

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Estudio: Grado en Ingeniería Biomédica

Título: Fabricación de un material conductor para impresión 3D capaz de recoger bioseñales en el cuerpo humano

Documento: Resumen

Alumno: Xavier Caner i Martínez

Tutora: Fabiola Vilaseca Morera

Departamento: Ingeniería Química, agraria y tecnología agroalimentaria

Área: Ingeniería Química

Convocatoria (mes/año): Junio/2024

En este trabajo se pretende fabricar un material capaz de ser usado en impresión 3D y que sea capaz de recoger señales del cuerpo humano de manera sostenible. En ese sentido, en las últimas décadas, se ha estado estudiando la aplicación de los hidrogeles en la electrónica portátil, ya que estos pueden ser una alternativa más ecológica para la fabricación de estos dispositivos. Sin embargo, los sensores a bases de hidrogeles aún tienen varios desafíos. Debido a su alto contenido en agua, la mayoría de hidrogeles son propensos a la deshidratación, por lo cual, también disminuyen sus propiedades mecánicas y conductoras. En este sentido, han aparecido los eutectogeles, que son una alternativa ecológica y sostenible a los hidrogeles.

Los eutectogeles están formados a partir de los disolventes eutécticos profundos (DEPs). Estos están formados por aceptores de enlaces de hidrógeno (AEH) y donadores de enlaces de hidrógeno (DEH). Estos tienen características como baja toxicidad, biocompatibilidad y biodegradabilidad. A diferencia de los hidrogeles, los eutectogeles presentan mayor resistencia mecánica y mayor estabilidad térmica. Así mismo, para garantizar mayor resistencia mecánica, a los eutectogeles se les pueden añadir fibras de nanocelulosa (FNC), las cuales también son biodegradables y biocompatibles. Estas se pueden obtener de manera fácil y sostenible a partir de la fragmentación de biomasa mediante el uso de los DEPs.

Los sensores biomédicos son capaces de detectar bioseñales. Dependiendo del órgano que se quiera analizar, se debe usar un tipo de sensor u otro. En este caso, los electrodos son usados para capturar señales en la electrocardiografía y deben de cumplir con algunas características. Algunas de las más importantes son las propiedades conductoras, que deben de tener una conductividad de entre 10^{-5} y 200 S/m (Siemens/metro), de adhesión, ya que deben de mantenerse en contacto con la piel durante un periodo de entre 5 a 30 minutos y de seguridad con la piel.

La preparación de los eutectogeles se puede dividir en dos partes, los que contienen fibras de nanocelulosa y los que no. Para esas muestras que tienen un contenido de nanocelulosa, primeramente, se debe de hacer un pretratamiento de la biomasa con un DEP binario. Una vez realizado el pretratamiento, tanto la biomasa sin pretratar como la celulosa pretratada, se analizan por NREL, el cual nos muestra cambios significativos antes y después del pretratamiento. Posteriormente, la celulosa pretratada, es pasada por el homogeneizador a alta presión para llegar a obtener fibras

de nanocelulosa. Para terminar, se analiza, mediante el análisis MORFI, el tamaño de las fibras para verificar si a partir de este proceso se puede llegar a obtener fibras de nanocelulosa.

Una vez las fibras de nanocelulosa han sido obtenidas y analizadas, se puede implementar su uso para los eutectogeles. Primeramente, se sintetizan los distintos DEPs ternarios con las distintas relaciones molares que se quieren estudiar en este trabajo. Las formulaciones de DEPs que se han usado en este trabajo se han seleccionado a partir de artículos relacionados con eutectogeles aplicados a sensores. Además, han sido escogidas esas formulaciones que no son contaminantes y sean de bajo costo para adaptarse a los requisitos del trabajo. Cabe resaltar que, aunque en la memoria se habla de 8 muestras distintas (**Tabla 1**), se han realizado más formulaciones han sido descartadas por no formarse debidamente.

Tabla 1. Composición de las mezclas ternarias con FNC.

DEP ternario	Relación molar (mol/mol)				Relación DEP:FNC (v/v)	
	AA	ChCl	EG	PEG	FNC 1% (p/p)	FNC 4.5% (p/p)
I	2	1	1	-	-	-
II	2	1	2	-	-	-
III	2	1	1	-	0.3	-
IV	2	1	2	-	0.3	-
V	160	80	-	1	0.1	-
VI	160	80	-	1	0.3	-
VII	160	80	-	1	0.5	-
VIII	2	1	1	-	-	0.5

AA: ácido acrílico; ChCl: cloruro de colina; EG: etilenglicol; PEG: polietilenglicol; FNC: fibrillas de nanocelulosa;

-: compuesto no incorporado en la mezcla.

A esas muestras que contienen fibras de nanocelulosa se les añade su proporción. A todas las muestras diseñadas se les ha realizado un análisis reológico (viscosidad aparente) y eléctrico (conductividad). Este test reológico es importante ya indica si las muestras pueden ser usadas para impresión 3D.

Una vez realizado estos análisis, se añade el fotopolimerizador a las muestras y seguidamente se someten a luz UV para obtener un eutectogel. En este proceso, algunas de las muestras no polimerizan debidamente y, por lo tanto, no se pueden obtener resultados posteriormente.

A continuación, esas muestras que han polimerizado correctamente, son caracterizadas y analizadas. Los análisis que se les han realizado a los eutectogeles son: fisicoquímicos (análisis ATR-FTIR y TGA), mecánicos (adhesión) y eléctricos (conductividad). El análisis ATR-FTIR informa sobre la correcta polimerización de los eutectogeles. El análisis TGA aporta información sobre el comportamiento del eutectogel al aplicarle temperatura. Por otro lado, la adhesión es importante ya que este material tiene que estar en contacto con la piel durante el tiempo en que el sensor está en uso. El análisis de conductividad, nos aporta la información necesaria para decidir si ese eutectogel es capaz de recoger las señales eléctricas del cuerpo humano y, por lo tanto, saber si el eutectogel requiere de otros procesos para tener mejores características eléctricas o no.

Una vez realizados todas estas pruebas, se han comparado los resultados obtenidos con los de la literatura para poder aportar comentarios de valor y con más objetividad. De estos resultados cabe destacar que las muestras cumplen con los requisitos de conductividad de los electrodos. Así mismo, todas las muestras tienen una viscosidad aparente que les permite aplicadas en impresión 3D. De los resultados de conductividad se puede resaltar que la muestra II (AA:ChCl:EG; 2:1:2 mol/mol) es la que ha obtenido valor más elevado (0,12 S/m). Además, tiene un comportamiento reológico pseudoplástico, esencial para su aplicación en impresión 3D y una buena adhesión.

Muestra	Conductividad a 20°C (S/m)
I	0,018
II	0,120
III	-
IV	-
V	0,013
VI	0,010

VII	0,007
VIII	0,065

Las limitaciones de este estudio son en relación con la disponibilidad de los equipos, es por eso que el proceso de polimerización y recuperación del material no se puede hacer de manera ideal. Además, debido a esto no se puede realizar algún análisis como por ejemplo el ensayo a tracción para valorar la resistencia mecánica de las muestras.

Este trabajo concluye que se pueden fabricar materiales con potencial para ser aplicados en impresión 3D con capacidades conductoras de manera sostenible. Esto debido a que cumplen con los requisitos de conductividad para ser empleados en electrodos y tienen la viscosidad aparente necesaria como para ser usado en impresión 3D.