

## IMPACTO DEL MÉTODO DE SECADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE LA MICROALGA *Chlamydomonas* sp.

### IMPACT OF THE DRYING METHOD ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF *Chlamydomonas* sp.

Cerón Ortiz Ana Nallely<sup>1,2</sup>, Guerra Santos Araceli Cristina<sup>1</sup>, Ángeles Monroy Miguel Ángel<sup>2</sup>, Nería Cruz Gabriel<sup>1</sup>, Moctezuma Quezada José Luis<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, Mixquiahuala de Juárez, Hgo., C.P. 42700, \*aceron@itsoeh.edu.mx,

<sup>2</sup>Centro de Estudios Tecnológicos en Aguas Continentales No.2, Tezontepec de Aldama, Hgo., C.P. 42760.

**RESUMEN.** Las microalgas, son plantas acuáticas que pueden ser aprovechadas para la elaboración de diversos productos alimentarios, en estado fresco o deshidratado. Sin embargo, algunos de los métodos aplicados para la deshidratación, impactan en la calidad fisicoquímica de la biomasa seca. Por ello, el presente proyecto se realizó con el propósito de evaluar el impacto de dos métodos de secado (por atomización y por horno de convección) en las propiedades físicas, químicas y el rendimiento de la microalga *Chlamydomonas* sp., mediante un diseño unifactorial. Los tratamientos se identificaron con las etiquetas S<sub>1</sub>=secado al horno y S<sub>2</sub>=secado por atomización. La microalga se mantuvo en diferentes volúmenes de cultivo hasta la fase de crecimiento exponencial, y posteriormente se aplicó el método de sedimentación por centrifugación para su cosecha. Una parte de la biomasa se expuso al método referido por Hernández y Mendoza (2014), previo a la eliminación del agua libre mediante el secado por convección a 60 °C por 5 horas. A la biomasa destinada al secado por atomización se aplicó una dilución del 50 % en agua potable y estéril; luego se adicionó 30 % de maltodextrina, para incentivar la encapsulación de las células. La dilución se expuso al secado por atomización, de acuerdo a lo descritos por el método de Gutiérrez y Pérez (2015). Para el producto final de ambos ensayos, se determinó la cantidad de biomasa, el tiempo de transformación y el color. La cuantificación del contenido bromatológico, mediante métodos colorimétricos, se realizó solo en S<sub>1</sub>; en S<sub>2</sub>, debido a la escasa cantidad de producto obtenido, no fue posible realizar los análisis. El producto obtenido con S<sub>1</sub> registró un mayor rendimiento; el color característico de la microalga; un 44.26 % de proteínas; 29.02 % de carbohidratos y 27.39 % de lípidos. Lo anterior permite concluir que, en el caso específico de esta especie de microalga, no es recomendable la aplicación del método de secado por atomización si se busca un mayor rendimiento y la conservación de sus características fisicoquímicas.

**Palabras clave:** alimento, encapsulación, secado.

**ABSTRACT.** Microalgae are aquatic plants that can be used for the production of various food products, in fresh or dehydrated state. However, some of the methods applied for dehydration impact the physicochemical quality of the dry biomass. For this reason, the present project was carried out with the purpose of evaluating the impact of two drying methods (by atomization and by convection oven) on the physical and chemical properties and the performance of the microalgae *Chlamydomonas* sp., Using a univariate design. The treatments were identified with the labels S<sub>1</sub> = oven dried and S<sub>2</sub> = spray dried. The microalgae were kept in different culture volumes until the exponential growth phase, and subsequently the sedimentation method by centrifugation was applied for its harvest. A part of the biomass was exposed to the method referred to by Hernández and Mendoza (2014), prior to the elimination of free water by drying by convection at 60 °C for 5 hours. A 50% dilution in drinking and sterile water was applied to the biomass destined for spray drying; then 30% maltodextrin was added to encourage encapsulation of the cells. The dilution was exposed to spray drying, according to what was described by the method of Gutiérrez and Pérez (2015). For the final product of both tests, the amount of biomass, the transformation time and the color were determined. The quantification of the bromatological content, by colorimetric methods, was carried out only in S<sub>1</sub>; in S<sub>2</sub>, due to the small amount of product obtained, it was not possible to perform the analyzes. The product obtained with S<sub>1</sub> registered a higher yield; the characteristic color of the microalgae; 44.26% protein; 29.02% carbohydrates and 27.39% lipids. The foregoing allows us to conclude that, in the specific case of this species of microalgae, the application of the spray drying method is not recommended if greater performance and the preservation of its physicochemical characteristics are sought.

**Key words:** food, encapsulation, drying.

#### INTRODUCCIÓN

Las microalgas son organismos unicelulares capaces de realizar fotosíntesis, de ahí que son la base de las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos e impulsan la producción de más del 70% de la biomasa que se genera en esos sistemas a nivel mundial<sup>1</sup>. Uno de los grupos de microalgas más

importante desde el punto de vista de la nutrición animal y humana, se ubican en la clase Chlorophyta.

Algas verdes que resaltan por su contenido en proteínas de alta calidad, grasas poliinsaturadas, minerales y fibra cruda<sup>2</sup>. Al respecto, las pertenecientes al género *Chlamydomonas*,

representan una fuente rica en aminoácidos esenciales y pigmentos que son aprovechados en la acuicultura. No obstante, aunque su adición en la elaboración de alimentos aún se encuentra en desarrollo, en otras especies se ha determinado que la eliminación del agua libre de su estructura celular, por algún método de secado, permite consumirlas de manera directa como un polvo fino.

El secado al sol y la exposición a una fuente de calor controlado son los métodos más utilizados para eliminar el agua libre de las microalgas. Sin embargo, existen otras técnicas que pueden valorarse, con el propósito de mejorar el proceso e incrementar tanto el rendimiento como la calidad del producto. El secado por atomización es un método que ha dado resultados exitosos en la transformación de una fase líquida a polvo, mediante una exposición a altas temperaturas en un corto tiempo. El agua se evapora instantáneamente y el material activo presente en la emulsión queda atrapado dentro de una película de material encapsulante. Los principios de la técnica han demostrado una alta eficiencia en la conservación de la calidad nutricional del producto expuesto a este método<sup>3</sup>. Además, a pesar de la información sobre el impacto del secado al horno en las propiedades fisicoquímicas de algunas microalgas, aún existen especies donde no se han evaluado<sup>4,5</sup>. Por ello, el presente proyecto se realizó con el propósito de evaluar el impacto de dos métodos de secado (por atomización y por horno de convección) en las propiedades físicas, químicas y el rendimiento de la microalga.

## METODOLOGÍA

### Diseño experimental

En el estudio se consideró un diseño experimental unifactorial con una variable independiente (método de secado) en dos niveles; y como variables dependientes, las propiedades físicas, químicas y el rendimiento de ambos métodos de secado. Los tratamientos se expresaron como S<sub>1</sub>= secado al horno y S<sub>2</sub>= secado por atomización. El contenido proximal se realizó de acuerdo a un análisis de varianza con en el programa Statgraphics Centurion XVI. Los cambios físicos y el rendimiento mediante estadística descriptiva.

### Cultivo de microalga

La microalga, *Chlamydomonas* sp., se obtuvo de la colección de algas de la Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Iztapalapa). La especie se mantuvo en cultivos estáticos de 10 litros bajo

condiciones controladas de temperatura ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ), luz continua artificial y aireación constante. El medio nutritivo proporcionado para el desarrollo de los cultivos de la microalga fue el "F /2"<sup>6</sup>. La biomasa celular se monitoreó diariamente por conteo directo, en un hematocitómetro de 0.1 mm de profundidad. Una vez que se alcanzó una concentración superior a las 14, 000,000 cel.ml<sup>-1</sup>, la biomasa se concentró por sedimentación y centrifugación (4500 RPM durante 5 min) a través de una centrifuga Multi-Tube Carrier Refrigerated Centrifuge modelo VS-550<sup>7</sup>.

### Secado al horno

La biomasa correspondiente a 50 ml de la muestra centrifugada se colocó en una charola de aluminio previamente pesada y se procedió a realizar nuevamente el pesaje. La charola con la muestra fue introducida a un horno convencional SL SHEL LAB a  $60^\circ\text{C}$ , por un lapso de 5 horas. Una vez concluido el proceso de secado, las charolas con la muestra seca se pesaron en una balanza digital marca OHAUS modelo Adventurer TM Pro. La muestra seca se retiró de las charolas para realizar la trituration de la misma hasta obtener un polvo fino. El número de repeticiones de las muestras expuestas al secado fue de 20.

### Secado por atomización

Una biomasa correspondiente a 50 ml de la muestra centrifugada se diluyó en 50 ml de agua potable y estéril, para su posterior secado por atomización. A la muestra se le diluyó el equivalente a 30 % de maltodextrina para ayudar al proceso de encapsulado. El secado de la microalga se realizó en el equipo didáctico de secado por atomización GPA S05, a una temperatura del aire de entrada de  $120^\circ\text{C}$ <sup>8</sup>. El producto obtenido se pesó con la finalidad de comparar el rendimiento de la materia prima durante la transformación.

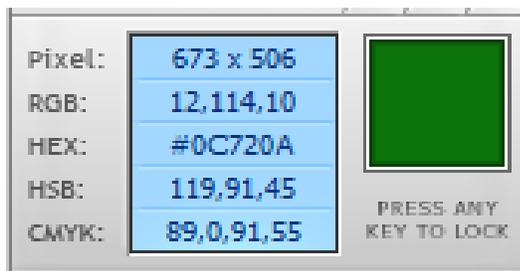
### Análisis fisicoquímicos

Los cambios en el color de las muestras de la microalga en ambos métodos de secado, se registraron y compararon mediante el programa ColorPix. El análisis granulométrico hasta el nivel dos, se realizó a los sólidos pulverizados a través de diferentes tamices<sup>9</sup>. La humedad de la muestra fue cuantificada por termobalanza, y el rendimiento en peso se obtuvo con la diferencia entre los pesos durante el proceso. Los análisis bromatológicos de las muestras se realizaron por triplicado. Dichos análisis consideraron la determinación de proteínas<sup>10</sup>, carbohidratos<sup>11</sup> y lípidos<sup>12,13</sup>. En las curvas de

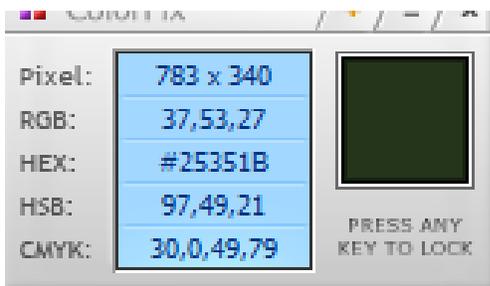
calibración se usaron como estándares, albúmina de bovino en el caso de las proteínas; glucosa anhidra para los carbohidratos; y tripalmitina para los lípidos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cultivos de *Chlamydomonas* sp. registraron la curva de crecimiento típica para microalgas<sup>14</sup>. La concentración de  $14.832 \times 10^6$  cel.ml<sup>-1</sup> se obtuvo hasta el día 14 del cultivo. El color en los cultivos se aprecia en la figura 1. La tonalidad se oscureció una vez que se concentró la biomasa a través de la sedimentación y centrifugación (figura 2). La aplicación de ambos métodos permitió recuperar más del 95% de la biomasa de la microalga en los cultivos. La eficiencia de la sedimentación y la centrifugación ha sido valorada en otros estudios, donde se enfatiza el cambio de color debido a la concentración celular<sup>15</sup>. Además, al aplicar ambos métodos se obtiene la recolección de metabolitos de alto valor a través de la centrifugación y el ahorro energético de la sedimentación<sup>16</sup>.



**Figura 1.** Tonalidad del cultivo de microalgas al día 14. La cual se expresa en diferentes escalas de color.



**Figura 2.** Tonalidad de la concentración de biomasa posterior a la aplicación del método de sedimentación y centrifugación.

La concentración de microalgas por cada 50 ml de la muestra posterior a la centrifugación es de  $716.000 \times 10^6$  cel.ml<sup>-1</sup>. Lo cual es equivalente a un 4.18 g de peso húmedo de la muestra y se reduce hasta 0.67 g posterior al secado al horno. Los resultados equivalen a un 16 % de la biomasa al final del proceso. La humedad de la muestra se obtuvo en un intervalo entre el 4 y 6 %. El color de la biomasa es

similar al registrado en la muestra original del concentrado de microalgas. La trituración del polvo no mostró dificultad durante la molienda y se obtuvo un tamaño de partícula equivalente a un polvo fino (0.125 mm).

Las pruebas en el secado por atomización dieron como resultado un polvo de menor tamaño de partícula. Sin embargo, la cantidad del polvo no fue suficiente para poder realizar la determinación de granulometría. Por lo cual, solo se puede mencionar que se presume un polvo con un tamaño de partícula inferior a los 0.125 mm (polvo extrafino). Un tamaño referido para los polvos obtenidos a través de este tipo de secado. Y aunque el agua libre no pudo ser valorada, algunos autores refieren que el secado por atomización produce polvos con baja actividad de agua (aw), reducción de la oxidación lipídica, minimiza las reacciones enzimáticas y microbiológicas<sup>17,18</sup>. Y aunque el encapsulante (maltodextrina) incrementó el peso de la partícula y por ende la eficiencia de secado, no es suficiente para incrementar el rendimiento del proceso.

La tonalidad del polvo es más clara que el registrado en el tratamiento S<sub>1</sub>, debido al encapsulante que se aprecia en el producto observado a través del microscopio. Una probable explicación se relaciona con el hecho de que la microalga es una célula viva menos manipulable que los azúcares, y al tener pequeñas dimensiones, la función de la maltodextrina no se llevó a cabo de manera adecuada. De lo anterior, será necesario valorar diferentes factores que pueden incidir en los resultados del secado por atomización para la *Chlamydomonas* sp. antes de descartarlo. Más aún si se han obtenido resultados exitosos en otro tipo de microalgas como en *Spirulina*. Una de las diferencias principales puede estar relacionada con el proceso de recolección de la biomasa y el tamaño de la microalga.

Y aunque no fue posible comparar las propiedades fisicoquímicas del polvo obtenido entre ambos métodos, debido al que la biomasa obtenida en S<sub>2</sub> no fue la suficiente (bajo rendimiento), es interesante recalcar que en estudios donde se aplicó el secado por atomización en la microalga *Spirulina platensis*, se mantiene el contenido nutrimental<sup>19</sup>. La conservación del contenido nutrimental si se constató en el polvo obtenido con S<sub>1</sub>, cuyos resultados muestran un  $44.26 \pm 2.31\%$  de proteínas,  $29.02 \pm 3.65\%$  de carbohidratos totales y  $27.39 \pm 2.30\%$  de

lípidos. Los valores son similares a los obtenidos en otros estudios con esta microalga<sup>7,15</sup>. La temperatura utilizada en el secado al horno no altera la estructura de las proteínas por desnaturalización. En términos generales, el contenido de proteínas en microalgas está por encima del 50% con base a su peso seco<sup>20</sup>. En el estudio se cuantificó un valor de proteínas similar al mencionado anteriormente, y aunque no se conoce el perfil de aminoácidos de *Chlamydomonas* sp., los resultados son prometedores como ingrediente funcional a utilizar en alimentos.

## CONCLUSIONES

La técnica de secado al horno utilizada en la deshidratación de la microalga *Chlamydomonas* sp. genera un polvo con óptimas características fisicoquímicas y nutrimentales para ser aplicado como ingrediente alterno en la formulación de alimentos. Y aunque las condiciones de operación para el método de secado por atomización definidas en el estudio no permitieron una transformación óptima de la biomasa algal debido al tamaño y peso de la microalga, es posible realizar estudios posteriores para adecuar los recomendados para otras especies. En cuanto al color, se aprecia un cambio en la tonalidad posterior al método de secado debido a la eliminación del agua libre y la concentración de la biomasa. Además, el uso de un encapsulante (maltodextrina) incrementó la cantidad de polvo obtenido. Sin embargo, en el producto se aprecia el color blanco característico del encapsulante.

## REFERENCIAS

1. Richmond, A. (2004). Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied phycology. Oxford: Blackwell Science.
2. Renaud, S. T. (1999). The gross composition and fatty acids composition of 18 Species of tropical Australian microalgae for possible use in mariculture. Aquaculture, 170: 147-159.
3. Desmorieux, H. (2006). Convective drying of Spirulina in this layer. Journal of Food Engineering, 66(4): 497-503.
4. Priego-Peña, I. (2018). Estudio sobre la cinética de secado de microalgas. Grado Universitario en Ingeniería en Tecnologías Industriales. Universidad Carlos III de Madrid. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/29192>. Accedido: 18 septiembre 2020.
5. Camacho-Ayala, T. X. (2017). Obtención de un hidrolizado de Spirulina (*Arthrospira platensis*) en polvo, mediante secado por aSpersión, como ingrediente funcional. Trabajo de Titulación, para la obtención del Título de Ingeniero Bioquímico otorgado por la Universidad Técnica de

- Ambato. Disponible: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25303/1/BQ%20118.pdf>. Accedido: 18 septiembre 2020.
6. Guillard, R.L. y J.H. Rhyter. 1962. Studies on marine planctonic diatoms I.- *Cyclotella nana* Husted and *Detonula confervacea* (Cleve) Grand. Can. J. Micro. 8:229-239 p.
  7. Mendoza, O. E. M. y Hernández G. O. A. (2014). Determinación de la factibilidad del uso de la microalga (Clorophyta *Chlamydomonas* sp.) en la elaboración de un recubrimiento comestible. Tesis de Licenciatura para obtener el grado de Ingeniero en Industrias Alimentarias. ITSOEH. México.
  8. Gutiérrez, B. R. M. y Pérez, F. R. (2015). Evaluación de la capacidad edulcorante en el estadio de madurez de la vaina del mezquite (*Prosopis laevigata*). Tesis de Licenciatura para obtener el grado de Ingeniero en Industrias Alimentarias. ITSOEH. México.
  9. Arevalo, M. F. (2014). Sólidos pulverulentos. Disponible en: [https://personal.us.es/mfarevalo/recursos/tec\\_far/polvos.pdf](https://personal.us.es/mfarevalo/recursos/tec_far/polvos.pdf) Accedido: 5 de octubre 2020.
  10. Lowry, H.O., N.J. Rosebrough, A. Lewis Farr y R.J. Randall. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. Biological Chemistry, 193:265-275 p.
  11. Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers y F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. Analytical Chemistry, 28:350-356 p.
  12. Pande, S.V., R. Parvin Khan y T.A. Venkitasubramanian. 1963. Microdetermination of lipid and serum total fatty acid. Analyt. Biochem., 6:415-423 p.
  13. Blich, E.G. y W.J. Dayer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol, 37:911-917 p.
  14. Bermeo, C. (2011). Estudio del cosechado de cultivos de microalga en agua residual mediante técnicas de centrifugado. Universidad de Cádiz, España.
  15. Cerón-Ortiz A.N., Bomaye-Andrade E., Gutiérrez-Camacho V.S., Limón-Mendoza M.A. y Ángeles-Monroy M. (2016). Evaluación de tres métodos de separación en la conglomeración de la biomasa algal de *Chlamydomonas* sp. Revista de Ingeniería y Tecnologías para el Desarrollo Sustentable, 1: 43-47.
  16. Molina-Grima, E. B. (2003). Recovery of microalgal biomass and metabolites: Process options and economics. Biotechnology Advances, 20(7-8): 491-515.
  17. Ee, S.C., B. Jamilah, K. Muhammad, D.M. Hashim y N. Adzahan. (2014). Physico-chemical properties of Spray-dried red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel powder during storage, International Food Research Journal, 21(1): 155-160.
  18. Saikia, S., Mahnot, N.K. y Mahanta, C. L. (2015). Optimisation of phenolic extraction from *Averrhoa carambola pomace* by response surface methodology and its microencapsulation by Spray and freeze drying. Food Chem., 171: 144-152.
  19. Morist, A., Montesinos, J. L., Cusidó J. A. y Gódia, F. (2001). Recovery and treatment of *Spirulina platensis* cells cultured in a continuous photobioreactor to be used as food. Process Biochemistry 37, 535-547.
  20. Kim, J. K. (2006). Enhanced hydrogen production by controlling light intensity in sulfur-deprived *Chlamydomonas reinhardtii*, culture. International Journal of Hydrogen Energy, 31.