

Síntesis de un hidrogel híbrido superporoso (SPH) de alginato de sodio y acrilamida como propuesta para desarrollo de músculos artificiales

Benítez Mendoza, Carlos Daniel

2024

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/6134>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Síntesis de un hidrogel híbrido superporoso (SPH) de alginato de sodio y acrilamida como propuesta para desarrollo de músculos artificiales

Benítez Mendoza Carlos Daniel (tercer semestre de Ingeniería Biomédica)¹, Galván Xicali Dilany Andrea (tercer semestre de Ingeniería en Biotecnología)¹, Martínez López Enrique Ricardo (sexto semestre de Ingeniería en Biotecnología)¹, Morales Espinosa José Manuel (tercer semestre de Ingeniería Biomédica)^{1,*}, Ramírez Rodríguez Rocío (profesor responsable)¹.
1Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Palabras clave: Acrilamida, Alginato de sodio, Hidrogel superporoso, Hinchazón, Músculo Artificial.

***Autor Corresponsal:** 199308@iberopuebla.mx

• Introducción

Los músculos son de vital importancia, ya que dan soporte y regulan las funciones internas del cuerpo. Con el paso del tiempo o debido a enfermedades, los músculos pueden deteriorarse y perder sus propiedades, por lo cual se implementan músculos artificiales, con los que se busca reemplazar, replicar y mejorar su funcionalidad a través de materiales naturales o artificiales. Hasta ahora los materiales que se han implementado en músculos artificiales son rígidos, ineficientes o presentan una durabilidad limitada. [1] Un hidrogel es una red polimérica reticulada e hinchada. Posee la capacidad de absorber agua la cual surge de los grupos funcionales hidrofílicos unidos a la columna vertebral polimérica, mientras que su resistencia a la disolución surge de los enlaces cruzados entre las cadenas de la red.

Hay una subclase interesante de los hidrogeles, que son los hidrogeles híbridos superporosos (SPH). Es la tercera generación de la subclase SPH, y tienen la capacidad de absorber cantidades altas de agua o fluidos acuosos (de 10 a 1000 veces su peso o volumen original) en períodos de tiempo relativamente cortos (segundos) [2]. En comparación con los SPH convencionales y los compuestos SPH, los híbridos SPH no son fácilmente rompibles, ya que pueden soportar tensiones desde los 10 a 105 kPa, lo que los hace atractivos cuando se prefieren los geles resistentes [3]. Los SPH en el área biomédica se han usado para la administración de fármacos y son interesantes también para dispositivos o prótesis gastrointestinales. Como propuesta para músculos artificiales, no se conoce nada aún. Es por esto que nuestro objetivo con este proyecto es sintetizar un híbrido SPH de alginato de sodio y acrilamida, que, por las propiedades mencionadas anteriormente, puede ser un material potencial para desarrollo de músculos artificiales.

• Metodología

Se realizará una investigación, comparación y retroalimentación de 3 metodologías con una antigüedad menor a 5 años, sobre la síntesis de hidrogeles de alginato y acrilamida, con el asesoramiento de la Dr. María José Rivas Arreola, para determinar las mejores concentraciones, llevar a cabo su síntesis y su posterior evaluación. Síntesis de la primera y segunda muestra de hidrogel SPH: Se prepararán dos muestras de alginato y acrilamida (3%/7% p/v y 6%/4% p/v), neutralizando con NaOH (0.04% v/v para la primera y 0.5 g en hojuelas para la segunda). Se reticularán usando bisacrilamida (0.07% p/v) y CaCl₂ (10 g puros en la primera y 10% p/v en la segunda muestra). Para mejorar la porosidad, se añadirá ácido acético al 1% p/v y, para polimerizar, persulfato de amonio y de potasio (0.065% p/v cada uno). Se generarán burbujas con bicarbonato de sodio al 1% p/v. La mezcla se deshidratará en etanol por 6–8 horas y se secará a 35°C por 48 horas para obtener un xerogel. Síntesis de la tercera muestra de hidrogel SPH: Para preparar el hidrogel, se hará una solución al 2% p/v de alginato de sodio y otra de acrilamida entre el 10% y 20% p/v, con APS al 0.1%–0.5% p/v como iniciador. Ambas soluciones se mezclarán y se activará la polimerización con 3–8 gotas de TEMED, dejándola reposar a 25°C–40°C por 20–30 minutos. Después, el hidrogel se sumergirá en CaCl₂ al 1%–3% p/v por 15 minutos a 1 hora para reticulación, se lavará, deshidratará en etanol por 6–8 horas, y se secará a 35°C por 48 horas para obtener un xerogel. Para evaluar su hinchazón, se sumergirán 0.1 g de cada muestra por separado en 200 ml de agua destilada, siendo pesadas nuevamente en intervalos de 10 minutos hasta obtener valores cada vez más constantes. Se aplicará una fórmula para calcular el porcentaje de hinchazón. Para la evaluación de la capacidad de tensión, se diseñará una probeta en el programa CATIA, siguiendo las medidas de la norma ISO 527-2. La probeta con cada hidrogel será evaluada por la máquina universal de esfuerzos para obtener el valor de la máxima tensión.

• Resultados

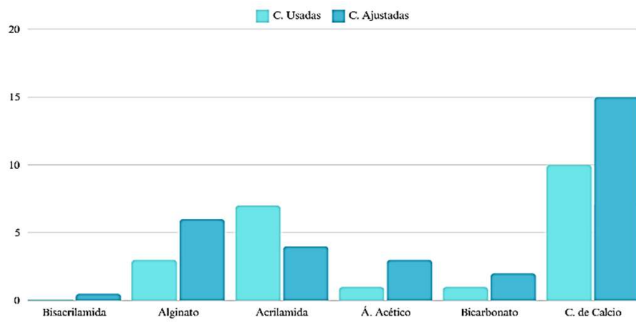
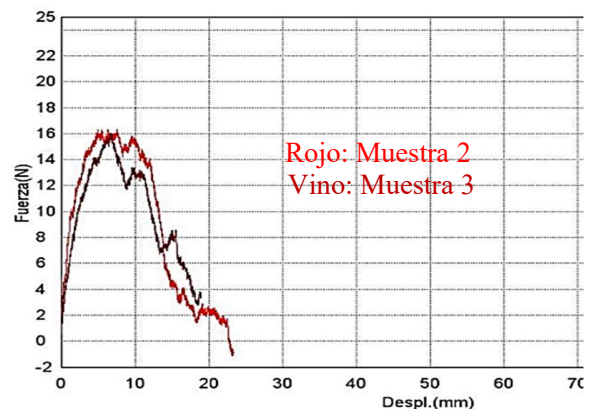


Figura 1. Muestra 1 Figura 2. Muestra 2 Figura 3. Muestra 3

Gráfica 1. Comparación de concentraciones usadas en la metodología 2 vs concentraciones ajustadas.

Estándar: 1000 – 10000%	Tiempo de hidratación (min)	Porcentaje de aumento máximo en la masa (%)
Muestra 1	70	185.5
Muestra 2	110	1454
Muestra 3	120	1000

Tabla 1. Comparación en la hinchazón de cada hidrogel



Gráfica 2. Comparación de fuerza ejercida en el hidrogel respecto al desplazamiento.

• Análisis de resultados

Gráfica 1: Se comparó el resultado obtenido en cada muestra, y de acuerdo con propiedades como hinchazón y consistencia, se tomó la muestra de la metodología 2 como la mejor, aunque se consideraron modificaciones en las concentraciones de ciertos reactivos para potenciar aún más el resultado. La gráfica muestra las concentraciones usadas y compara con las ajustadas.

Figura 1, 2 y 3: Las fotos muestran los resultados gráficos obtenidos de las tres muestras. En la muestra 1 y 3 se obtuvo un producto sólido y frágil, de consistencia similar a tela de vendaje y el otro como una pastilla, respectivamente. En la muestra 2, también se obtuvo un producto sólido, pero no frágil, y da la impresión de que siguiera hinchado aún posterior al secado.

Tabla 1: Posterior a las pruebas de hinchazón, se determinó que el bajo porcentaje obtenido en la muestra 1 se debió a la adición de CaCl₂ directa sin solución, lo que afectó la formación de las redes poliméricas que, a su vez, disminuyó su capacidad de hinchamiento. La muestra 2 fue la mejor, donde el diferenciador fue la adición de CaCl₂ al 10%. La muestra 3 también mostró un mejor resultado en comparación con la 1 pero no tanto como el obtenido en la 2.

Gráfica 2: Ambas muestras fueron sometidas el mayor tiempo posible a la misma fuerza, solo que la muestra 2 fue capaz de soportar una mayor tensión, lo cual se respalda con un desplazamiento superior antes de alcanzar el punto de quiebre. Dados los resultados, se concluye que la muestra 2 también destacó en esta prueba.

• Conclusiones

En este trabajo se sintetizó un SPH de alginato de sodio y acrilamida, capaz de soportar una tensión elástica de entre 10 a 105 kPa como propuesta para desarrollo de músculos artificiales. La investigación metodológica fue fundamental en la preparación del hidrogel, ya que permitió definir el mejor procedimiento. El apoyo de la maestra Rocío Ramírez Rodríguez y la doctora María José Rivas Arreola fue clave en la síntesis y evaluación de propiedades, gracias a sus constantes revisiones y asesoría. La mayor dificultad fue la escasa disponibilidad de materiales sobre síntesis de SPH y los desafíos con reactivos y equipos, ya que esta subclase de hidrogeles es más compleja que los convencionales.

Referencias

1. E. M. Ahmed, “Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review”, *J. Adv. Res.*, vol. 6, n.º 2, pp. 105–121, marzo de 2015. Accedido el 16 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>
2. F. Dorkoosh, “Preparation and NMR characterization of superporous hydrogels (SPH) and SPH composites”, *Polymer*, vol. 41, n.º 23, pp. 8213–8220, noviembre de 2000. Accedido el 16 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: [https://doi.org/10.1016/s0032-3861\(00\)00200-7](https://doi.org/10.1016/s0032-3861(00)00200-7)
3. F. Oveissi, D. F. Fletcher, F. Dehghani y S. Naficy, “Tough hydrogels for soft artificial muscles”, *Mater. & Des.*, vol. 203, p. 109609, mayo de 2021. Accedido el 16 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.109609>