

**PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE UN MATERIAL BIOPLÁSTICO
MOLDEABLE Y DE UN ARTÍCULO BIOPLÁSTICO MOLDEADO A PARTIR DE RESIDUOS
VEGETALES Y AGENTES PLASTIFICANTES DE ORIGEN VEGETAL SIN ADITIVOS
QUÍMICOS**

5

CAMPO DE LA INVENCION

10

La presente invención se relaciona con el campo de los compuestos de macromoléculas orgánicas, así como su preparación. Especialmente se relaciona con el campo de los bioplásticos, es decir aquellos plásticos que están compuestos parcial o completamente por macromoléculas orgánicas de origen natural.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La producción de plástico a nivel mundial en el año 2020 fue de 367 millones de toneladas según la asociación europea de productores de plástico, mientras que solo aproximadamente el 9% del plástico se recicla (15% se recoge para reciclaje, pero el 40% de este se elimina como residuo) de acuerdo con los datos de la OECD. El resto de plástico no reciclado se dispone en los vertederos o queda como material de descomposición en los diferentes ecosistemas, produciendo los microplásticos o micromoléculas con efectos poco estudiados en los seres vivos.

20

Este proceso de descomposición puede darse en 100 años o más. Es destacable que, de todos los productos derivados de plásticos, un 50% sean productos plásticos de un solo uso, tales productos provienen de fuentes fósiles, son no renovables, no compostables y no biodegradables, en donde los platos y cubiertos desechables representan una gran parte de este sector.

25

30

En respuesta, en la mayoría de las sociedades del mundo se está ejerciendo una fuerte presión para acabar con los empaques plásticos de un solo uso en los próximos 10 años. Colombia no es ajena a tal situación y el 06 de junio de 2022 se aprobó el proyecto de Ley 274 de 2020 “por la cual se prohíbe en el territorio nacional la fabricación, importación, exportación, comercialización y distribución de plásticos de un solo uso, se establecen medidas tendientes a la reducción de su producción y consumo, y se dictan otras disposiciones” hasta el año 2025. Por esta situación, la necesidad de buscar sustitutos a los plásticos de un solo uso se ha visto incrementada.

35

En respuesta, los productos plásticos biodegradables y/o compostables emergen como una

alternativa adecuada para reemplazar a los productos plásticos tradicionales. Durante los últimos años se han producido una amplia gama de bioplásticos, entre los que destacan aquellos que utilizan residuos vegetales como materia prima y aquellos que provienen de material de origen vegetal. Asimismo, ha habido esfuerzos para reemplazar los plásticos de un solo uso.

5

En el ámbito de las patentes se conoce, por ejemplo, a la patente BRPI0901408A2 que protege un proceso de producción de una capa flexible a nivel industrial por un proceso convencional de extrusión y moldeo termoplástico evitando el uso de solventes a partir de un polímero natural (una mezcla de almidón y gelatina), con o sin la adición de un ácido graso, en donde tal capa flexible es completamente comestible y biodegradable.

10

De manera similar, el documento ID201712429A se dirige a la producción de bioplásticos a partir de almidón de sorgo, fibra y glicerol, tales bioplásticos poseen las mismas características que el polietileno de alta densidad que se utiliza como plástico de empaque, por lo que tal invención funge como un posible sustituto del polietileno de alta densidad.

15

La patente ID202102823U1, por ejemplo, se refiere a una composición plastificante que se obtiene a partir de los residuos de semilla de aguacate, en donde dicha composición es reforzada con celulosa microcristalina obtenida de fibra de palma y se mezcla con glicerol que funge como agente plastificante.

20

Otro documento cercano es la patente IN201911018834A, que se refiere a un proceso para la manufactura de bioplásticos a partir de residuos de papa, tal proceso involucra la extracción del almidón de dichos residuos, la sacarificación de los mismos, un paso de subsecuente fermentación y la polimerización del resultado, en donde adicionalmente se puede incluir un paso de extrusión.

25

Mientras que también se han divulgado procesos que requieren de la mezcla de residuos agrícolas con almidón de maíz, glicerol y gránulos de ácido poliláctico para obtener bioplásticos, como es divulgado en la patente IN202121013015A.

30

Aunque hay documentos tales como KR 2022046912 A que divulgan un método para preparar bioplásticos a partir de biomasa lignocelulósica que contiene almidón, tales invenciones requieren la adición de un polímero y un aglutinante.

35

Mientras que otros documentos, como KR2270614B1, están enfocados en obtener los

materiales necesarios para producir un bioplástico a partir de fuentes naturales que son consideradas como residuos. En este caso el agar y la pectina necesarios para el proceso son obtenidos a partir de algas mientras que el almidón se extrae de la cáscara de mandarina, ambos materiales siendo residuos de otros procesos.

5 Es notable que, si bien los bioplásticos y los métodos de producción de los mismos han tenido un auge en su popularidad durante los últimos años, permanece la necesidad de proporcionar productos y procesos que requieran un mínimo de insumos, en donde dichos insumos sean biodegradables, estén libres de aditivos químicos, y no produzcan contaminantes, y por ende posean una huella de carbono reducida.

10

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

15

20

La presente invención se refiere a un proceso para fabricar un material bioplástico moldeable que comprende las etapas de (1) proporcionar una pasta de residuos vegetales con un contenido de humedad de entre el 70% y el 95%, con base en el peso total de la pasta de residuos vegetales, y (2) mezclar la pasta de residuos vegetales con un agente plastificante de origen vegetal, en una cantidad de entre 5% y 60% en peso, con respecto al peso de la pasta de residuos vegetales. La presente invención también se refiere a un proceso para fabricar un artículo bioplástico moldeado a partir de residuos vegetales, que comprende prensar el material bioplástico moldeable y por embutición, con una presión de entre 10000 Pa y 50000 (10 kN y 50 kN) a una temperatura de entre 100 °C y 130 °C, para formar el artículo bioplástico moldeado.

25

30

La primera etapa necesaria del proceso de la presente invención es la etapa de proporcionar una pasta de residuos vegetales con un contenido de humedad de entre el 70% y el 95%, con base en el peso total de la pasta de residuos vegetales. La pasta de residuos vegetales, en la presente descripción, también es referida simplemente como "pasta". Para obtener dicha pasta, el proceso puede comprender (1a) tratar térmicamente residuos vegetales, en donde el tratamiento térmico de los residuos vegetales se realiza en un medio acuoso a una temperatura de al menos 90°C por al menos 10 minutos, y opcionalmente (1b) triturar los residuos vegetales, antes o después de tratar térmicamente los residuos vegetales.

35

La pasta de residuos vegetales es el material a partir de la cual se fabrica el material bioplástico moldeable y el artículo bioplástico moldeado de la presente invención. Los residuos vegetales se definen como aquellas partes vegetales derivadas de algún proceso anterior que ya no son útiles para dicho proceso; por ejemplo, los residuos vegetales derivados de la industria alimentaria o de la industria agrícola. En algunas modalidades, los residuos vegetales pueden

comprender material lignocelulósico, material rico en almidón y/u otros polímeros y moléculas que, tras procesarse en las condiciones adecuadas, pueden formar bioplásticos para la producción de artículos con utilidad industrial. Ejemplos de residuos vegetales incluyen: cáscaras de cítricos, hojas de lechuga, semillas de aguacate, ripio de café, bagazo de frutos, bagazo de caña, bagazo de productos vegetales, cáscaras de frutas y verduras, subproductos de cosecha, residuos de poda de prados y jardines (tal como pasto, ramas, hojarasca), y en general, cualquier parte de frutas y hortalizas (tal como piel, pepitas, corazones, pieles, brácteas, tallos, puntas, hojas, raíces, tubérculos, pencas, corazones, huesos, cortezas, peciolo y flores).

Dependiendo de factores como el tiempo transcurrido de su generación y tratamiento previo, los residuos vegetales pueden comprender material en descomposición. Para la presente invención, el material en descomposición se define como aquellos residuos vegetales que están funcionando como sustrato para el desarrollo de microorganismos, por ejemplo, aquellos residuos vegetales que están siendo sujetos a fermentación microbiana. Preferentemente, los residuos vegetales están sustancialmente o completamente libres de material en descomposición.

Por lo tanto, en una modalidad, la obtención de la pasta de residuos vegetales comprende una etapa opcional de retirar material en descomposición de los residuos vegetales, previo a su procesamiento posterior (por ejemplo, previo a su tratamiento térmico y reducción de tamaño). Retirar el material en descomposición puede ser necesario cuando los residuos vegetales contienen material en descomposición de naturaleza y/o cantidad tal que interfiera con la formación del bioplástico. Así, el material en descomposición puede ser retirado parcial o totalmente. El tipo de procedimientos idóneos para retirar el material en descomposición (y otras impurezas o material contaminante) serán evidentes para un técnico en la materia e incluyen el lavado de los residuos vegetales con agua y la sustracción o separación manual de los componentes indeseados. Sin embargo, si los residuos vegetales incorporan alguna cantidad aceptable de material en descomposición, los microorganismos ahí presentes serán eliminados por el tratamiento subsecuente.

Previo al tratamiento térmico requerido para la obtención de la pasta, los residuos vegetales (con o sin impurezas o material en descomposición) pueden someterse a un proceso de reducción de tamaño para facilitar su procesamiento posterior en la obtención de la pasta. Esto puede ser ventajoso porque, con la reducción de todo o parte de los residuos vegetales, se incrementa el área superficial de los residuos vegetales, y, con ello, se maximiza la transferencia de calor durante el tratamiento térmico; también, puede facilitar alguna etapa de trituración

posterior. La reducción de tamaño es realizable mediante procedimientos y equipo que un técnico en la materia puede seleccionar con base en factores como el tipo, tamaño y dureza de los residuos vegetales y el grado de reducción de tamaño deseado. En algunas modalidades, la reducción de tamaño de los residuos vegetales, previo al tratamiento térmico, genera residuos vegetales con un tamaño promedio menor o igual a 10 cm, tal como menor o igual a 9 cm, 8 cm, 7 cm, 6 cm, 5 cm, 4 cm y 3 cm. Preferentemente, los residuos vegetales se reducen a un tamaño de entre 1 cm y 2 cm. El proceso de reducción de tamaño aquí descrito puede incluir la trituración de los residuos vegetales, como se describe más adelante. Sin embargo, como será evidente para un técnico en la materia, esta etapa de reducción de tamaño y/o trituración de los residuos vegetales, puede ser innecesaria cuando los residuos vegetales tienen un tamaño promedio menor a 3 cm, tal como en el caso del ripio del café.

El tratamiento térmico de los residuos vegetales se puede llevar a cabo en presencia de agua, en donde el agua se encuentra a la temperatura de ebullición de acuerdo con la presión atmosférica donde se lleve a cabo el proceso. En particular, el tratamiento térmico puede realizarse a una temperatura de al menos 90°C. Tal proceso se lleva a cabo durante el tiempo necesario para reducir sustancialmente la carga microbiana y el tiempo de cocción va en algunos casos hasta dos horas. En ciertas modalidades, el tratamiento térmico tiene una duración de al menos 10 minutos, al menos 15 minutos, al menos 20 minutos, al menos 25 minutos, al menos 30 minutos, al menos 40 minutos, al menos 50 minutos o al menos 60 minutos. El tratamiento térmico también puede ser útil para desdoblar u exponer moléculas presentes en los residuos vegetales (tal como almidón, pectinas y otros polímeros) y contribuir a la generación del bioplástico en etapas posteriores. Asimismo, como se ha explicado, los residuos vegetales a tratar térmicamente pueden haber sido sometidos a un proceso previo de reducción de tamaño y/o trituración.

Una vez que los residuos vegetales han sido tratados térmicamente, en caso de que no hayan sido triturados previamente, éstos pueden someterse a una etapa de trituración. La etapa de trituración de la presente invención tiene la finalidad de reducir el tamaño de los residuos vegetales (antes o después de su tratamiento térmico) para posibilitar la formación de una pasta de residuos vegetales. Esto implica que los trozos y/o partículas de material vegetal tratado térmicamente forman una masa húmeda, consistente y maleable. La intensidad del proceso de trituración dependerá de la naturaleza y tamaño de los residuos vegetales. En algunas modalidades, la etapa de trituración será innecesaria, por ejemplo, en el caso del ripio del café.

En algunas modalidades, la pasta de residuos vegetales tiene una viscosidad mayor que 14,000 centipoise (cP), al determinarse con un viscosímetro de Brookfield con una velocidad de

agitación de 100 rpm y aguja N° 7.

Para producir el material bioplástico moldeable a partir de los residuos vegetales, es necesario obtener una pasta de residuos vegetales tenga un contenido de humedad de entre el 70% y el 95%, preferentemente de entre 80% y 90% con la finalidad de lograr una mezcla óptima con el agente plastificante de origen vegetal. De este modo, si la pasta de residuos vegetales producida tras las etapas de tratamiento térmico, reducción de tamaño y/o trituration, tiene un contenido de humedad mayor al 95%, será necesario reducir su contenido de humedad. Esto puede realizarse mediante cualquier método adecuado para ello, tal como la evaporación con calor o el prensado de la pasta de residuos vegetales, siempre y cuando se logre disminuir la cantidad de agua a un porcentaje de entre el 70% y el 95%, preferentemente de entre 80% y 90%. En una modalidad preferida, la pasta se prensa hasta obtener una pasta de residuos vegetales con contenido de agua de 86% a 89% $\pm$ 0.5%, con base en el peso total de la pasta de residuos vegetales.

De acuerdo con la presente invención, la pasta de residuos vegetales se mezcla con un agente plastificante de origen vegetal, en donde el agente plastificante se define como cualquier sustancia que, cuando se añade a otro material, da como resultado un producto flexible, resistente y más fácil de manejar. De modo preferente, el agente plastificante de origen vegetal es un almidón. Tal almidón puede provenir de fuentes naturales, por ejemplo, de gramíneas, frutas, tubérculos, cereales, semillas, entre otros, más preferentemente tal almidón proviene de maíz.

La cantidad de agente plastificante de origen vegetal a utilizar en la presente invención es de entre 5% y 60% en peso, más preferentemente entre 20% y 50% en peso, aún más preferentemente entre 25% y 40% en peso. En una modalidad preferida, la cantidad de agente plastificante de origen vegetal es de 30% en peso con respecto al peso de la pasta de residuos vegetales. Los porcentajes en peso aquí descritos son con base en el peso total de la pasta de residuos vegetales.

La mezcla de pasta de material vegetal con agente plastificante de origen vegetal produce un material bioplástico moldeable. Para la presente invención, un bioplástico se define como un plástico derivado de productos vegetales; dichos productos vegetales comprenden cualquier materia obtenida a partir de una planta. En algunas modalidades, el bioplástico moldeable tiene las características de poseer una dureza y propiedades similares a las del polipropileno. Este bioplástico moldeable puede moldearse para producir diversos artículos moldeados. Conforme a la presente invención, un artículo se define como cualquier objeto con una forma tal que le

otorga una utilidad, por ejemplo, platos, vasos, tubos y láminas; son artículos moldeados aquellos que han sido fabricados a partir de un proceso de moldeo para contener una forma predefinida.

5 Para producir el artículo bioplástico moldeado de la presente invención, se somete el material bioplástico moldeable a un proceso de prensado a una presión mayor a 10000 Pa (10 kN), preferentemente de entre 10000 Pa a 50000 Pa (10 kN a 50 kN); y a una temperatura mayor a 100 °C, preferentemente de entre 100 °C a 130 °C. Tal proceso puede realizarse en cualquier equipo adecuado para moldear algún artículo a las condiciones mencionadas, tal como un equipo de pulpa moldeada o de embutición. El proceso de prensado puede incluir un paso previo de secado también llamado presecado, que puede realizarse en el mismo equipo de moldeo o embutición, en cuyo caso, puede utilizarse una temperatura de secado mayor a 100 °C, preferentemente entre 100 °C y 130 °C por un tiempo mayor a 5 minutos, preferentemente entre 6 minutos y 10 minutos.

15 Una vez que se ha obtenido artículo bioplástico moldeado del paso anterior, tal artículo se puede someter a un secado a una temperatura adecuada hasta que el artículo mantenga un peso constante. Dicho secado se puede realizar mediante secadores de bandejas, de túnel, al vacío o por microondas, de manera preferente el secado se realiza por la técnica de ventana de refractancia. La temperatura de secado para alcanzar un artículo con peso constante puede variar en función de variables de operación que conoce un técnico en la materia. En algunas realizaciones, la temperatura de secado es de al menos 90 °C.

El proceso de la presente invención produce un artículo bioplástico moldeado. El artículo bioplástico moldeado puede ser cualquier artículo como se ha definido con anterioridad. En una modalidad preferente el artículo puede ser un artículo de mesa desechable o de un solo uso, por ejemplo, platos, cubiertos, tazas, vasos, manteles, charolas, tazones y otros artículos afines. En otra modalidad los artículos pueden ser artículos relacionados al empaque, por ejemplo, contenedores, cajas, tubos con tapa y otros artículos afines. El artículo bioplástico moldeado posee una dureza mayor a 50 Shore D, más preferentemente posee una dureza de entre 50 Shore D y 60 Shore D y aún más preferentemente una dureza de 60 Shore D.

El artículo bioplástico obtenido mediante el proceso descrito, por su naturaleza es biodegradable, posee una rigidez que le permite ser útil en una gran variedad de aplicaciones, entre ellas reemplazar productos de un solo uso, pero degradándose en un periodo de tiempo mucho menor que un plástico regular al entrar en contacto con el suelo. Adicional a lo anterior, el proceso de producción de dicho artículo tiene un costo reducido por el bajo número de

ingredientes que se requieren en su preparación y es preparado a partir de residuos vegetales que son obtenidos por un costo mínimo y que son considerados como desecho de otras industrias, lo que introduce este material en una economía circular y la estructuración de una nueva cadena de valor. Finalmente, el proceso de fabricación del artículo bioplástico moldeado no produce ningún subproducto contaminante y su huella de carbono es aproximadamente 6 veces menor que el proceso de producción de plástico.

5

Ejemplo 1. Obtención de un artículo bioplástico moldeado a partir de hojas de lechuga.

El procedimiento se llevó a cabo con residuos de hojas de lechuga, como primer paso se retiró el material en etapa de descomposición; los residuos frescos se lavaron con agua fresca y limpia en una relación 1:3; las hojas de lechuga fueron separadas y picadas en pedazos de entre 5 cm y 7 cm para luego tratarse térmicamente en 2 L de agua a temperatura de ebullición durante 1 h; se retiró el agua sobrante y se dejó enfriar por 10 minutos; se trituraron los residuos vegetales cocidos durante 100 s hasta obtener una consistencia pastosa; se redujo el contenido de humedad de la pasta de residuos vegetales por prensado hasta obtener un contenido de humedad entre 80% y 90%, hasta este paso, el proceso consiste en los pasos ya divulgados en la solicitud NC2020/0009883; la pasta de residuos vegetales se mezcló con un 30% de almidón de origen vegetal; el almidón se integró con la pasta mediante un amasado envolvente con una duración de aproximadamente 2 minutos hasta obtener una masa con una consistencia plástica; se colocó la masa bioplástica en un molde definido, en este caso el molde para un plato y se introdujo en un equipo de moldeo de pulpa o de embutición, en donde se sometió a las condiciones de operación siguientes:

10

15

20

- Presecado: 100 °C a 130 °C, por un periodo de tiempo de 6 minutos a 10 minutos.
- Moldeo a una temperatura de entre 100 °C y 130° C con una presión de entre 10000 a 50000 Pa (10 kN a 50 kN).

25

Luego de tal paso, se realizó un soplado de aire a temperatura ambiente y se realizó el desmolde del artículo moldeado; se secó a una temperatura de 90 °C hasta peso constante por medio de la técnica de ventana de refracción.

30

El artículo bioplástico moldeado final presentó una dureza de 60 Shore D, similar a la del polipropileno.

35

Ejemplo 2: Obtención de un artículo moldeado a partir de cáscaras de limón.

Se llevó a cabo el proceso descrito en el Ejemplo 1, pero utilizando cáscara de limón como el residuo vegetal; previo a la adición del almidón se determinó la viscosidad de la pasta de residuos vegetales en un viscosímetro de Brookfield con una velocidad de agitación de 100 rpm utilizando una aguja N°7 obteniendo un resultado de 14.840 cP. De igual manera se determinó la humedad de dicha pasta de residuos vegetales obteniendo una humedad promedio de 89% $\pm$ 0.5% en peso con respecto al peso total de la pasta. El secado del artículo bioplástico fue realizado a 90°C por 1 h con la técnica de ventana de refractancia.

El artículo bioplástico moldeado final presentó una dureza de 60 Shore D, similar a la del propileno. Por lo que se puede observar que el resultado final es similar independientemente de la naturaleza de los residuos vegetales, lo que demuestra la robustez del proceso.