

FIBRAS VEGETALES Y SU APLICACIÓN EN LA QUÍMICA ANALÍTICA

T. ALEXANDRA FERREIRA, JOSE A. RODRIGUEZ

Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo km. 4.5, 42184 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México

El agua potable es en la actualidad uno de los principales temas de discusión a nivel mundial debido a que el abastecimiento es cada día más demandado y a la presencia de diversos contaminantes de origen antropogénico. La amplia variedad de contaminantes incluye desde compuestos inorgánicos hasta compuestos orgánicos como colorantes, amins aromáticas, y pesticidas, entre otros. El efecto en la salud de algunos de estos componentes, ha fomentado el desarrollo de metodologías de análisis simples, rápidas y de bajo costo que permitan monitorear la calidad del agua.

En la bibliografía se han descrito una amplia variedad de metodologías para la determinación de contaminantes en muestras de agua. La gran mayoría involucra una etapa de tratamiento previo para realizar la limpieza de la muestra y/o la preconcentración del analito de interés. En este sentido, la extracción en fase sólida es la estrategia más empleada debido a su versatilidad. De forma general se basa en la retención de compuestos en una fase sólida que posteriormente se eluyen empleando un disolvente adecuado.

A pesar de que la extracción en fase sólida es una técnica de pretratamiento popular que se considera robusta y permite disminuir el consumo de disolventes orgánicos, tiene como desventaja que los sólidos empleados como fase extractante suelen ser de elevado costo o bien representan la generación de residuos secundarios derivados del proceso de tratamiento. En los últimos años se ha propuesto el uso de fases sólidas alternativas que provengan de materiales accesibles, sustentables y de bajo costo, entre estos, se encuentran las fibras naturales de origen vegetal.

Si bien, hay descritas diversas aplicaciones del uso de fibras vegetales como materiales adsorbentes de colorantes, la incorporación de éstas en el desarrollo de metodologías analíticas ha sido poco explorada. Las características químicas, físicas y mecánicas de las fibras vegetales, como su textura, longitud, resistencia mecánica, porosidad y flexibilidad han llamado la atención en diversos campos de aplicación, por ejemplo, en la fabricación de bienes de consumo, como la confección de prendas de vestir, cuerdas, alfombras, canastas, así como en materiales para la construcción.

La estructura de las fibras naturales de origen vegetal está conformada esencialmente por celulosa, hemicelulosa y lignina (Figura 1). Estos compuestos presentan grupos funcionales hidroxilo, carbonilo y éter, que favorecen procesos de adsorción mediante interacciones por puente de hidrógeno o bien interacciones electrostáticas [1].

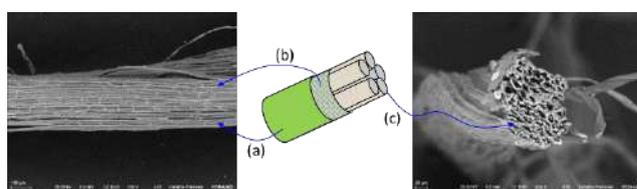


Figura 1. Representación y micrografía de una fibra natural de origen vegetal. a) lignina, b) hemicelulosa y c) celulosa

Las fibras más estudiadas como adsorbentes son el yute, henequén, sisal, algodón, cáñamo y coco. Todas ellas son materias primas renovables, fáciles de adquirir y biodegradables (Figura 2).



Figura 2. Fibras de a) yute, b) henequén, c) sisal, d) cáñamo, e) algodón, y f) coco.

Las fibras naturales de origen vegetal han surgido como una alternativa sustentable para ser utilizadas como extractante en fase sólida con buenos resultados. Sin embargo, a pesar de los grupos funcionales que contienen, poseen capacidades limitadas debido a que presentan una cantidad mínima de sitios disponibles para la interacción por unidad de área, o bien, algunos compuestos orgánicos como los colorantes son capaces de adsorberse de manera irreversible.

Con la finalidad de mejorar su capacidad de adsorción, selectividad y eficiencia es posible realizar la modificación química de la superficie. Estas modificaciones incluyen realizar un recubrimiento de la fibra o bien unir grupos funcionales que confieran las propiedades deseadas, por ejemplo, grupos con propiedades de intercambio iónico o quelantes [2].

Este tipo de adsorbentes naturales son capaces de retener contaminantes de origen orgánico o inorgánico. Los ejemplos descritos para adsorción de compuestos utilizando fibras vegetales como adsorbente incluyen el uso de fibras vegetales sin modificar y modificadas.

Se ha descrito el uso de fibras de yute sin modificar para la extracción de colorantes azoicos, utilizando el colorante rojo Congo como molécula modelo. La capacidad de adsorción obtenida fue de 8.12 mg/g y se propone interacciones como mecanismo de adsorción (Figura 3) [3].

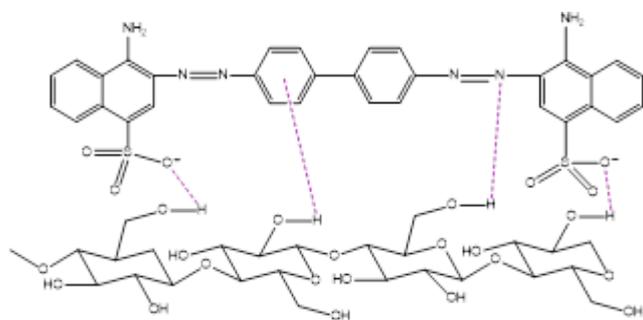


Figura 3. Representación esquemática de las interacciones por puente de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de una fibra de yute y el colorante rojo Congo.

La fibra de yute ha sido modificada con dianhídrido piroméltico para la formación poliésteres aromáticos que permiten la retención de anilina a través de interacciones  $\pi$ - $\pi$  [4]. También se han realizado experimentos para la retención de algunos iones metálicos como  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  y  $Cu^{2+}$ , utilizando fibra de tururi tratada con NaOH [2]. En estos casos, parámetros experimentales como pH, cantidad de adsorbente, concentración del compuesto de interés y temperatura, tienen influencia en los resultados observados y deben ser consideradas para su aplicación en experimentos de extracción-elución.

La integración en metodologías analíticas comenzó a ser explorada en la década de los 90s donde se propone una metodología basada en el uso de fibras de algodón modificadas con ftalocianina de cobre en la pre-concentración de 62 compuestos policíclicos [1]. Bajo el mismo concepto, se ha realizado la tinción de material celulósico textil que se utiliza para la retención de cristal violeta y safranina en muestras acuosas, mismos que fueron analizados mediante

espectrofotometría después de su elución con metanol [5].

Empleando el concepto de extracción en fase sólida dispersiva, se propuso el uso de fibras de henequén modificadas en la retención-elución de verde malaquita y verde leucomalaquita en muestras de pescado seguida del análisis mediante electroforesis capilar [6].

Recientemente se ha ampliado el uso de fibras vegetales en sistemas de extracción en fase sólida en punta de pipeta utilizando como propuesta el análisis de pesticidas organoclorados en muestras de aceite. Las fibras vegetales de kapok se utilizaron como fase sólida, una mezcla de aceite-acetonitrilo se coloca en la punta de pipeta quedando retenida la fase lipofílica en las fibras, mientras que el disolvente polar (con los analitos disueltos) pasa a través de la fase extractante donde se completa la limpieza [7].

El uso de fibras vegetales y en general materiales lignocelulósicos en el área de la química analítica representa una alternativa verde para el desarrollo de nuevas metodologías que permitan la determinación de compuestos de interés siguiendo procedimientos más sencillos, rápidos, eficientes y de bajo costo, comparados con las metodologías convencionales. Si bien, son pocas las aplicaciones que han sido descritas para la incorporación de estos materiales en química analítica, las fibras vegetales han demostrado ser una propuesta versátil y competitiva.

#### Referencias

- [1] Hayatsu, H. (1992). *J. Chromatogr A*, 597(1-2), 37-56. doi: 10.1016/0021-9673(92)80095-c
- [2] de Quadros Melo, D., de Oliveira Sousa N. V., de Freitas Barros, F. C., Santiago Cabral Raulino, G., Bastos Vidal, C., Ferreira do Nascimento, R., (2016), *J. Appl. Polym. Sci*, 133(15). doi: 10.1002/app.43286.
- [3] Aparna R.; Sumit C.; Sarada P. K., Basudam A., Subhasish B. M., (2012), *J. Appl. Polym. Sci*, 129, 15-17. doi: 10.1002/app.38222
- [4] Hu Q., Wang P., Jiang, J., Pan, H., Gao, D., (2016), *J. Environ. Chem. Eng.*, 4(2), 2243-2249. doi: 10.1016/j.jece.2016.03.022
- [5] Safarik, I., Baldikova, E., Safarikova, M., Pospiskova, K. (2018), *J. Ind. Text.*, 48, 761-771. doi: 10.1177/1528083717740767
- [6] Ferreira, T. A., Ibarra, I. S., Silva, M. L. S., Miranda, J. M., Rodriguez, J. A. (2020). *Microchem. J.*, 157, 104941. doi: 10.1016/j.microc.2020.104941
- [7] Zhang, M., Bu, X., Xu, X., Wang, B., Yang, S., Luo, Y., Xu, X., (2023), *Talanta*, 253, 123982. doi: 10.1016/j.talanta.2022.123982