

Eliminación de Lindano mediante Nanofiltración

Adrián Ruiz¹, José Miguel Luque², Javier Lasobras¹, Joaquín Coronas²,
Miguel Menéndez¹

Catálisis, Separaciones Moleculares e Ingeniería de Reactores (CREG)

¹Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)

²Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (INMA)

Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.

e-mail: qtmiguel@unizar.es

Resumen

Ante los problemas que genera el lindano tanto en el medioambiente como en la salud humana, se requiere de metodologías eficaces a la hora de retirar dicho contaminante del medio acuático. En este trabajo se ha propuesto el uso de membranas comerciales de nanofiltración para la eliminación del mismo.

Introducción

Se denomina lindano al isómero gamma del hexaclorociclohexano (HCH), siendo la única disposición del compuesto que presenta propiedades plaguicidas. El lindano es muy persistente en el medio, no degradándose con la radiación UV, oxigenación o hidrólisis en condiciones ambientales. Ello genera su acumulación y propagación por el aire, agua y suelo, con efectos en la salud animal y humana. Tanto en España, como en diversas partes de Europa, se tiene conciencia de los problemas ocasionados por vertidos o fugas accidentales de dicho residuo, así como los desechos producidos por la producción de lindano técnico.

Se han realizado estudios con diversas técnicas, como puede ser la oxidación electroquímica [1] o las decloraciones con catalizadores con soportes biológicos [2]. La técnica utilizada actualmente para el tratamiento de los lixiviados de los vertederos es la adsorción con carbón activo, que implica un alto coste por el consumo de adsorbente. Por ello, en este estudio se ha considerado que la nanofiltración podría

aportar un elevado rechazo de lindano con menores tiempos de operación y sin modificar químicamente el medio, además de ser una técnica comercial muy competitiva.

Experimental

La disolución de lindano (600 ppb) se realiza a partir de lindano puro 99% comercializado por Sigma-Aldrich. Para prepararla, se adiciona el lindano al agua y se calienta hasta los 60°C con agitación y durante 2h. Una vez transcurrido este tiempo se mantiene con agitación durante 24h a temperatura ambiente.

Para los ensayos de nanofiltración se ha empleado un módulo de nanofiltración (HP4750), comercializado por Sterlitech. Las membranas que se han estudiado son comercializadas por Alfa Laval. Se han utilizado los modelos NF99HF y NF99. Antes de comenzar la nanofiltración se realizan limpiezas con DMSO y agua para eliminar cualquier contaminante de ensayos anteriores. Posteriormente se realiza una primera filtración a 20 bar con agua destilada para compactar la membrana. Finalmente se realiza la nanofiltración con la disolución de lindano. Los experimentos se realizan a una presión de 20 bar utilizando N₂. El caudal de permeado se mide por gravimetría periódicamente. Para analizar las muestras se realiza una extracción líquido-líquido de 100 mL de la muestra con 15 mL de hexano. Con esto se consigue una señal amplificada en el instrumento de medición. Para el análisis de los resultados, se ha utilizado un

equipo GC-MS modelo GCMS-QP2021 Ultra.

Resultados

En la Tabla 1 se puede ver los resultados de permeación y rechazo para ambas membranas. Para las membranas NF99 se realizó un primer ensayo con la sección menor de membrana y no se pudo obtener un valor de permeación debido al poco volumen obtenido. Por eso se empleó una sección mayor de membrana en los experimentos 2 y 3 para poder obtener suficiente cantidad de permeado. Como era de esperar las NF99 mostraron una permeación mucho más baja que las NF99HF. Sin embargo, el rechazo es mucho mayor para las NF99. Referido a las membranas NF99HF se observa una menor capacidad de retención de lindano, no llegándose al 75% de rechazo para ninguno de los experimentos. Pero como ya se ha mencionado, la permeación es mucho más favorable, inclusive en secciones de trabajo más reducidas. Los ensayos se han realizado varias veces en las mismas condiciones y como se puede ver en la Tabla 1 mantienen una buena reproducibilidad.

Estas membranas son mucho más selectivas que las NF99HF. Se debe de llegar a un compromiso entre obtener una permeación elevada para poder tratar grandes volúmenes de agua y un alto rechazo. Cabe destacar que en este estudio se ha llegado en algunos casos al 95,6% de rechazo (exp 1. Tabla 1), que concuerdan con otros de literatura como el de Bonne et al. [3], dónde se demuestra la capacidad de membranas de ósmosis inversa para la retención de pesticidas.

Conclusiones

Se ha demostrado como la técnica de nanofiltración es capaz de retirar del medio un porcentaje elevado de lindano. Aun así, los porcentajes de rechazo que se obtienen no son no son suficientemente elevados para que el efluente sea apto para consumo. Por ello se debe de seguir investigando en membranas más selectivas y con altas permeaciones. Con los rendimientos alcanzados en este trabajo, la tecnología de membranas de ultrafiltración como tratamiento previo a la adsorción con carbón activo permitiría reducir enormemente el consumo de carbón activo.

Referencias

- [1] DOMINGUEZ, C.M., OTURAN, N., ROMERO, A., SANTOS, A., and OTURAN M.A. Removal of lindane wastes by advanced electrochemical oxidation. *Chemosphere*, 2018, 202, 400–409. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.03.124.
- [2] PAKNIKAR, K. M., NAGPAL, V., PETHKAR, A. v., and RAJWADE, J. M. Degradation of lindane from aqueous solutions using iron sulfide nanoparticles stabilized by biopolymers. *Science and Technology of Advanced Materials*, 2005, 6, 370–374. doi: 10.1016/j.stam.2005.02.016.
- [3] BONNE, P., BEERENDONK, E., VAN DER HOEK, J., and HOFMAN, J. Retention of herbicides and pesticides in relation to aging of RO membranes. *Desalination*, 2000, 132, 189-193. doi: 10.1016/S0011-9164(00)00148-X

Tabla 1. Permeaciones y porcentaje de rechazo para de los ensayos de nanofiltración para las membranas NF99 y NF99HF a 20 bar de presión

Exp	Membrana	Sección (m ²)	Permeación (L·h ⁻¹ ·m ² ·bar ⁻¹)	Concentraciones (ppb)		Rechazo (%)
				Ret	Per	
1	NF99	2,27E-04	-	505,4	26,3	95,6
2	NF99	1,96E-03	0,08	523,3	53,5	91,1
3	NF99	1,96E-03	0,09	515,3	81,1	86,5
4	NF99HF	2,27E-04	14,47	643,3	156,3	73,9
5	NF99HF	2,27E-04	15,68	815,9	208,4	65,3
6	NF99HF	2,27E-04	14,78	539,9	228,7	61,9