

BIOPELÍCULA A BASE DE ALMIDÓN Y AFRECHO DE SAGÚ, Y SU MÉTODO OBTENCIÓN

CAMPO TÉCNICO

5

La presente invención está relacionada con el campo de los materiales, particularmente materiales plásticos. Más particularmente biopelículas y/o biopolímeros obtenidas a partir de residuos agroindustriales.

10 DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

El cultivo de Sagú (*canna edulis*, ker) y la extracción de su almidón son actividades importantes para la economía de varios departamentos colombianos. La producción de almidón de Sagú (achira) en Cundinamarca y Huila se estima en 1308 toneladas anuales de las cuales cerca del 95% se produce en el oriente de Cundinamarca en los municipios de Quetame, Fosca, Guayabetal, Gutiérrez, Cáqueza y Fómeque. En la producción de almidón de Sagú uno de los principales subproductos del proceso es el afrecho, el cual presenta un alto contenido de fibra cruda (36%), una digestibilidad de la materia seca del 57%, un contenido de proteína cruda de 3,6% y bajos contenidos de minerales [Torres, L. J. (2004) Tecnología para el cultivo de Sagú o Achira (*Canna Edulis Ker*). Corpoica.].

Actualmente el afrecho se utiliza para regarlo sobre la superficie del suelo, sirviendo de sustrato para el siguiente cultivo, este afrecho no sirve como abono dado los bajos contenidos de minerales que contiene, por tanto, es necesario buscar alternativas que permitan aprovechar este residuo de manera que se pueda minimizar la problemática asociada la disposición de este material. De otra parte, en Colombia el consumo total de resinas plásticas en 2018 fue de 1280 mil toneladas de acuerdo con lo reportado por Acoplásticos; el mismo informe reporta que el 90% de los residuos se llevan a los rellenos sanitarios y en muchos países de Europa este valor es cero o muy cercano a cero, lo que refleja que en Colombia se están enterrando toneladas de recursos valiosos [Acoplásticos, (2019). Plásticos en Colombia] que podrían ser aprovechados de forma eficiente.

Partiendo entonces de la problemática de la acumulación del afrecho en la cadena de extracción de almidón de Sagú y teniendo en cuenta las altas cantidades de residuos plásticos generados en las actividades humanas, se identifica una oportunidad para aprovechar este residuo agroindustrial para la elaboración de mezclas poliméricas de materiales reforzados con sus fibras residuales y de esta manera al obtener este producto que aporta a la minimización de residuos plásticos dado que puede ser un sustituto de empaques y embalajes de un solo uso.

40

Esta invención se centra en aportar soluciones a la problemática referente a la contaminación por residuos plásticos a nivel global, dado que este tipo de residuos conllevan a un impacto ambiental negativo al convertirse en un residuo sólido, es decir una vez ha sido considerado como desecho por el consumidos, en donde es bien conocido el impacto de los plásticos de un solo uso. De igual forma, constituye una propuesta de valorización de residuos agroindustriales, en este caso la fibra residual proveniente de la extracción de almidón de Sagú.

Es entonces que al producir materiales que desde el inicio integran en su composición otros residuos en este caso agroindustriales lignocelulósicos, no solo se pueden generar productos más amigables con el medio ambiente desde su concepción, sino que también minimizan la llegada de residuos sólidos al vertedero o su incineración, adicional a la minimización de peligrosidad al entorno natural dadas las características del material polimérico aquí formulado.

El presente desarrollo se encuentra en el campo de la ingeniería de los materiales plásticos, en particular se centra en la preparación de una película plástica con constituyentes principales almidón de Sagú (*canna edulis*, ker), afrecho de Sagú, alcohol polivinílico (PVOH), glicerina y agua. Es de destacar que la utilización de Sagú se constituye en la novedad de la invención, al incorporar en la estructura de un material polimérico el almidón y el residuo sólido resultante del proceso de extracción de este almidón conocido como afrecho. Es entonces que esta innovación se integra a las tendencias globales asociadas a desarrollos tecnológicos que aportan a la economía circular, en este caso a través de la síntesis y obtención de materiales con menor impacto ambiental e igualmente novedoso que puedan ser sustituidos de productos, envases, empaques y embalajes plásticos.

La búsqueda de soluciones referentes al manejo y disposición adecuada de los residuos sólidos se concibe como una necesidad para la minimización de impactos ambientales negativos. Los sectores productivos generan gran variedad de residuos de acuerdo con la naturaleza de este. Es el caso de la agroindustria, la cual genera gran cantidad de materiales residuales los cuales pueden llegar a convertirse en un grave problema dado el aumento en la producción y las leyes ambientales que se generan, las cuales son más estrictas [Jurado, P.L., MutuberríaJ. F., Oliver, N., Charadia, R., BrühlS., & GarcíaM. (2011) Diseño de un proceso de aprovechamiento integral de residuos agroindustriales. Asociación Argentina de Materiales (SAM)]. Desde el punto de vista económico, social y nutricional son pocas las alternativas actuales para el aprovechamiento de estos residuos que sumado a la falta de conciencia en el cuidado del ambiente conlleva a que se conviertan en fuentes de contaminación de los recursos naturales.

Así, se hace necesario aprovechar los residuos generados por este sector, siendo los procesos de mayor aplicación los asociados a la “producción de energía, compostaje, industria textil, producción de biocombustibles, producción de enzimas, aislamiento de ácidos orgánicos, extracción de pigmentos, aromatizantes alimentarios y extracción de conservantes, producción de compuestos bioactivos, producción de polihidroxialcanoato biodegradable, el compostaje agrícola, entre otros (Yusuf, 2017). Dentro de los residuos agroindustriales de importancia, se encuentran los residuos de la pulpa de café, cascarilla de arroz y diferentes afrechos los cuales constituyen en una fuente considerable de contaminación, presentando limitadas opciones de aprovechamiento.

10

Una alternativa de aprovechamiento para este tipo de residuos está dada en la generación de nuevos materiales que los incluyan, en donde se han explorado investigaciones para incorporarlos al ciclo productivo mediante procesos de reciclaje mecánico o químico que permitan obtener materiales primas que puedan ser utilizadas para múltiples finalidades, presentando por ejemplo, la matriz polimérica formada por polietileno de alta densidad y polipropileno que introdujo como residuo agroindustrial dentro de su composición cascarilla de arroz molido (Orjuela D., Munar D.A., Solano J.k., Becerra A.P., 2021. Evaluation of the mechanical and morphological properties of a rice husk mixture with recovered polypropylene and high-density polyethylene, using sulfur-silane as the coupling agent, Chemical Engineering Transactions).

20

Las películas elaboradas a partir de almidón, polisacáridos y proteínas principalmente tienen el potencial de sustituir parcialmente a las películas plásticas elaboradas a partir de hidrocarburos, generando así viabilidad económica y ambiental, debido a que las biopelículas son biodegradables y su materia prima tiene elevada disponibilidad y bajo costo. Los almidones que más se han utilizado en la experimentación para obtener biopelículas son los de la papa, maíz, trigo, arroz, yuca, siendo este último el que ha presentado mayor viabilidad dada su transparencia y brillo; en cuando a los procesos se puede mencionar como característica que los implementados para la obtención de las biopelículas, utilizan principalmente la temperatura para lograr la gelatinización para la obtención de la biopelícula e incorporan sustancias plastificantes las cuales mejoran las propiedades mecánicas permitiendo que la biopelícula se pueda manipular y almacenar. Por ejemplo, en cuanto a las fibras utilizadas en matrices poliméricas se pueden mencionar el bambú, bagazo, aserrín, cáñamo, y sisal, principalmente.

35

La incorporación de residuos agroindustriales en matrices poliméricas representa una alternativa de aprovechamiento viable y que va en articulación con las tendencias en cuanto al desarrollo de nuevos materiales que integren en sus procesos las premisas de la economía circular. Sin embargo, es necesario explorar alternativas de manera que estos nuevos materiales no se conviertan en residuos que representen un problema de contaminación ya

40

que en ocasiones son materiales no biodegradables. Es por tal razón que se busca generar biopelículas a base de almidón de Sagú incorporando un residuo generado en el proceso de extracción, posibilitando así, la generación de materiales biodegradables y el aprovechamiento de residuos provenientes de la industria.

5

BREVE DESCRIPCIÓN

La presente invención está dirigida a una biopelícula plástica que comprende almidón de Sagú gelatinizado, afrecho de Sagú y plastificantes.

10

Además, está dirigida a un proceso para la obtención de dicha biopelícula que comprende las etapas de secar, moler y tamizar afrecho de Sagú; gelatinizar un almidón seco de Sagú; adicionar el almidón gelatinizado a un plastificante de alta pureza y hasta obtener una suspensión; finalmente secar la suspensión hasta obtener la biopelícula plástica.

15

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La FIG. 1 describe un diagrama del proceso de acuerdo con el Ejemplo 1.

20

La FIG. 2 describe la caracterización térmica por medio de una curva TGA

La FIG. 3 describe la caracterización térmica por medio de una curva DTG

La FIG. 4 describe la caracterización térmica por medio de una curva DSC

25

La FIG. 5 describe la caracterización térmica por medio de una curva DMA

DESCRIPCIÓN DETALLADA

30

La biopelícula desarrollada fue elaborada a partir de almidón de sagú el cual no ha tenido desarrollos previos para la elaboración de este material, adicionalmente no se han realizado estudios con la adición del residuo de su proceso agroindustrial. Por tanto, requiere experimentación excesiva para identificar las variables específicas de operación para obtener el material.

35

Biopelícula a base de almidón y afrecho de Sagú

El “sagú” conocido también como *Canna edulis*, *ker* corresponde a producto agroindustrial lignocelulósico y es usado como matriz estructural de la biopelícula desarrollada.

40

Más particularmente, como refuerzo de la matriz estructural de las biopelículas se utilizó el afrecho del almidón de sagú. En donde almidón no ha sufrido una modificación previa.

Para efectos de la presente invención se entiende por “afrecho” a un subproducto de la producción de Sagú. El afrecho se obtiene luego de la separación del almidón del sagú una vez se ha realizado el último tamizado en este proceso obteniéndose como subproducto esta fibra. El afrecho tiene un alto contenido de fibra cruda (36%), una digestibilidad de la materia seca del (57%), un contenido de proteína cruda del (3,6%) y bajos contenidos de minerales. La biopelícula plástica comprende afrecho de Sagú entre el 0,1 y 0,5% p/p o entre 0,09 y 1% p/p.

El afrecho es un residuo proveniente del proceso de obtención de almidón de Sagú en este caso, el cual no había sido valorizado a través de su inclusión en matrices poliméricas para generar nuevos materiales. De otra parte, al no haber sido integrado de esta forma no se tenían una caracterización físico-mecánica previas de este tipo mezclas y de hecho su síntesis era incierta, por lo que se considera un logro su obtención.

Se entiende por “almidón pregelatinizado” a un almidón modificado físicamente, donde el gránulo se somete a calentamiento alterando su estructura y liberando parte de la amilosa. En una modalidad, el almidón de Sagú gelatinizado tiene una relación de 1:18 almidón-agua o una relación entre 1:15 y 1:20. La biopelícula plástica comprende un almidón de Sagú gelatinizado entre el 90% y 98% p/p, entre 85 y 99% p/p o mayor al 80%.

El plastificante puede ser cualquiera conocido por una persona medianamente versada en la materia que se use generalmente en la elaboración de biopolímeros. El plastificante se adiciona a la mezcla para incrementar la movilidad de las moléculas y por tanto mejorar la flexibilidad del nuevo material. Entre los plastificantes se encuentran glicerol USP (98%), PVA o PVOH, agua y glicerol. El glicerol, glicerina o 1,2,3 propanotriol, corresponde a un alcohol trivalente que contiene en su estructura tres grupos hidroxilos (-OH). El alcohol polivinílico (PVA) es un polímero sintético, soluble en agua, es un buen formador de película, plastificante, modificador de la viscosidad y adhesivo; es inodoro y no tóxico, con alta resistencia a grasas y solventes. En donde cuando el plastificante es PVOH tiene relación de 1:64 o una relación entre 1:60 y 1:68. El plastificante está en la composición entre 0,5 y 3% o entre 0,1 y 5%.

En una modalidad, el desarrollo corresponde a un producto compuesto o biopelícula plástica que comprende sagú, afrecho de Sagú y al menos un plastificante.

La biopelícula plástica se obtiene a partir de un residuo agroindustrial. La biopelícula comprende un almidón de Sagú gelatinizado; un afrecho de Sagú; un plastificante como alcohol polivinílico; y un plastificante como glicerina.

- 5 En una modalidad, la biopelícula comprende un almidón de Sagú gelatinizado entre el 90% y 98% p/p; un afrecho de Sagú entre el 0,1 y 0,5% p/p; dos plastificantes como alcohol polivinílico entre 0,5 y 2% p/p; y glicerina entre 2,5 y 3% p/p.

- 10 La biopelícula a base de almidón y afrecho de Sagú tiene un esfuerzo máximo a la ruptura de entre 3,35 y 3,55MPa con un porcentaje de elongación del 45 al 50%. Posee una dureza shore de entre 80 y 84 encontrándose dentro del rango de plásticos blandos. Su temperatura de fusión es de 270 a 285°C; la degradación térmica de la biopelícula se presenta a una temperatura de 320 a 330°C.

- 15 La formulación de la mezcla, identificando proporciones de los componentes y tamaño de partícula, fue determinada en esta investigación, dado que no hay estudios previos que identifiquen estas variables para estos componentes. El Sagú utilizado es propio de la región de Cundinamarca y por tal sus características no son las mismas a otras variedades encontradas en el país y en el mundo.

20

Método para obtener una biopelícula de almidón de Sagú

- La biopelícula descrita anteriormente se obtiene mediante un proceso de formación de una biopelícula plástica que comprende secar, moler y tamizar un afrecho de Sagú; gelatinizar un almidón seco de Sagú; al almidón gelatinizado adicionar plastificantes e incorporar las partículas de afrecho de la etapa (a) hasta obtener una suspensión; y secar la suspensión.

- La etapa de secado, molienda y tamizado del afrecho de Sagú, el afrecho de Sagú se seca hasta alcanzar un porcentaje de humedad entre 10 y 15 %, o entre 5 y 18%, y se obtiene un tamaño promedio de 0,250 a 0,355mm, entre 0,02 y 0,04 o entre 0,02 y 0,05mm. El afrecho de Sagú se seca por cualquier método conocido por una persona medianamente versada en la materia.

- Dentro de la etapa de síntesis es de destacar que una de las etapas críticas en el proceso es el secado, para lo cual se logró determinar las condiciones óptimas para la obtención de dicha mezcla.

- Para la síntesis de la biopelícula es importante mantener el porcentaje de humedad del afrecho para garantizar que el proceso de molienda sea efectivo, dado que se evita que este se aglomere dentro del equipo lo que dificultaría la obtención del tamaño de partícula requerido.

Si el tamaño de partícula del afrecho esta fuera de los rangos establecidos, particularmente superiores, afecta la homogeneidad del material obtenido, teniendo en cuenta que se pueden encontrar tanto fibras de diferente longitud como partículas lo que puede afectar las características de la mezcla final obtenida. A tamaños inferiores de los rangos tendría que hacerse una nueva evaluación ya que podría cambiar la formulación de toda la mezcla.

En cuanto a la etapa de gelatinización del almidón seco de sagú, se gelatiniza al 5,2% a 5,8% en agua o entre 5 y 6% en agua, a una temperatura de 61 a 64 °C o entre 57 y 68°C con agitación constante hasta punto de gelatinización.

Una vez se realiza la gelatinización del almidón seco de Sagú se procede a adicionar el plastificante y a incorporar las partículas de afrecho secas, molidas y tamizadas, esta mezcla se realiza a condiciones necesarias para obtener una suspensión.

Finalmente, se seca la suspensión obtenida en la etapa anterior. Las condiciones de secado son entre 58 y 62°C o entre 55 y 65°C, durante un periodo de tiempo entre 18 y 22 horas o entre 15 y 24h hasta obtener la biopelícula plástica.

El éxito en la obtención de este material está en el control e identificación de las variables de operación, así como etapas claves del proceso, permitiendo que la obtención de la biopelícula sea de fácil reproducción constituyéndose en una oportunidad para sectores agroindustriales dada la cantidad de generación del afrecho en sus procesos productivos lo que les permitiría aportar a políticas de economía circular en el país si es aprovechado.

Las propiedades fisico-mecánicas obtenidas demuestran un comportamiento adecuado para películas plásticas, por lo que podría ser un material sustituto a las películas plásticas convencionales.

EJEMPLOS

Ejemplo 1. Biopelícula

Como refuerzo de la matriz estructural de las biopelículas se utilizó el afrecho del almidón de sagú, la cual requirió un proceso de adecuación que incluyó secado, molido y tamizado, de la siguiente manera:

Someter el afrecho de Sagú a secado durante 4 horas a una temperatura de 30°C hasta alcanzar un porcentaje de humedad entre 10 y 15 %. Luego se realizó el proceso de molido durante 20 minutos en un procesador de 450W con capacidad de 1000g.

Finalmente se tamizó a través de una malla #50 hasta obtener afrecho de Sagú con un tamaño de partícula entre un rango 0,250 – 0,355 mm (particularmente un tamaño promedio de 0,297mm).

- 5 Gelatinizar almidón seco de Sagú en polvo al 5,2% a 5,8% en agua, a una temperatura de 61 a 64 °C con agitación constante hasta punto de gelatinización. Como se describe a continuación:

- 10 El almidón gelatinizado se prepara a partir de almidón de sagú en polvo al 5,6% en agua a una temperatura de 62°C con agitación constante.

Al almidón gelatinizado se adiciona un plastificante de alta pureza, y un plastificante en disolución acuosa e incorporar las partículas de afrecho de la etapa (a) hasta obtener una suspensión. Así:

- 15 Alcanzado el punto de gelatinización se adicionó la glicerina, se incorporaron las partículas de afrecho y el PVOH en disolución acuosa.

- 20 Secar la suspensión entre 58 y 62°C durante un periodo de tiempo entre 18 y 22 horas hasta obtener la biopelícula plástica. Así:

Las suspensiones fueron vertidas en moldes antiadherentes y secadas a 60°C durante 20 h en un horno hasta la formación de las biopelículas

- 25 La biopelícula obtenida tiene la siguiente fórmula:
95,4% p/p de almidón gelatinizado de Sagú;
0,3% p/p de afrecho de Sagú seco;
2,65% p/p de glicerina;
1,65% p/p de PVOH.
30 en donde el afrecho de Sagú seco tiene 5% de humedad.

Ejemplo 2. Características de la biopelícula

- 35 Obtenidas la biopelícula del Ejemplo 1, se desmoldaron para proceder con las pruebas de caracterización mecánicas y térmicas: ensayo de tensión, ensayo de dureza Shore, análisis dinámico mecánico (DMA), análisis termogravimétrico (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC), bajo normas ASTM.

Caracterización mecánica

Los valores promedio obtenidos para el esfuerzo máximo a la ruptura y elongación de la biopelícula son:

	Tensión de ruptura (MPa)	
Réplica	Promedio	Desviación estándar
Biopelícula	3,45	0,40

	Deformación (%)	
Réplica	Promedio	Desviación estándar
Biopelícula	49,31	1,44

Dureza Shore

	Promedio
Biopelícula	82,2

5

La biopelícula obtenida se clasifica en el rango de plásticos blandos de acuerdo con la norma ASTM-D2240.

Se concluye que la biopelícula a base de almidón y afrecho de Sagú tiene un esfuerzo máximo a la ruptura de 3,45MPa con un porcentaje de elongación de 49,1%. Posee una dureza shore de 82,2 encontrándose dentro del rango de plásticos blandos. Su temperatura de fusión es de 277°C; la degradación térmica de la biopelícula se presenta a una temperatura de 323°C.

Caracterización térmica

15

FIG 2 y 3: Para la biopelícula se observa pérdida de masa entre los 65°C y 165°C, que puede ser asociada a la desorción del agua y plastificantes contenidos en el material. La degradación de la muestra se observa en el intervalo entre 220°C a 355°C donde se produce una caída brusca de la masa, lo cual se atribuye a la descomposición del almidón y de las partículas de afrecho. En el termograma de DTG se observa que la temperatura de descomposición máxima es aproximadamente de 323°C.

20

FIG 4 y 5: De acuerdo a la curva de DSC, la biopelícula tiene una temperatura de fusión aproximadamente de 277°C.

25

En la curva de tangente de delta se pueden observar dos picos para el material, el primero a una temperatura de aproximadamente -64 °C que se puede atribuir a la temperatura de transición vítrea del glicerol. El segundo pico aproximadamente a 30 °C puede ser atribuido a la temperatura de transición vítrea del almidón.

30