

ELABORACIÓN DE HIDROGELES PARA LA REMOCIÓN DE RESIDUOS DE AGUA A BASE DE CELULOSA EXTRAÍDA DEL RESIDUO DE FRUTAS

**PRODUCTION OF HYDROGELS FOR THE REMOVAL OF
WATER RESIDUES BASED ON CELLULOSE EXTRACTED
FROM FRUIT RESIDUE**

Recibido: 30/06/2022 – Aceptado: 29/07/2022

María José Dávila Jiménez

Investigador Independiente de la Universidad San Francisco de Quito
Quito – Ecuador

Ingeniera en Alimentos
Universidad San Francisco de Quito

davilamajo4@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8550-4694>

María Paula Granja Salazar

Investigador Independiente de la Universidad San Francisco de Quito
Quito – Ecuador

Ingeniera en Alimentos
Universidad San Francisco de Quito

granjapaula@gmail.com

Veridiana Salomé Zambrano Suárez

Investigador Independiente de la Universidad San Francisco de Quito
Quito – Ecuador

Ingeniera en Alimentos
Universidad San Francisco de Quito

veridiana.zambrano@gmail.com

Emilene Alexandra Erazo Morocho

Investigador Independiente de Universidad San Francisco de Quito
Quito – Ecuador

Ingeniera en Alimentos
Universidad San Francisco de Quito

emileneerazo@gmail.com

Como citar este artículo:

Dávila, D., Granja, P., López, M., Zambrano, V., & Erazo, E., (Enero – Diciembre 2022). Elaboración de hidrogeles para la remoción de residuos de agua a base de celulosa extraída del residuo de frutas. *Tierra Infinita* (8), 158-163. <https://doi.org/10.32645/26028131.1160>

Resumen

En este artículo se analiza el marco conceptual en literatura especializada sobre la fabricación de hidrogel en base de frutas mediante el cual se reduce el impacto ambiental; además por su estructura tridimensional y flexibilidad se puede fabricar a partir de reticulación física o química. Su gomosidad es una ventaja que les permite asemejarse a los tejidos de los seres vivos; y por su fácil adaptación a éstos y a la celulosa que es un polímero natural y abundante en la naturaleza, su uso se incrementa permanentemente en la industria y en la optometría; además se produce en las plantas y en las bacterias por medio de disolución química. También se afirma que la industria, por sus colorantes, contamina las reservas de aguas superficiales y las subterráneas; y la utilización de los hidrogeles han contribuido a disminuir dicha contaminación gracias a su absorción; y asimismo se los utiliza, con éxito, para la limpieza de tintes en agua residual. La metodología utilizada consistió en la revisión de alrededor de ocho fuentes bibliográficas en las cuales participan más de cuarenta investigadores; a continuación, se describe en breve el método de extracción de celulosa y elaboración de los hidrogeles, en base de lo cual se llega a las conclusiones que los hidrogeles basados en celulosa tienen la propiedad de absorber y retener una gran cantidad de agua que les provee varias propiedades fisicoquímicas que hacen que los hidrogeles tengan una amplia gama de aplicaciones de interés para la industria, igualmente para la ciencia, en general, y en la biomedicina para la elaboración de lentes de contacto y la remoción de tintes del agua.

Palabras Clave: Hidrogeles, Lentes de contacto, Residuo de frutas, Celulosa, Agua residual

Abstract

This article analyzes the conceptual framework in specialized literature on the manufacture of fruit-based hydrogel through which the environmental impact is reduced; In addition, due to its three-dimensional structure and flexibility, it can be manufactured through physical or chemical crosslinking. Their rubberiness is an advantage that allows them to resemble the tissues of living beings; and due to its easy adaptation to these and to cellulose, which is a natural polymer and abundant in nature, its use is constantly increasing in industry and in optometry; It is also produced in plants and bacteria by means of chemical dissolution. It is also stated that the industry, due to its dyes, pollutes surface water reserves and groundwater; and the use of hydrogels have contributed to reducing said contamination thanks to their absorption; and they are also used, successfully, for the cleaning of dyes in waste water. The methodology used consisted of the review of around eight bibliographic sources in which more than forty researchers participated; Next, the method of extracting cellulose and elaborating hydrogels is briefly described, based on which the conclusions are reached that cellulose-based hydrogels have the property of absorbing and retaining a large amount of water that provides them with various physicochemical properties that make hydrogels have a wide range of applications of interest for industry, as well as for science, in general, and in biomedicine for the manufacture of contact lenses and the removal of dyes from water.

Keywords: Hydrogels, Contact lenses, Fruit residue, Cellulose, Wastewater

Introducción

Se ha incrementado la fabricación de hidrogeles a partir de residuos de fruta ya que aporta varios beneficios, entre ellos la reducción del impacto ambiental. En términos generales, los hidrogeles son una estructura tridimensional hidrofílica que se produce a partir de la reticulación química o física [1]. Esta estructura posee gran flexibilidad debido a su alto contenido de agua. Además, su gomosidad es una ventaja ya que le permite asemejarse a los tejidos de los seres vivos [2]. El uso de estos polímeros de fuente natural en biomedicina va en aumento ya que se adaptan mejor en los organismos vivos. Uno de los compuestos que se utilizan para la fabricación de hidrogeles es la celulosa debido a que es uno de los polímeros naturales más abundantes, no solo producido por las plantas sino también por bacterias [3]. Estos hidrogeles pueden ser preparados a partir de una celulosa pura y nativa por medio de disolución química [4].

En este marco es necesario afirmar que, las industrias son los principales contaminantes de reservorios de aguas superficiales y subterráneas, donde uno de los contaminantes es el colorante debido al desarrollo potencial de la industria textil. La utilización de hidrogeles para la limpieza de los residuos contaminantes en agua ha sido una solución ideal para el ambiente gracias a su buena absorción [5]. El presente estudio revela la utilización de hidrogeles para la limpieza de tintes en agua residual y aplicaciones biomédicas como la fabricación de lentes de contacto.

Materiales y Métodos

Se realizó el análisis del marco conceptual en literatura especializada acerca del uso de los residuos de frutas para la elaboración de hidrogeles. También se contemplaron dos posibles aplicaciones de este material polímero de tipo hidrogeles, una de ellas relacionada con la elaboración de lentes de contacto; y la segunda tiene que ver con la remoción de tintes del agua. A continuación, se describe en breve el método de extracción de celulosa y elaboración de los hidrogeles.

Aislamiento de la celulosa de los residuos de fruta: Para ilustrar este procedimiento se emplea la piña (*Ananas comosus*) que se encuentra encerrada por una piel firme y dura; su extremo superior termina con una vistosa corona de hojas verdes. La cáscara se separa y se lava hasta remover impurezas, se seca en un horno a 50°C por 24h y luego se pulveriza con una pantalla de malla-100 para obtener un polvo de la cáscara. Para aislar la celulosa: 50g del polvo obtenido se mezclan con 1000mL de agua destilada con agitación a 80°C por 2h. Luego se filtra, el residuo sólido se lignifica con una solución de NaCl en agitación por 4h. Para remover la hemicelulosa, los residuos secos son tratados con KOH en agitación por 10h. Luego de filtrar los residuos se lavan con agua destilada y con etanol al 95% alternándose hasta que el filtrado sea neutro y se seca a 50°C por 24h [6].

Elaboración de los Hidrogeles: Existen varias técnicas para la elaboración de hidrogeles, entre las que se destacan, la que se realiza por medio de ciclos de hielo-deshielo [1], reacción de polimerización mediante radicales libres [5] [7] [8] y, por último, el proceso menos complejo que consiste en disolver 0,3g de celulosa en 15g de BmimCl (Cloruro de 1-butil-3-metilimidazolio) en agitación constante a 110°C por 3 h y luego enfriar a temperatura ambiente hasta la obtención del hidrogel [6].

Evaluación de los hidrogeles: Para el caso de la remoción de tintes del agua se realizaron algunas pruebas como la tasa de hinchamiento, la sensibilidad al pH, la reusabilidad y la capacidad

de absorción de cada tinte [1] [5] [6] [8]. Respecto al uso de hidrogeles en lentes de contacto se realizaron pruebas de permeabilidad de oxígeno y estudios in vivo y ex vivo en conejos y ratones para evaluar la biocompatibilidad, niveles de irritación, etc. [3] [7]

Resultados y Discusión

Evaluación de hidrogeles de celulosa para la fabricación de lentes de contacto: Los lentes de contacto deben presentar una buena permeabilidad al oxígeno ya que la córnea es avascular y necesita el oxígeno para la respiración celular, para ello se considera la cantidad de celulosa con la que se debe trabajar. Mientras mayor contenido de celulosa exista menor permeabilidad de oxígeno presentará [3]. Los hidrogeles de celulosa vegetal (concentraciones de 2 a 5% del material) cuya permeabilidad al oxígeno obtenida se encuentra entre 55 y 115 barrer/cm se encuentran dentro de los rangos aceptables que son 26-175 barrer/cm para lentes de contacto comerciales.

Mediante un proceso de esterilización (autoclave), se controla que no haya la presencia de bacterias, hongos y toxinas para garantizar inocuidad en el mismo [7]. Se estudió en ratas y conejos entre 14 y 22 días sin indicar presencia alguna de dichos microorganismos. Además, se estudia la citotoxicidad mediante implantación subcutánea en ratas y la incubación de células en medios con extractos de los dichos hidrogeles. Se obtuvo un porcentaje de viabilidad celular mayor a 91% indicando que el uso de los lentes es seguro [3] [7].

Mediante el procedimiento de la norma ISO 9394 se estudia la biocompatibilidad de los lentes de contacto y se asegura que no produzcan ninguna irritación. Se prueban los lentes en los animales antes mencionados, utilizando la escala de Draize. De esta forma, se obtuvo una puntuación de 1 indicando que no hubo abrasión de la córnea, irritación u otro problema oftalmológico tras aproximadamente 22 días. Ciertos conejos presentaron una coloración roja en el ojo, sin embargo, se comparó con el lente de control, el cual también generó una coloración similar en los primeros días [3] [7].

Absorción de residuos con diferentes tipos de hidrogeles de celulosa: El estudio de Dai, Huang y Huang expresa que la absorción de azul de metileno por hidrogeles de celulosa de cáscara de piña es un método eco amigable y asequible. La adición de diatomita magnética (m-DE) mejora los geles en cuanto a absorción y capacidad de hinchamiento, se observa que la capacidad de absorción tiene relación directa con el contenido de m-DE; a 30°C se obtuvo un valor de absorción de azul de metileno de 26,06 mg/g con el hidrogel común, mientras que el hidrogel con la dosis más baja de m-DE registró 36,52 mg/g. Además, estos hidrogeles son reusables, pues tras realizar 4 ciclos completos de absorción y desorción se obtuvo un 90% de eficiencia [6].

Los mismos autores presentan otro estudio sobre la absorción de azul de metileno, pero con la adición de óxido de grafeno (GO) y bentonita (B) a hidrogeles de celulosa carboximetil (PCMC) o de alcohol polivinílico (PVA). Análisis realizados mediante SEM (microscopio electrónico de barrido) demuestran que el agregar GO y B permiten obtener hidrogeles con superficie adecuadamente porosa que sirva de canal para transferencia de masa que permita una mayor absorción de tintes. Por otro lado, la capacidad de absorción incrementa; el hidrogel original de PCMC y PVA registra 65,83 mg/g a 30°C; mientras que la combinación PCMC-PVA-GO-B obtiene 136, 56 mg/g [1]. Se determinó que estos hidrogeles también presentan características de reusabilidad.

En un tercer estudio, Dai y Huang presentaron las propiedades de un hidrogel ácido de celulosa acrílica de cáscara de piña, a la que se añadió caolinita y tinta de sepia para la absorción de azul de metileno. Se obtuvo que la adición de caolinita al 10% presenta los mejores resultados de eficiencia y absorción, por otro lado, la cantidad adecuada de tinta de sepia fue al 20%. En ambos

casos se determina que cantidades mayores pueden bloquear la red de polímeros y disminuir la absorción, al acumular caolinita o tinta de sepia en la superficie [8].

Conclusiones

Los hidrogeles a base de celulosa pueden absorber y retener una importante cantidad de agua. Gracias a esto tienen varias propiedades fisicoquímicas que juntas permiten a los hidrogeles tener una amplia gama de aplicaciones y atraen a científicos e industrias a nivel mundial.

Este trabajo busca enfocarse en las potenciales aplicaciones de los hidrogeles en biomedicina para lentes de contacto y aplicaciones ambientales como es la remoción de tintes del agua.

Referencias Bibliográficas

- Bello, K., Sarojini, B. y Narayana, B. (2019). Design and fabrication of environmentally benign cellulose-based hydrogel matrix for selective adsorption of toxic dyes from industrial effluvia. *Journal of Polymer Research*, (26) 62, 1-28.
- Dai, H., Huang, H. (2017). Synthesis, characterization and properties of pineapple peel cellulose-g-acrylic acid hydrogel loaded with kaolin and sepia ink. *Cellulose*. 24, 69-84.
- Dai, H., Huang, Y. y Huang, H. (2018). Eco-friendly polyvinyl alcohol/carboxymethyl cellulose hydrogels reinforced with graphene oxide and bentonite for enhanced adsorption of methylene blue. *Carbohydrate Polymers* 185, 1-11.
- Dai, H., Huang, Y., Zhang, Y., Zhang, H. y Huang, H. (2019). Green and facile fabrication of pineapple peel cellulose/magnetic diatomite hydrogels in ionic liquid for methylene blue adsorption. *Cellulose*. 26, (6), 3825-3844.
- Kabir, S., Sikdar, P., Haque, B., Rahman, M., Ali, A. y Islam, M. (2018). Cellulose based hydrogel materials: chemistry, properties and their prospective applications. *Process Biomaterials*. 7, 153-174.
- Maulvi, F., Lakdawala, D., Shaikh, A., Desai, A. Choksi, H., Vaidya, R., ... O. Shah, D. (2016). In vitro and in vivo evaluation of novel implantation technology in hydrogel contact lenses for controlled drug delivery. *Journal of Controlled Release*. 226, 47-56.
- Patchan, M. ChaE.J., Lee, J., Calderon-Colon, X., Maranchi, J., McCally, R., Schein, O. Elisseeff, J. y Trexler, M. (2016). Evaluation of the biocompatibility of regenerated cellulose hydrogels with high strength and transparency for ocular applications. 30, (7), 1049-105
- Ullah, F., Hafi, M., Javed, F., Ahmad, Z. y Md. Akil, H. (2015). Classification, processing and application of hydrogels: A review. *Materials Science and Engineering*. 57, 414-433.