

Evaluación económica de una planta de producción de andamios de colágeno químicamente entrecruzado para aplicaciones biomédicas.

Arturo de la Cruz^{1,2}, Birzabith Mendoza-Novelo¹ y Carlos Eduardo Molina-Guerrero^{1,2} *

¹ Departamento de Ingenierías Química, Electrónica y Biomédica, Universidad de Guanajuato, León, Guanajuato, México

² Bioprocess and Bioeconomy, Research Group, Universidad de Guanajuato, León, Guanajuato, México

* Autor de correspondencia: ce.molina@ugto.mx; Tel.: (5 477-788-51-00 ext. 8477)

Otros relacionados con desarrollo sustentable o energías renovables.

Palabras clave: Bioeconomía circular; Biomallas; Reticulación/Entrecruzamiento

Introducción. La industria cárnica produce un conjunto de residuos constituidos de tejidos suaves que puede ser revalorados como productos biomédicos. Entre los residuos que pueden encontrarse están tejidos ricos en colágeno tipo I, los cuales pueden ser procesados para producir Matrices Extracelulares Descelularizadas (dECM), como las derivadas de pericardio de origen bovino (PB). Las dECM son una colección de moléculas extracelulares que envían señales espaciales y mecánicas a las células y soporte físico al tejido, por lo que son soluciones fundamentales en cuanto a ingeniería de tejidos se refiere. El entrecruzamiento químico de PB-dECM con oligouretanos promete ser un biomaterial con suficiente resistencia mecánica y estabilidad estructural para poder ser usado para aplicaciones médicas como implantes en forma de biomallas (Mendoza-Novelo et al., 2017). El propósito de este trabajo fue diseñar una planta productora de biomallas de colágeno entrecruzado, usando tejido pericárdico bovino, la síntesis oligouretanos, y la reticulación entre ellos. Con la producción de biomallas se anticipa contar con implantes que apoyen diversos tratamientos quirúrgicos. De esta forma se promueve la bioeconomía circular en la región.

Materiales y Métodos. La simulación se desarrolló en estado estacionario utilizando el software de simulación de procesos SuperPro Designer® v.12.0 (SPD). Se diseñó una planta para el procesamiento de pericardio bovino (considerando 5,000 reses) para la fabricación de parches de colágeno entrecruzado, separándolo en 5 etapas principales (Ver Figura 1): **1)** Descelularización y el pretratamiento del tejido, **2)** síntesis del entrecruzante, **3)** Entrecruzamiento, **4)** Lavado y secado del tejido entrecruzado, y **5)** Empaquetado. La evaluación económica se llevó a cabo mediante el método del valor presente neto (VPN) (Molina-Guerrero et al., 2020).

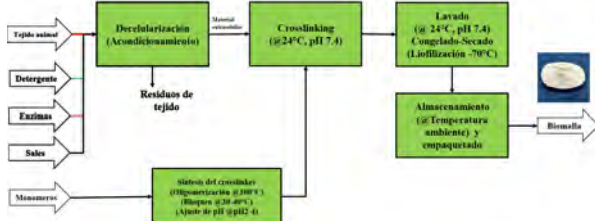


Figura 1. Diagrama de bloques por etapas

El diseño de la planta consideró las operaciones unitarias necesarias para su desarrollo. La etapa 1 consta de 3 tanques de agitación y 2 centrifugas, donde se pretrató el pericardio bovino aplicando lavado con sales (PBS, TX-100), nucleasas (RNasa y DNasa) y enjuagues para descelularizar el tejido (Mendoza-Novelo et al, 2017). De manera análoga, en la segunda etapa, que consta de 3 reactores y 1 tanque de agitación (CSTR), se realizó la síntesis del oligouretanos por medio de una reacción de oligomerización con poli (óxido de etileno) diol (PEG, Mn 1000 g.mol⁻¹), Hexa metileno de disocianato (HDI) en el primer reactor, seguida de una reacción para bloquear el oligouretano con NaHSO₃, después se hace un acoplamiento de este con sílica utilizando TEOS. Por último, se ajusta el pH adicionando H₂O₂ en un CSTR. La tercera etapa, considero un CSTR que dio lugar

a la reacción de entrecruzamiento entre el colágeno proveniente del pericardio bovino y el oligouretano, ajustando de nuevo el pH con MgO. En la cuarta etapa, se consideró un CSTR para, de nuevo, con sales (EDTA), acondicionar el tejido. Posteriormente, se simuló una liofilizadora, para mantener íntegras las propiedades del tejido entrecruzado secando en frío. Finalmente, en la 5 etapa, se considera el empaquetado de las bio-mallas. La estequiometría y condiciones de reacción para el proceso están basadas completamente en el trabajo de (Mendoza-Novelo, et al., 2017), de igual manera las condiciones pretratamiento y lavado; el escalamiento del proceso fue llevado a cabo considerando dichas condiciones.

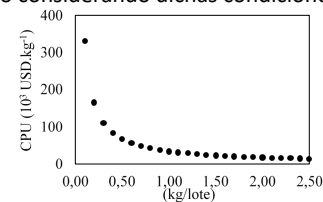


Figura 2. Capacidad de la planta vs CPU

Resultados. Con una producción propuesta de 825 kg por año de andamios de colágeno entrecruzado se prevé la obtención de 3.83 x 10⁵ mallas por año considerando mallas de 6 g de peso seco, bajo esta base de cálculo se realizó el análisis económico, donde la planta muestra rentabilidad económica con un capital de inversión de USD\$3,955,000 un tiempo de retorno de la inversión de 3.36 años y costo neto de producción por unidad (CPU) de USD\$14,146/kg. Se consideró un precio de venta de US\$90 (1800 M\$N) por membrana, siendo este un precio altamente competitivo con el mercado nacional el cual oscila en los USD\$150 por membrana

Conclusiones. Se logró la simulación de una planta para el procesamiento de pericardio bovino para la producción de andamios de colágeno químicamente entrecruzados con oligouretanos. Se demuestra que el proceso es económicamente rentable para su fabricación a gran escala. Este trabajo demuestra que es posible aprovechar los residuos de los rastros para el desarrollo de biomateriales de manera sustentable promoviendo la bioeconomía circular en México.

Agradecimientos. Este proyecto fue financiado por la Universidad de Guanajuato a través de los proyectos DAIP CIIC054/2021 y CIIC071/2021.

Bibliografía.

- Mendoza-Novelo, B., Castellano, L. E., et al 2017. The component leaching from decellularized pericardial bioscaffolds and its implication in the macrophage response, 2810–2822.
- Molina-Guerrero, C.E., Valdez-Vazquez, I., Sánchez, A, et al., 2020. A biorefinery based on the biomechanical configuration of the digestive system of a ruminant for ABE production: a consolidated bioprocessing approach. Biomass Conversion and Biorefinery.
- Courtman, D. W., Pereira, C. A., et al., 1994. Development of a pericardial acellular matrix biomaterial: Biochemical and mechanical effects of cell extraction. Journal of Biomedical Materials Research, 28(6), 655–666.