

USO POTENCIAL DE FITOQUÍMICOS DERIVADOS DE MICROALGAS PARA LA OBTENCIÓN DE NUTRACÉUTICOS

POTENTIAL USE OF MICROALGIC DERIVATIVE PHYTOCHEMICALS FOR NUTRACEUTICAL OBTAINING

Martha Lucía Malagón Micán*

Ruth Juliana Corzo Piñeros**

Ingrid Geraldin Manrique Ruiz***

Recibido: 4 de septiembre de 2017

Aceptado: 10 de noviembre de 2017

Resumen

El objetivo de este artículo es dar a conocer los beneficios comerciales y nutricionales que trae la producción industrial de compuestos bioactivos derivados de microalgas. Según la literatura consultada para este estudio, estos compuestos (denominados fitoquímicos) después de un proceso de aislamiento y purificación pueden ser comercializados como alimentos funcionales, es decir, alimentos que ayudan a prevenir enfermedades o a reducir factores de riesgo en la salud. Si bien se han comprobado los beneficios de los fitoquímicos derivados de las microalgas y su valor como nutraceuticos, las investigaciones sobre este tema no son suficientes. Se concluye que la mayoría de las investigaciones se han quedado relegadas a nivel de laboratorio, puesto que llevar estas ideas a una producción industrial requiere de un apoyo financiero significativo.

Palabras clave: microalgas, fitoquímicos, nutraceuticos, alimentos funcionales.

Abstract

The objective of this article is to make known the commercial and nutritional benefits that brings the industrial production of bioactive compounds derived from microalgae. According to the literature consulted for this study, these compounds (called phytochemicals) after an isolation and purification process can be marketed as food, that is, foods that help prevent diseases or health risk factors. Although the benefits of chemical products derived from microalgae and their value as nutraceuticals have been proven, research on this topic is not enough. It is concluded that most of the research has been relegated to a laboratory level, since they take these ideas to industrial production requires significant financial support.

Key words: microalgae, phytochemicals, nutraceuticals, functional foods.

* Ingeniera química, magíster en Ingeniería Química y magíster en Docencia. Grupo de investigación BIOTECFUA, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia. martha.malagon@investigadores.uamerica.edu.co

*** Estudiante de Ingeniería Química. Semillero de investigación BIOTECFUA, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia. ruth.corzo@estudiantes.uamerica.edu.co

*** Estudiante de Ingeniería Química. Semillero de investigación BIOTECFUA, Fundación Universidad de América, Bogotá. ingrid.manrique@estudiantes.uamerica.edu.co

INTRODUCCIÓN

Las microalgas han sido tema de investigación debido a sus aplicaciones en campos como biocombustibles, bioremediación, cosméticos, industria alimentaria y nutricional, industria farmacológica, entre otras (Santos, 2014). Hay que resaltar su aplicación en el sector nutricional, así como su influencia positiva en la salud de los seres humanos. Tener un estado óptimo de salud se ve reflejado en la eficiencia del metabolismo, que puede mejorar gracias a las propiedades bioquímicas de las microalgas (por la presencia de fotoquímicos producidos en rutas anabólicas y sintetizados por el organismo), pues pueden considerarse bioactivas para la salud si se consumen con regularidad y en cantidades significativas. Por medio de la industria alimentaria se pueden utilizar las microalgas para fortificar o enriquecer los alimentos con fitoquímicos, necesarios para responder a las carencias detectadas en la población y a la reposición de nutrientes cuya concentración disminúa o que se perdían al procesar los alimentos, además de las expectativas de los consumidores sobre el producto en la actualidad.

Desde los inicios del siglo XX, la población mundial ha estado interesada en implementar una dieta sana, variada y equilibrada para prevenir ciertas enfermedades. La sociedad actual tiene un gran número de desajustes alimentarios que van ligados a la falta de tiempo para una preparación adecuada de los alimentos, lo que genera un mayor consumo de comidas rápidas, enlatados, entre otros (Birute, Juárez, Sieiro, Romero y Silencio, 2009). Los “alimentos funcionales” son una fuente que aporta al organismo determinadas cantidades de vitaminas, grasas, proteínas, carbohidratos y otras biomoléculas orgánicas. Estos suelen presentarse en productos alimentarios de uso diario, como, por ejemplo, leche o zumos enriquecidos en vitaminas, minerales, fitoquímicos, ácidos grasos esenciales, margarinas, aceites, yogurt, entre otros. Se está evidenciado un auge a nivel mundial de los alimentos funcionales debido a sus beneficios y propiedades. Una muestra clara son los japoneses, que desde la década de los ochenta empezaron a plantearse la necesidad de estos productos. En países como Canadá y Estados Unidos el 40 % de la población ha incorporado estos complementos en su dieta diaria. En España actualmente se comercializan alrededor de 200 tipos de alimentos funcionales. Estas alternativas son una respuesta a los altos índices de obesidad en estos países. En el contexto nacional se están presentando enfermedades ligadas con la nutrición, por lo que se están buscando fuentes secundarias de fácil implementación. Otra evidencia del auge actual de los alimentos funcionales se ve reflejado en el mercado mundial de nutracéuticos a partir de microalgas; por ejemplo, la explotación sustentable de 30 000 ton de algas puede generar exportaciones de US\$4.6 millones (Vidal, 2015).

Es importante tener en cuenta que estos productos se pueden implementar en la dieta de cualquier persona, pero están especialmente diseñados para individuos con necesidades nutricionales, como mujeres embarazadas, niños, adultos mayores o con enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales, osteoporosis, diabetes, cáncer, entre otras. Este tratamiento se logra gracias a agentes bioactivos conocidos como fitoquímicos, que son compuestos que se encuentran en las plantas con propiedades antioxidantes y alimenticias. Una fuente importante de producción de estos compuestos son las microalgas, debido al alto contenido de fitoquímicos (flavonoides, carotenoides y antocianinas) que se obtienen en la biomasa generada o en las endosporas de algunas especies. Por medio de esto se genera otra alternativa denominada nutracéutico, que es un producto de origen natural con propiedades bioactivas que no se encuentra en la matriz alimenticia, sino que se puede administrar en forma concentrada o ser adicionado a un alimento natural, ya sea en forma de cápsulas, polvo, tabletas u otras presentaciones. Estos productos se obtienen mediante procesos biotecnológicos antidesnaturalizantes, en los que se conservan sus propiedades originales sin hacer ningún tipo de manipulación química; es por esta razón que esta es una opción distinta a la convencional (fármacos), debido a que sus propiedades biológicas hacen que los nutracéuticos

actúen como medicamentos potenciales y puedan prescribirse como colaboradores terapéuticos con fines preventivos y curativos.

En este artículo se describen las propiedades de las microalgas que son aptas para la obtención de nutraceuticos y su impacto a nivel mundial y nacional. Es importante destacar que estas características son medibles por medio del rendimiento en la producción de compuestos bioactivos (flavonoides, polifenoles, terpenos, isoflavonas carotenoides, flavonoides, terpenoides, fitoesteroles, lignanos, glucosinolatos) en la biomasa a través de técnicas de identificación o caracterización, como la cromatografía, espectroscopia, entre otros.

MÉTODO

Por medio de un acercamiento teórico, que incluye temáticas globales (las aplicaciones de las microalgas) y unidades de análisis (los nutraceuticos obtenidos a través de fitoquímicos generados por las microalgas), se llevó a cabo una revisión bibliográfica de artículos científicos, tesis y reportes para estructurar una serie de descripciones sustentadas y mostrar de forma sintetizada los avances actuales en la materia. La revisión se realizó en bases de datos académicas como SciELO, World Wide Science, Refseek, Teseo, Redalyc, entre otras. Es importante resaltar que para el desarrollo de este artículo se categorizaron los temas desde lo más general a lo más específico, logrando esto por medio de un árbol de problemas (véase figura 1); en la parte central del árbol está el tema global; en la superior, las consecuencias, y en la inferior, las causas.

RESULTADOS

Contextualización

Actualmente existen productos con nuevos componentes y fuentes de materia prima no convencionales que aportan beneficios a la salud; dichos productos se denominan *nutraceuticos* y son una nueva tendencia a nivel mundial. En los setenta, el progreso tecnológico aplicado en la industria alimentaria se incrementó y se empezaron a desarrollar nuevos conceptos de nutrición (Aranceta, 2016). Desde la última década, la producción y comercialización de los nutraceuticos a nivel internacional ha ido en aumento, lo que se ve reflejado en varios aspectos, como el mercado global de la industria nutraceutica. Según Cerón (2013), la planta española Cajamar (Almería) produce 70 ton de microalgas al año por hectárea; de igual forma, algunas plantas alemanas producen 20 ton al año por hectárea.

En el contexto colombiano, las microalgas se han estudiado hace aproximadamente treinta años, principalmente por instituciones educativas como la Universidad Nacional y la Universidad de Antioquia (Holguín, 2011). Igualmente, el grupo de investigadores Red Colombiana de Biotecnología Algal y Ficología realiza un aporte periódico sobre el tema de microalgas y ofrece servicios de consultoría. El resultado de estas investigaciones se ha visto reflejado en los descubrimientos aplicables a industrias como la cosmética, la farmacéutica y la alimentaria, sin olvidar que las microalgas también son usadas como biocombustible (por ejemplo, Argos impulsó un proyecto para reducir CO₂ del cemento por medio de las microalgas). Sobre el tema también se han realizado múltiples congresos y conferencias, como el XI Congreso Colombiano de Fotoquímica (Holguín, 2011), dirigidos a la ampliación del conocimiento y al intercambio de descubrimientos o avances en el tema.

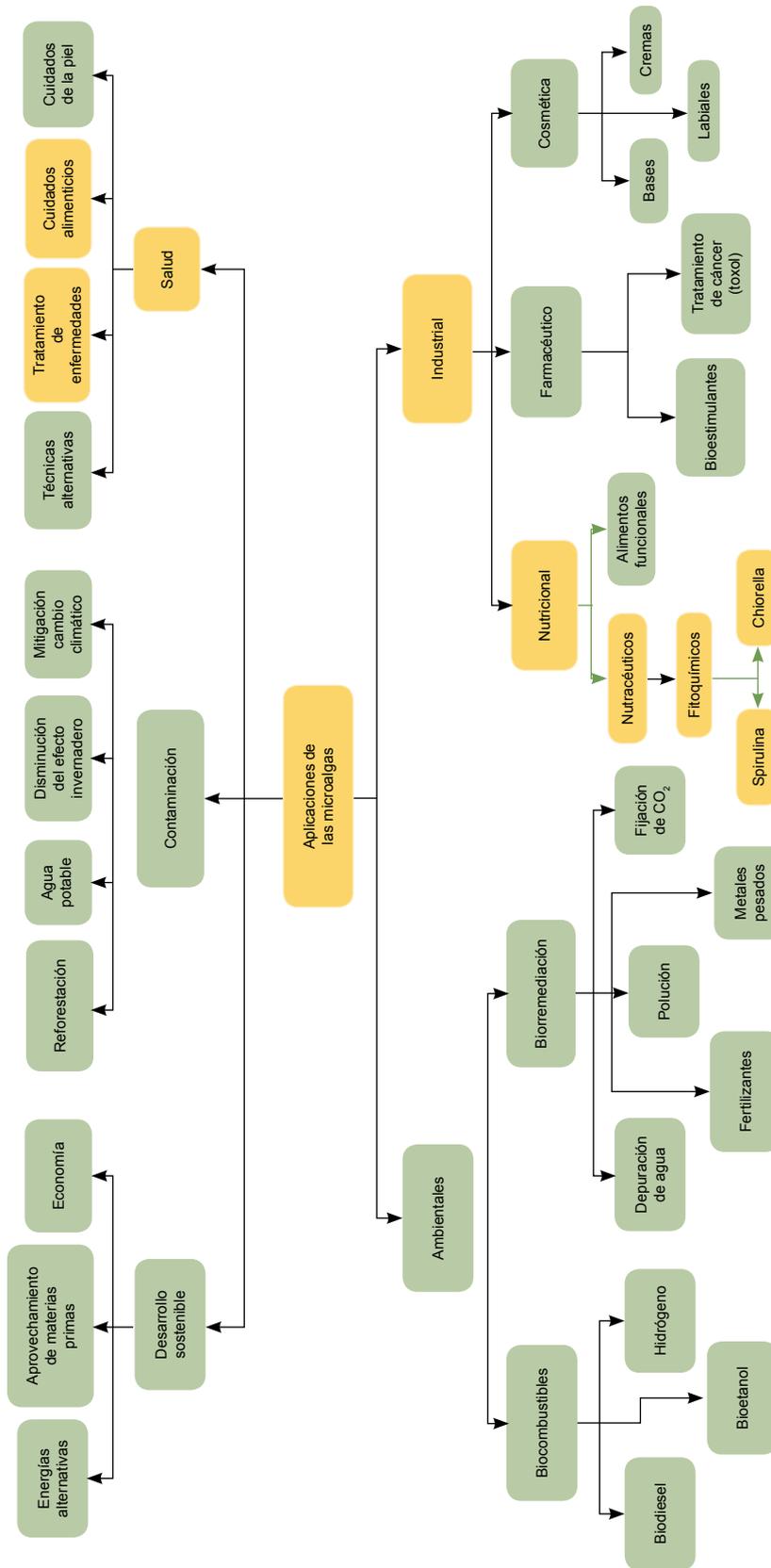


Figura 1. Árbol del problema.

Microalgas

Las microalgas son organismos unicelulares eucariotas fotosintéticos altamente eficientes en la fijación de CO₂ y utilización de la energía solar para producir biomasa (González, 2015). La obtención de energía y de carbono se logra con distintas fuentes:

- *Fotoautótrofo*. Obtención de energía por fuente lumínica y de carbono a través de compuestos inorgánicos.
- *Fotoheterótrofo*. Toman la energía del sol y emplean compuestos orgánicos como fuente de carbono.
- *Mixotrófica*. Se desarrolla bajo procesos autótrofos y heterótrofos, de manera que la fuente de energía es tanto la luz, como la materia orgánica. En lo que corresponde al carbono, se obtiene de compuestos orgánicos y CO₂.
- *Heterótrofa*. Los compuestos orgánicos proporcionan la energía y el carbono.

La composición de las microalgas (contenido en lípidos, carbohidratos y proteínas) varía según la especie considerada, sistema y condiciones de cultivo.

Condiciones para un medio de cultivo óptimo

De manera general, es importante conocer los límites de tolerancia de todos o del mayor número de parámetros que actúan sobre la viabilidad de la microalga, sin dejar de lado que el rendimiento alcanzado en el cultivo masivo de microalgas depende tanto de la concentración de células en el cultivo, como del grado en que las células pueden desarrollar su potencial de crecimiento. Todo esto con el propósito fundamental de obtener un inóculo óptimo a nivel de calidad, requerimientos adecuados de macro y micronutrientes, condiciones de luz, temperatura, oxígeno, entre otros factores (Hernández, 2014).

Con base en estas condiciones, se deben controlar los siguientes factores para que el cultivo sea eficaz a escala industrial, sin dejar de lado que todo esto se evalúa inicialmente a nivel de laboratorio.

Luz

La intensidad lumínica es un factor primordial en el medio de cultivo, ya que si esta aumenta, la fotosíntesis también, la cual alcanza la máxima tasa de crecimiento específica para cada especie en el punto de saturación por luz (conocido también como región del espectro fotosintéticamente activa). Sin embargo, es primordial manejar los rangos óptimos para cada especie, ya que se puede presentar fotoinhibición, la que ocasiona la muerte celular, o la pérdida de eficiencia fotosintética o de productividad del cultivo. Las microalgas utilizan solo la luz en el intervalo de 300 a 700 nm (González, 2015).

Temperatura

A nivel general, en cualquier organismo se consideran tres temperaturas importantes para viabilidad: temperatura mínima, por debajo de esta no es posible el crecimiento; temperatura óptima, se acelera el crecimiento, está entre 28 °C y 35 °C, dependiendo de la especie de microalga, y temperatura máxima, que al ser sobrepasada genera inhibición. Los cultivos de microalgas que crecen por debajo de la temperatura óptima generalmente son más sensibles a la fotoinhibición que aquellos que se mantienen en el valor ideal, lo que afecta a su vez la composición bioquímica de las células (Hernández, 2014).

Aireación

Al presentarse una adecuada aireación se favorece la homogenización de los nutrientes, por el adecuado mezclado para la distribución favorable de las células, fitoquímicos y la transferencia de gases y de calor. Además, se evitan procesos de sedimentación algal; sin embargo, una agitación excesiva puede generar un estrés hidrodinámico que causa una disminución en la tasa de crecimiento (González, 2015).

Tolerancia a la salinidad

La tolerancia a la salinidad depende de la especie considerada (de agua dulce o salada) (González, 2015).

Nutrientes

Para el crecimiento óptimo del microorganismo se debe proporcionar los suplementos adecuados al medio de cultivo: macronutrientes, que se necesitan en cantidades altas (dentro de este grupo se encuentran el carbono, el nitrógeno, el fósforo, el azufre, el magnesio, el calcio, el sodio, entre otros), y los micronutrientes, que se requieren en menor proporción y son cofactores enzimáticos (en microorganismo anaeróbicos, el hierro entra en esta clasificación y, de manera general, el zinc, el cobalto, el cadmio, el cobre, el molibdeno y el níquel).

El nitrógeno es el nutriente más importante para las microalgas (después del carbono) y se incorpora como nitrato (NO_3^-) o como amonio (NH_4^+) (Grobbelaar, 2013).

pH y CO_2

Mejorando la circulación o mediante la adición adecuada de CO_2 se puede provocar la prolongación del crecimiento exponencial de las microalgas. El CO_2 puede afectar al pH del cultivo, el cual debe ser controlado y mantenido en condiciones óptimas. Cada microorganismo crece en un intervalo de pH particular y normalmente existe un pH óptimo bien definido; en el caso de las microalgas, el pH óptimo se encuentra ligeramente por encima de la neutralidad, por lo que son clasificados como microorganismos neutrófilos (González, 2015).

Salud

Según la Constitución de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006), “La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” (p. 1). Aunque se suele pensar que la salud es no estar enfermo, esta definición demuestra que salud es sentirse física y mentalmente saludable y a gusto, además de tener la energía necesaria para realizar las actividades cotidianas. Algunos la definen como la eficiencia que tiene el organismo humano en cuanto a su función metabólica, tanto microscópicamente, como macroscópicamente; eficiencia que es controlada por la alimentación y la actividad física de la persona. Por su parte, salud mental es un estado de equilibrio psíquico y emocional que implica la ausencia de desórdenes mentales (Universidad de Navarra, 2014).

Fitoquímicos

La fotoquímica es una rama de la química que estudia los metabolitos secundarios de las plantas, los cuales no tienen un rol directo en el crecimiento o reproducción del organismo. Este estudio se centra en analizar sus componentes químicos, así como sus principios activos, pigmentos, olores, entre otras características importantes (Sharapin, 2000). Los fitoquímicos o compuestos bioac-

tivos son componentes químicos naturales provenientes de plantas y organismos como hongos, algas o microalgas; en estos organismos, los fitoquímicos funcionan como defensa de infecciones o les confieren propiedades de color, sabor y aroma. Entre los compuestos considerados fitoquímicos se encuentran los carotenoides, flavonoides, terpenoides, fitoesteroles, lignanos, glucosinolatos, entre otros (Chasquibol, 2003).

Aunque no se consideran esenciales para el metabolismo del cuerpo humano, se ha comprobado su efecto beneficioso a largo plazo para la salud, ya que muchos de estos funcionan como antioxidantes poderosos, reguladores del metabolismo y preventivos de algunas enfermedades crónicas como el cáncer, hipertensión, enfermedades del corazón, entre otras (Aponte et ál., 2014).

Nutracéuticos

Los nutraceuticos son productos biotecnológicos compuestos por sustancias bioactivas (presentes de forma natural en algunos alimentos) obtenidas después de un proceso de aislamiento, concentración y purificación; estos productos generalmente se comercializan en forma de cápsulas, comprimidos, sobres, entre otros formatos. En estos productos se encuentran los mismos compuestos bioactivos que tendría un alimento normal, pero de una forma más concentrada, lo que sin duda aumenta la efectividad del compuesto que se desee consumir y se disminuye el tiempo para obtener su beneficio específico; es por esto que se dice que tiene un efecto terapéutico, ya que al ser tan concentrado y tener un efecto directo en la salud se podría comparar a los fármacos convencionales, solo que de una forma natural y sin los efectos secundarios de la medicina convencional (Babío, 2012).

El efecto metabólico y fisiológico que estos nutraceuticos tienen en la salud humana y en el tratamiento o prevención de algunas enfermedades ha sido demostrado por diversos estudios. Los pioneros en el uso y la demostración de su efecto son los japoneses; muchos de los alimentos que contienen estos compuestos bioactivos ya estaban en la dieta habitual de la población hace generaciones (Astiasarán y Martínez, 2003).

Alimentos funcionales

Para que un alimento sea considerado funcional debe aportar al organismo determinadas cantidades de nutrientes, como vitaminas, ácidos grasos, proteínas, carbohidratos, entre otros, así como debe mejorar la calidad de vida de una persona (prevención de enfermedades, reducción de los factores de riesgo, conservación física), particularidades que no tienen que alterar el consumo habitual del alimento. Igualmente, los alimentos funcionales deben comprobar sus beneficios o efectos en la salud y el bienestar del cuerpo. Entre los alimentos funcionales más reconocidos se encuentra los alimentos enriquecidos, los que deben ser consumidos en una dieta sana y equilibrada (Aranceta, 2016).

Chlorella

Chlorella es un alga verde de forma esférica que crece en agua dulce, tiene el porcentaje más alto de clorofila del planeta y es una fuente excepcional de proteínas, carbohidratos, grasas (omega 3), fibra, vitaminas (beta-caroteno) y minerales. Es conocida por su capacidad para eliminar las toxinas del cuerpo o desintoxicación. Los científicos japoneses la han utilizado desde los años setenta para acelerar la evacuación de metales pesados de los cuerpos de pacientes. También refuerza el sistema inmunológico. Se ha demostrado que aumenta las bacterias “buenas” en el tracto gastrointestinal, ayuda a tratar asma, úlceras, gastritis, colitis, divertículos, diabetes, hipoglicemia,

estreñimiento, fibromialgia, hipertensión, colesterol alto; más recientemente se utiliza como un suplemento que acompaña al tratamiento de radiación para el cáncer (Fernández, 2013)

COMENTARIOS

Si bien existen nutraceuticos derivados de especies vegetales, como la zanahoria (carotenoides), uvas rojas (antioxidantes), vegetales verdes (luteína), tomate (licopeno), avena (beta-glucano), aceite de pescado (omega 3), té (catequinas), cítricos (flavonas), entre otros (Hernández, A., 2014), los cultivos de microalgas utilizan la energía solar en la producción de materia orgánica de forma más eficiente, crecen más rápido que las plantas terrestres (por lo tanto, se obtienen mayores rendimientos de biomasa) y su composición bioquímica se puede modificar (variando las condiciones de crecimiento con el fin de obtener proteínas, lípidos, almidón o pigmentos en altas concentraciones).

La inclusión exitosa de un nuevo producto originario de microalgas, como los nutraceuticos, puede ser larga y compleja a nivel cultural; muchos consumidores no confían completamente en sus características benéficas porque prefieren lo convencional, sin embargo, poco a poco se irá demostrando su utilidad. Es importante enfocarse en la eficacia de este producto, ya que los formuladores buscan evidencia concreta de la actividad funcional de un componente; este apoyo se valida a partir de diferentes tipos de investigaciones publicadas en revistas reconocidas, comparaciones y análisis químicos, bioensayos *in vitro*, estudios de expresión genómica, pruebas clínicas, entre otros medios, que son una aporte claro hacia esta área de estudio. Esto justifica su aplicación a nivel industrial y el uso de sus características bioactivas en distintos campos (biocombustibles, cosméticos, agroindustria o biofertilizantes), lo que es de suma importancia ya que las fuentes usadas tradicionalmente se están reduciendo por problemas ambientales y sociales.

La mayoría de las investigaciones realizadas en Colombia se enfocan en la búsqueda de procesos que aumenten la producción de lípidos de las microalgas para la posterior producción de biocombustibles, esto con el fin de reemplazar la palma de aceite como fuente principal, ya que esta genera un gran desgaste a los ecosistemas. Por este motivo se han dejado un poco de lado las investigaciones para mejorar el rendimiento sobre la producción de los fitoquímicos que producen las microalgas y, por lo tanto, los estudios sobre sus beneficios para la salud humana y la dieta alimentaria de los colombianos. Además, la mayoría de las investigaciones se han quedado relegadas a nivel de laboratorio, puesto que llevar estas ideas a una producción industrial requiere de un apoyo financiero estatal significativo.

La finalidad de este artículo, además de informar sobre las posibles y nuevas aplicaciones que tienen las microalgas, es en esencia explorar una aplicación relegada por los investigadores colombianos. Los nutraceuticos o alimentos funcionales no han sido aprobados en Colombia básicamente porque no hay una normatividad clara que proteja a los consumidores y se comprueben los beneficios sobre la salud humana, así como al poco interés en el tema, lo que es sorprendente en un país donde en el 2007 la mayoría de su población tuvo un déficit del 25.8 % en su nutrición (Gamboa, 2007).

CONCLUSIONES

Debido a la inadecuada alimentación y la aparición de enfermedades, es necesario buscar una nueva opción para combatir estos problemas que afectan a la población. Los nutraceuticos y los alimentos funcionales son una opción, ya que se pueden encontrar en muchos alimentos y son abundantes en las microalgas; sin embargo, la investigación en Colombia sigue siendo muy limitada y renuente a este tema, por lo cual es necesario concientizar y brindar nuevas perspectivas de los beneficios que podrían generar la aplicación de estas nuevas biotecnologías en el país.

Según la FAO y la ONU, en el 2050 la población mundial será de 9.1 millones de habitantes, de los cuales el 22 % serán mayores de sesenta años, lo que aumentará la demanda de alimentos funcionales y nutracéuticos, que complementarán la nutrición y ayudarán en la prevención de enfermedades (Jordán, 2013).

De acuerdo con Hernández (2014), el potencial de la microalgas es considerable, debido a que existen millones de especies en comparación con las 250 000 especies de plantas terrestres y su productividad es de 70 ton/ ha año, mientras que para las plantas superiores es de 3 ton/ha año para la soja y 9 ton/ha año para el maíz. De manera que su aplicación hacia los nutracéuticos debe seguir siendo ampliada y explorada, ya que cada especie cuenta con fitoquímicos específicos que las hacen muy importantes en la búsqueda de fuentes naturales que ayuden a mejorar la calidad de vida de la humanidad, además de nuevas biotecnologías que sean benéficas para la salud y el mantenimiento sostenible del medio ambiente.

REFERENCIAS

- Aponte, M., Calderón, M., Delgado, A., Herrera, I., Jiménez, Y., Ramírez, Z., Rojas, J., y Toro, Y. (2014). *Fitoquímicos*. Recuperado de <http://www.inn.gob.ve/pdf/docinves/fitoquimicocores.pdf>
- Aranceta, J., y Serra, L. (cords.). (2016). *Guía de alimentos funcionales*. España: Sociedad Española de Nutrición Comunitaria.
- Astiasarán, I., y Martínez, A. (2003). *Alimentos. Composición y propiedades*. Navarra, España: McGraw-Hill.
- Biruete, A., Juárez, E., Sieiro, E., Romero, R., y Silencio, J. (2009). Los nutracéuticos. Lo que es conveniente saber. *Revista Mexicana de Pediatría*, 76(3),136-145.
- Cerón, M. (2013). Producción de microalgas con aplicaciones nutricionales para humanos y animales. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios*, 5, 1-19.
- OMS. (2006). *Constitución de la Organización Mundial de la Salud* (documentos básicos, suplemento de la 45° edición). Recuperado de http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_sp.pdf
- Chasquibol, N., Lengua, L., Delmás, I., Rivera, D., Bazán, D., Aguirre, R., y Bravo, M. (2003). Alimentos funcionales o fitoquímicos, clasificación e importancia. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 5(2), 9-20.
- Fernández, B. (2013). *Producción de carotenoides por microalgas y caracterización de la ruta carotenogénica en Chlorella zofingiensis* (tesis de doctorado). Doctorado en Biología Molecular y Biotecnología Vegetal, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Gamboa, E., López, N., Vera, L., y Prada, G. (2007). Patrón alimentario y estado nutricional en niños desplazados en Piedecuesta, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 9(1),129-139.
- González, A. (2015). *Negocio agroalimentario y cooperativo*. Recuperado de <https://www.grupo-cooperativocajamar.es/recursos-entidades/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/formacion/materiales-y-documentos/microalgas-1444391623.pdf>
- Grobbelaar, J. (2013). Mass production of Microalgae at Optimal photosynthetic Rates. En Z. Dubinsky (ed.), *Agricultural and Biological Sciences* (pp. 357-371). Croacia: Intech

- Hernández, A. y Labbé, J. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(2), 157-173.
- Holguín, G. (2011). XI Congreso Colombiano de Fotoquímica. *Vitae* 54(4), S1-S344.
- Jordán, G. (2013). *Las oportunidades para las empresas de Chile en los alimentos funcionales y nutraceuticos*. Recuperado de <http://www.agrimundo.cl/?publicacion=las-oportunidades-para-las-empresas-de-chile-en-los-alimentos-funcionales-y-nutraceuticos>
- Santos, A. (2014). Uso y aplicaciones potenciales de las microalgas. *Anales de Mecánica y Electricidad*, 91(1), 20-28.
- Sharapin, N. (2000). Materias primas vegetales para la industria de productos fitoterapéuticos. Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos. *Revista de fitoterapia*, 1(3), 197-203.
- Vidal, L. (2015). *Oportunidades seleccionadas en microalgas y macroalgas-Resumen de usos y mercados*. Chile: Centro de Investigaciones del hombre en el desierto.