

Innovación en el uso de las microalgas en termalismo

Lourdes MOURELLE⁽¹⁾, Carmen P. GÓMEZ⁽¹⁾, José Luís LEGIDO⁽¹⁾, Nicolás LEGIDO⁽¹⁾

⁽¹⁾Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Campus Lagoas-Marcosende, Universidad de Vigo, Vigo, España
lmourelle@uvigo.es

Recibido: 15-01-15

Aceptado: 01-04-15

Resumen

Introducción y objetivos: Desde hace algunos años las microalgas se vienen utilizando en distintos ámbitos como nutrición, cosmética, farmacología, etc. Su aprovechamiento como recurso terapéutico puede tener un importante futuro en la cura marina y la terapia termal, debido a las diferentes propiedades que poseen. Además, con el incremento del interés por la utilización de productos naturales en la sociedad, el uso de las microalgas puede llegar a ser un área importante de desarrollo en los centros termales y de talasoterapia.

Las microalgas marinas son una fuente de vitaminas, pigmentos, proteínas y otras sustancias de interés para el cuidado de la piel de manera que podrían utilizarse en el tratamiento de algunas dermatosis como la psoriasis y el acné, y también en otras alteraciones estéticas, como la celulitis, piel seca, etc.

Para su uso en termalismo es importante la utilización de productos de calidad contrastada y caracterizados desde el punto de vista físico-químico, así como de su aplicación.

El objetivo de este trabajo es comparar las propiedades termofísicas y la evaluación de parámetros cutáneos (como la hidratación, la elasticidad y la fatiga) de diferentes peloides: con microalgas y sin microalgas.

Métodos: El material es un peloide elaborado a partir de una mezcla de arcilla y agua; a una parte de la mezcla se le ha adicionado microalgas a diferentes proporciones.

Para la caracterización termofísica se ha determinado la densidad, el calor específico y la conductividad térmica, comparando los peloides con y sin microalgas.

Posteriormente se han realizado pruebas de biometrología cutánea, analizando el grado de hidratación, la elasticidad y la fatiga.

Resultados y conclusiones: El estudio de las propiedades termofísicas y la evaluación de la aplicación del peloide sobre la piel han mostrado que la mezcla de peloide con microalgas posee un mejor comportamiento térmico que el peloide sin microalga, y que mejoran asimismo los parámetros biofísicos de la piel, en especial cuando la hidratación y la elasticidad son más bajas, que es cuando se obtienen los porcentajes de mejoría mayores.

Palabras claves: peloides, microalga, termalismo, propiedades termofísicas, biometrología cutánea

Innovation in the use of microalgae in thermalism

Abstract

In recent years microalgae have been used in various fields such as nutrition, cosmetics, pharmacology, etc. Its use as a therapeutic resource can have an important future in marine cure and thermal therapy, due to their valuable properties. Furthermore, with the increasing of the interest for products in society, the use of microalgae can become an important area of development in the thermal and thalassotherapy centers.

Marine microalgae are an important source of vitamins, pigments, proteins and other substances that could be suitable for skin care so that they could be used in the treatment of some dermatological diseases such as psoriasis and acne, and also for cellulite, dry skin, etc.

In the field of Hydrotherapy it is important to use products that have been proven and characterized from the point of view of physico-chemical quality and application.

The aim of this study is to compare the thermophysical properties and evaluation of skin parameters (such as hydration, elasticity and fatigue) of different peloids made of microalgae and sea water.

Key words: peloid, microalgae, thermalism, thermophysical properties, skin biometry

REFERENCIA NORMALIZADA

Mourelle L, Gómez CP, Legido JL, Legido N. Innovación en el uso de las microalgas en termalismo. Bol Soc Esp Hidrol Med, 2016; 31(1): 53-64. DOI: 10.23853/bsehm.2017.0204

INTRODUCCIÓN

Las microalgas constituyen una gran variedad de organismos autótrofos que realizan la fotosíntesis al igual que las plantas. Su estructura unicelular les permite convertir fácilmente la energía solar en energía química, y su gran diversidad hace de ellas una fuente potencial de diferentes sustancias químicas con aplicaciones nutricionales, cosméticas e incluso farmacológicas.

Los usos de las microalgas datan de siglos, pues ya en China hace 2000 años se ingería *Nostoc* en tiempos de penuria y en Chad y México se consumía *Spirulina* (*Arthrospira*). Pero su uso para explotación industrial no comienza hasta hace 50 años cuando se comienza estudiar para posibilitar su cultivo y su uso en la producción de biofuel, y en la alimentación humana y de animales, como fuente de proteínas. También se investigan para la obtención de diferentes sustancias activas, principalmente antibióticos (Spalaroe et al. 2006)¹.

Hoy en día, las aplicaciones de las microalgas son numerosas; las investigaciones actuales se centran en la obtención de productos de alto valor nutricional para mejorar los alimentos (por ejemplo, alimentos infantiles), para obtener complementos nutricionales, cosméticos o como aditivos alimentarios (colorantes), además de su uso en la acuicultura (Pulz and Gross, 2004)².

Las microalgas son ricas en proteínas de alto valor biológico con un futuro prometedor en la alimentación convencional (panes, pastas, etc.), junto con los usos

actuales en forma de complementos alimenticios (Becker, 2007)³. Además, sus polisacáridos son de alta digestibilidad, y contienen elevadas cantidades de ácidos grasos insaturados (principalmente omega-3 y omega-6) y vitaminas como A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, E, nicotinamida, biotina, ácido fólico y ácido pantoténico. También son ricas en pigmentos como clorofila y carotenoides (Spalaroe et al, 2006)¹.

Las principales microalgas usadas en la alimentación son la *Spirulina* (*Arthrospira*), por su alto contenido proteico y en ácido linolénico; *Clorella*, de la que se extrae el β -1,3-glucan, considerado un estimulante inmunitario y secuestrador de radicales libres, que además reduce los lípidos en sangre; la *Dunaliella salina*, usada principalmente para la obtención de β -caroteno y Astaxantina (Spalaroe et al. 2006)¹, y *Aphanizomenonflos-aquae*, del que se extrae una ficocianina con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Benedetti et al, 2004)⁴. En los últimos años también se ha incrementado la obtención de astaxantina a partir de *Haematococcus* (Heydarizadeh et al, 2013)⁵, siendo éste un mercado creciente y también de otros carotenoides como zeaxantina, luteína y fucoxantina (Borowitzka, 2013)⁶. Así, en el mercado se pueden encontrar complementos nutricionales y nutracéuticos (complementos alimentarios a los que se atribuyen beneficios nutricionales y medicinales) en forma de polvo y tabletas, e incluso se encuentran como productos de valor añadido en alimentos infantiles y en compuestos para mascotas.

En cuanto a la obtención de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs), además de las microalgas citadas, en recientes años se han incorporado al mercado los productos obtenidos de especies y géneros *Cryptocodiniumcohnii*, *Schizochytrium* y *Ulkenia* (de las que se obtiene principalmente ácido docosahexaenoico, DHA) y *Phaeodactylum tricorutum* (obtención de ácido eicosapentaenoico, EPA) (Milledge, 2010)⁷. También *Tetraselmis suecica* y *Porphyridium cruentum* producen grandes cantidades de estos ácidos (ambas producen ácido araquidónico y linoleico), *Isochrysis galbana* (DHA) y *Nannochloropsis sp.*, que produce EPA (Borowitzka, 2006)⁸.

La obtención de fitosteroles de las microalgas es asimismo un campo de estudio reciente, con posibles aplicaciones farmacéuticas y en alimentos funcionales (Borowitzka, 2013)⁶.

También se estudia la microalga *Tetraselmis sp.*, con el objetivo de obtener proteínas de alto valor biológico (Schwenzfeier et al, 2011)⁹. Otro campo es el de la obtención de escualeno a partir de la microalga *Aurantiochytrium sp.* (Kaya et al, 2011)¹⁰.

Las microalgas en cosmética

En el campo de la cosmética, el uso de las microalgas es reciente y las primeras fueron tres especies de microalgas de cuyos extractos ya existe alguna patente y ya se van consolidando en el mercado (Stolz and Obermayer, 2005)¹¹: *Spirulina* (*Arthrospira*), *Dunaliella salina* y *Chlorella*. La *Arthrospira* y la *Chlorella* contienen sustancias emolientes, antiinflamatorias y reparadores de la piel, y sus extractos se incluyen en diferentes productos del mercado cosmético; un extracto de la *Dunaliella*

Illa salina estimula la regeneración celular (Se-Kwon Kim et al, 2008)¹². Recientemente se ha introducido un extracto de otra microalga, la *Nannochloropsis oculata*, para mejorar la tersura de la piel. De modo general se usan, pues, para estimular la síntesis de colágeno en la piel, para prevenir el envejecimiento, con fines emolientes e hidratantes y para mejorar la renovación celular. Todas ellas están incluidas en patentes de importantes compañías fabricantes de ingredientes activos cosméticos.

Existen otras aplicaciones, como los polisacáridos, que han encontrado un nicho de mercado en la cosmética como emolientes y espesantes, a pesar de competir con los derivados de las macroalgas (agar, carragenatos, etc.) (Borowitzka, 2013)⁶.

Otro ejemplo son las ficobilinas de las especies de *Spirulina*, *Dunaliella*, *Haematococcus* y *Chlorella*; otros son un complejo denominado Ácido Algurónico que deriva de una mezcla de microalgas (Coragliotti et al., 2012)¹³, que se une a otros ingredientes cosméticos derivados de microalgas como los polisacáridos obtenidos de extractos de *Porphyridium*, *Chlorella*, *Spirulina* y *Aphanizomenon*, extractos ricos en proteínas de la *Spirulina* y otros (Stolz and Obermayer, 2005)¹¹. También cabe citar las investigaciones en la obtención de aminoácidos micosporine-like a partir de cianobacterias (Llewellyn and Airds, 2010)¹⁴, similares a los obtenidos a partir de macroalgas, con potencial uso en protectores solares.

Otra especie que se están investigando (y en algún caso ya hay extractos comercializados) es la *Odontella aurita* de la que se extrae la chrysolaminarin, un glucano con actividad antioxidante (Xia S et al, 2014)¹⁵.

Cultivo de microalgas

Las microalgas tienen ciclos de crecimiento rápido, lo que las hace muy rentables para la obtención de nutrientes, entre ellos aceites, que pueden llegar a constituir el 50% de la materia seca.

Las algas necesitan, para transformar la energía solar en energía química, una fuente luz, CO₂, nutrientes y agua. La luz la obtienen del sol, aunque para su cultivo también se usan fuentes de luz artificial. El CO₂ lo obtienen del medio ambiente, de la emisión de gases industriales u otras fuentes, y el agua puede ser de cualquier tipo, lo que facilita su crecimiento de un modo sostenible sin gran consumo de agua de la red. En cuanto a nutrientes, necesitan principalmente nitrógeno y fósforo.

Los sistemas de cultivos más usados con los sistemas abiertos (estanques) y los fotobiorreactores (Ho, 2011)¹⁶. Los primeros tienen la ventaja de que se pueden cultivar grandes masas de microalgas, pero el inconveniente de que se pueden contaminar y es más difícil mantener una sola especie. La principal desventaja de los fotobiorreactores es que son más costosos (Fig. 1).

Posibilidades del uso de las microalgas en productos para centros termales

Las macroalgas se utilizan desde hace muchos años en los centros de talasoterapia, balnearios y spas por su riqueza en minerales, vitaminas y sustancias de acción biológica, como polisacáridos y ácidos grasos poliinsaturados. Se usan principalmente vía tópica en forma de emplastos y envolvimientos, pero también en balnea-

Figura 1 - Fotobiorreactor para el cultivo de microalgas

ción, y muchos centros las utilizan también en sus departamentos de dietética por su alto valor nutricional.

Los emplastos y envolvimientos pueden estar basados en mezclas de arcillas con las algas, en forma de peloide, o fango termal, en el que la fase líquida está constituida por agua mineromedicinal o de mar y la parte sólida por una mezcla de arcilla y algas. Siguiendo este proceso de formulación, se propone introducir las microalgas en la parte sólida del peloide para aplicaciones cutáneas.

Para la investigación y estudio de la eficacia de un preparado cosmético sobre la piel se utilizan desde hace algunos años equipos que permiten la evaluación cuantitativa de determinados parámetros como la hidratación cutánea, el sebo y la elasticidad entre otros (Bernardesca, 1997)¹⁷. Para la evaluación de la hidratación se usan

técnicas de impedancia y, para la elasticidad, el elastómetro o cutómetro que utiliza una sonda que produce una succión y torsión de la piel para estudiar su respuesta a este estímulo mecánico.

En este trabajo se pretende comparar las propiedades termofísicas de los peloides elaborados con una mezcla de arcilla con microalgas y diferentes tipos de aguas y posteriormente realizar un estudio preliminar de la acción sobre la piel del peloide con microalgas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Materiales

Los peloides se han elaborado mediante la mezcla de una arcilla con dos aguas: agua tridestilada y agua de mar; se han realizado diferentes mezclas a parte de las cuales se le ha adicionada la microalga para comparar ambos tipos de peloide.

La arcilla utilizada es un bentonita comercial suministrada por Bentonitas Especiales S.A. previamente caracterizada (Casás et al, 2011¹⁸; Casás et al, 2013¹⁹), realizándose mezclas con agua tridestilada y agua de mar.

El agua tridestilada ha sido suministrada por el C.A.C.T.I. (Centro de Apoyo Científico y Tecnológico a la Investigación) y obtenida mediante el sistema MilliQ (Millipore). El agua de mar procede de los laboratorios Quinton; es un agua hipertónica, con residuo seco de 35,614 mg/l (a 453,15 K durante 24 horas), con un pH de 7,9 medido a 298,15 K (Casás et al, 2001)¹⁸.

La microalga utilizada es la *Nannochloropsis gaditana* de origen marino obtenida por cultivo mediante fotobiorreactor. Esta microalga posee un alto contenido en proteínas (40-50% de su peso seco) y un alto contenido en ácidos grasos insaturados (PUFAs) de los cuáles entre el 25% y 30% son EPA (20:5n-3) y del 6% al 9% ARA (20:4n-6).

Métodos

Para la realización de las determinaciones se han utilizado los siguientes equipos.

La densidad se ha realizado a 298,15 y 308,15 K mediante el método del picnómetro (Casás et al, 2013)¹⁹. Para la medida del calor específico se ha utilizado un microcalorímetro Calvet, mediante el método propuesto por Verdes et al, 2014²⁰, y para la determinación de la conductividad térmica el equipo Decagon KD2 Pro termal (Casás et al, 2013)¹⁹.

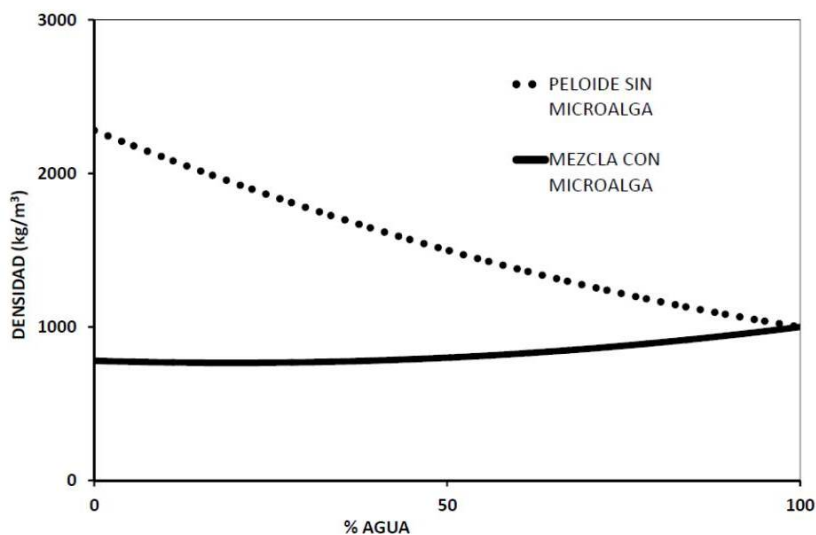
Para las determinaciones de biometrología cutánea se aplicó el peloide con microalgas en el antebrazo de 20 voluntarios, realizándose medidas antes y después de aplicaciones diarias de 15 minutos de duración a lo largo de dos semanas. Para la medida de la hidratación se utilizó el equipo Corneometer CM 825 de Courage-Khazaka, y para la medida de la elasticidad y la fatiga el equipo MPA 580 multi-sensor de Courage-Khazaka.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Caracterización termofísica

Cuando se comparan los datos de la densidad de los peloides con y sin microalga (Figura 2), se observa que la densidad disminuye en las mezclas con microalgas.

Figura 2 - Densidad de los peloides con y sin microalga



Con respecto al calor específico, los resultados muestran la tendencia contraria, aumentando en las mezclas con microalga (Figura 3), y a la inversa en la conductividad térmica, que es menor en las mezclas con microalgas con respecto al pелоide sin la presencia de las mismas (Figura 4).

Hidratación cutánea

En la gráfica de la Figura 5 se observa que cuanto menor es el valor del parámetro de hidratación mayor es la mejoría, es decir, si se parte de una piel con bajo grado de hidratación la mejoría observada es mayor, siendo del 16,5% para un valor de hidratación de 30. Por el contrario, para una piel más hidratada la mejoría observada es menor, siendo 6.66% para un valor de hidratación de 50.

Elasticidad bruta (R2)

Para la elasticidad bruta el comportamiento es similar al de la hidratación. En la gráfica de la Figura 6 se observa que cuanto menor es el valor del parámetro de elasticidad bruta (R2) mayor es la mejoría, es decir, si se parte de una piel con valor de elasticidad bajo la mejoría observada es mayor, siendo del 19% para un valor de

Figura 3 - Calor específico de los peloides con y sin microalga

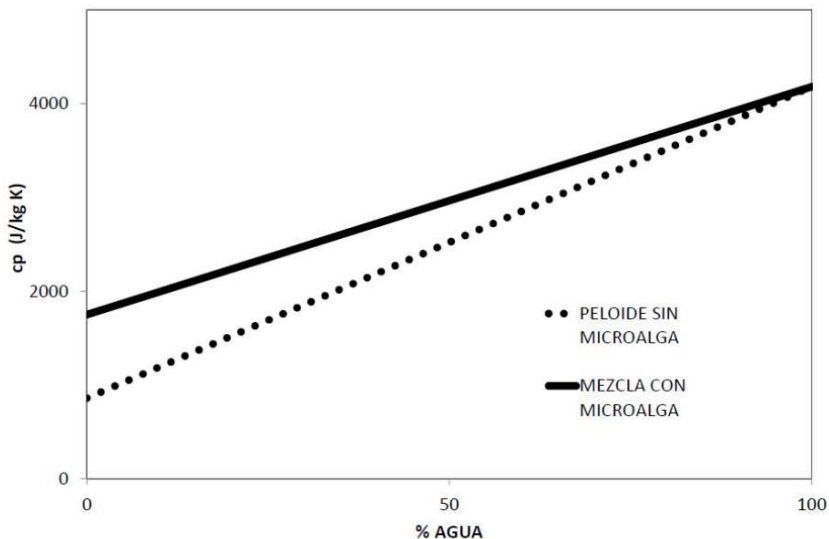
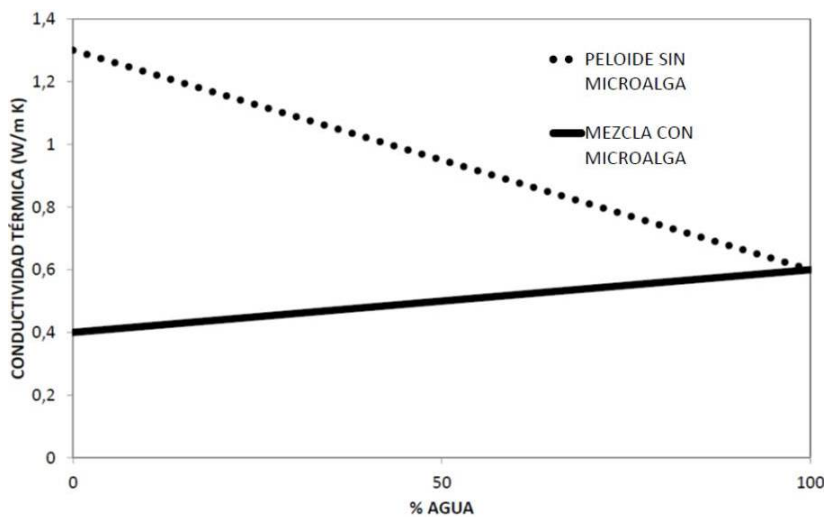


Figura 4 - Conductividad térmica de los peloides con y sin microalga



elasticidad bruta (R2) de 0,75. Por el contrario, para una piel más elástica la mejoría observada es menor, disminuyendo hasta no llegar a observarse diferencia.

Figura 5 - Hidratación cutánea del peloide con microalgas antes y después de la aplicación durante dos semanas

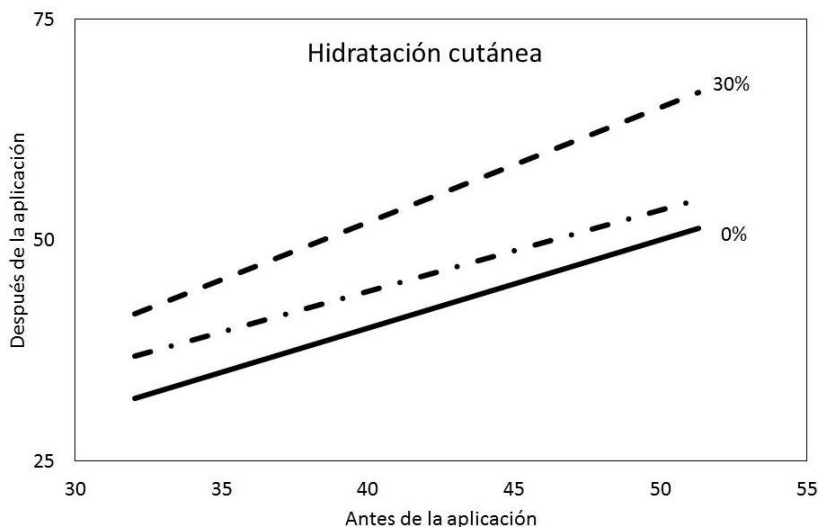
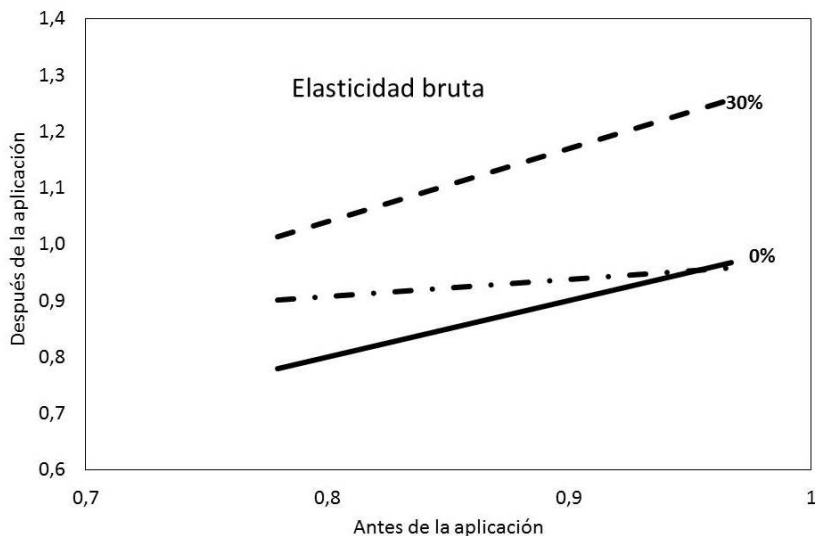


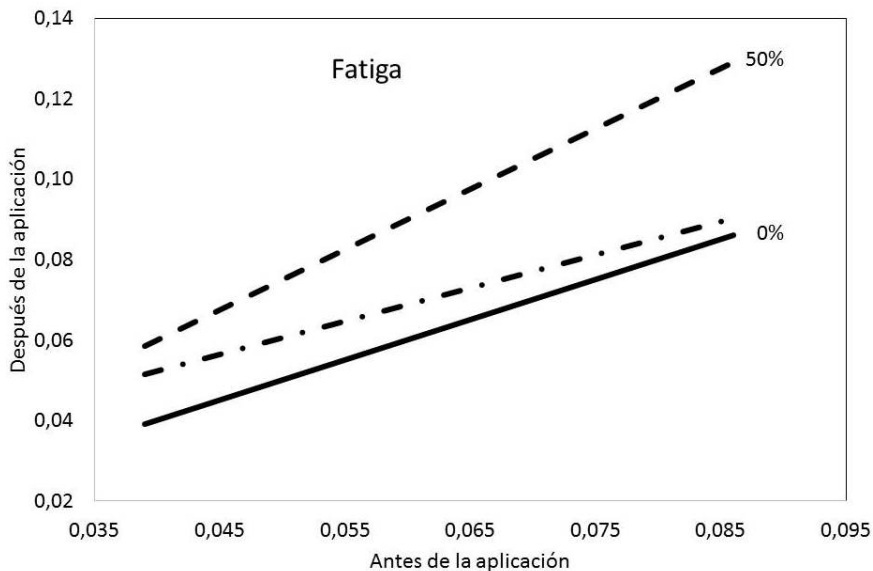
Figura 6 - Elasticidad bruta del peloide con microalgas antes y después de la aplicación durante dos semanas



Fatiga (R9)

En este parámetro es en donde se observan un mayor grado de mejoría. En la gráfica de la Figura 7 se observa que cuanto menor es el valor del parámetro de fatiga (recuperación tras succiones repetidas, R9) mayor es la mejoría, siendo del 37,3% para un valor de R9 de 0,035 y del 5,4% para un valor de 0,085.

Figura 7 - Fatiga del peloide con microalgas antes y después de la aplicación durante dos semanas



CONCLUSIONES

Los datos de la caracterización termofísica de los peloïdes con microalgas indican que se modifican y mejoran las propiedades termofísicas; esto, junto con la mejora de las propiedades cutáneas después de la aplicación tópic, permiten deducir que estos productos pueden ser de interés en el campo del termalismo, tanto para aplicaciones cosméticas como de posibles alteraciones cutáneas relacionadas con la pérdida de la hidratación. El hecho de que las microalgas sean de fácil cultivo también indica que la rentabilidad del producto puede ser alta, puesto que se obtiene en poco tiempo una masa considerable de las mismas.

Serán necesarios más estudios para determinar las formas de uso y ampliar las investigaciones relativas tanto a la caracterización, como a la eficacia en tratamientos cutáneos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A. Commercial Applications of Microalgae. *J Biosci Bioeng*, 2006; 101(2): 87-96.
2. Pulz O, Gross W. Valuable products from biotechnology of microalgae. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2004, 65(6): 635-48.
3. Becker EW. Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*. 2007; 25: 207–210.
4. Benedetti S1, Benvenuti F, Pagliarani S, Francogli S, Scoglio S, Canestrari F. Antioxidant properties of a novel phycocyanin extract from the blue-green alga *Aphanizomenon flos-aquae*. *Life Sci*. 2004; 75(19): 2353-62.
5. Heydarizadeh P, Poirier I, Loizeau D, Ulmann L, Mimoun V, Schoefs B et al. Plastids of Marine Phytoplankton Produce Bioactive Pigments and Lipids *Mar. Drugs* 2013; 11: 3425-71.
6. Borowitzka MA. High-value products from microalgae—their development and commercialization. *J Appl Phycol*, 2013; 25:743–756.
7. Milledge JJ. Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 2011; 10: 31–41.
8. Borowitzka MA. *Biotechnological & Environmental Applications of Microalgae*. [Online] Murdoch University, 2006. (Accessed: 03/11/2014). Available at <http://www.bsb.murdoch.edu.au/groups/beam/BEAM-App10.html>
9. Schwenzfeier A, Wierenga PA, Gruppen H. Isolation and characterization of soluble protein from the green microalgae *Tetraselmis* sp. *Bioresour. Technol*, 2011; 102(19): 9121-27.
10. Kaya K, Nakazawa A, Matsuura H, Honda D, Inouye I, Watanabe MM. *Thraustochytrid Aurantiochytrium* sp. 18W-13a accumulates high amounts of squalene. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2011; 75: 2246–48.
11. Stolz P, Obermayer B. Manufacturing microalgae for skin care. *Cosmetics& Toiletries*, 2005; 120(3): 99-106.
12. Kim S-K, Ravichandran Y, Khan S-B, Kim Y-T. Prospective of the Cosmeceuticals Derived from Marine Organisms. *Biotechnol. Bioprocess Eng*. 2008; 13: 511-523.
13. Coragliotti A, Franklin S, Day AG, Decker SM. Microalgal polysaccharide compositions. USA Patent Application 2012/0202768.
14. Llewellyn CA, Ainsworth RL. Distribution and Abundance of MAAs in 33 Species of Microalgae across 13 Classes. *Mar. Drugs*, 2010; 8: 1273-91.
15. Xia S, Gao B, Li A, Xiong J, Ao Z, Zhang CW. Preliminary Characterization, Antioxidant Properties and Production of Chrysolaminarin from Marine Diatom *Odontella aurita*. *Mar. Drugs*, 2014; 12, 4883-97.
16. Ho S-H, Li P-J, Liu C-C, Chang J-S. Bioprocess development on microalgae-based CO₂ fixation and bioethanol production using *Scenedesmus obliquus* CNW-N. *Biore-sour. Technol.*, 2013; 145: 142–49.
17. Berardesca E. EEMCO guidance for the assessment of stratum corneum hydration: electrical methods. *Skin Res Technol.*, 1997; 3: 126-132.
18. Casás LM, Legido JL., Pozo M, Mourelle L, Plantier F, Bessieres D. Specific heat of mixtures of bentonitic clay with sea water or distilled water for their use in thermotherapy. *Thermochim. Acta*, 2011; 524: 68– 73.

19. Casás LM, Pozo M, Gómez CP, Pozo E, Bessieres D, Plantier F, Legido JL. Thermal behavior of mixtures of bentonitic clay and saline solutions. *Appl. Clay Sci.* 2013; 72: 18-25.
20. Verdes PV, Mato MM, Paz-Andrade MI, Legido JL. Contribution to study of the thermodynamics properties of mixtures containing 2-methoxy-2-methylpropane, alcohol, alkane. *Journal of Chemical Thermodynamics*, 2014; 73: 224–231.