

Artículo Revisión / Review Article

Algas marinas como ingrediente funcional en productos cárnicos

Seaweed as a functional ingredient in meat products

RESUMEN

Las algas marinas constituyen un valioso recurso para el desarrollo de productos alimenticios gracias a su composición nutricional, contienen alta concentración de proteínas, vitaminas, minerales y fibra dietética, que en el caso de las algas es particularmente rica en fracción soluble. Las algas además contienen componentes beneficiosos para la salud, como ácidos grasos ω -3 y moléculas bioactivas, con actividad antioxidante, antiinflamatoria, anticancerígena y antidiabética. Además, poseen propiedades tecnológicas, por lo que su incorporación en alimentos procesados y especialmente productos cárnicos como salchichas, hamburguesas, emulsiones cárnicas y otras, resulta beneficioso desde el punto de vista tecnológico y sensorial, siempre que se incorpore en una concentración adecuada.

Palabras clave: Algas marinas; Color, Hamburguesas; Salchichas; Sensorial.

ABSTRACT

Seaweed is a valuable resource for food development due to its nutritional composition. It is high in protein, vitamins, minerals and dietary fiber, and particularly rich in soluble fiber. Seaweed also contains components beneficial to health such as ω -3 PUFAs, bioactive molecules with antioxidants, and anti-inflammatory, anticancer, and antidiabetic activity. It also has technological properties, so its incorporation in processed foods and especially meat products such as sausages, hamburgers, meat emulsions and others would be beneficial from the technological and sensorial point of view, if it is incorporated in an adequate concentration.

Key words: Colour; Hamburgers; Seaweed; Sausages; Sensory.

INTRODUCCIÓN

Las algas constituyen un recurso natural presente en las costas de todas las regiones de Chile y que se extrae durante todo el año. El desembarque artesanal del año 2016 fue de 329.707 toneladas. Las regiones con mayores desembarques son Biobío, Los Lagos y Atacama¹. En Chile existen alrededor de 550 especies de algas, que crecen en hábitat bentónico, pero aproximadamente 1% son extensamente conocidas². Dentro de las algas más consumidas en Chile se encuentran

Vilma Quiral¹, María José Jofré¹, Nayadeth Rojas¹,
Natalia Romero¹, Ismael Valdés².

1. Escuela de Nutrición y Dietética. Facultad de Salud.
Universidad Santo Tomás. Santiago, Chile.

2. Escuela de Kinesiología. Facultad de Salud. Universidad Santo Tomás.
Santiago, Chile.

Dirigir correspondencia a: Vilma Quiral.
Escuela de Nutrición y Dietética. Facultad de Salud.
Universidad Santo Tomás.
Avenida Ejército 146, Santiago.
Fono-Fax: 223624815
E-mail: vilmaquiral@santotomas.cl

Este trabajo fue recibido el 02 de mayo de 2018.
Aceptado con modificaciones: 18 de julio de 2018.
Aceptado para ser publicado: 23 de octubre de 2018.

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

Las algas o sus extractos se pueden incorporar como ingredientes en diferente tipo de alimentos, utilizándose como pigmentos, preservantes, mejoradores del valor nutricional, aportadores de compuestos beneficiosos para la salud; además pueden mejorar características tecnológicas de los alimentos procesados (emulsificantes, hidrocoloides), etc.^{5,6}.

Desde el punto de vista nutricional, las algas son bajas en calorías, presentan alta concentración de proteínas, minerales y vitaminas. Contienen además compuestos bioactivos como fibra dietética (F.D.), polifenoles, carotenoides, ácidos grasos

poliinsaturados de cadena larga ω -3. Además, las algas producen una gran variedad de compuestos metabólicos que no son producidos por plantas terrestres⁷. El consumo de algas se asocia con baja incidencia de cáncer y otros potenciales beneficios de salud que incluyen efectos cardioprotector, neuroprotector y antiinflamatorio^{8,9,10}.

En países asiáticos las algas han sido consumidas desde épocas milenarias, éstas se consumen en diversas preparaciones. Mientras que en países occidentales su utilización es menor. La reciente popularidad de sushi y comida asiática en Chile ha estimulado el consumo de algas, además se incorporan en diversas preparaciones tradicionales principalmente en el sur del país, pero aun así su ingesta sigue siendo muy baja.

Gracias a sus propiedades tecnológicas como capacidad de retención de agua, capacidad de gelificación y otras, las algas son un ingrediente ideal para incorporar en productos cárnicos en base a emulsiones^{11,12}.

Contenido de nutrientes y compuestos bioactivos de las algas

Las algas marinas son un grupo diverso de organismos autótrofos, unicelulares o pluricelulares¹³. Se clasifican taxonómicamente en: algas pardas (*phaeophyta*), rojas (*rhodophyta*), verdes (*chlorophyta*) y azul-verde (*cyanophyta*)^{14,15}.

En las algas pardas predominan las xantófilas, específicamente fucoxantinas, que les otorgan el color característico. En las algas rojas, pigmentos ficoeritrina y ficocianina enmascaran otros pigmentos como clorofila y beta-caroteno. Las algas verdes deben su coloración a la presencia mayoritaria de clorofila a y b, beta-caroteno (pigmento amarillo) y diversas xantófilas (pigmentos con tonalidades amarillo o pardo)⁸.

El contenido de proteínas en las algas varía de 10 a 40% b.s. (base seca) y cambia según la estacionalidad y especie de alga, siendo las algas rojas las de mayor contenido proteico¹⁴. El contenido de materia grasa en las algas varía de 1 a 6 g/100g b. s.⁸, contienen ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPI) como EPA y DHA. El índice de insaturación en algas verdes (*chlorophyta*) es de 70,9 a 142, en algas pardas (*phaeophyta*) es mucho mayor, alcanzando valores de 203, mientras que en algas rojas (*rhodophyta*) se ha encontrado un mayor rango, de 91,3 hasta 286. Kumari y cols.¹⁶ determinaron EPA y DHA en diferentes algas, encontrando las concentraciones mayores de EPA en algas rojas, alcanzando una concentración de 37,0% del total de ácidos grasos en el alga *Grateloupia indica*, mientras que en las algas verdes se encontraron las mayores concentraciones de DHA, como el alga *Ulva fasciata* por ejemplo, con una concentración de 6,05% sobre ácidos grasos totales. El consumo de EPA y DHA se relaciona con diversos beneficios para la salud y disminución de riesgo de enfermedades cardiovasculares^{17,18}. Las algas son, además, fuente de vitaminas tales como A, B₁, B₂, C, D y E, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y ácido fólico, además de minerales como Ca, P, K^{8,14}.

Las algas rojas y verdes son ricas en hidratos de carbono, mientras que las algas pardas son ricas en fibra dietética soluble

y yodo, alcanzando este último valor de 1500 a 8000 ppm en *Laminaria*⁸. Además de tener alta concentración de FD, la proporción de fibra soluble en algas es muy alta, al igual que la relación FS/FI (fibra soluble/fibra insoluble), llegando a valores superiores a 2 en algunas algas españolas, valores que no se encuentran en vegetales terrestres^{4,19,20}. La FD es un compuesto de gran importancia en salud, su consumo se relaciona con disminución del tiempo de tránsito intestinal e incremento del volumen de heces, disminución de los niveles sanguíneos de colesterol, glucosa y/o insulina en la sangre, se asocia con reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer^{21,22,23}.

Hay algunas especies de algas que contienen polisacáridos, glicoproteínas y otros metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana y antiviral^{24,25}. Existen polisacáridos sulfatados en las algas marinas que poseen actividad anticoagulante, antitumoral y antioxidante⁸.

Las algas contienen carotenoides, tocoferoles, esteroides y polifenoles^{2,4,7,26,27}. Dentro de los polifenoles se encuentran los florotaninos con actividad anti-diabética, antioxidante y anticancerígena²⁸.

De acuerdo a muchas investigaciones, existe un potencial efecto beneficioso para la salud en el consumo de algas, tanto en control de peso y salud digestiva como disminución del riesgo de enfermedades crónicas (cáncer, diabetes, osteoporosis y cardiovasculares)^{15,28,29,30,31,32}.

Propiedades tecnológicas de las algas

La incorporación de algas como ingrediente en alimentos, afecta positivamente la textura y palatabilidad ya que sus proteínas contribuyen con la solubilidad, capacidad de retención de agua y de aceite, actividad emulsionante, habilidad y estabilidad de espumas, viscosidad y gelificación, además el contenido de FD que es alto en algas complementa estas propiedades tecnológicas^{10,33}. La FD además permite que los alimentos en que se incorpora como ingrediente mejoren su rendimiento de cocción, textura, unión grasa/agua, estabilidad de emulsión y disminuyen los costos en las formulaciones de productos cárnicos^{34,35,36,37}. Junto a las proteínas y FD, los hidrocoloides de algas que son numerosos y diversos, contribuyen con sus funciones físicas en la estabilización de emulsiones, suspensiones y espumas, además de control de crecimiento de cristales. Los hidrocoloides de algas se encuentran en la pared celular y los más conocidos son agar, alginatos y carrageninas³⁸.

Existen estudios científicos que examinan la funcionalidad de algas en productos cárnicos procesados, como hamburguesas, salchichas y emulsiones cárnicas que han mostrado múltiples beneficios desde el punto de vista tecnológico. Las algas pueden influir en el pH debido a componentes ácidos como fucooidanos y ácido algínico; en la estabilidad gracias a los antioxidantes que retardan el enranciamiento de los productos³³. Como las algas son ricas en sales minerales, al incorporarlas en cecinas, la adición de sal se puede disminuir³⁹.

El consumo de cecinas se asocia a mayor riesgo de padecer diferente tipo de enfermedades (cardíacas,

hipertensión, obesidad, cáncer), por lo que el desafío es lograr una mejor imagen para estos productos, siendo la incorporación de ingredientes más saludables o “funcionales” una oportunidad para ello, puesto que, además de hacer a las cecinas más atractivas para los consumidores, se logran objetivos tecnológicos, como mayores rendimientos y mejores propiedades físicas (firmeza, masticabilidad, retención de agua, etc.)³⁸.

Uso de algas como ingredientes en preparaciones cárnicas

Las algas se han incorporado en alimentos como hamburguesas, salchichas y emulsiones cárnicas. La tabla 1 presenta estudios realizados en productos cárnicos elaborados con algas, sus concentraciones y principales efectos en el producto final. Las concentraciones que se utilizan en los estudios son variables, desde 0,01% hasta 40%. La mayoría de los estudios utiliza el alga *H. elongata* (Espaguete de mar) y en segundo lugar *U. pinnatifida* (Wakame), ambas corresponden a algas pardas. En 11 estudios presentados en la tabla 1 se utilizó el alga seca y molida, y 2 trabajaron con extractos. En el caso de algas secas y molidas, Cox & Abu-Ghannam⁴⁰ las deshidrataron a 40 °C por 2 horas; otros autores las adquirieron secas y las molieron pasándolas por tamiz con apertura de 0.25 mm⁴¹.

La tabla 2 presenta la composición química de las algas utilizadas como ingredientes en los estudios revisados.

Al incorporar algas en productos cárnicos como hamburguesas y salchichas, que corresponden a emulsiones, se modifican características físicas de los productos, así como propiedades sensoriales y nutritivas.

El rendimiento de cocción de estos productos, es decir el porcentaje de variación de peso después de la cocción respecto al producto crudo, está relacionado con la capacidad de retención de agua y de aceite, además de la estabilidad de la emulsión. En la tabla 3 se presentan datos de porcentaje de pérdida por cocción. Al incorporar *L. japonica* en dosis de 1 a 3%, se produce un aumento de estas propiedades, al igual que con incorporación de 3% de *U. pinnatifida*^{11,42,43}. Por el contrario, 3,3% de *H. elongata* produce disminución del rendimiento de cocción y baja estabilidad de la emulsión. En el estudio se reemplazó grasa por gel de Konjac en un 50 y 91% y se redujo el contenido de sal, al reducir éste se produce menor solubilidad de proteínas, las que están relacionadas con la capacidad de retención de agua y de aceite, lo que pudo afectar finalmente el rendimiento de cocción³⁵; sin embargo con 3,4% de alga, la capacidad de retención de agua y de aceite aumentaron en una pasta de carne, en que también se reemplaza parte de la materia grasa por gel de Konjac, pero se incluye tripolifosfato de sodio dentro de los ingredientes³⁴. Con 5% de incorporación también mejora la estabilidad de la emulsión y los parámetros de textura como firmeza, elasticidad, masticabilidad y cohesividad⁴¹. *H. elongata* contiene alginatos que forman enlaces con moléculas de agua y adsorben aceite, de tal manera que restringen la movilidad molecular de agua y aceite³⁴.

A las algas se les atribuye efecto antioxidante, el que se ha demostrado en aceites durante el almacenamiento⁴⁴ por lo que ha sido un parámetro evaluado en los productos cárnicos que contienen algas. Sin embargo, al adicionar extractos de laminarina y fucoidano de *L. digitata* en hamburguesas de cerdo, se produjo un efecto prooxidante durante el almacenamiento de las hamburguesas crudas llegando a valores 1,380 mg MDA/kg el día 14 de almacenamiento a 4 °C mientras que la muestra control alcanzó 0,374 mg MDA/kg en las mismas condiciones. Los autores atribuyen el efecto pro-oxidante a minerales presentes en los extractos, principalmente hierro y cobre. En los productos cocidos se produciría efecto antioxidante gracias a los productos de la reacción de Maillard (melanoidinas)³³; en cambio al adicionar extractos de *U. lactuca* y *U. rigida* al 1% disminuyó la oxidación lipídica en el mismo tipo de producto⁴⁵.

Diversas investigaciones han determinado que las algas presentan efecto antimicrobiano⁴⁶, sin embargo, el estudio realizado en hamburguesas de vacuno con incorporación de *U. pinnatifida* 3% mostró que la adición del alga produjo mayores recuentos que la muestra control¹¹. En el caso de la incorporación de *H. elongata* en las hamburguesas, se produjo un efecto antimicrobiano muy fuerte ya que en las muestras que contenían 20, 30 y 40% de alga en su formulación no se produjo crecimiento de bacterias durante el almacenamiento de 30 días a 4° C. Sólo en el caso de la muestra que contenía 10% del alga, se produjo crecimiento bacteriano en el día 30⁴⁰.

El color de los productos cárnicos se ve afectado al incorporar algas. Al medir instrumentalmente por el sistema CIELAB, en casi todos los estudios que se presentan en que se utilizaron algas pardas, se produjo disminución de luminosidad y tonos rojos (L* y a* respectivamente), y aumento de tonos amarillos (b*), lo que significa que son más oscuras y pardas^{12,35,47}. Solo *P. umbilicalis* que es un alga roja, mantiene el tono amarillo sin variación en una emulsión cárnica al adicionarse en 2,5 y 5%⁴¹.

La calidad sensorial se evaluó mediante diferentes pruebas en los estudios presentados, y los resultados son muy variables. En hamburguesas de cerdo a las que se les adicionó un extracto de laminarina y fucoidano de *L. digitata* en distintas concentraciones, se evidenció mayor preferencia por los productos que contenían 0,01% de extracto³³; por otra parte al adicionar *L. japonica* en salchichas de cerdo, la aceptabilidad sensorial no varió respecto a la muestra control cuando se incorporó en dosis de 1, 2 y 3%, sin embargo el adicionarse en una dosis de 4% la aceptabilidad sensorial disminuyó⁴²; en cambio en hamburguesas de cerdo reducidas en grasa, la aceptabilidad aumenta al adicionarse hasta en un 5%, no obstante la mayor aceptabilidad sensorial se obtuvo con dosis de 1 y 3%¹². En hamburguesas que contenían aceite de oliva en sustitución parcial y total de grasa de cerdo y 3% de *U. pinnatifida* no se encontraron diferencias en la calidad sensorial respecto a la muestra sin alga, en este caso se trabajó con un panel entrenado que evaluó distintos descriptores como apariencia, sabor, firmeza, jugosidad y calidad general mediante escala no estructurada⁴³.

Tabla 1. Estudios realizados en productos cárnicos con incorporación de algas.

Producto	Forma de incorporación y alga incorporada	Concentración	Resultado	Ref.
Hamburguesas de cerdo	Extracto de laminarina y fucoidano de <i>Laminaria digitata</i>	0.01% 0.1% 0.5%	Extracto 0.5% tiene efecto prooxidante durante el almacenamiento (TBARs). Los extractos disminuyen la tonalidad roja de las hamburguesas. No tienen efecto en la carga microbiana, pH, capacidad de retención de agua y pérdidas por cocción. Mayor preferencia sensorial hamburguesas con 0.01% de extracto.	33
Hamburguesas de cerdo	Extractos de <i>Ulva lactuca</i> <i>Ulva rigida</i>	0.1%	Menor oxidación lipídica que control (TBARs).	45
Salchichas de cerdo	<i>Laminaria japónica</i> Seca y molida	1% 2% 3% 4%	Aumentó contenido de cenizas El pH, luminosidad, tonos rojos disminuyeron, tanto en hamburguesas crudas como cocidas. Tonalidad amarilla aumentó. Menor pérdida por cocción. Aumentó firmeza y masticabilidad. Aceptabilidad sensorial no varió con 1, 2 y 3% y disminuyó con 4%.	42
Hamburguesa de cerdo reducidas en grasa	<i>Laminaria japónica</i> (Kombu) Seca y molida	1% 3% 5%	Respecto a hamburguesa control: Disminuyó el contenido de materia grasa y valor energético; aumentó el contenido de fibra dietética. Menor pérdida por cocción, menor reducción de diámetro y espesor. Luminosidad y tonalidad roja disminuye; aumenta tonalidad amarilla. Mejores atributos de textura: firmeza, elasticidad, masticabilidad. Aceptabilidad sensorial aumenta, siendo mejor evaluadas las muestras con 1 y 3% adición de alga.	12
Hamburguesa de cerdo	<i>Undaria pinnatifida</i> (Wakame) Seca y molida	3%	Pérdidas de agua en la descongelación y cocción son inferiores que la muestra control, hay mayor retención de agua y menor contenido energético. Aumentó contenido de EPA y de PUFA ω -3; disminuye la relación ω -6/ ω -3.	43
Hamburguesa de carne	<i>Undaria pinnatifida</i> (Wakame) Seca y molida	3%	Disminuye pérdida por cocción. Textura más suave. Aumentó la concentración de minerales: calcio, magnesio, potasio, sodio. Recuento de microorganismos aumentó al adicionar alga. Oxidación lipídica aumentó con alga, y disminuyó con alga y sustitución de aceite de oliva (TBARs). Calidad sensorial no presenta diferencias con muestra control.	11
Salchicha de cerdo reducidas en sal y materia grasa	<i>Himanthalia elongata</i> (Spaghetti de mar) Seca y molida	3.3%	Respecto a salchicha control: Aumentó contenido de humedad y proteínas; disminuye aporte de grasa y calorías. Aumentó pérdida por cocción y disminuyó estabilidad de la emulsión. Se redujo tonalidades rojas y luminosidad; incremento de tonalidad amarilla. Aceptabilidad sensorial disminuyó significativamente.	35
Pasta de carne	<i>Himanthalia elongata</i> (Espagueti de mar) Seca y molida	3.4%	Fortalece capacidad de retención de agua y de aceite. Aumenta la firmeza y masticabilidad. Impide la desnaturalización de fracciones proteicas.	34
Emulsión cárnica reducida en sal	<i>Himanthalia elongata</i> (Espagueti de mar) <i>Undaria pinnatifida</i> (Wakame) <i>Porphyra umbilicalis</i> (Nori) Seca y molida	2.5% 5%	Respecto a muestra control: Disminuye luminosidad y tonalidad roja, aumenta amarilla. Mejora la estabilidad de emulsión principalmente con algas <i>H. elongata</i> y <i>U. pinnatifida</i> y 5% de incorporación. Mejoró la textura porque aumentó firmeza, elasticidad (con 5% de alga) y masticabilidad; disminuyó cohesividad.	41

...Continuación Tabla 1.

Producto	Forma de incorporación y alga incorporada	Concentración	Resultado	Ref.
Salchicha de cerdo	<i>Himanthalia elongata</i> (Espagueti de mar) Seca y molida	5%	Menor pérdida de peso en el proceso y durante el almacenamiento. Mejora la firmeza y masticabilidad. Se reduce la elasticidad y cohesividad. Luminosidad y tono rojo es menor; aumenta tonalidad amarilla. Aceptabilidad sensorial es menor, por su sabor.	47
Salchicha de cerdo	<i>Himanthalia elongata</i> (Espagueti de mar) Seca y molida	5.5%	Aumento de K y Ca Disminución de nitrito residual	53
Pasta de carne de cerdo reducidas en sal	<i>U.pinnafitida</i> (Wakame) <i>H. elongata</i> (Espagueti) <i>P.umbilicalis (Nori)</i> Seca y molida	5,6%	Aumentaron PUFA ω -3. Menor relación ω -6/ ω -3. Disminuyó significativamente la concentración de sodio, y aumentó en K, Ca, Mg, Mn. Aumentó contenido de polifenoles y capacidad antioxidante.	52
Hamburguesas de vacuno	<i>H. elongata</i> Seca y molida	10% 20% 30% 40%	Respecto a muestra control: Menor recuento microbiológico y oxidación lipídica (TBARs). Aumenta luminosidad y tono amarillo, disminuye tono rojo. Aceptabilidad sensorial fue mayor. Aumenta contenido de FD., fenoles totales y capacidad antioxidante.	40

Tabla 2. Composición química (g/100g b.s.) de algas utilizadas en los estudios revisados.

Alga	Clasificación	Proteínas	Grasa	Hidratos de carbono	Fibra dietética Total	Fibra dietética soluble	Fibra dietética insoluble	Ref.
<i>Laminaria digitata</i> (Kombu)	Parda	5,79	0,57	s/i	s/i	s/i	s/i	58
<i>Laminaria japónica</i> (Kombu)	Parda	25,7	0,79	s/i	30,23	17,12	13,11	19
<i>Himanthalia elongata</i> (Espagueti de mar)	Parda	4,84	1,32	s/i	50,31	24,37	25,94	41
<i>Undaria pinnafitida</i> (Wakame)	Parda	11,93	0,88	s/i	40,95	12,53	28,42	41
<i>Ulva lactuca</i> (Lechuga de mar)	Verde	27,2	0,3	61,5	60,5	27,2	33,3	4
<i>Ulva rigida</i>	Verde	7,31	0,80	s/i	s/i	s/i	s/i	59
<i>Porphyra umbilicalis</i> (Nori)	Roja	39,01	0,34	s/i	35,46	21,22	14,24	41

Tabla 3. Pérdidas por cocción en productos cárnicos con incorporación de algas.

Producto	Alga incorporada	Concentración de alga	% pérdida por cocción	Ref.
Hamburguesas de cerdo	Extracto de laminarina y fucoídano de <i>Laminaria digitata</i>	0.01% 0.1% 0.5%	Control = 31.99 T0.01% = 32.29 T 0.1% = 32.05 T0.5% = 31.36	33
Salchichas de cerdo	<i>Laminaria japonica</i>	1% 2% 3% 4%	Control = 11.26 T1% = 9.16 T2% = 8.67 T3% = 7.60 T4 % = 6.74	42
Hamburguesa de cerdo	<i>Laminaria japónica</i> (Kombu)	1% 3% 5%	Control = 34.64 T1% = 19.01 T3% = 17.86 T5% = 13.78	12
Hamburguesa de cerdo	<i>Undaria pinnatifida</i> (Wakame)	3%	Control = 34.34 T3% = 21.08	43
Hamburguesa de carne	<i>Undaria pinnatifida</i> (Wakame)	3%	Control = 34.34 T3% = 21.08	11
Salchicha de cerdo	<i>Himanthalia elongata</i> (Spaghetti de mar)	3.3%	Control = 20.1 T3.3% = 25.4	35
Hamburguesas de vacuno	<i>Himanthalia elongata</i>	10% 20% 30% 40%	Control = 40.3 T10% = 34.8 T20% = 34.3 T30% = 34.2 T40% = 33.9	40

En los estudios en que se incorpora *H. elongata* los resultados son contradictorios. Al incorporar el alga en 3,3% en salchichas reducidas en grasa y baja en sal³⁵, la aceptabilidad disminuye significativamente, los evaluadores detectaron “sabor a alga” y “mal sabor”. Al adicionar la misma alga en salchichas de cerdo bajas en grasa en dosis de 5%, los evaluadores detectaron “mal sabor”, “más dureza” y la aceptabilidad general tuvo un valor de 4 en una escala de 9 puntos⁴⁷. En cambio, en hamburguesas de vacuno la aceptabilidad fue significativamente mayor en muestras adicionadas de 20 y 40% de alga respecto a la muestra control, la textura y sabor fueron mayores también, mientras que la apariencia y aroma fueron menores⁴⁰; en este estudio se aplicó una escala de 5 puntos, que no logra discriminar como una escala de 9 puntos, además se contó con un número de evaluadores muy bajo para este tipo de prueba⁴⁸. Es necesario considerar las limitaciones asociadas con características sensoriales (apariencia, sabor, color, etc.) que implica la incorporación de algas en productos cárnicos⁴⁹ por lo que se deben aplicar pruebas sensoriales adecuadas^{50,51}.

La incorporación de algas en productos cárnicos permite

mejorar la calidad nutricional y disminuir el aporte energético. La concentración de minerales aumenta significativamente, como se presenta en la tabla 4^{11,52,53}.

López-López y cols.⁵³, determinaron nitrito residual en salchichas, el valor disminuyó en 26% cuando se elaboraron con 5,5% de alga *H. elongata*. El nitrito residual es muy importante ya que tiene implicancias en la salud humana, por la posible formación de nitrosaminas, consideradas cancerígenas^{54,55}.

Los estudios revisados muestran un significativo aumento de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga ω -3 al incorporar algas en los productos cárnicos (aumentos desde 35 a 164%) y disminución de la relación ω -6/ ω -3 (de 7 a 4, 5 y 3 al adicionar *P. umbilicalis*, *U. pinnatifida* y *H. elongata* respectivamente)^{41,52}.

De los estudios presentados en la tabla 1, dos determinaron el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante. Lopez-Lopez y cols.⁵² encontraron concentraciones de 820, 2170 y 2570 mg AGE/100g de muestra para emulsiones cárnicas con 5,6% de *U. pinnatifida*, *P. umbilicus* y *H. elongata* respectivamente. Valores más altos a los que se encontraron en salchichas formuladas con

Tabla 4. Contenido de minerales en productos cárnicos con incorporación de algas, expresados en mg/100g.

Estudio		Ca	Mg	Mn	K	Fe	Zn	Ref.
Pasta de carne de cerdo	Control	4.40 ^a	16.49 ^a	< 0.03	243.7 ^a	0.855 ^a	1.50 ^a	52
	5.6% Porphyra	13.40 ^a	36.63 ^d	0.188 ^a	399.0 ^c	3.39 ^b	1.65 ^a	
	5.6% Undaria	58.63 ^b	71.43 ^c	0.031 ^b	522.7 ^{bc}	0.799 ^a	1.60 ^a	
	5.6% Himanthalia	54.30 ^b	54.59 ^b	0.233 ^c	625.1 ^b	0.698 ^a	1.69 ^a	
Salchicha de cerdo	Control	10.0 ^a	-	-	249.3 ^a	-	-	53
	5.5% Himanthalia	62.7 ^b	-	-	896.6 ^b	-	-	
Hamburguesa de carne	Control	6.48 ^a	18.68 ^a	-	264.25 ^a	-	-	11
	3% Undaria	43.40 ^b	59.85 ^c	-	547.45 ^b	-	-	

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

25% de nueces, en que se alcanzó una concentración de 560 mg AGE/100g de muestra⁵⁶. Los autores aplicaron el método de Saura-Calixto⁵⁷ que permite cuantificar polifenoles extraíbles y no-extraíbles. La capacidad antioxidante fue muy alta en las tres emulsiones cárnicas, siendo mayor en el producto con *H. elongata* con 3,39 $\mu\text{mol eq. Trolox/g}$ muestra. Cox y Abu-Ghannam cuantificaron polifenoles totales y capacidad antioxidante por método DPPH en muestras de hamburguesas con 10, 20, 30 y 40% de *H. elongata* y durante el almacenamiento a 4°C por 30 días. El contenido de polifenoles totales fue proporcional al porcentaje de alga incorporada en las hamburguesas, con valores en el rango de 7,05 a 28,11 mg AGE/ 100g de muestra base húmeda⁴⁰, en este caso se utilizó el método que cuantifica solo polifenoles extraíbles.

CONCLUSIÓN

Según la revisión de los estudios se concluye que es factible la incorporación de algas en productos cárnicos, lográndose beneficios desde el punto de vista nutricional, tecnológico y de estabilidad oxidativa y permite disminuir la concentración de nutrientes críticos como grasa saturada y sal. La mayoría de los estudios usaron concentraciones de 1 a 5.6% y solo un estudio utiliza concentraciones mayores, hasta 40%. Se debe considerar la calidad sensorial como el punto más sensible, por lo que se debe evaluar correctamente para definir la concentración de algas que se pueden incorporar en las formulaciones de productos cárnicos.

Los estudios trabajaron con algas que no se producen en Chile, por lo que sería un gran desafío utilizar las algas extraídas en las costas nacionales para investigar su efecto en productos cárnicos.

BIBLIOGRAFIA

1. Sernapesca, 2016. http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_remository &Itemid=246&func=startdow

n&id=26160

- Ortiz J, Uquiche E, Robert P, Romero N, Quiral V, Llantén C. Functional and nutritional value of the Chilean seaweeds *Codium fragile*, *Gracilaria chilensis* and *Macrocystis pyrifera*. *Eur J Lipid Sci Technol* 2009; 111: 320-327.
- Cortes M, Emery F, Avila M, Rodríguez D, Vásquez S, Riquelme R. La Huerta del Mar. Universidad Santo Tomás. Centro CAPIA. 2012.
- Ortiz J, Romero N, Robert P, Araya J, Lopez-Hernández J, Bozzo C, Navarrete E, Osorio A, Ríos A. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chem* 2006; 99: 98-104.
- Barba FJ. Microalgae and seaweeds for food applications: Challenges and perspectives. *Food Res* 2017; 99: 969-970.
- Quiral R, Morales C, Sepúlveda M, Schwartz M. Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Rev Chil Nutr* 2012; 39(4): 196-202.
- Plaza M, Cifuentes A, Ibáñez E. In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Sci Tech* 2008; 19: 31-39.
- Gupta S, Abu-Ghannam N. Bioactive potential and possible health effects of edible Brown seaweeds. *Trends in Food Sci Tech* 2011; 22: 315-326.
- Cian R, Caballero MS, Sabbag N, González R, Drago SR. Bioaccessibility of bioactive compounds from extruded maize products added with a red seaweed *Porphyra columbina*. *LWT- Food Sci Tech* 2014; 55: 51-58.
- Rioux L-E, Beaulieu L, Turgeon S. Seaweeds: A traditional ingredients for new gastronomic sensation. *Food Hydrocolloids* 2017; 68:255-265.
- López-López I, Cofrades S, Yakan A, Solas MT, Jiménez-Colmenero F. 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 Res Int* 2010; 43: 1244-1254.
- Choi Y.S, Han D.J, Kim H.Y, Kim H.W. Effects of *Laminaria japonica* on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties. *Meat Sci* 2012; 91: 1-7.
- Santelices B. Seaweed from Chile (Algas marinas de Chile).

Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 1989.

14. Mendis E, Kim S. Present and Future Prospects of Seaweeds in Developing Functional Foods. *Adv Food Nutr Res* 2011; 64: 1-15.
15. Rajapakse N, Kim S. Nutritional and digestive health benefits of seaweeds. *Adv Food Nutr Res* 2011; 64: 17-28.
16. Kumari P, Kumar M, Gupta V, Reddy C.R.K, Jha B. Tropical marine macroalgae as potential sources of nutritionally important PUFAs. *Food Chem* 2010; 120: 749-57.
17. Sun GY, Simonyi A, Fritsche K, Ghuang D, Hannink M, Gu Z, Greenlief CM, Yao J, Lee J, Beversdorf D. Docosahexaenoic acid (DHA): An essential nutrient and a nutraceutical for brain health and diseases. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 2017; Mar 10. pii: S0952-3278(16)30213-7. doi: 10.1016/j.plefa.2017.03.006
18. Lopez-Huertas E. Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks. A review of intervention studies. *Pharmacol Res* 2010; 61: 200-207.
19. Gómez-Ordóñez E, Jiménez-Escrig A, Rupérez P. Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spanish coast. *Food Res Int* 2010; 43: 2289-94.
20. Dawczynski C, Schubert R., Jahreis G. Amino acids, fatty acids and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chem* 2007; 103: 891-899.
21. Cox S, Gupta S, Abu-Ghannam N. Effect of different rehydration temperatures on the moisture, content of phenolic compounds, antioxidant capacity and textural properties of edible Irish Brown seaweed. *LWT - Food Sci Technol* 2012; 47: 300-307.
22. Lopes G, Sousa C, Bernardo J, Andrade P, Valentao P. Sterol profiles in 18 macroalgae of the portuguese coast. *J Phycol.* 2011; 47: 1210-1218.
23. Brown E, Allsopp P, Magee P, Gill C, Nitecki S, Strain C, McSorley E. Seaweed and human health. *Nutr Rev* 2014; 72(3): 205-216.
24. Gupta S, Rajauria G, Abu-Ghannam N. Study of the microbial diversity and antimicrobial properties of Irish edible brown seaweeds. *J Food Sci and Technol* 2010; 45(3): 482-489.
25. Artan M, Li Y, Karadeniz F, Lee S H, Kim M M, Kim S K. Anti-HIV-1 activity of phloroglucinol derivative, 6,6'-bieckol, from *Ecklonia cava*. *Bioorganic Med Chem* 2008; 16: 7921-7926.
26. Codex Alimentarius. Commission. Report of the 30th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses (CNFSDU and WHO/FAO). ALINORM 09/32/26. 2008; 27-54. p. 26, 31 and annex I.
27. Henare SJ, Rutherford S. Digestion of Kiwifruit Fiber. *Adv Food Nutr Res* 2013; 68: 187-203.
28. Kim Y, Je Y. Dietary fibre intake and mortality from cardiovascular disease and all cancers: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Arch Cardiovasc Dis* 2016; 109: 39-54.
29. Gómez-Gutierrez C, Guerra-Rivas G, Soria-Mercadol, Ayala-Sánchez N. Marine Edible Algae as Disease Preventers. *Adv Food Nutr Res* 2011; 64: 29-39.
30. Venkatesan J, Kim S. Osteoporosis Treatment: Marine Algal Compounds. *Adv Food Nutr Res* 2011; 64: 417-427.
31. Nguyen MHT, Jung WK, Kim S-K. Marine Algae Possess Therapeutic Potential for Ca-Mineralization via Osteoblastic Differentiation. *Adv Food Nutr Res* 2011; 64: 429-441.
32. Kim MS, Kim JY, Choi W, Lee SS. Effects of seaweed supplementation on blood glucose concentration, lipid profile, and antioxidant enzyme activities in patients with type 2 diabetes mellitus. *Nutr Res Pract* 2008; 2(2): 62-67.
33. Moroney NC, O'Grady MN, O'Doherty JV, Kerry JP. Effect of Brown seaweed (*Laminaria digitata*) extract containing laminarin and fucooidan on the quality and shelf-life of fresh and cooked minced pork patties. *Meat Sci* 2013; 94: 304-311.
34. Fernández-Martín F, López-López I, Cofrades S, Jiménez Colmenero F. Influence of adding Sea Spaghetti seaweed and replacing the animal fat with olive oil or a konjac gel on pork meat batter gelation. Potential protein/alginate association. *Meat Sci* 2009; 83: 209-217.
35. Jimenez-Colmenero F, Cofrades S, López-López I, Ruiz-Capillas C, Pintado T, Solas M T. Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. *Meat Sci* 2010; 84: 356-363.
36. Jiménez Colmenero F, Ayo MJ, Carballo J. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. *Meat Sci* 2005; 69: 781-788.
37. De Escalada Pla M, González P, Sette P, Portillo F, Rojas AM, Gerschenson L. Effect of processing on physico-chemical characteristics of dietary fibre concentrates obtained from peach (*Prunus persica* L.) peel and pulp. *Food Res Int* 2012; 49: 184-192.
38. Roohinejad S, Koubaa M, Barba FJ, Saljoughian S, Amid M, Greiner R. Application of seaweeds to develop new food products with enhanced shelf-life, quality and health-related beneficial properties. *Food Res Int* 2017; 99: 1066-1083.
39. Cofrades S, López-López I, Ruiz-Capillas C, Triki M, Jiménez-Colmenero F. Quality characteristics of low-salt restructured poultry with microbial transglutaminase and seaweed. *Meat Sci* 2011; 87: 373-380.
40. Cox S, Abu-Ghannam N. Enhancement of the phytochemical and fibre content of beef patties with *Himanthalia elongata* seaweed. *Int J Food Sci Technol* 2013; 48: 2239-2249.
41. Cofrades S, López-López I, Solas MT, Bravo L, Jiménez-colmenero F. Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. *Meat Sci* 2008; 79: 767-776.
42. Kim HW, Choi JH, Choi YS, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Kim SY, Kim CJ. Effects of Sea Tangle (*Lamina japonica*) Powder on Quality Characteristics of Breakfast Sausages. *Korean J Food Sci Ani Resour* 2010; 30(1): 55-61.
43. López-López I, Cofrades S, Cañeque V, Díaz MT, López O, Jiménez-Colmenero F. Effect of cooking on the chemical composition of low-salt, low-fat Wakame/olive oil added beef patties with special reference to fatty acid content. *Meat Sci* 2011; 89: 27-34.
44. Agregán R, Muneakata PE, Domínguez R, Carballo J, Franco D, Lorenzo JM. Proximate composition, phenolic content and in vitro antioxidant activity of aqueous extracts of the seaweeds *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria bifurcata* and *Fucus vesiculosus*. Effect of addition of the extracts on the oxidative stability of canola oil under accelerated storage conditions. *Food Res Int* 2017; 99: 986-994.
45. Lorenzo JM, Sineiro J, Amado IR, Franco D. Influence of natural extracts on the shelf life of modified atmosphere-packaged pork patties. *Meat Sci* 2014; 96: 526-534.
46. Swamy A. Marine Algal Sources for treating bacterial diseases. *Adv Food Nutr Res* 2011; 64: 71-84.
47. López-López I, Cofrades S, Jiménez-Colmenero F. 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 Sci* 2009; 83:

- 148-154.
48. Hough G, Wakeling I, Mucci A, Chambers E, Méndez-Gallardo I, Rangel-Alves L. Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Qual Prefer* 2006; 17: 522-526.
 49. Cofrades S, Benedí J, Garcimartin A, Sanchez-Muniz FJ, Jimenez-Colmenero F. A comprehensive approach to formulation of seaweed-enriched meat products: From technological development to assessment of healthy properties. *Food Res Int* 2017; 99: 1084-1094.
 50. Stone H, Bleibaum R, Thomas HA. *Sensory Evaluation Practices*. 4th Edition. Elsevier Inc. 2012.
 51. Varela P, Ares G. *Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling*. CRC Press. 2014.
 52. López-López I, Bastida S, Ruiz-Capillas C, Bravo L, Larrea M T, Sánchez-Muniz F, Cofrades S, Jiménez-Colmenero F. Composition and antioxidant capacity of low-salt meat emulsion model systems containing edible seaweeds. *Meat Sci* 2009; 83: 492-498.
 53. López-López I, Cofrades S, Ruiz-Capillas C, Jiménez-Colmenero F. Design and nutritional properties of potential functional frankfurters base on lipid formulation, added seaweed and low salt content. *Meat Sci* 2009; 83: 255-262.
 54. Herrmann SS, Duedahl-Olesen L, Granby K. Occurrence of volatile and non-volatile N-nitrosamines in processed meat products and the role of heat treatment. *Food Control* 2015; 48: 163-169.
 55. Bedale W, Sindelar JJ, Milkowski AL. Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risk, and involving perceptions. *Meat Sci* 2016; 120: 85-92.
 56. Ayo J, Carballo J, Serrano J, Olmedilla-Alonso B, Ruiz-Capillas C, Jiménez-Colmenero F. Effect of total replacement of pork back fat with walnut on the nutritional profile of frankfurters. *Meat Sci* 2007; 77: 173-181.
 57. Saura-Calixto F. Antioxidant Dietary Fiber Product: A New Concept and a Potential Food Ingredient. *J Agric Food Chem* 1998; 46: 4303-4306.
 58. Peinado I, Girón J, Koutsidis G, Ames JM. Chemical composition, antioxidant activity and sensory evaluation of five different species of Brown edible seaweeds. *Food Res Int* 2014; 66: 36-44.
 59. Frikha F, Kammoun M, Hammami N, Ben Rebah. Chemical composition and some biological activities of marine algae collected in Tunisia. *Cienc Mar* 2011; 37(2): 113-124.