintas; A.C.S. Ferreira; J.A. Teixeira. et al. 2011, may. Antioxidant potential of two red seaweeds from the brazilian coasts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(10): 5589 – 5594.

SUBPESCA (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura). 2013. Alga Pelillo. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.subpesca.cl/institucional/602/w3-article-849.html>>. Consultado el: 29 de Septiembre de 2013.

Swain, T and W. Hillis. 1959, ene. The phenolic constituents of *Prunus domestica*, L. – the quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of Science of Food and Agriculture* 10: 63 – 68.

Talcott, S.T.; Duncan C.E.; D. Del Pozo- Insfran and D.W. Gorbet. 2005, ene. Polyphenolic and antioxidant changes during storage of normal, mid, and high oleic acid peanuts. *Food Chemistry* 89: 77 – 84.

Toledo, M.I.; M. Ávila; A. Manriquez; G. Olivares; A. Soto; S. Saavedra. et al. 2009. Algas: Insumo alternativo para la alimentación de especies acuícolas. Vaparaiso, Chile. Ediciones universitarias de Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 54p.

Turkmen, N.; F. Sari and S. Velioglu. 2005, dic. The effect of cooking method on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry* 93(4): 713 - 718.

Wang, N; D.W. Hatcher; R.T. Tyler; R. Toews and E.J. Gawalko. 2010, mar. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International* 43(2): 589–594

Xiao, L. 2010. Evaluation of extraction methods for recovery of fatty acids from marine products. Master thesis of EMQAL project. Central South University, China. 121p.

Vallejo, F.; F.A. Tomás-Barberán and C. García-Viguera. 2002, ago. Glucosinolates and vitamin C content in edible parts of broccoli florets after domestic cooking. *European Food Research and Technology* 215: 310 – 316.

Vidal, A.; A. Fallarero; E.R. Silva de Andrade-Wartha; A.M. De Oliveira e Silva; A. De Lima; R. Pavan Torres. et al. 2006, oct-dic. Composición química y actividad antioxidante del alga marina roja *Bryothamnion triquetrum* (S.G. Gmelin) Howe. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 42(4): 589 – 600.

Wang, N.; D.W. Hatcher; R.T. Tyler; R. Toews and E.J. Gawalko. 2010, mar. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International* 43(2): 589 – 594.

Wood, J.; R. Richardson; G. Nute; A. Fisher; M. Campo and E. Kasapidou. 2003, ene. Effects of fatty acids on meat quality. A review. *Meat Science* 66(1): 21 – 32.

Wootton-Beard, P.C.; A. Moran and L. Ryan. 2011, ene. Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin–Ciocalteu methods. *Food research International* 44: 217 – 224.

### Apéndice I: Parámetros microbiológicos a los cuales se sometió pelillo crudo y cocido con vapor

Contenido microbiológico en parámetros referidos a frutas y verduras desecadas o deshidratadas, para el pelillo crudo

Parámetro	Categoría	Clases	n	c	m	M
Moho	3	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
Levaduras	3	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
E.coli	5	3	5	2	10	5x10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella</i> en 50 g	10	2	5	0	0	---

Fuente: Ministerio de Salud, Chile, 2010.

Contenido microbiológico en parámetros referidos a frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados que requieren cocción, para el pelillo cocido con vapor

Parámetro	Categoría	Clases	N	c	m	M
Enterobacterias	4	3	5	3	5x10 <sup>2</sup>	5x10 <sup>4</sup>
<i>S. aureus</i>	4	3	5	3	10	10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella</i> en 25 g	10	2	5	0	0	---

Fuente: Ministerio de Salud, Chile, 2010.

Dónde:

n: número de unidades de muestras a examinar.

m: valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud.

M: valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

c: número máximo de unidades de muestras que pueden contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M” para que un alimento sea aceptado.

## CAPITULO II: CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE PELILLO PARA EL USO POTENCIAL COMO INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS

### Resumen

Dentro de la búsqueda de nuevos ingredientes que fomenten la industria agroalimentaria se contempla como una opción al alga pelillo por su composición nutricional. Para conocer si el pelillo tecnológicamente es un complemento a la formulación de alimentos, se evaluó el efecto de cocción en el pelillo molido comparando tecnológicamente con el alga cruda; se observó su respuesta ante pruebas de Índice de Absorción de Agua (IAA) e Índice de Solubilidad en agua (ISA), Capacidad de Retención de Agua (CRA), Capacidad de Absorción de Aceite (CAA), Hinchamiento (SW) y Concentración Mínima de Gelificación (CMG); con el objeto de comparar el efecto de cocción en el pelillo y caracterizarla tecnológicamente.

Entre ambos tratamientos no se presentaron diferencias significativas para los siguientes análisis: para crudo y cocido el IAA obtenido fue en torno a los  $13 \text{ g g}^{-1}$ , ISA  $42 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ , CRA  $7 \text{ g/g}$ , SW  $5 \text{ mL g}^{-1}$  y CAA  $1,3 \text{ g g}^{-1}$ , considerándose como adecuados. En cuanto a CMG para el pelillo cocido fue a menor concentración (2%), encontrándose diferencias significativas, siendo bueno para formulaciones.

En concordancia con lo anterior, el pelillo sería un buen elemento para productos que requieren hidratación para su consumo, alimentos cárnicos, y en frituras.

Algas, Cocción con vapor, Fibra dietética, *Gracilaria sp*, Propiedades tecnológicas.

## CHAPTER II: TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE OGO-NORI FOR POTENTIAL USE AS AN INGREDIENT IN FOOD PROCESSING

### Abstract

In the search of new ingredients that encourage the food industry is seen as an option to the ogo-nori seaweed for their nutritional composition. To know if the ogo-nori technologically is a complement to food formulation, there was evaluated the effect of steamed milled ogo-nori comparing technologically between cooked and raw alga; by evaluating their response of water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI), water holding capacity (WHC) fat absorption capacity (FAC), swelling (SW), and least gelation concentration (LOC); order to compare the effect of cooking on the ogo-nori and characterize technologically. Between the two treatments were not significant differences for the following analyzes; WAI obtained was around  $13 \text{ g g}^{-1}$ , WSI  $42 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ , WHC  $7 \text{ g g}^{-1}$ , SW  $5 \text{ mL g}^{-1}$ , FAC  $1.3 \text{ g g}^{-1}$ , considered as suitable. Concerning LOC for ogo-nori was cooked at a lower concentration (2%), with significant differences, being suitable for formulations.

In accordance with the above, the ogo-nori would be a good element for products that require hydration for consumption, meat food, and frying.

Dietetic fiber, *Gracilaria sp.*, Seaweeds, Steaming, Technological properties.

## Introducción

En la búsqueda de ingredientes que aporten beneficios nutricionales, funcionales y sensoriales a productos de la industria agroalimentaria, la transformación de productos en harinas ofrece una posibilidad de diversificar el uso de éstos (Belén-Camacho *et al.*, 2004; Sangronis *et al.*, 2004).

Existe una creciente incorporación de harinas de diverso origen en la formulación de alimentos, y las propiedades tecnológicas de ellas son fundamentales para tener éxito en su aplicación como ingredientes (Kaur y Singh, 2005). El alga pelillo (*Gracilaria chilensis*) se puede moler para obtener una harina e incorporarla como ingrediente en alimentos, por lo que es necesario caracterizarlo desde el punto de vista tecnológico y de esta manera ayudara un sector de la industria agroalimentaria para evaluar potenciales usos, ya sea incorporándolos a productos ya existentes o crear un alimento a partir del pelillo.

Las propiedades tecnológicas son las características de un ingrediente que influyen directamente en su utilización, y están influenciados por la composición química y física de éste. De estas características dependen la aplicabilidad, procesos, formulación, diseño, calidad y aceptabilidad de un producto alimenticio (Figuerola *et al.*, 2008).

El alga pelillo contiene abundantes polisacáridos, como por ejemplo los hidrocoloides y fibra dietética, presentando características particulares como propiedades gelificantes que influyen directamente en las propiedades tecnológicas del producto (Nagai y Yukimoto, 2003; Barrow, 2007; Dawczynski, 2007). Aunque se ha descrito que la aplicación de un proceso hidrotérmico afecta las propiedades relacionadas principalmente a la retención de agua, en esta alga no se han realizado mayores estudios (Rodríguez *et al.*, 2006; Muñoz, 2008).

Existe poco conocimiento sobre la aplicación de esta alga como ingrediente en alimentos y sus posibles beneficios y aportes a la industria, por lo que caracterizando tecnológicamente a *Gracilaria* permitiría ampliar su actual uso.

### **Hipótesis**

El pelillo difiere significativamente en las propiedades tecnológicas entre alga deshidratada y cocida con vapor.

### **Objetivos**

Caracterizar propiedades tecnológicas ligadas a la retención de humedad y grasas, entre el pelillo deshidratado y el pelillo sometido a cocción con vapor.

## Materiales y método

La experimentación se llevó a cabo en los Laboratorios del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

La materia prima, fue alga pelillo (*Gracilaria chilensis*) obtenida de la IV región de Coquimbo, Chile; desde la empresa Acex S.A., cosechada durante Marzo 2010. Almacenada en un lugar seco evitando la luz directa en envase cerrado. Para los análisis, este fue molido por medio de molinos cuchillos rotatorios Global Home modelo 2012 y molino de martillos marca Wiley Mill model 2, hasta 841  $\mu\text{m}$ , y almacenada en un lugar seco evitando la luz directa en envase cerrado.

Se comparó el alga pelillo crudo y cocido (PC y PV, respectivamente). El pelillo cocido, posterior a su molienda, fue sometido a una cocción con vapor, en una vaporera de bambú marca Krea sobre papel mantequilla en una capa de 3 a 5 mm, durante 10 minutos y almacenada a  $-18^{\circ}\text{C}$  hasta su uso. En ambos tratamientos se realizaron los siguientes análisis: Índice de Absorción de Agua (IAA) e Índice de Solubilidad en agua (ISA) (Kaur y Singh, 2005): ISA expresado como g de sólido soluble /100g harina. Y el IAA es expresado como g gel obtenido /g harina. Capacidad de Retención de Agua (CRA) (Zambrano *et al.*, 2001): expresado como g de agua ligada /g harina. Capacidad de Absorción de Aceite (CAA) (Kaur y Singh, 2005): La capacidad se expresó como g aceite ligado /g harina. Hinchamiento (SW) (Femenia *et al.*, 1997) : expresado como mL /g harina. Concentración Mínima de Gelificación (CMG) (Kaur y Singh, 2005): 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 2 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

Los resultados de los análisis de las propiedades tecnológicas ligadas al agua, se presentan a continuación en el Cuadro 9.

**Cuadro 9.** Propiedades tecnológicas asociadas al agua, en pelillo crudo y cocido con vapor

	<b>IAA</b>	<b>ISA</b>	<b>CRA</b>	<b>SW</b>
	<b>g gel g<sup>-1</sup></b>	<b>g sólidos 100g<sup>-1</sup></b>	<b>g agua g<sup>-1</sup></b>	<b>mL g<sup>-1</sup></b>
<b>PC</b>	13,5 ± 0,6 a	39,7 ± 6,4 a	6,9 ± 0,2 a	5,2 ± 0,9 a
<b>PV</b>	13,7 ± 0,2 a	44,3 ± 7,4 a	7,0 ± 0,5 a	5,1 ± 0,3 a

Valores Promedio ± D.E. (n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas (p<0,05), según t de Student. PC: pelillo crudo; PV: pelillo cocido con vapor. IAA: índice de absorción de agua; ISA: índice de solubilidad en agua; CRA: capacidad de retención de agua; SW: hinchamiento.

No se presentaron diferencias estadísticamente significativas en los análisis anteriormente expuestos. Mientras que en las propiedades asociadas principalmente a las proteínas, solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la concentración mínima de gelificación, necesitando menores cantidades para producir gelificación en el pelillo cocido con vapor (PV); se puede apreciar en el Cuadro 10.

**Cuadro 10.** Capacidad de absorción de aceite y Concentración Mínima de Gelificación, en pelillo crudo y cocido con vapor

	<b>CAA</b>	<b>CMG</b>
	<b>g aceite g<sup>-1</sup></b>	<b>g muestra 100g<sup>-1</sup></b>
<b>PC</b>	1,2 ± 0,0 a	4,0 ± 0,0 a
<b>PV</b>	1,4 ± 0,1 a	2,0 ± 0,0 b

Valores Promedio ± D.E. (n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas (p<0,05), según t de Student. PC: pelillo crudo; PV: pelillo cocido con vapor. CAA: capacidad de absorción de aceite. CMG: concentración mínima de gelificación

## Discusión

Las propiedades 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 (Moure *et al.*, 2006).

### **Índice absorción agua (IAA) e índice solubilidad en agua (ISA).**

Las propiedades de absorción están relacionados a la estructura química de los componentes polisacáridos y proteicos, así como también con otros factores tales como porosidad, tamaño partícula, pH y temperatura, además de la posible gelatinización de estos compuestos (Hevia *et al.*, 2002; Moure *et al.*, 2006; Elleuch *et al.*, 2011).

El 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 (Granito *et al.*, 2004).

Entre el pelillo crudo y cocido no se presentaron diferencias significativa en el índice de absorción de agua (IAA), pudiendo atribuirse a que al contenido proteico no se vio afectada por el tratamiento térmico, no alterando las interacciones proteínas-agua (Calfunao, 2012).

Se ha reportado en harina de piñones valores de hasta 4,1 g g<sup>-1</sup> (Muñoz, 2008), en trigo 2,5 g g<sup>-1</sup> (Thebaudin *et al.*, 1997), semillas de acacia 5,5 g g<sup>-1</sup> (Calfunao, 2012), hojuelas de avena cocidas hasta 11,2 g g<sup>-1</sup> (San Martín, 2012) valores menores que los determinados en pelillo.

Entre el pelillo crudo y cocido no se presentaron diferencias significativa en el índice de solubilidad de agua (ISA), debido al método de cocción utilizado; ya que al ser con vapor no hubo pérdida de compuestos solubles, ni de proteínas solubles.

En harina de piñones se han determinado valores de hasta 12,2 g g<sup>-1</sup> (Muñoz, 2008), en semillas de acacia 3,6 g g<sup>-1</sup> (Calfunao, 2012) y en hojuelas de avena cocidas hasta 3,0 g g<sup>-1</sup> (San Martín, 2012); mientras que en pelillo crudo y cocido se determinaron valores de 39,7 y 44,3 g g<sup>-1</sup> respectivamente, muy por encima de los anteriormente informados.

### **Capacidad de retención de agua (CRA)**

La capacidad de retención de agua es una propiedad importante en la evaluación de ingredientes, ya que afecta las condiciones de procesamiento y calidad final de los alimentos. Esta propiedad evalúa el agua retenida por gramo de producto seco en presencia de un exceso de agua (Rivera, 2006; Singh, 2001).

Las harinas que tienen un mayor CRA, presentan mayor cantidad de compuestos constituyentes hidrofílicos, como los polisacáridos y proteínas (Singh, 2001; Moure *et al.*, 2006). Pueden utilizarse como ingredientes funcionales para evitar la sinéresis y modificar la viscosidad y textura de algunas formulaciones de alimentos (Elleuch *et al.*, 2011).

Entre pelillo crudo y cocido no se encontraron diferencias significativas, la causa probablemente es la escasa diferencia del contenido de proteínas al relacionarse con la capacidad de retención agua (Calfunao, 2012).

En trigo se han encontrados valores de CRA de  $3,1 \text{ g g}^{-1}$  (Thebaudin *et al.*, 1997), harina de piñones hasta  $2,91 \text{ g g}^{-1}$  (Muñoz, 2008), en semillas de acacia  $4,3 \text{ g g}^{-1}$  (Calfunao, 2012) y en hojuelas de avena cocidas hasta  $3,27 \text{ g g}^{-1}$  (San Martín, 2012); en pelillo crudo y cocido se determinó  $6,9$  y  $7,0 \text{ g g}^{-1}$  respectivamente, valores que superan en gran porcentaje a los mencionados anteriormente. Fleury y Lahaye (1991) para el alga *Laminaria digitata* obtuvieron valores de  $17,4 \text{ g g}^{-1}$  siendo mayores a los obtenidos en este estudio, al igual que la fibra de coco con  $7,11 \text{ g g}^{-1}$  (Raghavendra *et al.*, 2006).

### **Hinchamiento (SW)**

Una alta capacidad de hinchamiento, 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 (Calfunao, 2012; Hevia *et al.*, 2000; Zúñiga, 2005). 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 (Cervantes *et al.*, 2010).

Entre los tratamientos de pelillo, no hubo diferencias significativas respecto a esta propiedad. En harina de piñones y hojuelas de avena se reportaron valores menores al pelillo:  $2,98 \text{ g g}^{-1}$  (Muñoz, 2008) y  $3,88 \text{ g g}^{-1}$  (San Martín, 2012) respectivamente. En cuanto a semillas de acacia, los valores fueron mayores al pelillo con  $8,3 \text{ g g}^{-1}$  (Calfunao, 2012), al igual que en *Laminaria digitata* con  $13,8 \text{ mL g}^{-1}$  (Fleury y Lahaye, 1991) y trigo con  $7,5 \text{ mL g}^{-1}$  (Thebaudin *et al.*, 1997). En comparación a la fibra de coco, el pelillo obtiene menores valores, ocupando  $17 \text{ mL g}^{-1}$  (Raghavendra *et al.*, 2006)

### **Capacidad de absorción de aceite (CAA)**

Esta propiedad se relaciona con la retención de sabor y suavidad del producto final. 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 (Granito *et al.*, 2004; Sangronis *et al.*, 2004).

Una alta CAA permitiría la estabilización de alimentos con altos contenidos de grasa y emulsiones (Elleuch *et al.*, 2011). Y una baja CAA, proporcionará una baja sensación grasosa en productos fritos (Cervantes *et al.*, 2010).

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que la cocción con vapor no afecta la capacidad de absorción de aceite en el pelillo.

En harina de piñones valores de hasta  $1,43 \text{ g g}^{-1}$  (Muñoz, 2008), semillas de acacia  $1,3 \text{ g g}^{-1}$  (Calfunao, 2012), hojuelas de avena cocidas hasta  $1,5 \text{ g g}^{-1}$  (San Martín, 2012) y el trigo el cual absorbe  $1,3 \text{ g g}^{-1}$  (Thebaudin *et al.*, 1997), siendo el pelillo similar a los ingredientes anteriores. La fibra de coco registra mayores valores que el pelillo, ya sea crudo o cocido con vapor,  $4,8 \text{ g g}^{-1}$ , al igual que el alga *Laminaria digitata* con  $13,8 \text{ g g}^{-1}$  (Fleury y Lahaye, 1991; Raghavendra *et al.*, 2006).

### **Concentración mínima de gelificación (CMG)**

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 presente en el alimento al retener agua (Valdés, 2006).

Productos con mayores valores de CMG, requieren una mayor incorporación de este para la formación de geles.

En formación de geles, contribuyen el hinchamiento de proteínas, almidones y fibras. De acuerdo con Sangronis *et al.* (2004), la concentración de proteínas es un factor decisivo en la firmeza y formación de gel; afirmando que el tipo de proteínas así como los componentes no proteicos afectan la gelificación.

En el caso de pelillo crudo, se necesitó una mayor concentración comparado al pelillo cocido con vapor para gelificar. Esto puede deberse al mayor contenido de fibra dietética, principalmente de fracción soluble, dentro de los cuales están presentes los hidrocoloides que producen soluciones viscosas hasta formar geles (Valdés, 2006).

En harina de piñones la CMG fue en un 6% (Muñoz, 2008), el aislado comercial de soya con 14% (Moure *et al.*, 2010) y mientras que en semillas de acacia de 10% (Calfunao, 2012), siendo valores superiores al pelillo.

## **Conclusiones**

La cocción con vapor del pelillo no otorga diferencias significativas en las propiedades funcionales del alga. Obtuvo altos valores en las propiedades de hidratación, superiores a otros productos. Gracias a estas propiedades, se puede utilizar pelillo en productos como sopas, aderezos, productos cárnicos, geles.

En cuanto a la absorción de aceite, esta fue baja. Lo que hace esta materia prima un candidato adecuado para su uso en productos fritos.

En cuanto a la concentración mínima de gelificación, los valores obtenidos permiten la incorporación de bajas cantidades para su uso en un alimento que requiera la formación de geles, como jaleas o productos cárnicos.

Considerando lo anterior, el pelillo es apto para ser utilizado en formulaciones de alimentos, incluso para mejorar los ya existentes.

### Literatura citada

- Barrow, C.J. 2007. Marine by-products as functional food ingredients. *Food Technology International*. [En línea] Recuperado en: <<http://www.foodtech-international.com/papers/marinebyproducts.htm>>. Consultado el 30 de Agosto de 2011.
- Belén-Camacho, D.R.; R. Alemán; F.J. Álvarez y M.J. Moreno-Álvarez. 2004, abr. Evaluación de algunas propiedades funcionales y reológicas de harinas de coroba (*Jessenia polycarpa* karst). *Revista de la Facultad de Agronomía de Caracas* 21(2):161 – 170.
- Calfunao, R. 2012. 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. 33h.
- Cervantes J.; J. Rascón; M. Ramos; M. Sánchez y E. Jiménez. 2010. Estudio de algunas propiedades funcionales de residuos agroindustriales de frutos tropicales. En: Congreso nacional de ingeniería bioquímica (17°, 24 al 26 marzo de 2010, Acapulco, México). Acapulco, México.
- Dawczynski, C.; G. Jahreis. and R. Schubert. 2007. Amino acids, fatty acids and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry* 103(3): 891-899.
- Elleuch, M.; D. Bedigian; O. Roiseux; S. Besbes; C. Blecker and H. Attia. 2011, ene. Dietary fibre and fiber-rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry* 124(2): 411 – 421.
- Figuerola, F.; O. Muñoz y A. Estévez. 2008. La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. *Agro Sur* 36(2): 49 – 58.
- Femenia, A.; C. Lefebvre; Y. Thebaudin; J.A. Robertson and M. Bourgeoi. 1997, jul. Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fiber. *Journal of Journal of Food Science* 62(4): 635 – 639.
- Fleury, N. and M. Lahaye. 1991, oct. 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.
- Granito, M.; M. Guerra; A. Torres y J. Guinand. 2004, sep. Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna sinensis*. *Interciencia* 29(9): 521 – 526.
- Hevia, F.; R. Wilkens; M. Berti y M. Millán. 2000. Fertilización nitrogenada en amaranto (*Amaranthus spp.*): contenido de proteína y algunas características del almidón en su semilla. *Agro-Ciencia* 16(2): 153 – 162.

- Hevia, F.; M. Berti; R. Wilkens y C. Yévenes. 2002, ene. Contenido de proteína y algunas características del almidón en semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) cultivado en chillan, Chile. *Agro Sur* 30(1): 24 – 31.
- Kaur, M. and N. Singh. 2005, jul. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different Chickpea (*Cicer arietinum* L) cultivars. *Food Chemistry* 91(3): 403 – 411.
- Moure, A.; J. Sineiro; H. Domínguez and J.C. Parajo. 2006, nov. Functionality of oilseed protein products: A review. *Food Research International* 39(9): 945 – 963.
- Muñoz, G. 2008. 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. 51h.
- Nagai, T. and T. Yukimoto. 2003, jun. Preparation and functional properties of beverages made from sea algae. *Food Chemistry* 81(3): 327-332.
- Raghavendra, S.N.; S.R. Swamy; N.K. Rastogi; K.S.M.S. Raghavarao; S. kumar and R.N. Tharanathan. 2006, feb. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fibre. *Journal of Food Engineering* 72(3): 281 – 286.
- Rivera, M. 2006. Obtención, caracterización estructural y determinación de las propiedades funcionales de un aislado proteico de quinoa orgánica (*Chenopodium quinoa*). Memoria Ingeniero en Alimentos. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. 69h.
- Rodríguez, E.; A. Fernández; L. Alonso y B. Ospina. 2006. Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte 19: 17 – 30.
- San Martín, V. 2012. 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. 18h.
- Sangronis, E.; C. Machado y R. Cava. 2004, feb. Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajan cajan*) germinadas. *Interciencia* 29(2): 80 – 85.
- Singh, U. 2001. Functional properties of grain legume flours. *Journal of Food Science and Technology* 38(3): 191 – 199.
- Thebaudin, J.Y.; A.C. Lefebvre; M. Harrington and C.M. bourgeois. 1997, feb. Dietary fibres: Nutritional and technology interest. *Trends in Food Science and Technology* 8(2): 41 – 48.
- Valdés, S. 2006. Hidratos de Carbono. (cap. 2, pp. 29-118). En: Badui, S. (ed). Química de los alimentos. 4° ed. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación. 736p.

Zambrano, M.L., R. Meléndez and Y. Gallardo. 2001. Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. (pp.195 – 209).En: F. Lajolo. Fibra dietética en Iberoamérica. Brasil: Tecnología y salud. Livraria Ltda.

Zúñiga, M. 2005. Caracterización de fibra dietaria en orujo y capacidad antioxidante en vino, hollejo y semilla de uva. Memoria Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 68h.

### CAPITULO III: FORMULACIÓN, ELABORACIÓN Y VIDA ÚTIL DE HAMBURGUESA CON INCORPORACIÓN DE PELILLO

#### Resumen

Las hamburguesas son cecinas que presentan alto consumo por la población; poseen alto contenido de materia grasa de origen animal, correspondiente a un nutriente crítico, siendo su reemplazo por otro tipo de ingrediente una alternativa interesante para disminuir su concentración (especialmente ácidos grasos saturados) y aportar compuestos bioactivos. Se plantea la opción de utilizar pelillo cocido con vapor en reemplazo de carne y grasa de origen animal. Se obtuvo una formulación óptima de hamburguesa caracterizándola física, química y sensorialmente *versus* una formulación control, además de analizar su idoneidad microbiológica. Se sometieron además a un estudio de envejecimiento acelerado para determinar la Energía de activación para el “*Sabor Rancio*” y estimar su vida útil.

La investigación fue dividida en dos etapas. La primera, fue la realización de un diseño de mezcla simplex centroide cubico especial aleatorizado, logrando diez tratamientos con matriz variable de Carne-Grasa-Pelillo de los cuales se obtuvo un tratamiento óptimo (10,1% pelillo, 6,0% grasa de cerdo y 68,9% carne vacuno) mediante el criterio de mayor fibra dietética y aceptabilidad sensorial. La segunda etapa fue comparar el óptimo con hamburguesa control (0,0% pelillo, 16,0% grasa de cerdo y 69,0% carne vacuno).

Estando aptas microbiológicamente para el consumo, la hamburguesa optimizada presentó mayores contenidos de cenizas, proteínas y polifenoles, bajo contenido graso pero rico en ácidos grasos insaturados. Además de obtener mayor rendimiento a cocción, retención de humedad y grasa, sin disminución de sus dimensiones. El contenido de humedad y puntaje de aceptabilidad sensorial fue menor. Durante su almacenamiento el deterioro de lípidos es menor al necesitar una mayor energía de activación y variar menos en el tiempo para índice de peróxidos y acidez libre.

La hamburguesa con incorporación de pelillo se presenta como una buena alternativa para la alimentación además de contar con mayor durabilidad que una hamburguesa tradicional.

Almacenamiento, Energía de activación, Gracilaria al vapor, Producto cárnico.

### CHAPTER III: DESIGN, DEVELOPMENT AND SHELF-LIFE OF HAMBURGER INCORPORATING OGO-NORI

#### Abstract

Burgers are a kind of sausage, and they have a very high consumption rate by the population; have a high content of animal origin fat, which is a critical component with an important nutritional factor, being its replacement by another type of ingredient an interesting alternative because decrease its concentration (saturated fatty acids, particularly) and be replaced with bioactive compounds. The option of using steamed ogo-nori replacing meat and this kind of fat is proposed. Burger optimal formulation was obtained and characterized physically, chemically and sensorially, comparing it to a control formulation, in addition to analyzing its microbiological suitability. Both treatments were then subjected to an accelerated aging study to determine the activation energy for the “*Rancid Taste*” and to estimate its shelf-life.

This research was divided into two stages. The first one was the developing of a randomized special cubic simplex centroid mixture design, obtaining ten treatments with a variable matrix of fat, beef and ogo-nori, in which an optimal treatment ( 10.1% ogo-nori, 6.0% back fat and 68.9% of beef meat) was obtained through dietary fiber and sensory acceptability tests. The second stage was the comparison of this optimal treatment with a control burger (0.0% ogo-nori, 16.0 % back fat and 69.0 % beef meat).

Being microbiologically suitable for consumption , optimized burger scored higher contents of ash , proteins and polyphenols, low content of fat and yet rich content of unsaturated fatty acids, oleic acid predominating. It also showed a better cooking performance, moisture retention and fat, without reducing its size. In the other hand, it also showed lower moisture content and sensory acceptability score. During storage the deterioration of lipids is less by needing a higher activation energy and changing less over time according to peroxide and a free acidity rating.

The incorporation of Ogo-nori burger is presented as a good alternative for food in addition to larger durability than a traditional burger.

Storage, Activation energy, Steamed gracilaria, Meat product.

## Introducción

Actualmente Chile es el país de mayor consumo de cecinas y embutidos en América del Sur, llegando a los 15 kg per cápita en el año 2011; salchichas, mortadelas, jamones, longanizas, hamburguesas, entre otros productos, conforman la producción nacional, que para el año 2012 fue de alrededor de 267 mil Mg (INE, 2012).

Las cecinas de mayor consumo en Chile corresponden a salchichas (vienesas), mortadela, longanizas y hamburguesas. El Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 2010) no indica valores máximos permitidos en el contenido de materia grasa para las cecinas, excepto para salchichas (25%) y hamburguesas (24%).

La hamburguesa, está dentro de los alimentos de mayor consumo en Chile según CAPCHICAL (2011), por su particularidad de ser uno de los ingredientes principales de la comida rápida o chatarra.

Papadina y Bloukas (1999) ya desde fines de la década de los 90, mencionaban esfuerzos en mejorar la calidad y estabilidad de las hamburguesas por una demandada desde los consumidores por incorporar alimentos más saludables. Hoy en día, la presencia de sobrepeso en la población (OMS, 2011; MINEDUC, 2012) lleva a la industria chilena a plantear nuevas alternativas alimenticias, elaborando de nuevos productos o mejorando los ya conocidos.

Una alternativa para disminuir la concentración de nutrientes críticos y de energía en hamburguesas, es incluir dentro de sus ingredientes algún componente bajo en nutrientes críticos y que aporte compuestos bioactivos y que no afecte la calidad tecnológica y sensorial del producto.

La incorporación de algas en productos cárnicos como hamburguesas es un atractivo desafío, éstas aportan con fibra dietética, y una alta proporción de fibra soluble, además de polifenoles, compuestos antioxidantes que otorgan estabilidad al producto durante su almacenamiento.

El uso de fibra dietética en hamburguesas ofrece ventajas dentro de las cuales destaca la disminución de pérdidas de agua por descongelación y durante la cocción del producto (Marín, 2008).

### **Hipótesis**

La incorporación de *Gracilaria chilensis* (pelillo) en hamburguesas, permitirá disminuir el contenido de materia grasa e incorporar fibra dietética y antioxidantes; y sus características sensoriales serán iguales o mejores a las de una hamburguesa convencional.

### **Objetivos**

- Elaborar hamburguesas con incorporación de pelillo, en reemplazo de grasa y carne.
- Obtener una formulación óptima de hamburguesa y caracterizarla física, química y sensorialmente comparándola con una formulación control, además se analizará su idoneidad microbiológica.
- Estimar la vida útil de ambas hamburguesas mediante un estudio de envejecimiento acelerado.

## Materiales y método

Como materia prima se empleó *Gracilaria chilensis*, obtenida en la región de Coquimbo, de la empresa Acex S.A. El alga fue molida para ser utilizada, y sometida a una cocción con vapor con una vaporera de bambú marca Krea. Para la elaboración de las hamburguesas (APÉNDICE II), además del alga, se utilizó carne molida (contenido graso entre 7 – 8%), grasa animal (tocino de cerdo), agua, proteína vegetal texturizada Mi Tierra, sal, glutamato monosódico, pimienta molida, perejil y cebolla deshidratados Gourmet.

Los equipos utilizados en el proceso fueron molino de cuchillos rotatorio marca Global Home modelo 2012 y molino de martillo marca Wiley Mill model 2 para la molienda del pelillo; máquina picadora 1-2-3, marca Moulinex, para la molienda del tocino de cerdo; una hamburguesera marca Famava; y una parrilla eléctrica marca Thomas, modelo TH-200. Las muestras fueron distribuidas en bolsas de polipropileno y luego selladas con un equipo Oster, modelo VAC550, para su posterior almacenamiento a -18°C. La cocción de las hamburguesas se realizó con 5 mL de aceite vegetal (80% aceite de maravilla, 20% aceite de soya).

La metodología se dividió en dos etapas. Se elaboró una fórmula base de hamburguesa, con la cual utilizando el programa Statgraphic Plus 5.1, se obtuvo tratamientos con diferentes contenidos de pelillo, grasa y carne adicionada; los criterios utilizados como parámetro de selección fueron aceptabilidad y contenido de fibra dietética (Etapa I), tal como se señala en la Figura 3. A raíz de estos resultados se obtuvo la mejor formulación (hamburguesa optimizada – HPo –) de acuerdo a superficie de respuesta que entrega el programa, para ser analizado física, química, sensorial y microbiológicamente en comparación a una hamburguesa control (HC), cuya formulación está descrita en el Cuadro 11, junto a la de los tratamientos (Etapa II).

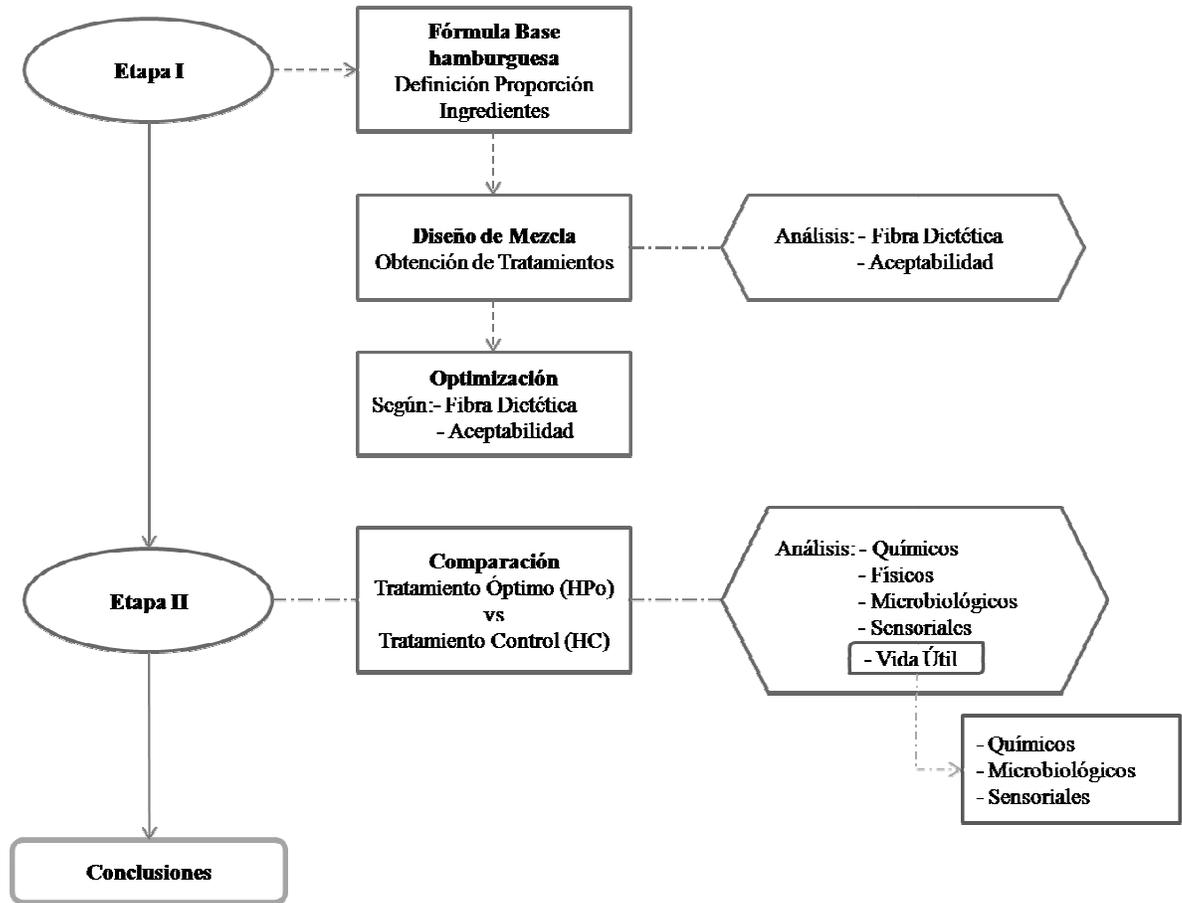


Figura 3. Diagrama de flujo, etapas del estudio

Cuadro 11. Formulación de hamburguesa control y tratamientos

Ingredientes	Control	Tratamientos
	g 100g hamburguesa <sup>-1</sup>	
Composición Variable:		
<i>Carne</i>	69	64 - 76
<i>Grasa</i>	16	6 - 18
<i>Pelillo</i>	0	3 - 15
Composición Fija:		
<i>Agua</i>	5,2	5,2
<i>Proteína Texturizada</i>	8,7	8,7
<i>Pimienta molida</i>	0,3	0,3
<i>Perejil deshidratado</i>	0,2	0,2
<i>Glutamato mono sódico</i>	0,2	0,2
<i>Cebolla deshidratada</i>	0,2	0,2
<i>Sal</i>	0,2	0,2

Fuente: Elaboración propia

Durante la Etapa I se realizaron análisis de Fibra dietética: mediante el cálculo algebraico entre el contenido presente en el pelillo utilizado y los condimentos presentes para cada tratamiento (método enzimático gravimétrico de AOAC, 2005). Aceptabilidad sensorial: con 75 jóvenes universitarios beneficiarios de Junaeb de la Universidad de Chile, mediante escala hedónica de siete puntos (APÉNDICE III).

Se le realizaron los siguientes análisis químicos en las hamburguesas durante la Etapa II: Análisis proximal (AOAC, 2005): Humedad, mediante método termogravimétrico; proteínas, con factor de corrección 6,25 para hamburguesas; cenizas; lípidos: por método de extracción Bligh and Dyer (1959) (Rotavapor Büchi modelo R-3; Bomba de vacío modelo V-700). Además del cálculo de extracto no nitrogenado (E.N.N.) por diferencia. Fibra dietética: método enzimático gravimétrico (AOAC, 2005); determinada en matriz fija exclusivamente. Posteriormente, se calculará el contenido de hidratos de carbono disponibles por diferencia entre E.N.N. y Fibra Dietética. La energía disponible para ambos tratamientos se calculó mediante el contenido proteico, lipídico e hidratos de carbono disponible por sus valores energéticos correspondientes, expresado en Joules (Comunidades Europeas, 1997). Capacidad antioxidante (espectrofotómetro marca Perkin-Elmer, modelo Lambda 25): Con extracto en agua destilada; por método FRAP (Benzie & Strain, 1996); además del contenido de polifenoles totales por método Folin-Ciocalteu mediante el extracto anteriormente señalado (Swain y Hillis, 1959). Composición de ácidos grasos: se analizaron como ésteres metílicos derivatizados (AENOR, 1991) por cromatografía gas líquido (GLC), usando un cromatógrafo de gases.

A las hamburguesas se les realizó diversos análisis físicos previo y posterior a su cocción. Rendimiento a la cocción: relación entre peso de hamburguesa previo y posterior a la cocción (Piñero *et al.*, 2008). Medición encogimiento en cocción: variación de diámetro y altura (Piñero *et al.*, 2008). Retención de humedad y grasa: valores de retención de humedad y grasa, representando la cantidad de estos parámetros retenidas en el producto cocido por 100g de producto crudo (El-Magoli *et al.*, 1996).

Los análisis microbiológicos fueron en base a los requisitos del Reglamento Sanitario de Alimentos (MINSAL, 2010), tomando una muestra compuesta de 10 g por bolsa de cada tratamiento, y se mezcló con 90 mL de agua peptonada estéril en un homogenizador (Homogenizador Classic, IUL S.A) durante 1 min. Determinando: Recuento total de mesófilos: en medio de cultivo Plate-Count-Agar (PCA), a 37°C por 24-48 h. *Staphylococcus aureus*: en medio de cultivo Baird-Parker-Agar, a 37°C por 24-48 h. *Clostridium perfringens*: en medio de cultivo agar SPS, a 37 °C por 24-48 h, en cámara de anaerobiosis. Salmonella: se utilizan distintos medios de cultivos los cuales serán un caldo nutritivo, caldo tetratoato, caldo selenito, agar Salmonella-Shigella (SS), agar TSI, agar LIA y agar MIO. Cada prueba se realizará a 37°C por 24-48 h.

Al igual que en la Etapa I, se realizó una prueba aceptabilidad sensorial donde por medio de escala hedónica de siete puntos (donde 1= “*me disgusta extremadamente*”; 7= “*me gusta extremadamente*”) con 75 jóvenes universitarios beneficiarios Junaeb de la Universidad de Chile (APÉNDICE III).

Los análisis para ambas etapas fueron antes de la cocción de las hamburguesas, a excepción del análisis sensorial que solo se realizará después de la cocción.

### **Análisis de vida útil**

Se realizó un estudio de envejecimiento acelerado (Taoukis y Labuza, 2000) a la hamburguesa optimizada y control durante veintiocho días utilizando tres temperaturas de congelación -17, -12 y -3°C por medio de un diseño básico, con evaluaciones cada siete días: prueba descriptiva a través de panel entrenado: utilizando escala no estructurada de 15 cm evaluando aroma, aspecto, sabor y cohesividad (APÉNDICE IV), con evaluadores entrenados pertenecientes a la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile; lo anterior acompañado de recuento total de mesófilos: en medio de cultivo PCA, a 37°C por 24-48 h (MINSAL, 2010)

Se estimó la vida útil para cada tratamiento por regresión lineal básica para el parámetro “*Sabor Rancio*”, a través del modelo de degradación cinética utilizado para predecir su aumento en los tratamientos, el cual fue descrito en Labuza y Riboh (1982) por la siguiente reacción general:

$$d [D] / d t = k [D]^n \quad (1)$$

Donde [D] es el valor cuantitativo del factor de calidad o de la reacción de deterioro, k es la reacción a tasa constante y n el orden de la reacción.

Integrando la ecuación (1), se tiene que para n=0:

$$[D]_o - [D]_t = kt \quad (2)$$

Donde [D]<sub>o</sub> es el valor del factor de calidad al tiempo cero y [D]<sub>t</sub> es el valor después de la reacción de deterioro al tiempo (t).

Mientras que para el resto de las variables sensoriales, se observó su evolución en el tiempo a -17°C.

Además de lo anterior se realizó Índice de peróxido (Chapman & McKay, 1949) y acidez libre (AOCS, 2003) para ambos tratamientos cada siete días, previa extracción por Método Bligh & Dyer (1959).

Los análisis fueron realizados antes de la cocción de las hamburguesas, a excepción del análisis sensorial que solo se realizará después de la cocción.

### Análisis estadístico

Durante la Etapa I se realizó diseño de mezcla utilizando el diseño Simplex centroide cubico especial aleatorizado a través del programa Statgraphic Plus 5.1 basado en una matriz variable de carne molida, grasa y alga (un 85% de una hamburguesa), obteniendo los tratamientos del Cuadro 12.

Utilizando un diseño totalmente al azar con 10 tratamientos y 4 repeticiones, los resultados se analizaron estadísticamente por ANDEVA y las diferencias significativas mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia de un 5% a través del programa InfoStat versión 2012.

Posteriormente, la optimización se obtuvo a través de la superficie respuesta, producto de la maximización de las variables respuesta de fibra dietética y aceptabilidad mediante el software Statgraphic Plus 5.1.

Para la Etapa II, se utilizó un diseño totalmente al azar con 2 tratamientos y 4 repeticiones, comparando la hamburguesa control versus la optimizada. Analizado mediante prueba de t de Student con un nivel de significancia de un 5% a través del programa InfoStat versión 2012. Mientras que para analizar estadísticamente la evolución durante el almacenamiento por medio de por ANDEVA y las diferencias significativas mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia de un 5% a través del programa InfoStat versión 2012.

Unidad experimental para las etapas I y II, correspondió a la hamburguesa cruda de 70 g.

**Cuadro 12.** Matriz variable por tratamientos hamburguesas Etapa I

Tratamiento	Carne	Grasa	Pelillo
	g 100g <sup>-1</sup> hamburguesa		
<b>1</b>	68	10	7
<b>2</b>	76	6	3
<b>3</b>	66	8	11
<b>4</b>	64	18	3
<b>5</b>	64	12	9
<b>6</b>	72	8	5
<b>7</b>	70	12	3
<b>8</b>	64	6	15
<b>9</b>	66	14	5
<b>10</b>	70	6	9

Fuente: Elaboración propia

## Resultados

### Etapa I

En las hamburguesas obtenidas de los 10 tratamientos, se determinó fibra dietética y aceptabilidad sensorial, obteniendo con estos valores la optimización de los tratamientos. Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que optimicen simultáneamente ambas respuestas, mediante la maximización de una función de conveniencia.

En el Cuadro 13, se aprecian las diferencias estadísticamente significativas encontradas en ambos análisis para los 10 tratamientos. Se observa que a mayor contenido de alga se obtienen mayores contenidos de fibra dietética y al mismo tiempo, menores valores en aceptabilidad sensorial.

La respuesta obtenida en la optimización de los tratamientos, al obtener los contenidos de fibra dietética y la aceptabilidad sensorial, se presentan en la Figura 4.

**Cuadro 13.** Aceptabilidad y contenido de fibra dietética para tratamientos con incorporación de pelillo cocido con vapor

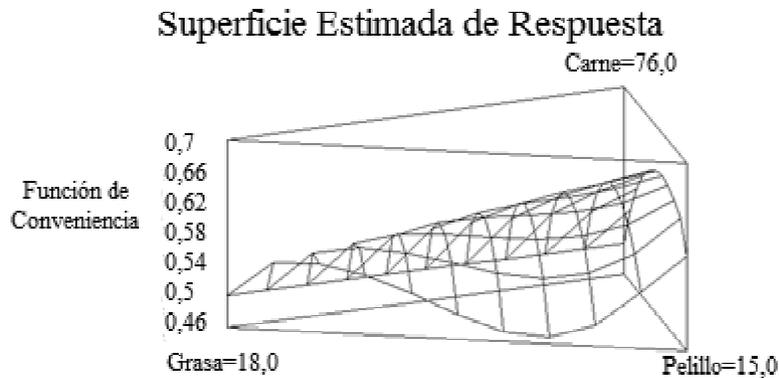
Tratamientos	Promedio Aceptabilidad		Promedio FD g 100 g <sup>-1</sup>	
	<b>1</b>	4,2 ± 1,2	c d	3,0 ± 0,1
<b>2</b>	5,0 ± 1,0	a	1,8 ± 0,1	f
<b>3</b>	3,6 ± 1,4	d	4,2 ± 0,1	b
<b>4</b>	5,1 ± 1,2	a	1,8 ± 0,1	f
<b>5</b>	3,6 ± 1,4	d	3,6 ± 0,1	c
<b>6</b>	4,8 ± 1,0	a b	2,4 ± 0,1	e
<b>7</b>	5,1 ± 1,0	a	1,8 ± 0,1	f
<b>8</b>	3,7 ± 1,1	c d	5,3 ± 0,1	a
<b>9</b>	5,0 ± 1,0	a	2,4 ± 0,1	e
<b>10</b>	4,3 ± 1,1	b c	3,6 ± 0,1	c

Valores Promedio ± D.E. (n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por columna (p<0,05), según PCM de Tukey.

Valor de Optimización = 0,64			
Optimización (Cantidades en g 100g <sup>-1</sup> )			
<b>Factor</b>	Bajo	Alto	<b>Óptimo</b>
<b>Carne</b>	64,0	76,0	<b>68,9</b>
<b>Grasa</b>	6,0	18,0	<b>6,0</b>
<b>Pelillo</b>	3,0	15,0	<b>10,1</b>
<b>Respuesta Esperada</b>			<b>Óptimo</b>
Aceptabilidad (puntaje)			4
Contenido Fibra dietética (%)			3,9

**Figura 4.** Optimización función de conveniencia

En la Figura 5 se muestra gráficamente la superficie de respuesta producida por la maximización de las variables de aceptabilidad sensorial y contenido de fibra dietética.



**Figura 5.** Gráfico superficie de respuesta para la variable aceptabilidad sensorial y contenido de fibra dietética

## Etapa II

Las pruebas microbiológicas arrojaron los resultados mostrados en el Cuadro 14, cuyos valores fueron comparados con los parámetros microbiológicos del Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 2010), adjuntos en el Apéndice V.

**Cuadro 14.** Contenido microbiológico en parámetros referidos a cecinas crudas (cecinas crudas frescas y hamburguesas)

Parámetro	HC	HPo
	cfu g <sup>-1</sup>	
RAM	1,4x10 <sup>3</sup> a	2x10 <sup>2</sup> b
<i>S. aureus</i>	1,4x10 <sup>2</sup> a	1,2x10 <sup>2</sup> a
<i>Cl. Perfringens</i>	> 1x10 <sup>1</sup> a	> 1x10 <sup>1</sup> a
<i>Salmonella</i> en 25 g	> 1x10 <sup>1</sup> a	> 1x10 <sup>1</sup> a

Valores Promedio (n=2). Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por columna HC= UFC/g referidas a la muestra de hamburguesa control. HPo= UFC/g referidas a la muestra de hamburguesa con incorporación de pelillo optimizada.

En cuanto a los niveles de composición proximal de la hamburguesa control y la hamburguesa optimizada obtenida desde la etapa I, se encuentran diferencias estadísticamente significativas en los contenidos de humedad, cenizas, lípidos y proteínas; tal como se observa en el Cuadro 15.

**Cuadro 15.** Composición proximal de hamburguesa óptima y control

Tratamientos	Humedad	Cenizas	Proteínas	Lípidos
	g 100g <sup>-1</sup> muestra húmeda			
HC	63,5 ± 0,9 a	0,5 ± 0,6 b	15,5 ± 1,7 b	13,7 ± 1,3 a
HPo	61,2 ± 1,1 b	3,6 ± 0,2 a	28,5 ± 1,0 a	5,4 ± 1,6 b

Valores Promedio ± D.E. (n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por columna (p<0,05), según t de Student. HC: hamburguesa control; HPo: hamburguesa con incorporación de pelillo optimizada.

El contenido de extracto nitrogenado, hidratos de carbono disponibles y energías correspondiente a las hamburguesas se ve señalada en el Cuadro 16, existen diferencias significativas entre el control y la hamburguesa optimizada en ambos parámetros.

**Cuadro 16.** Contenido extracto no nitrogenado, hidratos de carbono disponibles y energía de hamburguesa óptima y control.

Tratamientos	ENN	HdeC Disponibles	Energía
	g 100g <sup>-1</sup> muestra		kJ 100g <sup>-1</sup> muestra
HC	5,5 ± 0,4 a	5,1 ± 0,5 a	816,9 ± 4,7 a
HPo	4,6 ± 1,8 b	1,3 ± 1,6 b	652,3 ± 15,6 b

Valores Promedio ± D.E. (n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por columna (p<0,05), según t de Student. ENN: extracto no nitrogenado; HdeC Disponibles: hidratos de carbono disponibles; HC: hamburguesa control; HPo: hamburguesa con incorporación de pelillo optimizada.

El Cuadro 17 expresa el contenido de fibra dietética total (FDT) junto con su fracción soluble e insoluble, se aprecia las diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos analizados; HPo contiene mayores contenidos de FDT, por el aumento de ambos. La relación FDS/FDI obtenida para HC y HPo es de 0,6 y 1,6 respectivamente.

**Cuadro 17.** Contenido fibra dietética total y fracción soluble e insoluble de hamburguesa óptima y control

	<b>FDT</b>	<b>FDS</b>	<b>FDI</b>
	<b>g 100g<sup>-1</sup> muestra</b>		
<b>HC</b>	0,8 ± 0,1 b	0,3 ± 0,0 b	0,51 ± 0,1 b
<b>HPo</b>	5,0 ± 0,3 a	3,1 ± 0,1 a	1,87 ± 0,2 a

Valores Promedio ± D.E. (n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por columna ( $p < 0,05$ ), según t de Student. FDT: fibra dietética total; FDS fibra dietética fracción soluble; FDI: fibra dietética fracción insoluble; HC: hamburguesa control; HPo: hamburguesa con incorporación de pelillo optimizada.

La capacidad antioxidante de las hamburguesas y su contenido de polifenoles está descrita en el Cuadro 18.

**Cuadro 18.** Contenido polifenoles y capacidad antioxidante de hamburguesa óptima y control

<b>Tratamiento</b>	<b>Capacidad Antioxidante</b> <b>μmol Fe 100g<sup>-1</sup> muestra</b>	<b>Polifenoles</b> <b>mg AGE 100g<sup>-1</sup> muestra</b>
<b>HC</b>	34,5 ± 2,8 a	32,0 ± 4,0 b
<b>HPo</b>	35,0 ± 3,3 a	60,0 ± 5,7 a

Valores Promedio ± D.E. (n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por columna ( $p < 0,05$ ), según t de Student. HC: hamburguesa control; HPo: hamburguesa con incorporación de pelillo optimizada.

Se observa que no se encuentran diferencias significativas en la capacidad antioxidante de la hamburguesa control y la optimizada. De manera opuesta, en el contenido de polifenoles se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos; siendo la hamburguesa con incorporación de pelillo, la que obtiene los mayores valores.

El perfil ácidos grasos de ambos tratamientos está descrito en el Cuadro 19. El predominio de lípidos del tipo insaturados (UFA) y un valor mayor en la relación Poliinsaturados/Saturados (P/S) para HPo destacan al comparar ambas hamburguesas.

**Cuadro 19.** Contenido ácidos grasos de hamburguesa óptima y control

Parámetro		HC		HPo	
Ác. Palmítico	C16:0	27,08 ±	0,2 a	24,11 ±	0,1 b
Ác. Palmitoleico	C16:1 Δ <sup>9</sup>	1,29 ±	0,2 b	1,72 ±	0,0 a
Ác. Esteárico	C18:0	20,77 ±	0,2 a	17,82 ±	0,0 b
Ác. Oleico	C18:1 Δ <sup>9</sup>	36,87 ±	0,1 b	37,76 ±	0,2 a
Ác. Linoleico	C18:2 Δ <sup>9,12</sup>	11,81 ±	0,0 b	14,31 ±	0,0 a
Σ Saturados		47,85 ±	0,3 a	41,93 ±	0,1 b
Σ Insaturados		49,97 ±	0,3 b	53,79 ±	0,2 a
Σ MUFA		38,16 ±	0,3 b	39,48 ±	0,2 a
Σ PUFA		11,81 ±	0,0 b	14,31 ±	0,0 a
P/S		0,2 ±	0,0 b	0,3 ±	0,0 a
Ni		2,19 ±	0,0	4,29 ±	0,2

Valores Promedio ± D.E. (n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas (p<0,05), según t de Student. MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados; HC: hamburguesa control; HPo: hamburguesa con incorporación de pelillo optimizada.

Las propiedades físicas de las hamburguesas están descritas en el Cuadro 20. En el cual se evidencia diferencias estadísticamente significativas para los dos tratamientos.

**Cuadro 20.** Rendimiento a la cocción, reducción del diámetro y altura, retención de humedad y grasa de hamburguesas control y optimizada

	Rendimiento a cocción	Reducción de diámetro	Reducción de altura	Retención de humedad	Retención de grasa
	%				
<b>HC</b>	70,3 ± 0,7 b	28,1 ± 2,0 a	0,1 ± 0,1 a	33,3 ± 0,1 b	29,9 ± 0,7 b
<b>HPo</b>	94,5 ± 0,5 a	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 a	53,5 ± 0,2 a	81,5 ± 1,2 a

Valores Promedio ± D.E. (n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas (p<0,05), según t de Student. HC: hamburguesa control; HPo: hamburguesa con incorporación de pelillo optimizada

En el Cuadro 21, se aprecian los valores obtenidos en la aceptabilidad sensorial de las hamburguesas. La hamburguesa control obtuvo un valor promedio de 5, que corresponde a “*me gusta*”, mientras que la hamburguesa con pelillo fue calificada con un valor de 4 que corresponde a “*no me gusta ni me disgusta*” en la evaluación de la hamburguesa con pelillo optimizada existe más variabilidad en las respuestas de los evaluadores, llegando en algunos casos a 5 “*me gusta*” y en otros casos a 3 “*me disgusta*”.

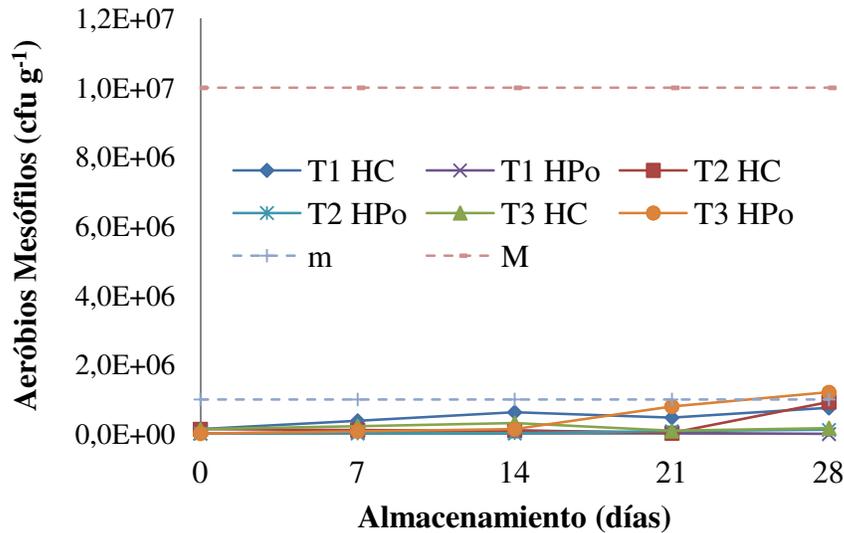
**Cuadro 21.** Puntaje promedio aceptabilidad sensorial para hamburguesa control y con incorporación de pelillo

Tratamientos	Promedio Aceptabilidad
HC	5,0 ± 0,9 a
HPo	4,0 ± 1,3 b

Valores Promedio ± D.E. (n=4) Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las columnas ( $p < 0,05$ ), según t de Student. HC: hamburguesa control; HPo: hamburguesa con incorporación de pelillo optimizada.

### Vida Útil

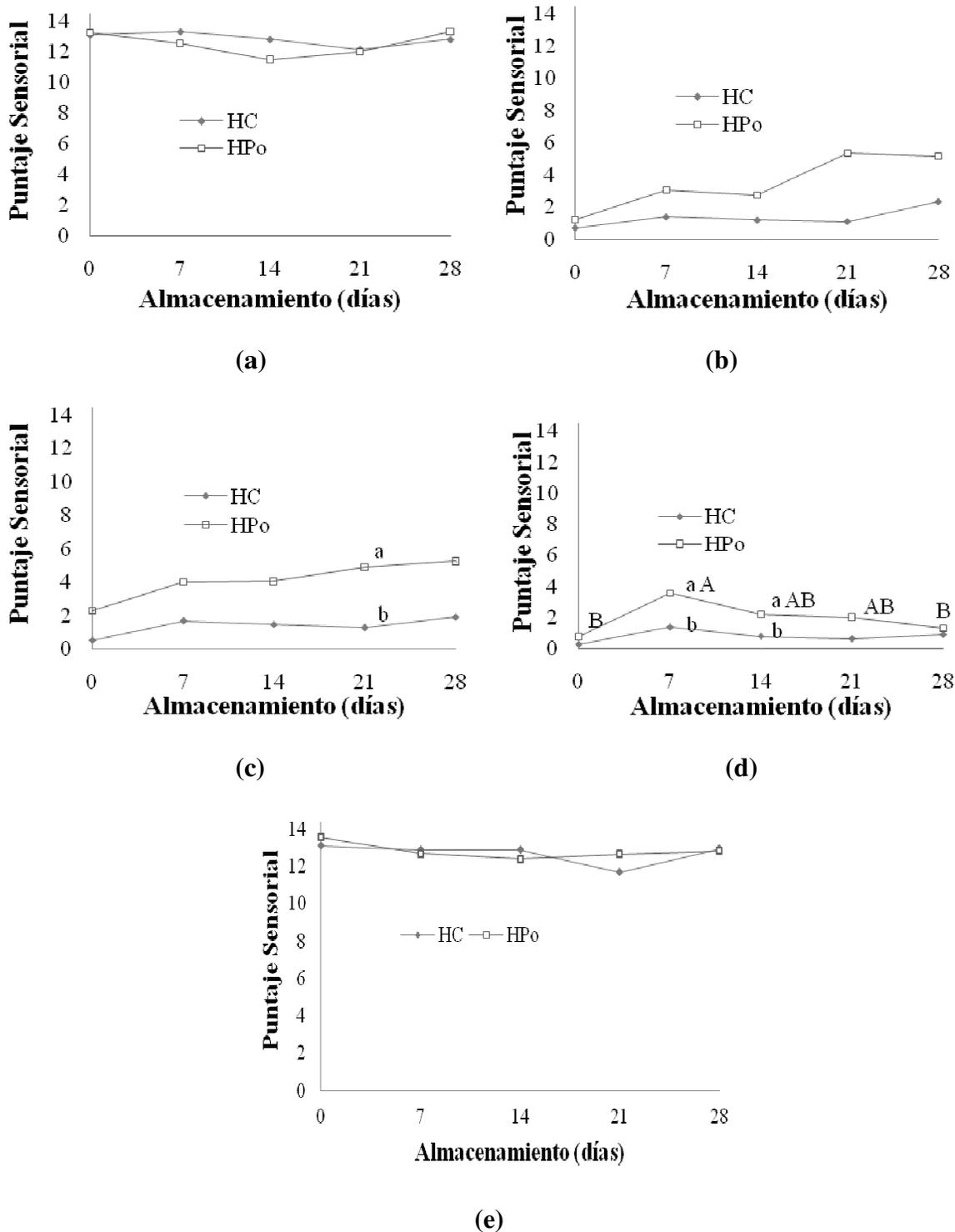
En la Figura 6 se observa que las hamburguesas durante el tiempo de almacenamiento en cual fueron evaluadas presentaron recuentos microbiológicos dentro de las especificaciones indicadas en el Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 2010).



**Figura 6.** Recuento de aerobios mesófilos de hamburguesas control y optimizada con incorporación de pelillo durante 28 días, dentro del estudio de vida útil

T1 HC = muestra de hamburguesa control a  $-17^{\circ}\text{C}$ ; T1 HPo = muestra de hamburguesa con pelillo a  $-17^{\circ}\text{C}$ ; T2 HC = muestra de hamburguesa control a  $-12^{\circ}\text{C}$ ; T2 HPo = muestra de hamburguesa con pelillo a  $-12^{\circ}\text{C}$ ; T3 HC = muestra de hamburguesa control a  $-1^{\circ}\text{C}$ ; T3 HPo = muestra de hamburguesa con pelillo a  $-1^{\circ}\text{C}$ ; m = valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud; M = valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

Mientras que en la Figura 7, se aprecia lo obtenido en el análisis sensorial a través del tiempo, donde los descriptores Aroma extraño, Sabor extraño y Sabor rancio tuvieron diferencias significativas en tiempos específicos.



**Figura 7.** Puntajes promedio de Aspecto (a), Aroma extraño (b), Sabor extraño (c), Sabor rancio (d) y Cohesividad (e) de hamburguesa control (HC) y optimizada (HPo) durante el almacenamiento a -17°C

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por tratamiento y letras mayúsculas diferencias entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), según PCM de Tukey.

El Cuadro 22 expresa la energía de activación (EA) resultante del análisis de estudio de vida mediante envejecimiento acelerado por medio del panel sensorial entrenado para la variable “*Sabor Rancio*”; necesitando la hamburguesa de pelillo mayor cantidad de energía para el desarrollo de sabor rancio.

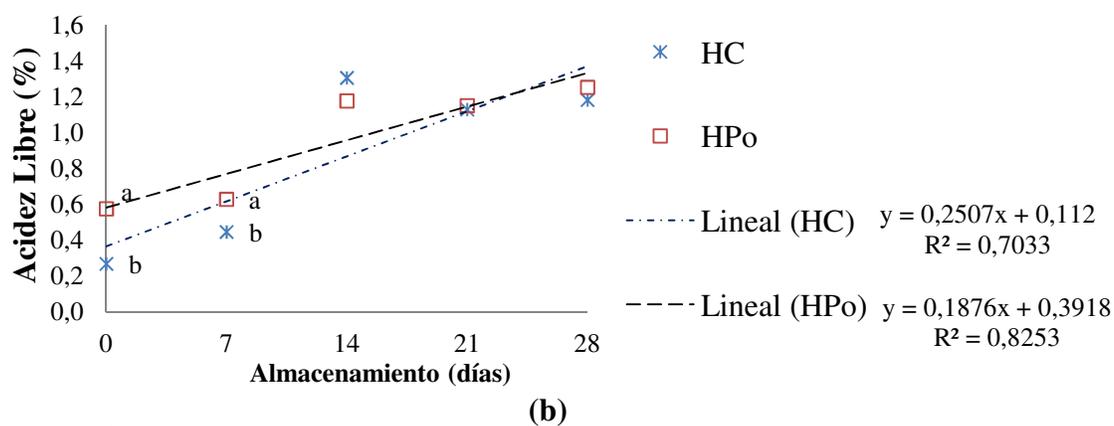
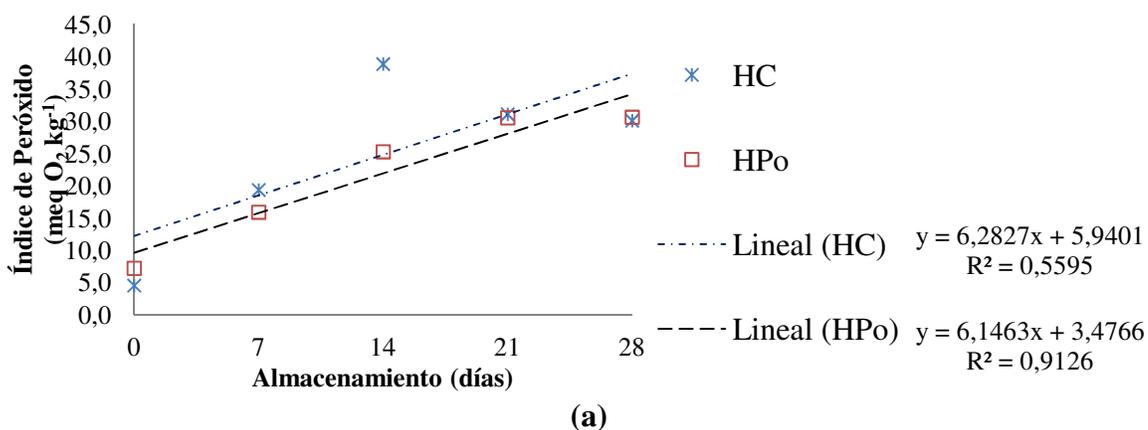
**Cuadro 22.** Vida útil estimada correspondiente a Sabor Rancio analizado por panel sensorial para hamburguesa control y hamburguesa con incorporación de pelillo

Tratamientos	Condición Almacenaje	k	Orden Cinética	Vida útil	EA
	°C	días		meses	$\text{kJ mol}^{-1}$
HC	-17	0,051	0	3,08	9,2
	-12	0,151	0	1,04	
	-3	0,081	0	0,94	
HPo	-17	0,042	0	3,40	61,1
	-12	0,468	0	0,30	
	-3	0,334	0	0,29	

k: constante de velocidad de reacción; EA: energía de activación; HC: hamburguesa control; HPo: hamburguesa con incorporación de pelillo optimizada.

En la Figura 8 se muestran los resultados obtenidos para el índice de peróxido (IP) y de acidez libre (AL) en las hamburguesas control y optimizada. En los cuales se observan un aumento de ambos parámetros a lo largo del período de evaluación.

La acidez libre para la hamburguesa optimizada fue mayor a los 0 y 7 días en comparación a la control; esta diferencia se ve disminuida con el pasar del período de observación, con el notorio aumento del parámetro para HC, dónde su velocidad de la reacción fue mayor al del otro tratamiento (0,25 y 0,19 %AL  $\text{d}^{-1}$ ). Mientras que para el índice de peróxido no hubo diferencias significativas a lo largo del tiempo, obteniendo HC mayor velocidad de reacción que su contraparte (6,28 y 6,15  $\text{meq O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$  respectivamente).



**Figura 8.** Índice de Peróxido (a) y de acidez libre, como porcentaje de ácido oleico (b) presentes en las hamburguesas control y optimizada durante 28 días.

HC: hamburguesa control; Lineal (HC): tendencia lineal de HC respecto al análisis; HPo: hamburguesa optimizada con incorporación de pelillo; Lineal (HPo): tendencia lineal de HPo respecto al análisis. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por tratamiento ( $p < 0,05$ ).

## Discusión

### Etapa I

Para el estudio es importante obtener una alta puntuación de aceptabilidad sensorial y un alto contenido de fibra dietética en las hamburguesas, lo cual se ve reflejado en el valor de optimización. El punto de equilibrio se sitúa en un 64% de los máximos individuales de los dos parámetros, indicando que a mayor valor de un factor en el otro se obtiene una menor puntuación, es decir, que a mayor cantidad de fibra dietética se estiman menores puntajes en las pruebas de aceptabilidad sensorial, y viceversa; lo anterior se puede observar al considerar las diferencias significativas de ambos análisis.

### Etapa II

La obtención de la hamburguesa control, se observa un ligero cambio de color, como se evidencia en la Figura 9, lo cual está en concordancia con estudios similares de remplazo parcial de algas marina donde se obtuvieron diferencias de color, resultando altos valores de  $b^*$ , y bajos de  $L^*$  y  $a^*$  en los productos con algas; donde  $L^*$  mide el grado de luminosidad,  $a^*$  la proporción de rojos y verdes y  $b^*$  amarillos y azules (Cofrades *et al.*, 2008; Choi *et al.*, 2012).



(a)

(b)

**Figura 9.** Hamburguesa control (a) y hamburguesa optimizada con incorporación de pelillo (b)

**Análisis microbiológico.** Al realizar las pruebas microbiológicas correspondientes al reglamento sanitario de los alimentos (MINSAL, 2010), hamburguesa control como la optimizada, alcanzan valores de  $\text{cfu g}^{-1}$  bajo los rangos que implican peligros para los consumidores dentro de un alimento que requerirá cocción.

HPo de igual forma presentó valores de  $\text{cfu g}^{-1}$  de aerobios mesófilos menores al que obtuvo la hamburguesa control.

**Análisis proximal.** El contenido de humedad fue mayor en la hamburguesa control, ya que al incorporar pelillo en HPo es agregada materia seca en el producto (Pérez, 2010). FAO y MINSAL (2010) en las tablas de compilación de datos de alimentos señalan que una hamburguesa de vacuno convencional tiene un 60,2% de humedad, mientras que hamburguesas con incorporación de harina de linaza presentaron en promedio 66,44% de humedad que al ser comparada con su control, también presentó una menor humedad (Pérez, 2010).

El contenido de cenizas de HPo fue mayor en relación a HC, lo cual puede ser explicado por la alta cantidad de minerales presentes en el alga (Quitral *et al.*, 2012). FAO y MINSAL (2010) señala que una hamburguesa de vacuno convencional posee cantidades de cenizas cercanas al 2,6%, siendo la hamburguesa con pelillo ligeramente mayor en contenido de minerales. En el estudio de López-López *et al.* (2009a), las hamburguesas con incorporación de algas fueron fortalecidas con minerales como el calcio, magnesio y potasio, manteniendo cantidades normales de sodio y una baja proporción de sodio-potasio.

La hamburguesa optimizada presenta un mayor contenido proteico que el control, lo cual es debido al reemplazo de grasa con pelillo cocido con vapor en alta proporción; mientras que HC tiene mayor porcentaje lipídico, ambos tratamientos contienen similar incorporación cárnica. A diferencia de alimentos cárnicos con incorporación de ingredientes funcionales (IF) en los cuales el contenido de carne fue menor que en el control, el porcentaje proteico en este último mencionado tuvo un alto porcentaje en comparación a los con IF (Dzudie *et al.*, 2003; Pérez, 2010; Choi *et al.*, 2012).

El contenido lipídico de la hamburguesa control es mayor principalmente por la alta incorporación de esta en su formulación, un 16% versus a la hamburguesa con pelillo optimizada que solo fue agregada en un 6%. FAO y MINSAL (2010) en la tabla de composición química de alimentos, se indican valores de lípidos en torno a un 20,1%, por lo que la hamburguesa que tiene incorporación de pelillo estaría muy por debajo en contenido graso a una hamburguesa convencional. Hamburguesas con incorporación de linaza, con 8,95% de lípidos, también estaría sobre lo obtenido por los productos de este estudio (Pérez, 2010).

Los hidratos de carbono presentes en las hamburguesas presentan diferencias estadísticamente significativas. En HC, los hidratos de carbono totales tienen un mayor predominio al contener un mayor porcentaje de hidratos de carbono disponibles y un bajo contenido de fibra dietética total (FDT). Al contrario de HPo, en la cual el contenido de FDT es mayor a la de HC.

La energía disponible entre las hamburguesas es diferente debido al reemplazo de grasa por parte del pelillo principalmente; la energía disponible presente en el producto optimizado en kJ disminuyó en un 20,1% al ser comparado con el control. La hamburguesa optimizada con pelillo entrega 652,3 kJ, lo que equivale a 155,8 kcal por cada 100 gramos de hamburguesa; contenido inferior a la de la hamburguesa control, la cual ofrece 816,9 kJ lo que equivale a 195 kcal por cada 100 g de hamburguesa; que a su vez es menor a una

hamburguesa de vacuno convencional según la Tabla de compilación de datos de alimentos de FAO y MINSAL (2010), que menciona 249 a 234 kcal por cada 100 gramos de muestra.

**Contenido de Fibra Dietética.** La hamburguesa con incorporación de pelillo proporciona 3,5 g de fibra dietética total por porción, es decir un 14% de la dosis diaria de referencia (en base a Valores de referencia diarios para adultos, adolescentes y niños mayores de 4 años, utilizados en el etiquetado nutricional de alimentos en Chile) lo que la hace una “buena fuente de fibra dietética”, de acuerdo al artículo 120 del Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 2010).

Los efectos positivos de la FDT en el organismo son muy importantes: aumenta el tránsito de heces además de su volumen y peso; reduce la conversión de procarcinógenos a carcinógenos, disminuyendo el riesgo de cáncer de colon, además de disminuir el contacto entre éstos y la mucosa; además de aumentar los niveles de bifidobacterias y Lactobacilos (Madar y Odes, 1990; Lefebvre & Thebaudin, 2002; Gudiel-Urbano y Goñi, 2002; Brownlee, 2011). También tiene efecto en la disminución de los niveles de colesterol total y de lipoproteínas de baja densidad en el plasma, reduciendo los niveles posprandiales de glucosa y/o insulina en la sangre (Rodríguez *et al.*, 2006).

Existen hamburguesas elaboradas con distintos tipos de algas en las que aumentó el contenido de FD (López-López *et al.*, 2009a).

HPo obtuvo mayor contenido de FD que HC, especialmente de fibra dietética soluble, a la que se le atribuyen la mayoría de los efectos saludables. La mayoría de los alimentos presenta un contenido de FDI mayor que FDS, y eso indica que producen un fuerte impacto en el tránsito intestinal, sin embargo es la FD soluble es la que produce los mayores efectos sobre niveles de glucosa, insulina, y sobre el colesterol, además la FDS tiene la capacidad de fermentar en el colon, produciendo ácidos grasos de cadena corta como butirato (con efecto anticancerígeno), acetato y propionato. Si se considera que una proporción FDS/FDI óptima es 3:1, en cuanto a beneficios tecnológicos a los alimentos y a la salud, pero una relación 0,4 a 1,0 ya se considera balanceada (Jenkins *et al.*, 2000; Benítez *et al.*, 2011); dentro de este criterio, HPo presenta una relación muy alta de 1,7; incluso mayor que la que presenta la avena.

**Capacidad Antioxidante y contenido de polifenoles.** En la hamburguesa con incorporación de pelillo hay un mayor contenido de polifenoles. De forma similar al incorporar Wakame, Nori e *Himanthalia elongata* a los productos cárnicos se ha reportado que causa un aumento en el contenido polifenólico de productos cárnicos pero en mayor proporción a los que se presentaron en las hamburguesas del presente estudio (López-López *et al.*, 2009b; López-López *et al.*, 2010).

Pero al mismo tiempo, la capacidad antioxidante aportada por los condimentos agregados a la HC no presenta diferencias significativas con la suministrada por los condimentos en conjunto con el pelillo cocido con vapor en HPo. En muestras con Nori, la capacidad

antioxidante FRAP era relativamente baja teniendo en cuenta su alto contenido en polifenoles, dado que la actividad antioxidante de los polifenoles depende de su naturaleza (ya sean ácidos fenólicos, ácidos hidroxicinámicos, flavonoides, etc) y la estructura química (mono o dihidroxilación, etc) (Pulido *et al.*, 2000; Vaya y Aviram, 2001). La composición de la fracción polifenólica de los tratamientos no se determinó en este estudio, pero las diferencias en la capacidad antioxidante suministrada a los sistemas de carne podrían ser debido a las diferencias en su perfil polifenólico.

La importancia de la capacidad antioxidante radica en que el estrés oxidativo está involucrado en los trastornos metabólicos (Slater, 1984), lo que ocurre cuando la velocidad de formación de los radicales libres es mayor a la actividad de los sistemas protectores. Es importante considerar que una capacidad antioxidante más alta, no siempre significa que su acción sea mejor o más efectiva en el organismo, ya que la estructura química determina la absorción de los polifenoles y la efectividad en el organismo depende de la biodisponibilidad de estos compuestos antioxidantes (Araya *et al.*, 2006).

**Ácidos grasos.** HPo tiene menor contenido de ácidos grasos saturados (SFA) y mayores de insaturados (UFA) en comparación a HC debido al alto porcentaje de grasa animal presente en el tratamiento control.

En la HPo el ácido graso más abundante es el oleico (C18:1  $\Delta^9$ ) el cual es monoinsaturado (MUFA), el cual está vinculado a la buena estabilidad oxidativa de los alimentos, además de los efectos benéficos como la disminución del riesgo cardiovascular al reducir lípidos sanguíneos especialmente el colesterol (Talcott *et al.*, 2005; Smith *et al.*, 2007; López-Huertas, 2010)

Los SFA presentes en las hamburguesas son C16:0 (palmítico) y C18:0 (esteárico), lo cuales tienen un contenido no menor por la presencia de carne vacuna y grasa porcina los cuales aportan un gran porcentaje de estos ácidos grasos (Pérez, 2010).

HC tiene una menor cantidad del ácido graso poliinsaturado (PUFA) C18:2  $\Delta^{9,12}$  (linoleico), el cual es un ácido graso esencial. La relación poliinsaturado/saturado (P/S) con los ácidos grasos determinados en ambos casos es menor al recomendado en guías nutricionales que debe ser mayor a 0,4 para disminuir riesgo de enfermedades cardiovasculares (Wood *et al.*, 2003; Cifuni *et al.*, 2004); pero si en ambos tratamientos los ácidos grasos no identificados fueran PUFAs, solo en HPo se podría sobrepasar el mínimo requerido para una relación óptima nutricional para expresar la calidad nutricional de la fracción lipídica de los alimentos.

**Propiedades físicas de hamburguesas.** HPo obtuvo un mayor rendimiento a la cocción, reducción de la altura, además de mayor retención de humedad y grasa en comparación a HC. También obtuvo menor reducción de diámetro y similar reducción de altura.

El rendimiento a la cocción fue mayor para HPo, con un aumento de 34,4% del parámetro, lo cual fue en concordancia con su alta capacidad de retención de humedad y grasa, debido al alga presente en esta (presentando un aumento de 60,6 y 172,5% respectivamente para la hamburguesa optimizada respecto a la control); al contrario de HC la cual obtuvo menores valores de los tres parámetros anteriormente mencionados.

En cuanto a las reducciones de dimensiones, no hubo cambios de proporciones en la hamburguesa optimizada, lo cual puede deberse a la propiedad gelificante del pelillo que logró mantener la forma del producto al proporcionar resistencia a la estructura (Ogunwolu *et al.*, 2009), aún cuando hubo disminuciones de humedad y grasa. De manera similar, en albóndigas con incorporación de maíz no se registraron cambios de diámetro, pero sí de altura siendo a mayor concentración de maíz menor pérdida de altura (Serdaroglu y Degirmencioglu, 2004). Al contrario de hamburguesas con adición de linaza, donde hubo una mayor disminución de altura y menos reducción de diámetro comparándola con un control, dónde la fritura produce una menor cohesión de sus componentes (Pérez, 2010).



(a)

(b)

**Figura 10.** Hamburguesa control (a) y hamburguesa optimizada con incorporación de pelillo (b) posterior a la cocción.

**Aceptabilidad sensorial.** Al someter a HPo a una prueba de aceptabilidad junto a HC, se obtienen menores puntuaciones; lo cual, según comentarios dejados por los degustadores, puede deberse al sabor del alga que predomina sobre el resto de los ingredientes, asimilándolo al sabor del “charqui”.

También hubo comentarios sobre la hamburguesa de pelillo que la sentían más salada que el control, aún conteniendo la misma proporción de sal en la formulación, motivo que de igual forma pudo haber influido en la aceptabilidad sensorial. Esto se puede explicar a la alta capacidad de las algas de absorber minerales presentes en su ambiente, presentando altos niveles de sodio y potasio, aunque su relación Na:K es de 1:5 considerada como baja (Rupérez, 2002).

De la aceptabilidad de las hamburguesas con pelillo durante la Etapa I se obtuvo puntajes considerados como satisfactorias en su mayoría, a excepción de incorporaciones mayores al 9% que se alcanzó valor promedio ajustado al valor medio de la escala (puntaje 4,0), donde

se encuentra la cantidad utilizada en la hamburguesa optimizada; situación que se ajusta a los valores alcanzados durante la evaluación junto al control en la Etapa II, concordando con lo estimado en la optimización de la Etapa I (Figura 3.3)

Situación similar se obtuvo en la adición de *Himanthalia elongata* y Wakame en salchichas bajas en sodio y hamburguesas respectivamente, donde la falta de costumbre al sabor a alga dentro del producto, percibiendo sabores distintos a la carne; y en ambos casos se utilizaron menores proporciones de incorporación de alga, con 5,5 y 3,3 respectivamente (López-López *et al.*, 2009c; López-López *et al.*, 2010).

### Vida Útil

En la mayoría de los productos, la vida útil es determinado por cambios en las características sensoriales (Giménez *et al.*, 2012), los cuales pueden ser monitoreados a través de análisis sensoriales con un panel entrenado, a los cuales se les presentan diversos parámetros que representen los cambios que puedan surgir durante el tiempo determinado del estudio.

Durante todo el estudio de vida útil fue importante analizar microbiológicamente las hamburguesas por seguridad de los panelistas sensoriales, obteniendo niveles de cfu g<sup>-1</sup> de mesófilos aerobios aceptables en base a los parámetros del Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 2010a), no arriesgando la salud de los evaluadores al momento de degustar.

La estimación de la vida útil para este estudio fue relacionada al sabor rancio, al vincularse con la oxidación lipídica. Esta reacción, es la causa primaria de rancidez durante el almacenamiento de carnes y productos derivados a temperaturas de congelación (Buckley *et al.*, 1989; Kanner, 1994). Aunque se ha señalado que valorar el punto límite en el que carne puede ser rechazada debido a la oxidación de lípidos por medio de percepciones sensoriales es difícil, ya que dependerán de umbrales personales que pueden variar, por ejemplo debido a la experiencia; aún así se ha encontrado relación entre la oxidación y deterioro con métodos para determinar productos de degradación de lípidos (Campo *et al.*, 2006).

Entre los tratamientos, a lo largo de tiempo de estudio no se observaron diferencias respecto al aspecto y la cohesividad, al contrario de lo señalado por Cofrades *et al.* (2008) donde se obtiene una menor cohesividad en productos cárnicos con incorporación de algas. Pero en relación al sabor extraño y rancio si hubo diferencias en momentos determinados del estudio.

No se encontraron diferencias significativas para la mayoría de los parámetros evaluados sensorialmente entre los tratamientos, a excepción del sabor rancio, en el cual el panel describió a los siete días un gran aumento de la rancidez que disminuye en el tiempo para ser estadísticamente similar al tiempo cero.

El Índice de Peróxidos (IP) estima el grado de oxidación primaria de los aceites (rancidez hidrolítica), por lo tanto a niveles más bajos de IP mayor será la vida útil del producto en condiciones de almacenamiento adecuado. Mientras que la Acidez Libre (AL) determina los ácidos grasos libres debido a la hidrólisis de alguno de los triacilglicéridos (TAG) presentes (rancidez oxidativa), es una medida de la descomposición lipolítica de los glicéridos y se expresa en porcentaje de ácido oleico.

MINSAL (2010a), señala que grasas y aceites no deberán contener más de 0,25% de acidez libre, expresada como ácido oléico y un máximo de 10 meq O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> de grasa en su período de vida útil, lo que denota que al momento del período de degustaciones ya son excedidos los límites impuestos por el reglamento sanitario de los alimentos para al menos uno de los análisis (AC: 0,23%HC, 0,6%HPo; IP: 4,54 meq O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> HC, 7,2 meq O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> HPo). Puede deberse que la grasa destinada como materia prima para cada tratamiento de hamburguesas presentara desde antes distintos grados de oxidación, ya sea por malas condiciones de almacenamiento o tener una alta vida en stock; en la práctica comercial, congeladores fluctúan de la temperatura debido a los ciclos de descongelación que resultando en aumento de los niveles de oxidación de lípidos (Channon y Trout, 2002).

Para el sabor rancio HPo posee una estabilidad ligeramente mayor que la control (3,08 y 3,40 meses para HC y HPo respectivamente); si bien se obtienen mayores índices de oxidación lipídica al contener un mayor porcentaje de grasa dentro de las formulaciones (Fernández-López *et al.*, 2006), es importante considerar que HPo partió con mayores valores de AL, lo que evidenciaría que se podría obtener una mayor vida útil estimada al contar con materia grasa de óptimas condiciones para la elaboración del tratamiento. Lo anterior puede evidenciarse al observar la tendencia del IP y la AL a través del tiempo en ambos tratamientos; la velocidad de reacción para HPo es menor a la HC, indicando que la primera variará menos en el tiempo que su contraparte, sugiriendo que durante el almacenamiento la hamburguesa con pelillo tendrá mayor vida útil al requerir más tiempo para desarrollar la rancidez. Sumado a las diferencias entre las hamburguesas para sabor rancio y extraño, que se manifestaron al inicio del período de degustación y al finalizar éste respectivamente, concordando con IP y AL por los aumentos con diferentes avances por tiempo; el sabor rancio que percibió el panel puede ajustarse a la AL alta al principio de HPo, que luego HC comienza a alcanzar, mientras que aromas y sabor extraño comienza a percibir diferencias al aumentar IP a lo largo del tiempo, pero siendo HC quién obtiene mayores avances.

La energía de activación (EA) necesaria para el desarrollo del sabor rancio en HC fue menor a la precisada por HPo. Considerando que EA es la energía mínima para generar una reacción, HPo necesitará una mayor cantidad de energía para desarrollar rancidez (Chang y Colledge, 2003); lo cual sumado a la menor velocidad de generación de peróxidos y AL en comparación a HC, se manifiesta la mayor estabilidad oxidativa de HPo, ajustándose a la mayor vida útil estimada para este tratamiento.

Al considerar que ningún tratamiento tiene incorporado antioxidantes artificiales además de lo anteriormente comentado, la importancia de los polifenoles y su capacidad antioxidante toman relevancia al ayudar a la estabilidad oxidativa en la vida útil de los alimentos

procesados, aumentando el tiempo en el cual su calidad aun es aceptable (Frega *et al.* 1997), lo que explicaría la ligera similitud en cuanto a su durabilidad.

Se han realizado estudios de incorporación de ácido ascórbico y extracto etanólico *ganghwayakssuk* en nuggets de pollo donde demostró tener un efecto positivo en la durabilidad del producto, debido a su poder antioxidante (Hwang *et al.*, 2013)

Lo anterior sumado a la alta vida útil estimada para las hamburguesas de pelillo, al considerar la degradación lipídica, lo hacen considerar un producto cárnico de buena vida post-elaboración si se considera las condiciones óptimas durante su almacenamiento.

## Conclusiones

Al elaborar hamburguesas con reemplazo de parte de la carne y grasa por pelillo se obtiene que a mayor contenido de esta alga mayor sea el contenido de fibra dietética, pero al mismo tiempo menores puntajes en aceptabilidad.

La hamburguesa elaborada con pelillo presenta menor contenido de materia grasa y energía disponible que la hamburguesa control y mayor contenido en fibra dietética, principalmente fibra soluble, mayor contenido de proteínas y de polifenoles totales. De acuerdo a estos nutrientes y compuestos bioactivos, la hamburguesa con incorporación de pelillo potencialmente otorgará efectos beneficiosos en el organismo. Además de mostrar mayores rendimientos a la cocción con menores reducciones de diámetro, acompañado de mayores retenciones de humedad y grasa.

La hamburguesa optimizada presenta una buena estabilidad en el almacenamiento, ligeramente superior al control al considerar la estabilidad oxidativa de estas; sugiriendo que en condiciones adecuadas de materia prima grasa puede tener una mayor vida útil estimada que una hamburguesa convencional.

Por lo que al incorporar pelillo en hamburguesas permite la disminución de grasa incorporando fibra dietética y polifenoles, siendo sensorialmente aceptable y mejorando su estabilidad en el almacenamiento; lo anterior, sin presentar riesgo microbiológico al consumidor. Importante considerar el contenido de sodio presente en el alga además del sodio añadido en futuras formulaciones para no sobrepasar los niveles establecidos.

### Literatura citada

- AENOR (Asociación española de normalización), España. 1991. Norma UNE 55037-73. Catálogo de Normas UNE, Madrid.
- A.O.C.S. (Association of Official Analytical Chemists). 2003. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemist's Society. In Firestone (ed.) 5th edition. Champaign. IL.
- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists), United States of America. 2005. Official methods of Analysis of Analytical Chemist 18th Edition. Horwitz W. and Latimer G.W. (ed.). 1067p.
- Araya H.; C. Clavijo y C. Herrera. 2006, dic. Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivados en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 56(4): 361 – 365.
- Benitez V.; E. Mollá; M.A. Martín-Cabrejas; Y. Aguilera; F.J. López-Andréu and R.M. Esteban. 2011, jul. Effect of sterilisation on dietary fibre and physicochemical properties of onion by-products. *Food Chemistry* 127: 501 – 507.
- Benzie, I. and J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239(1): 70 - 76.
- Bligh, E. G. and W.J. Dyer. 1959, ago. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37(8): 911 – 917.
- Brownlee, I. 2011, ma. The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids* 25: 238 – 250.
- Buckley, D. J.; J.I. Gray; A. Asghar; A.M. Booren; R.L. Crackel; J.F. Price; et al. 1989, sep. Effects of dietary antioxidants and oxidised oil on membranous lipid stability pork product quality. *Journal of Food Science* 54(5): 1193 – 1197.
- Campo, M.M.; G.R. Nute; S.I. Hughes; M. Enser; J.D. Wood and R.I. Richardson. 2006, feb. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science* 72(2): 303 – 311.
- CAPCHICAL (Capítulo chileno de composición de alimentos), Chile. 2011. Listado de alimentos prioritarios/de mayor consumo. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.inta.cl/latinfoods/cap\\_nacionales/chilefoods.html](http://www.inta.cl/latinfoods/cap_nacionales/chilefoods.html)>. Consultado el: 14 de Agosto de 2013.
- Chang, R and W. College. 2003. Cinética química. (cap.13, pp.509-560). En: Química. 7º ed. México: McGraw-Hill. 1001p.
- Channon, H.A. and G.R. Trout. 2002, sep. Effect of tocopherol concentration on rancidity development during frozen storage of a cured and an uncured processed pork product. *Meat Science* 62: 9 – 17.

- Chapman, R. and J. Mckay. 1949, jul. The estimation of peroxides in fats and oils by the ferric thiocyanate method. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 26(7): 360 – 363.
- Choi, Y.S.; D.J. Han; H.Y. Kim and H.W. Kim. 2012, may. Effects of *Laminaria janponica* on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties. *Meat Science* 91: 1 – 7.
- Cifuni, G.; F. Napolitano; A. Riviezzi; A. Braghieri and A. Girolami. 2004, jun. Fatty acids profile, colesterol content and tenderness of meat from Podolian Young bulls. *Meat Science* 67: 289 – 297.
- Cofrades, S.; I. López-López; M.T. Solas; L. Bravo and F. Jiménez-Colmenero. 2008, ago. Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. *Meat Science* 79(4): 767 – 776.
- Comunidades Europeas. 1997. Regulation 258/97 concerning novel foods and novel food ingredients. *Official Journal of the European Communities* L43: 1 – 7.
- Dzudie, T.; J. Scher and J. Hardy. 2003. Common bean flour as a extender in beef sausages. *Journal of Food Engineering* 52: 143 – 147.
- Escudero-Álvarez, E. y P. González-Sánchez. 2006, may. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria* 21(2): 62 – 72.
- El-Magoli, L.; S. Laroia and P. Hansen. 1996, feb. Flavor and texture characteristic of low fat ground beef patties formulated with whey protein concentrate. *Meat Science* 42(2): 179 – 193.
- FAO (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]. Recuperado en: <[http://www.minsal.gob.cl/portal/url/page/minsalcl/g\\_proteccion/g\\_alimentos/prot\\_composicion.html](http://www.minsal.gob.cl/portal/url/page/minsalcl/g_proteccion/g_alimentos/prot_composicion.html)>. Consultado el: 21 de Abril de 2013.
- Fernández-López, J.; S. Jiménez; E. Sayas-Barberá; E. Sendra and J.A. Pérez-Alvarez. 2006, jun. Quality characteristics of ostrich (*Struthio camelus*) burgeurs. *Meat Science* 73(2): 295 – 303.
- Frega, N; L. Gagliotti and M. Mozzon. 1997. Composizione chimica e parametri di qualita` degli oli estratti da olive snocciolate. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse* 74: 241–245.
- Gálvez, A.; I. Flores y A. Farrés. 2006. Proteínas. In: Badui, S. (Ed). Química de los alimentos. Quintanar, E. Cuarta Ed. Naucalpan de Juárez, México. 119 – 236.
- Giménez, A.; F. Ares and G. Ares. 2012, nov. Sensory shelf-life estimation: a review of current methodological approaches. *Food Research International* 49(1): 311 – 325.

Gudiel-Urbano, M. and I. Goñi. 2002, mar. Effect of edible seaweeds (*Undaria pinnatifida* and *Porphyra tenera*) on the metabolic activities of intestinal microflora in rats. *Nutrition Research* 22(3): 323 – 331.

Hwang, K.-E.; Y.-S. Choi; S.-M. Choi; H.-W. Kim; J.-H. Choi; M.-A. Lee; et al. 2013, nov. Antioxidant action of *ganghwayakssuk* (*Artemisia princeps* Pamp.) in combination with ascorbic acid to increase the shelf life in raw and deep fried chicken nuggets. *Meat Science* 95(3): 593 – 602.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2012. Producción pecuaria. [En Línea]. Recuperado en: <  
[http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/estadisticas\\_agropecuarias/estadisticas\\_pecuarias/pdf/informe\\_pecuarias\\_anual\\_2012.pdf](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_agropecuarias/estadisticas_pecuarias/pdf/informe_pecuarias_anual_2012.pdf)>. Consultado el: 5 de Noviembre de 2013.

Jenkins D.J.A.; C.W.C. Kendall and V. Vuksan. 2000, feb. Viscous fibers, health claims, and strategies to reduce cardiovascular disease risk. *The American Journal of Clinical Nutrition* 71(2): 401 – 402.

Kanner, J. 1994. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Science* 36(1-2): 169 – 189.

Labuza, T.P. and D. Riboh. 1982. Theory and application of Arrhenius kinetics to the prediction of nutrient losses in foods. *Food Technology* 36(10): 66 – 74.

Lefebvre, A. C. y J.Y. Thébaudin. 2002. Fibras extraídas de las hortalizas. (pp. 459–481). Tecnología de las Hortalizas. En: Tirilly, Y. and C. Bourgeois (ed.). Zaragoza, España.

López-Huertas, E. 2010, mar. 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.

López-López, I.; S. Cofrades; C. Ruiz-Capillas and F. Jiménez-Colmenero. 2009a, oct. Design and nutritional properties of potencial functional frankfurters based on lipid formulation, added seaweed and low salt content. *Meat Science* 83(2): 255 – 262.

López-López, I.; S. Bastidas; C. Ruiz-Capillas; L. Bravo; M.T. Larrea; F. Sánchez-Muniz; et al. 2009b, nov. Composition and antioxidant capacity of low-salt meat emulsion model systems containing edible seaweeds. *Meat Science* 83(3): 492 – 498.

López-López, I.; S. Cofrades and F. Jiménez-Colmenero. 2009c, sep. Low-fat frankfurters enriched with n-3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chilled storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. *Meat Science* 83: 148 – 154.

López-López, I.; S. Cofrades; A. Yakan; M.T. Solas and F. Jiménez-Colmenero. 2010, jun. Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat, beef patties as affected by Wakame addition and replacing pork backfat olive oil-in-water emulsion. *Food Research International* 43(5): 1244 – 1254.

Madar, Z. and H.S. Odes. 1990. Dietary fibre in metabolic diseases. (pp. 1 – 65). Progress in Biochemical Pharmacology: Dietary fibre research. In: Paoletti R. (ed.). Karger, Basel.

Marín, F. 2008. Estudio de la fibra dietética en la longaniza chilena: su incidencia en al calidad sensorial y en el comportamiento en la cocción. Memoria Ingeniero en Alimentos. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. 78h.

MINEDUC (Ministerio de educación), Chile. 2012. Simce de Educación Física 2012: Preocupantes resultados con importantes brechas entre hombres y mujeres. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.mineduc.cl/index2.php?id\\_seccion=10&id\\_portal=1&id\\_contenido=25249](http://www.mineduc.cl/index2.php?id_seccion=10&id_portal=1&id_contenido=25249)>. Consultado el: 14 de Agosto de 2013.

MINSAL (Ministerio de salud), Chile. 2010. Reglamento Sanitario de los Alimentos. Dto n° 997/96. 182p.

OMS (Organización mundial de la salud), Italia. 2011. Nota descriptiva N° 311: Obesidad y Sobrepeso. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>>. Consultado el: 23 de Mayo de 2011.

Ogunwolu, S.O.; F.O. Henshaw; H.-P. Mock; A. Santros and S.O. Awonorin. 2009, ago. Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut. *Food Chemistry* 115(3): 852 – 858.

Papadina, S.N. and J.G. Bloukas. 1999, feb. Effect of fat level and storage conditions on quality characteristics of traditional Greek sausages. *Meat Science* 51(2): 103 – 113.

Pérez, A. 2010. Desarrollo de hamburguesas con incorporación de harina de linaza como sustituto de grasa de origen animal. Tesis Ingeniero Agrónomo y Magister en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Agroindustrial. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile Agronómicas. 60h.

Piñero, M.; K. Parra; N. Huerta-Leidenz; L. Arenas De Moreno; M. Ferrer; S. Araujo. et al. 2008, nov. Effect of oat's soluble fibre ( $\beta$ -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. *Meat Science* 80(3): 675 – 680.

Pulido, R.; L. Bravo and F. Saura-Calixto. 2000, ago. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(8): 3396 – 3402.

Quitral, V.; C. Morales; M. Sepúlveda y M. Schwartz. 2012, dic. Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Revista Chilena de Nutrición* 39(4): 196 – 202.

Rodríguez, R.; A. Jiménez.; J. Fernández-Bolaños; R. Guillén and A. Heredia. 2006, ene. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science & Technology* 17: 3 – 15.

Rupérez, P. 2002, oct. Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry* 79: 23 – 36.

Serdaroglu, M. and O. Degirmencioglu. 2004, oct. Effects of fat level (5%, 10%, 20%) and corn flour (0%, 2%, 4%) on some properties of Turkish type meatballs (koefte). *Meat Science* 68(2): 291 – 296.

Smith, S.A.; R.E. King and D.B. Min. 2007. Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil. *Food Chemistry* 102(4) : 1208 – 1213.

Slater, T.F. 1984, ago. Free radicals mechanisms in tissue injury. *Biochemical Journal* 222: 1 – 15.

Swain, T and W. Hillis. 1959, ene. The phenolic constituents of *Prunus domestica*, L. – the quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of Science of Food and Agriculture* 10: 63 – 68.

Talcott, S.T.; Duncan C.E.; D. Del Pozo- Insfran and D.W. Gorbet. 2005, ene. Polyphenolic and antioxidant changes during storage of normal, mid, and high oleic acid peanuts. *Food Chemistry* 89: 77 – 84.

Taoukis, P. y T. Labuza. 2000. Resumen: Integración conceptual. In: Fennema, O. (Ed.) *Química de los Alimentos*. Acribia. Zaragoza, España. 1201 – 1236.

Vaya, J. and M. Aviram. 2001, may. Nutritional Antioxidants: Mechanisms of Action, Analyses of Activities and Medical Applications Curr. *Current Medicinal Chemistry – Immunology Endocrine & Metabolic Agents* 1: 99 - 117.

Wood, J.; R. Richardson; G. Nute; A. Fisher; M. Campo and E. Kasapidou. 2003, ene. Effects of fatty acids on meat quality. A review. *Meat Science* 66: 21 – 32.

## Apéndice II: Elaboración hamburguesas

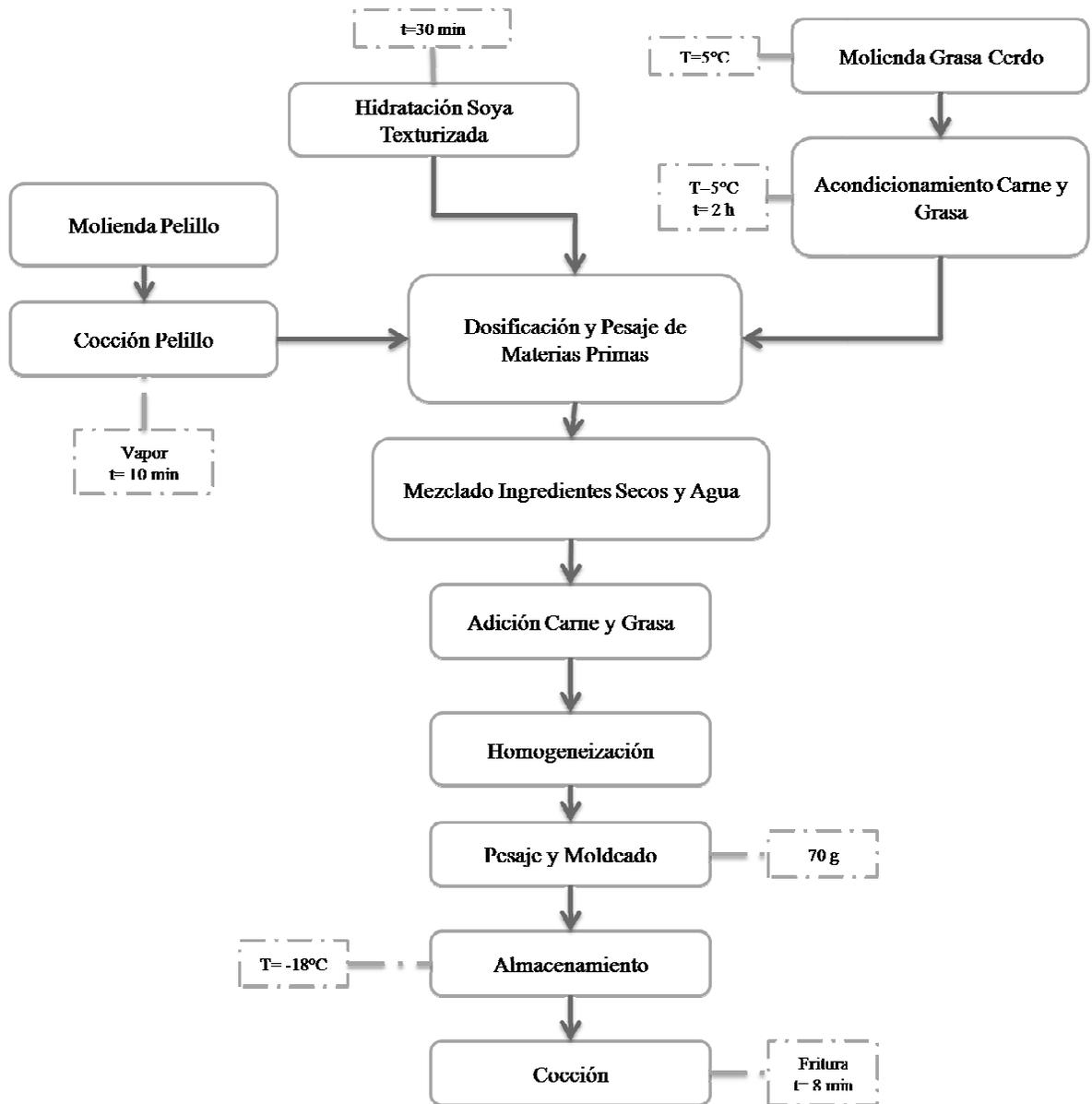


Figura diagrama de flujo para el proceso de elaboración de hamburguesas

### Apéndice III: Aceptabilidad Sensorial– Hamburguesas

Nombre:

#### ESCALA HEDONICA

Sírvase degustar las muestras que se presentan. Clasifíquelas de acuerdo a la escala adjunta:

- 1 = me disgusta extremadamente
- 2 = me disgusta mucho
- 3 = me disgusta
- 4 = no me gusta ni me disgusta
- 5 = me gusta
- 6 = me gusta mucho
- 7 = me gusta extremadamente

Muestra	Calificación	Observaciones

Comentarios.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

¡Gracias!

### Apéndice IV: Pauta de Evaluación Sensorial - Hamburguesas

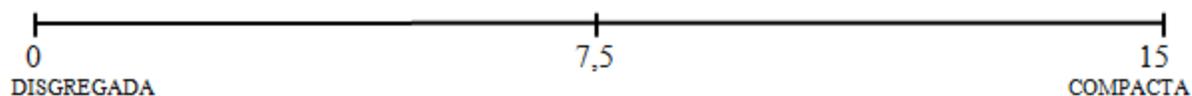
Nombre: .....

Fecha: .....

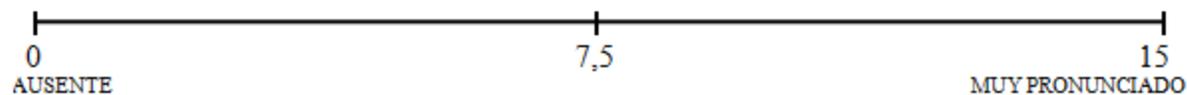
#### INSTRUCCIONES

Marcar con **una línea vertical** su evaluación de las muestras de hamburguesa para cada parámetro.

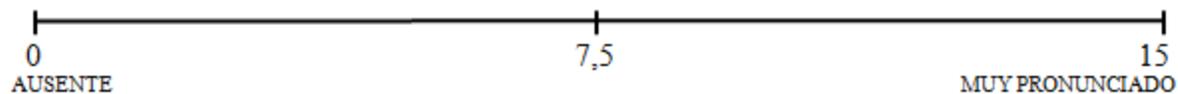
#### Aspecto



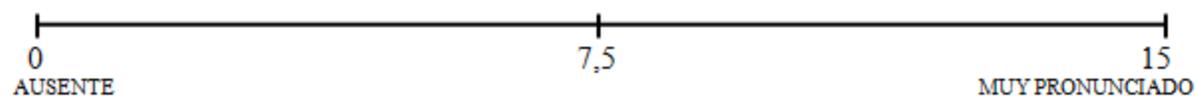
#### Aroma Extraño



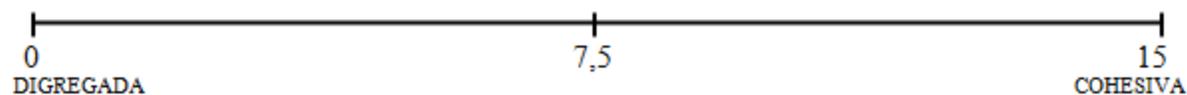
#### Sabor Extraño



#### Sabor Rancio



#### Cohesividad



Comentarios:

.....  
 .....

¡Gracias!

**Apéndice V: Parámetros microbiológicos referidos a Cecinas crudas (cecinas crudas frescas y hamburguesas)**

<b>Parámetro</b>	<b>Categoría</b>	<b>Clases</b>	<b>n</b>	<b>c</b>	<b>m</b>	<b>M</b>
RAM	1	3	5	3	$10^6$	$10^7$
<i>S. aureus</i>	6	3	5	1	$10^2$	$10^3$
<i>Cl. Perfringens</i>	6	3	5	1	$10^2$	$10^3$
<i>Salmonella</i> en 25 g	10	2	5	0	---	---

Fuente: MINSAL, 2010a.

Dónde:

n: número de unidades de muestras a examinar.

m: valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud.

M: valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

c: número máximo de unidades de muestras que pueden contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M” para que un alimento sea aceptado.

## DISCUSIÓN GENERAL

El consumo de alimentos ha dado un giro, dándose énfasis en productos con menores contenidos de nutrientes críticos como las grasas saturadas; también se ha privilegiado la incorporación de compuestos bioactivos para el organismo, como lo es la fibra dietética o los antioxidantes naturales. La incorporación de nuevos ingredientes a la industria alimentaria, da posibilidades de elaborar alimentos novedosos para los consumidores, además de otorgar características beneficiosas a los productos finales, minimizar los compuestos negativos para el organismo y aumentar los positivos. La incorporación de algas marinas a alimentos de uso cotidiano es algo relativamente nuevo, como preparados cárnicos o pastas (Cofrades *et al.*, 2008; Prabhasankar *et al.*, 2009). Sumado a lo anterior, dan mayor estabilidad al producto por la presencia de antioxidantes y su alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados.

### Fibra dietética en matriz alimentaria

Serdaroglu y Degirmencioglu (2004), señalan que los productos cárnicos que tienden a encogerse durante el proceso de cocción es debido a la desnaturalización de las proteínas de la carne, produciéndose la pérdida de agua y grasa contribuyendo al proceso de reducción. En este caso al no resultar un cambio en sus dimensiones, puede explicarse por el alto contenido de fibra dietética presente en el alga incorporada, lo cual está ligado a la alta capacidad de retención de agua (CRA) y adecuados valores de capacidad de adsorción de aceite (CAA).

El elevado contenido de fibra dietética da valores altos de las propiedades ligadas a la retención de agua del pelillo son debido al de éste (López *et al.*, 1998). En general, al tener mayores contenidos de fibra dietética (FD) se obtienen valores en las propiedades de retención de agua mayores; por ejemplo el pelillo obtuvo valores de FD mayores a la harina de acacia y avena (17,2 y 15,9 g 100g<sup>-1</sup>, 18,55 y 20,88 g 100g<sup>-1</sup> respectivamente), por lo que obtuvo mayores resultados en los análisis de índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), CRA y hinchamiento (SW), al contrario de lo que ocurre con la fibra de coco con 63,24 g 100g<sup>-1</sup> (Raghavendra *et al.*, 2004; Calfunao, 2012; San Martín, 2012).

En la mayoría de las propiedades tecnológicas entre los tratamientos analizados en este estudio no mostraron diferencia, a pesar de existir una diferencia del nivel de fibra dietética (FD) especialmente de la fracción soluble (FDS), manifestando que no hubo cambios en los tipos de interacción entre los polisacáridos y proteínas con el agua y aceite, que se pudieron ver afectados por la humedad y calor del tratamiento PV (pelillo cocido con vapor).

En cuanto a la propiedad de concentración mínima de gelificación (CMG), PV se influenciado por del aumento de FDS, disminuyó la CMG de para este tratamiento.

Cofrades *et al.* (2008) señala que al tener minerales e hidrocoloides las algas marinas es beneficioso, ya que ayudan a la textura de productos cárnicos por las propiedades gelificantes.

En cuanto a la CAA, no hubo variación entre sí en los tratamientos de pelillo (y también en relación a otros productos como la harina de piñones), lo que podría explicarse al no existir cambios en las afinidad proteica con los lípidos, al no existir cambio en su concentración; pero si difieren de otros productos como la fibra de coco (Raghavendra *et al.*, 2004; Moure *et al.*, 2006; Muñoz, 2008).

Al incorporar pelillo crudo deshidratado (PC) a las hamburguesas, se habrían obtenido similares características físicas en el producto, debido a que el pelillo crudo y el cocido no obtuvieron diferencias en las propiedades tecnológicas, solo difieren de la concentración mínima de gelificación, propiedad que proporciona resistencia a la estructura en productos cárnicos tales como jamón y salchichas (Ogunwolu *et al.*, 2009), y en este estudio se evidenció al no obtener reducciones de dimensiones en el producto.

Las cantidades añadidas de PV en la hamburguesa aportan exclusivamente entre un 21,7 a 9,8% de la dosis diaria recomendada de FD para un niño escolar (desde los 5 a 17 años respectivamente) y para un adulto entre un 10,9 – 6,2% (Escudero-Álvarez y González-Sánchez, 2006), relacionado al alto aporte de FD que representa el alga en el producto. Mientras que según la recomendación chilena, representa un 28,3% de la dosis diaria recomendada en base a los valores de referencia diarios para adultos, adolescentes y niños mayores de 4 años, utilizados en el etiquetado nutricional de alimentos en Chile

Romero *et al.* (2008), menciona una degradación de polisacáridos en el alga cuando ésta es almacenada por periodos de más de un año, lo cual puede aplicarse en este estudio al incorporar en la hamburguesa pelillo cosechado dentro del periodo expuesto, lo que implicaría que al utilizar materia prima recién cosechada se podrían obtener mayores valores de FDT .

Como el pelillo cocido con vapor presenta una relación fibra dietética soluble/fibra dietética insoluble considerada como balanceada (Jenkins *et al.*, 2000; Benítez *et al.*, 2011), le dará a la hamburguesa una proporción similar, al considerar que el contenido de FD de la hamburguesa control contiene una cantidad muy inferior a la proporcionada por el alga.

La incorporación de algas marinas tiene influencia en las propiedades del sistema gel/emulsión de la carne, favoreciendo la formación de estructuras más duras y masticables con una mejor propiedad de retención de agua y grasa, al mismo tiempo se obtienen menores pérdidas a la cocción, relacionada a la alta proporción de fibra dietética y minerales (estabilizando matriz proteica) presentes (Cofrades *et al.*, 2008; López-López *et al.*, 2009c; López-López *et al.*, 2010). Lo cual es obtenido de igual forma durante este estudio, el pelillo tiene un comportamiento similar al incorporarlo en las hamburguesas.

Al contrario de lo anterior, Choi *et al.* (2011) utilizando *Laminaria japonica* presentaron pérdidas superiores de peso durante la cocción y reducciones de diámetro y espesor.

### **Antioxidante y vida útil de hamburguesas**

La estabilidad durante el almacenamiento de un producto cárnico está influenciada en gran parte por la presencia de lípidos que contenga. En este estudio, fue incorporado grasa de cerdo que contiene niveles importantes de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA).

El efecto de incluso pequeños cambios en los niveles de PUFA puede tener consecuencias importantes para el desarrollo de la rancidez en un producto. Los PUFAs son altamente susceptibles a la oxidación por la presencia de dobles enlaces lábiles; y a medida que el grado de insaturación de los ácidos grasos aumenta, la susceptibilidad a la oxidación y el desarrollo de rancidez aumenta desproporcionadamente (Channon y Trout, 2002).

Un método común de mejorar la vida útil de los alimentos es el uso de antioxidantes, lo cuales tienen la capacidad de retardar la oxidación de lípidos. Pueden ser añadidos a carnes frescas o a productos cárnicos mejorando la estabilidad oxidativa inhibiendo sabores desagradables y mejorando la estabilidad al color (Nam y Ahn, 2003), pero con el tiempo se ha restringido el uso de antioxidantes artificiales por sus riesgos a la salud, toxicidad y efectos cancerígenos (Buxiang y Fukuhara, 1997; Djenane *et al.*, 2002).

Por otro lado, los antioxidantes naturales aún siendo compuestos no nutritivos actúan de manera positiva en el organismo y en los alimentos en los cuales están presentes, porque son un aliado para la salud humana y la estabilidad oxidativa respectivamente. Inicialmente eran importantes por su función de pigmentación y que en el último tiempo ha desarrollado gran interés por su actividad antioxidante. Los antioxidantes naturales se han incorporado en forma directa o como extractos a productos cárnicos en los cuales se ha disminuido o inhibido la oxidación de lípidos, tal es el caso de ácido ascórbico, ácido carnósico, residuos de industria de vino, salsa de soya y plantas ricas en antioxidantes (Whang *et al.*, 1986; Selani *et al.*, 2011; Hwang *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2013; Naveena *et al.*, 2013)

Como la mayor parte de las algas pasan gran parte del tiempo expuestas a una gran cantidad de luz y altas concentraciones oxígeno, generan radicales libres y poderosos oxidantes; por lo que poseen una gran cantidad de compuestos antioxidantes, como lo son algunas vitaminas y pigmentos protectores (Brooks *et al.*, 2007; Souza *et al.*, 2011). El contenido de polifenoles presente en el pelillo influye directamente en la hamburguesa en la cual fue incorporada, al tener mayores contenidos de estos compuestos comparada con la hamburguesa control, a pesar de que el contenido polifenólico del alga. Cabe destacar la presencia de carotenos y tocoferoles en el alga, que de igual forma aportan beneficios al ser incorporada en la hamburguesa (Ortiz *et al.*, 2009).

López-López *et al.* (2009a) señala que las algas marinas otorgan a los alimentos cárnicos antioxidantes naturales, los cuales pueden mejorar la estabilidad oxidativa durante el almacenamiento, lo cual es aplicable en este estudio, dónde la hamburguesa con pelillo obtiene una mayor estabilidad durante el período de estudio. Además, el reemplazar grasa del producto con alga logra el mismo efecto (López-López *et al.*, 2010), situación que también está presente en esta investigación.

## Contenido y calidad lipídica

El añadir pelillo en el producto cárnico disminuyó considerablemente el contenido graso de la hamburguesa optimizada, lo cual se vio además favorecido por la buena calidad de los ácidos grasos presentes en el alga.

El pelillo presente en la hamburguesa aumenta los ácidos grasos insaturados (UFA), debido a que esta alga contiene una alta cantidad de estos proporcionando a la hamburguesa optimizada de posibles efectos benéficos a la salud y a la vida útil del producto (Talcott *et al.*, 2005; Smith *et al.*, 2007; López-Huertas, 2010); aumentando los niveles de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), especialmente del tipo oleico, ayuda a la estabilidad oxidativa del producto, lo que también se vio reflejado en su vida útil estimada, oxidación lipídica a través del tiempo y la determinación de energía de activación ( $E_A$ ) necesaria para desarrollar el sabor rancio, en las cuales la hamburguesa con incorporación de pelillo destacó por sobre la hamburguesa control sin presencia de antioxidantes artificiales.

A su vez, el pelillo otorga a la hamburguesa PUFA (ácidos grasos poliinsaturados) y disminuye la presencia de SFA (ácidos grasos saturados) aumentando los beneficios en el aspecto de salud con respecto a la hamburguesa control, al minimizar el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Cifuni *et al.*, 2004).

Se ha descrito la presencia de ácidos grasos  $\omega_3$  en algas, como EPA (ácido eicosaenoico), y el pelillo no es excluyente al respecto (Ortiz *et al.*, 2009; FAO y MINSAL, 2010). En este estudio no fue posible su determinación, pero es viable la alternativa de que se encuentre presente dentro de los ácidos grasos no determinados, aumentando los beneficios de la hamburguesa formulada al contener dichos ácidos grasos.

## CONCLUSIONES GENERALES

Cada vez se toma mayor valor a los productos saludables, debido al aumento de las enfermedades producidas por un estilo de vida sedentario sumado a una mala alimentación. De las algas marinas poco se conocía en el hemisferio occidental, siendo mayormente consumidas, como productos como tal y no sus derivados, en los países orientales, conocidos además por su buena salud y longevidad de su gente. Específicamente de algas chilenas de a poco se ha tomado consciencia de su potencial alimentario.

El pelillo se presenta como una buena alternativa para la formulación de productos cárnicos, ya que posee compuestos bioactivos beneficiosos para la salud humana como la fibra dietética (con alta proporción de fracción soluble), antioxidantes naturales y ácidos grasos saludables; los cuales de igual forma aportan a la hamburguesa en su estabilidad física y oxidativa.

La hamburguesa con incorporación de pelillo puede ser una buena manera de equilibrar la dieta occidental y así disminuir las enfermedades de la sociedad actual como la obesidad, especialmente de los niños que están expuestos a una alta publicidad de comidas chatarras.

Tecnológicamente y sensorialmente el pelillo varía las características de las hamburguesas; complementa a la hamburguesa mejorando sus características físicas, y sensorialmente otorga sabores diferentes a las de una hamburguesa convencional.

Por todo lo anterior, la hamburguesa con incorporación de pelillo puede ayudar a los consumidores a complementar su alimentación con productos saludables. De cualquier manera, aún faltan estudios sobre la biodisponibilidad de sus nutrientes después de la aplicación de operaciones como una cocción; además del estudio de incorporación de pelillo en otros alimentos cárnicos de uso habitual, como por ejemplo salchichas.

## LITERATURA CITADA

Atalah, E. 2012, mar. Epidemiología de la obesidad en Chile. *Revista Médica Clínica Las Condes* 23(2): 117 – 123.

Barrow, C.J. 2007. Marine by-products as functional food ingredients. Food Technology International. [En línea] Recuperado en: <<http://www.foodtech-international.com/papers/marinebyproducts.htm>>. Consultado el 30 de Agosto de 2011.

Benitez V.; E. Mollá; M.A. Martín-Cabrejas; Y. Aguilera; F.J. López-Andréu and R.M. Esteban. 2011, jul. Effect of sterilisation on dietary fibre and physicochemical properties of onion by-products. *Food Chemistry* 127(2): 501 – 507.

Brooks, M.; R. Campbell; C.I.R. Gill; P. Macartain and I.R. Rowland. 2007, dic. Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Reviews* 65 (12): 535-543

Buschmann, A.H.; J. Correa; R. Westermeier; M. Hernández-González and R. Norambuena. 2001, mar. Cultivation of red algae in Chile: a review. *Aquaculture* 194(3-4): 203 – 220.

Buxiang, S. and M. Fukuhara. 1997, sep. Effects of co-administration of butylated hydroxytoluene, butylated hydroxyanisole and flavonoids on the activation of mutagens and drug-metabolizing enzymes in mice. *Toxicology* 122(1-2): 61 – 72.

Calfunao, R. 2012. 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. 33h.

Channon, H.A. and G.R. Trout. 2002, sep. Effect of tocopherol concentration on rancidity development during frozen storage of a cured and an uncured processed pork product. *Meat Science* 62: 9 – 17.

Choi, Y.S.; D.J. Han; H.Y Kim. and H.W. Kim. 2012, may. Effects of *Laminaria japonica* on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties. *Meat Science* 91: 1 – 7.

Cofrades, S.; I. López-López; M.T. Solas; L. Bravo and F. Jiménez-Colmenero. 2008, ago. Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat system. *Meat Science* 79(4): 767 – 776.

Djenane, D.; A. Sánchez-Escalante; J.A. Beltrán and P. Roncalés. 2002, abr. Ability of  $\alpha$ -tocopherol, taurine and rosemary, in combination with vitamin C, to increase the oxidative stability of beef steaks packaged in modified atmosphere. *Food Chemistry* 76(4): 407 – 415.

Editor Chile Potencia Alimentaria. 2010. Industria de Cecinas Proyecta Expansión de 6% en 2010. [En línea]. Chile Potencia Agroalimentaria. Recuperado en: <<http://www.chilepotenciaalimentaria.cl/content/view/898261/Industria-de-Cecinas-Proyecta-Expansion-de-6-en-2010.html#content-top>>. Consultado el: 08 de Diciembre de 2010.

Escobar, B. y A. Estévez. 2008. Harina de piñón de araucaria: Características y potencial tecnológico. *Antumapu* 6(1-2): 8 – 10.

Escudero-Álvarez, E. y P. González-Sánchez. 2006, may. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria* 21(2): 61 – 72.

FAO (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]. Recuperado en: [http://www.minsal.gob.cl/portal/url/page/minsalcl/g\\_proteccion/g\\_alimentos/prot\\_composicion.html](http://www.minsal.gob.cl/portal/url/page/minsalcl/g_proteccion/g_alimentos/prot_composicion.html). Consultado el: 21 de Abril de 2013.

Fernández-Martín, F.; I. López-López; S. Cofrades and F. Jiménez-Colmenero. 2009, oct. 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(2): 209 – 217.

Gálvez, A.; C. Tello y R. Lemus. 2006, ene.-abr. Simulación matemática del proceso de secado de la *Gracilaria chilensis*. *Revista chilena de ingeniería* 15(1):55-64.

García, M.; A. Miravalles y P. Leonardi. 2007. Formación de pelos en el alga agarófito *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta). [En línea]. Buenos Aires. Argentina. Recuperado en: <[http://www2.darwin.edu.ar/Publicaciones/Darwiniana/Vol45%281%29/d45\\_7-12.pdf](http://www2.darwin.edu.ar/Publicaciones/Darwiniana/Vol45%281%29/d45_7-12.pdf)>. Consultado el: 23 de Septiembre 2010.

Gómez, I.; F. Figueroa; P. Huovinen; N. Ulloa and V. Morales. 2005. Photosynthesis of the red alga *Gracilaria chilensis* under natural solar radiation in an estuary in southern Chile. *Aquaculture* 224(1-4): 369 - 382.

Granito, M.; M. Guerra; A. Torres y J. Guinand. 2004, sep. Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna sinensis*. *Interiencia* 29(9): 521 – 526.

Hwang, K.-E.; Y.-S. Choi; S.-M. Choi; H.-W. Kim; J.-H. Choi; M.-A. Lee; et al. 2013, sep. Antioxidant action of *ganghwayaksuk* (*Artemisia princeps* Pamp.) in combination with ascorbic acid to increase the shelf life in raw and deep fried chicken nuggets. *Meat Science* 95(3): 593 – 602.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2012. Estadísticas Agropecuarias. [En Línea]. Recuperado en:

<[http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/compendio\\_estadistico/pdf/2012/estadisticas\\_agropecuarias.pdf](http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/compendio_estadistico/pdf/2012/estadisticas_agropecuarias.pdf)>. Consultado el: 23 de Octubre de 2013.

Jarpa, I. 2007. Agar Agar: un mercado en que Chile es líder. Chile Potencia Agroalimentaria. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.chilepotenciaalimentaria.cl/content/view/76431/Agar-Agar-un-mercado-en-que-Chile-es-lider.html>>. Consultado el: 8 de Diciembre de 2010.

Jenkins D.J.A.; C.W.C. Kendall and V. Vuksan. 2000, feb. Viscous fibers, health claims, and strategies to reduce cardiovascular disease risk. *The American Journal of Clinical Nutrition* 71(2): 401 – 402.

Kaladharan, P. and N. Kaliaperumal. 1999. Seaweed Industry in India. Naga, the ICLARM Quarterly, 22(1): 11-14.

Kaur, M. and N. Singh. 2005, jul. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different Chickpea (*Cicer arietinum* L) cultivars. *Food Chemistry* 91: 403 – 411.

Kim, H.-W.; Y.-S. Choi; J.-H. Choi; H.-Y. Kim; K.-E. Hwang; D.-H. Song; et al. 2013, nov. Antioxidant effects of soy sauce on color stability and lipid oxidation of raw beef patties during cold storage. *Meat Science* 95: 641 – 646.

Kinsella, J. E. 1981. Functional properties of proteins: possible relationships between structure and function in foams. *Food chemistry* 7: 273 – 288.

Lópes, T.J.; D.A. bender; M.H. Davidson and A. McDonal. 1998. Fiber: Forms and functions. *Nutrition Research* 18(4): 617 – 624.

López-Huertas, E. 2010, mar. 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.

López-López, I.; S. Bastida; C. Ruiz-Capillas; L. Bravo; M.T. Larrea; F. Sánchez-Muniz. et al. 2009a, nov. Composition and antioxidant capacity of low-salt meat emulsion model systems containing edible seaweeds. *Meat Science* 83: 492 – 498.

López-López, I; S. Cofrades; C. Ruiz-Capillas and F. Jiménez-Colmenero. 2009b, oct. Design and nutritional properties of potencial functional frankfurters base don lipid formulation, added seaweed and low salt content. *Meat Science* 83: 255 – 262.

López-López, I; S. Cofrades and F. Jiménez-Colmenero. 2009c, sep. Low-fat frankfurters enriched with n-3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil chilled storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. *Meat Science* 83: 148 – 154.

López-López, I.; S. Cofrades; A. Yakan; M.T. Solas and F. Jiménez-Colmenero. 2010. Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat, beef patties as affected by Wakame addition and replacing pork backfat olive oil-in-water emulsion. *Food Research International* 43: 1244 – 1254.

Mercado, P. y G. Vilchis. 2013. La obesidad infantil en México. *Alternativas en Psicología* 28: 49 – 57.

MINEDUC (Ministerio de educación), Chile. 2012. Simce de Educación Física 2012: Preocupantes resultados con importantes brechas entre hombres y mujeres. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.mineduc.cl/index2.php?id\\_seccion=10&id\\_portal=1&id\\_contenido=25249](http://www.mineduc.cl/index2.php?id_seccion=10&id_portal=1&id_contenido=25249)>. Consultado el: 14 de Agosto de 2013.

MINSAL (Ministerio de salud), Chile. 2010a. Encuesta nacional de salud ENS 2009 - 2010. [En-Línea]. Recuperado en: <<http://www.redsalud.gov.cl/portal/url/item/99bbf09a908d3eb8e04001011f014b49.pdf>>. Consultado el: 23 de Octubre de 2013.

MINSAL (Ministerio de salud), Chile. 2010b. Reglamento sanitario de los alimentos. Dto n° 997/96. 182p.

Moure, A.; J. Sineiro; H. Dominguez and J.C. Parajo. 2006, nov. Functionality of oilseed protein products: A review. *Food Research International* 39: 945 – 963.

Muñoz, G. 2008. 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. 51h.

Nam, K. C. and D.U. Ahn. 2003. Use of antioxidants to reduce lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated pork homogenates and patties. *Meat Science* 63(1): 1 – 8.

Naveena, B.M.; S. Vaithiyathan; M. Muthukumar; A.R. Sen; Y. Praveen Kumar; M. Kiran; et al. 2013. Relationship between the solubility, dosage and antioxidant capacity of carnosic acid in raw and cooked ground buffalo meat patties and chicken patties. *Meat Science* 95: 195 – 202.

Norziah, M. and C.H. Ching. 2000, ene. Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgi*. *Food Chemistry*. 68: 69 – 76.

Ogunwolu, S.O.; F.O. Henshaw; H.-P. Mock; A. Santos and S.O. Awonorin. 2009. Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut. *Food Chemistry* 115: 852 – 858.

OMS (Organización mundial de la salud), Italia. 2011. Nota descriptiva N° 311: Obesidad y Sobrepeso. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>>. Consultado el: 23 de Mayo de 2011.

Ortiz, J.; E. Uquiche; P. Robert; N. Romero; V. Quitral and C. Llantén. 2009, abr. Functional and nutritional value of the Chilean seaweeds *Codium fragile*, *Gracilaria*

*chilensis* and *Macrocystis pyrifera*. European Journal of Lipid Science and Technology 111(4): 320 – 327.

Porras, J. 2010. Caracterización del proceso de obtención de aislados de proteína de *lupinus silvestre* del estado de Hidalgo. Tesis Maestría en Ciencias en Bioprocesos. Distrito Federal, México: Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto politécnico nacional. 69p.

Prabhasankar P.; P. Ganesan; N. Bhaskar; A. Hirose; S. Nimishmol; R. Lalitha. et al.. 2009, jul. Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation. Food Chemistry 115(2): 501 – 508.

PROCHILE (Programa de Fomento a las Exportaciones Chilenas), Chile. 2010. Mercado Internacional Código 121220 – Algas. [En línea]. Santiago, Chile. 30 p. Recuperado en: <[http://rc.prochile.gob.cl/sites/rc.prochile.gob.cl/files/documentos/documento\\_01\\_04\\_12171548.pdf](http://rc.prochile.gob.cl/sites/rc.prochile.gob.cl/files/documentos/documento_01_04_12171548.pdf)>. Consultado el: 2 de Julio de 2012

PROCHILE (Programa de Fomento a las Exportaciones Chilenas), Chile. 2011. Mercado Internacional para las Algas. [En línea]. Santiago, Chile. 22 p. Recuperado en: <<http://www.ptiacuicola.cl/em-algas-prochile.pdf>>. Consultado el: 30 de Agosto de 2010

Raghavendra, S.N.; N.K. Rastogi; K.S.M.S. Raghavarao and R.N. Tharanathan. 2004, may. Dietary fiber from coconut residue: effects of different treatments and particle size on the hydration properties. European Food research and Technology 218(6): 563 – 567.

Ramírez, M. 2008. Diversidad de Especies: Algas marinas bentónicas. [En línea]. Recuperado en: <[www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/articulos-45206\\_recurso\\_3.pdf](http://www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/articulos-45206_recurso_3.pdf)>. Consultado el: 13 de Mayo de 2011.

Romero J.B.; R.D. Villanueva and M.N. Montaña. 2008, nov. Stability of agar in the seaweed *Gracilaria eucheumatoides* (Gracilariales, Rhodophyta) during postharvest storage. Bioresource Technology 99(17): 8151 – 8155.

San Martín, V. 2012. 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. 18h.

Sangronis, E.; C. Machado. y R. Cava. 2004, feb. Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Caja cajan*) germinadas. Interciencia 29(2): 80 – 85.

Santelices, B. 1986. Usos y funciones ecológicas de las algas marinas bentónicas. Monografías Biológicas N° 4. Santiago, Chile. 308 p.

Santelices, B. and Ugarte, R. 1987, sep. Production of Chilean *Gracilaria*: Problems and perspectives. Hydrobiologia 152: 295 – 299.

Santelices, B. 1989. Algas marinas de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 399 p.

Selani, M.M.; C.J. Contreras-Castillo; L.D. Shirahigue; C.R. Gallo; M. Plata-Oviedo and N.D. Montes-Villanueva. 2011, jul. Wine industry residues extracts as natural antioxidants in raw and cooked chicken meat during frozen storage. *Meat Science* 88: 397 – 403.

Serdaroglu, M. and O. Degirmencioglu. 2004, oct. Effects of fat level (5%, 10%, 20%) and corn flour (0%, 2%, 4%) on some properties of Turkish type meatballs (koefte). *Meat Science* 68: 291 – 296.

SERNAPESCA (Servicio nacional de pesca), Chile. 2011. [Base de datos en línea]. Recuperado en: <[http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1495:anuario-estadistico-de-pesca-2011](http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=1495:anuario-estadistico-de-pesca-2011)>. Consultado el: 2 de Julio de 2013.

Smith, S.A.; R.E. King and D.B. Min. 2007, ene. Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil. *Food Chemistry* 102(4): 1208 – 1213.

Souza, B.; M.A. Cerqueira; J.T. Martins; M.A.C. Quintas; A.C.S. Ferreira.; J.A. Teixeira; et al. 2011, may. Antioxidant potencial of two red seaweeds from brazilian coasts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(10): 5589 – 5594.

SUBPESCA (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura), Chile. 2013. Alga Pelillo. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.subpesca.cl/institucional/602/w3-article-849.html>>. Consultado el: 29 de Septiembre de 2013.

Talcott, S.T.; Duncan C.E.; D. Del Pozo- Insfran and D.W. Gorbet. 2005, ene. Polyphenolic and antioxidant changes during storage of normal, mid, and high oleic acid peanuts. *Food Chemistry* 89: 77 – 84.

Velis, H. y M. Araya. 2010. Cecinas Informe Anual 2009. Instituto nacional de estadísticas (INE) - Departamento de Estadísticas Agropecuarias. Chile. 46 p.

Whang, K.; E.D. Aberle; M.D. Judge and I.C. Peng. 1986. Antioxidative activity of alpha-tocopherol in cooked and uncooked ground pork. *Meat Science* 17(4): 235 – 249.

Wiencke, C. and M.N. Clayton. 2002. Antarctic seaweeds. J.W. Wagele ed. *Synopsis of the Antarctic Benthos* 9:239.

Yarish, C. and R. Pereira. 2008. Mass production of marine macroalgae. In: Jørgensen S. E. and B. D. Fath Ed. Ecological Engineering. Encyclopedia of Ecology. Amsterdam, The Netherlands. 2236 – 2247.

Zacarías I.; T. Pizarro; L. Rodríguez; D. González. y A. Domper. 2006, oct. Programa <<5 al día>> para promover el consumo de verduras y frutas en Chile. *Revista Chilena de Nutrición* 33(1): 276 – 280.