

COMPUESTOS DE BASE BIOLÓGICA PARA LA PRODUCCIÓN DE POLÍMEROS

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica la prioridad de la Solicitud Provisional de Estados Unidos de América Núm. de Serie 63/596.267 presentada el 5 de noviembre de 2023 titulada "COMPUESTOS DE BASE BIOLÓGICA PARA LA PRODUCCIÓN DE POLÍMEROS", que se incorpora en la presente como referencia en su totalidad con todos los propósitos.

DECLARACIÓN CON RESPECTO A LA INVESTIGACIÓN O DESARROLLO PATROCINADOS POR EL GOBIERNO FEDERAL NORTEAMERICANO

No aplicable.

10

CAMPO

La presente divulgación se refiere en general a la producción de materiales poliméricos. Más en particular, esta divulgación se refiere a métodos para la producción de materiales poliméricos de base biológica y aplicaciones de los mismos.

ANTECEDENTES

15 Durante los últimos 150 años, la síntesis de productos químicos baratos a partir de formas fosilizadas de carbono (por ejemplo, petróleo, carbón, gas natural) ha alterado drásticamente la sociedad a través de las amplias aplicaciones de estos productos químicos, que van desde cosméticos hasta plásticos. Esta materia prima de carbono basada en petróleo genera una pequeña colección de productos químicos de plataforma a partir de los cuales se pueden
20 utilizar conversiones químicas altamente eficientes para preparar una gran variedad de productos químicos. Sin embargo, el enfoque actual para producir estos productos químicos basados en carbono es inherentemente no sostenible, puesto que las materias primas que requirieron millones de años para formarse se están agotando.

Los polímeros son una gran clase de productos químicos derivados de materias primas
25 de petróleo. Sin embargo, un área de desarrollo en curso es la producción de polímeros de base biológica. Si bien los términos "polímeros de base biológica" y "polímeros biodegradables" se utilizan ampliamente en la literatura, existe una diferencia notable entre los dos tipos de polímeros. En particular, los polímeros biodegradables se definen como

materiales poliméricos cuyas propiedades físicas y químicas experimentan deterioro y se degradan completamente cuando se exponen a microorganismos, procesos de dióxido de carbono (aeróbicos), metano (procesos anaeróbicos), y/o agua (procesos aeróbicos y anaeróbicos). Aunque los polímeros basados en burbujas pueden ser biodegradables (por ejemplo, ácido poliláctico) o no degradables (por ejemplo, biopolietileno), el término “polímeros basados en burbujas” se refiere a polímeros cuyas unidades de base se derivan de materias primas tal como plantas y otros materiales agrícolas, marinos, y forestales renovables.

Por ejemplo, los polímeros de poliamida tal como nailon no se pueden degradar completamente o reciclar químicamente de nuevo a sus monómeros constituyentes sin procesos demandantes en energía. Actualmente, los nylon se componen principalmente de ácido adípico y hexametilendiamina (HMDA) y los artículos hechos de nailon exhiben característicamente una alta resistencia, y resistencia química. Si bien estas propiedades se desean para una variedad de productos comerciales, estos materiales padecen de inconvenientes tal como una reciclabilidad deficiente o nula. Sería deseable tener una alternativa verde donde las materias primas para la producción de polímeros no dependan de materias primas petroquímicas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

En algunos aspectos, se divulga en la presente un material polimérico que puede comprender un polímero base y una molécula de base biológica multifuncional. La molécula de base biológica multifuncional puede ser un derivado de glucosa.

También, en algunos aspectos, se divulga en la presente un material polimérico que comprende un polímero base y un aditivo polimérico que comprende ácido glucárico, glucodialdosa, ácido glucónico, ácido eritórico, 2-cetoglucosa, ácido láctico, ácido adípico, sorbitol, glicerol, manitol, lactonas de los mismos, sales de los mismos, o combinaciones de los mismos. Cuando el aditivo se pone en contacto con un polímero base, se puede formar un polímero modificado. El polímero modificado puede exhibir una resistencia a la tracción que se incrementa de aproximadamente 10% a aproximadamente 100% en comparación al polímero base.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para una descripción detallada de diversas modalidades de ejemplo, ahora se hará referencia a las figuras anexas en las cuales:

La figura 1A representa la estructura química de la glucodialdosa.

La figura 1B representa la estructura química de la glucodiamina.

La figura 1C representa la estructura química de un ácido glucárico.

La figura 1D representa la estructura química de la glucaramida.

5 La figura 1E representa la estructura química de la gluconamida.

La figura 2 representa la conversión química de glucosa en una intermediación de glucohexodialdosa que posteriormente se convierte en productos de reacción.

La figura 3 representa la reacción de diaminas con cloruros de diacilo o diácidos para formar poliamidas.

10 La figura 4 representa la reacción de varias diaminas con ya sea un diácido o cloruro de diacilo para producir poliamidas.

La figura 5A representa la reacción de glucodialdosa con dos equivalentes de fenol para formar un polifenol.

15 La figura 5B representa la reacción del ácido glucárico para formar una variedad de intermedios,

La figura 5C representa la reacción del ácido furandicarboxílico con etilenglicol para formar furanoato de polietileno.

La figura 5D representa la reacción de gluconato y una diamina para formar una poliamida.

20 La figura 6 presenta los espectros infrarrojos de transformada de Fourier (FTIR) para los reactivos y el producto de reacción en la adición catalizada por ácido de fenol, glucosa y glucodialdosa

La figura 7 presenta las estructuras de diferentes productos del ejemplo 3.

25 La figura 8 representa la reacción de ácido gluónico y urea para formar un polímero y los espectros de FTIR de los reactivos y el producto de reacción.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

El siguiente análisis se refiere a varios aspectos de ejemplo. Sin embargo, un experto en la técnica entenderá que los ejemplos descritos en la presente tienen una amplia aplicación, y que el análisis de cualquier aspecto se propone que sea sólo de ejemplo de ese aspecto, y no se propone que sugiera que el alcance de la divulgación, incluyendo las reivindicaciones, se limita a ese aspecto.

Las figuras no son necesariamente a escala. Ciertas características y componentes en la presente se pueden mostrar exageradas en escala o en una forma algo esquemática y algunos detalles de los elementos convencionales pueden no mostrarse en interés de la claridad y la concisión.

En el siguiente análisis y en las reivindicaciones, los términos "que incluye" y "que comprende" se utilizan de manera abierta y, por lo tanto, se deben interpretar como que significan "que incluye, pero no se limita a...". Como se utiliza en la presente, los términos "de manera aproximada", "aproximadamente", "sustancialmente" y similares significan dentro de 10% (es decir, más o menos 10%) del valor citado. Por lo tanto, por ejemplo, un ángulo citado de "aproximadamente 80 grados" se refiere a un ángulo que varía de 72 grados a 88 grados.

Salvo que el contexto dicte lo contrario, todos los intervalos expuestos en la presente se deben interpretar como que son inclusivos de sus puntos finales, y los intervalos abiertos se deben interpretar como que incluyen sólo valores comercialmente prácticos. De manera similar, todas las listas de valores deben considerarse como inclusivas de valores intermedios salvo que el contexto indique lo contrario.

En la presente se divulgan moléculas multifuncionales basadas en burbujas para usarse en la producción o modificación de materiales poliméricos. En uno o más aspectos, la molécula de base biológica multifuncional puede funcionar para alterar una o más de las propiedades asociadas con los materiales poliméricos de base. En uno o más aspectos, las moléculas de base biológica multifuncionales se utilizan como un monómero que forma un homopolímero o como un comonómero para formar un copolímero. En algunos aspectos, las moléculas de base biológica multifuncionales comprenden igual o mayor que aproximadamente 70% de los átomos de carbono derivados de un compuesto que se obtiene de un recurso renovable; de manera adicional o alternativamente, igual a o mayor que aproximadamente 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, o 100% de los carbonos derivados de un recurso renovable. En lo sucesivo, las moléculas de base biológica multifuncionales se designan MBM.

En uno o más aspectos, la MBM es un derivado de azúcar. Por ejemplo, la MBM se puede derivar de un monosacárido tal como glucosa, fructosa o galactosa, o un disacárido tal como sacarosa o lactosa. En un aspecto, la MBM es un producto de oxidación de azúcar o un producto derivado de un producto de oxidación de azúcar.

5 En uno o más aspectos, la MBM es un compuesto que contiene nitrógeno, un derivado de producto de oxidación de azúcar. En algunos aspectos, el uno o más productos de oxidación de azúcar comprenden un producto de oxidación de glucosa, un producto de oxidación de ácido glucónico, un gluconato, o combinaciones de los mismos. El producto de oxidación de glucosa, producto de oxidación de ácido glucónico, o combinación de los mismos
10 se puede amortiguar a un pH adecuado.

De manera adicional o alternativamente, el uno o más productos de oxidación de azúcar comprenden ácido glucárico, ácido glucónico, ácido glucurónico, productos de oxidación de glucosa, productos de oxidación de ácido glucónico, o combinaciones de los mismos.

15 De manera adicional o alternativamente, el uno o más productos de oxidación de azúcar comprenden ácido galactónico, ácido galactárico, un producto de oxidación que comprende predominantemente (por ejemplo, más de aproximadamente 50% en peso) ácido galactónico y/o ácido galactárico con especies de componentes menores de n-ceto-ácidos, diácidos de C2 a C6, o combinaciones de los mismos, por ejemplo, que pueden estar
20 presentes en una cantidad menor que aproximadamente 10% en peso, de manera adicional o alternativamente, menor que aproximadamente 5% en peso, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 10% en peso. De manera adicional o alternativamente, en uno o más aspectos, el uno o más productos de oxidación de azúcar comprenden ácido glutámico. De manera adicional o alternativamente, el
25 uno o más productos de oxidación de azúcar comprenden glucodialdosa, 2-cetoglucosa, o combinaciones de las mismas.

En un aspecto, el uno o más de uno o más productos de oxidación de azúcar adecuados para usarse en la presente divulgación comprenden menos de aproximadamente 5% en peso de maltosa, maltotriosa, fructosa, polisacáridos de mayor peso molecular,
30 productos de oxidación de los mismos, o combinaciones de los mismos con base en el peso total del ácido carboxílico derivado de azúcar.

En uno o más aspectos, el compuesto que contiene nitrógeno se deriva de ácido

glucárico, glucodialdosis o ambos. Los ejemplos no limitantes de MBM procedentes de un producto de oxidación de azúcar incluyen glucodiamina, gluconamida, glucaramida o combinaciones de las mismas. Las estructuras químicas de glucodialdosa, glucodiamina, ácido glucárico, glucarodiamida y gluconoamida se representan en las estructuras 1A, 1B, 1C, 1D y 1E, respectivamente.

En algunos aspectos, los productos de oxidación de azúcar y/o MBM se producen usando procesos que implican catalizadores enzimáticos, catalizadores que contienen metal o combinaciones de los mismos. En uno o más aspectos, los productos de oxidación de azúcar y/o MBM no se derivan de materias primas de petróleo.

En uno o más aspectos, un método para producir una MBM comprende la oxidación de glucosa para formar glucohexadialdosis (glucodialdosis) que entonces se puede hacer reaccionar para formar una MBM tal como ácido glucárico, gluconamida, glucodiamina, glucaramida o combinaciones de los mismos. Esta reacción se representa en la figura 2.

En uno o más aspectos, la MBM puede ser efectiva para incrementar la biodegradabilidad y/o reciclabilidad de otro polímero. Por ejemplo, la MBM se puede poner en contacto con un polímero base (por ejemplo, poliamida) tal que el copolímero resultante exhiba un nivel incrementado de unidades biodegradables que permitan la deconstrucción del polímero al final de la vida útil del producto durante un período de tiempo más corto y/o utilizando menos energía.

En algunos aspectos, la MBM se introduce en un proceso de producción de polímeros de una manera que permite que la MBM se distribuya uniformemente a lo largo de al menos una porción del copolímero. En algunos aspectos, la MBM se introduce en un proceso de producción de polímeros de una manera que permite que la MBM se distribuya aleatoriamente a lo largo de al menos una porción del copolímero. Por ejemplo, dejando que X represente el monómero base e Y represente la MBM, el copolímero puede tener la MBM distribuida uniformemente (por ejemplo, XXXYXXXYYYXXXY) o aleatoriamente (por ejemplo, XYXXXYXXXYXXXY). En algunos aspectos, la MBM se introduce en el proceso de producción de polímeros para permitir que la MBM comprenda una porción de la estructura principal del copolímero. El copolímero que comprende la MBM puede variar en longitud de cadena y estructura del polímero base.

La cantidad de MBM presente en el copolímero puede variar de aproximadamente 1% en peso (% en peso) a aproximadamente 90% en peso con base en el peso total del

copolímero o aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 10% en peso o de aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 50% en peso o de aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 20% en peso. Se contempla que la cantidad de MBM introducida dependerá de una cantidad de factores que incluyen las características deseadas y la aplicación propuesta del polímero. Un copolímero que comprende un polímero base y la MBM puede tener una biodegradabilidad que se incrementa de aproximadamente 5% a aproximadamente 100% o de aproximadamente 10% a aproximadamente 90% o de aproximadamente 25% a aproximadamente 75% o de aproximadamente 40% a aproximadamente 60% o aproximadamente 50% en comparación a la biodegradabilidad del polímero base. La biodegradabilidad se puede medir utilizando cualquier metodología adecuada para medir la biodegradabilidad de plástico, por ejemplo, ISO 17556, ISO 14853 o ASTM D5988-18.

En un aspecto, una diamina y un diácido o una diamina y un cloruro de diácilo se hacen reaccionar en condiciones adecuadas para la formación de una poliamida. Por ejemplo, con referencia a la figura 3, una diamina caracterizada por cualquiera de las estructuras generales A a E se puede hacer reaccionar con un cloruro de diácilo tal como se ejemplifica por la estructura general F en condiciones adecuadas para la formación de una poliamida. Con referencia a la figura 3, en la alternativa, una diamina caracterizada por cualquiera de las estructuras generales A a E se puede hacer reaccionar con un diácido tal como se ejemplifica por cualquiera de las estructuras generales G a J en condiciones adecuadas para la formación de una poliamida. En la alternativa y con referencia a la figura 4, una diamina caracterizada por cualquiera de las estructuras generales K a M se puede hacer reaccionar con un cloruro de diácilo tal como se ejemplifica por la estructura general N o diácido tal como se ejemplifica por la estructura general O en condiciones adecuadas para la formación de una poliamida tal como se ejemplifica por las estructuras generales P, Q y R. Con referencia a las figuras 3 y 4, cada R puede ser independientemente hidrógeno, metilo, C_xH_{2x+1} , Tr, o B_n y cada R' puede ser cada uno independientemente un grupo C2, C4, o C6 que es aromático, saturado o insaturado.

En uno o más aspectos, la MBM comprende glucodialdosa y se usa en la producción de resinas tal como polifenoles o poliureas. Por ejemplo, la glucodialdosa se puede hacer reaccionar con dos equivalentes de un fenol en la presencia de un catalizador de ácido (por ejemplo, H_2SO_4) y a una temperatura elevada (por ejemplo, mayor que aproximadamente $37,78^\circ C$ ($100^\circ F$)) para formar un polifenol; esto se representa esquemáticamente en la figura 5A.

En uno o más aspectos, el ácido glucárico es un producto de oxidación de azúcar que sirve como una MBM y se puede usar en la formación de polímeros tal como poliésteres y poliamidas. Estas reacciones se representan esquemáticamente en la figura 5B. En algunos aspectos, el ácido glucárico se puede utilizar en la formación de ácido 2,5-furandicarboxílico (FDCA) y/o dilactona de ácido glucárico que es 1,4:6,3-dilactona (GAdL). GAdL puede funcionar como una MBM. En un aspecto, el FDCA se hace reaccionar por policondensación con etilenglicol para generar furanoato de polietileno (PEF). Estas reacciones se representan esquemáticamente en la figura 5C.

En un aspecto, la MBM comprende un polímero basado en ácido glucárico (por ejemplo, una poliglucaramida) que se usa en la formación de un hidrogel. Los geles hidrófilos (hidrogeles) son redes de cadenas de polímero que a veces se encuentran como geles coloidales en los que el agua es el medio de dispersión. Los hidrogeles exhiben una amplia variedad de resultados de usabilidad por su capacidad para absorber y retener cantidades proporcionalmente grandes de agua, propiedades mecánicas y físico-químicas versátiles y excelente biocompatibilidad. En uno o más aspectos, un método de la presente divulgación comprende la policondensación de un gluconato con una diamina para formar una poliglucaramida. Esta reacción se representa esquemáticamente en la figura 5D. Las poliglucaramidas contienen grupos funcionales hidroxilo y amida que pueden reticularse para formar un gel o un hidrogel.

En uno o más aspectos, la MBM comprende gluconato y se usa en la producción de una poliamida (por ejemplo, nailon) a partir de un monómero de amida. En estos aspectos, la MBM se hace reaccionar con una diamina en condiciones adecuadas para la formación de una poliamida. Esta reacción se representa esquemáticamente en la figura 5D.

En uno o más aspectos, la MBM comprende glucodiamina y se usa en la producción de una poliamida (por ejemplo, nailon). En uno o más aspectos, la MBM comprende glucodialdosa y se usa en la producción de un copolímero de poliamida (por ejemplo, nailon). En uno o más aspectos, la MBM comprende glucaramida y se usa en la producción de un copolímero de poliamida (por ejemplo, nailon). En uno o más aspectos, la MBM comprende gluconamida y se usa en la producción de un copolímero de poliamida (por ejemplo, nailon). En uno o más aspectos, la MBM comprende una mezcla de glucaramidas y gluconamidas y se usa en la producción de un copolímero de poliamida (por ejemplo, nailon). En estos aspectos, la mezcla de glucaramidas y gluconamidas tiene una relación de glucaramidas con respecto a gluconamidas de aproximadamente 0,1:10 a aproximadamente 10:0,1, de manera

adicional o alternativamente, de aproximadamente 1:10 a aproximadamente 10:1, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 2:10 a aproximadamente 10:2, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 3:10 a aproximadamente 10:3, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 1:2 a aproximadamente 2:1 o, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 1:1. En uno o más aspectos, la MBM comprende una mezcla de glucodialdosa y glucodiamina y se usa en la producción de un copolímero de poliamida (por ejemplo, nailon). En estos aspectos, la mezcla de glucodialdosa y glucodiamina tiene una relación de glucodialdosa con respecto a glucodiamina de aproximadamente 0,1:10 a aproximadamente 10:0,1, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 1:10 a aproximadamente 10:1, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 2:10 a aproximadamente 10:2, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 3:10 a aproximadamente 10:3, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 1:2 a aproximadamente 2:1 o, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 1:1. En uno o más aspectos, la MBM comprende una mezcla de glucodialdosa y glucodiamina y se usa en la producción de un copolímero de poliamida (por ejemplo, nailon). En estos aspectos, la mezcla de glucodialdosa y glucodiamina tiene una relación de glucodialdosa con respecto a glucodiamina de aproximadamente 0,1:10 a aproximadamente 10:0,1, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 1:10 a aproximadamente 10:1, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 2:10 a aproximadamente 10:2, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 3:10 a aproximadamente 10:3, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 1:2 a aproximadamente 2:1 o, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 1:1. En uno o más aspectos, la MBM comprende una mezcla de ácido glucárico y glucodiamina y se usa en la producción de un copolímero de poliamida (por ejemplo, nailon). En estos aspectos, la mezcla de ácido glucárico y glucodiamina tiene una relación de ácido glucárico con respecto a glucodiamina de aproximadamente 0,1:10 a aproximadamente 10:0,1, de manera adicional o alternativamente de aproximadamente 1:10 a aproximadamente 10:1, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 2:10 a aproximadamente 10:2, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 3:10 a aproximadamente 10:3, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 1:2 a aproximadamente 2:1 o, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 1:1. Una MBM puede ser un componente de un polímero de poliamida y se puede introducir usando cualquier metodología adecuada. Por ejemplo, cuando se usa una MBM en la producción de un copolímero de poliamida, el copolímero de poliamida-MBM se puede formar por la condensación de HMDA y ácido adípico en la presencia de la MBM. Alternativamente, la MBM se puede poner en

contacto con el polímero de poliamida después de la granulación del polímero, tal como por extrusión.

En un aspecto, un método de la presente divulgación comprende la acetilación de una MBM. Por ejemplo, la MBM puede comprender ácido glucárico. En otro aspecto, la MBM
5 comprende glucodiamina. En aun otro aspecto, la MBM comprende ácido glucárico y glucodiamina. Un método de la presente divulgación comprende además polimerizar el ácido glucárico acetilado y la glucodiamina para formar un material de amida polimérica (PAM).

En un aspecto, un PAM de la presente divulgación se caracteriza por una mayor rigidez en comparación al nailon 6,6. Un PAM de la presente divulgación se puede caracterizar
10 además por una hidrofobicidad incrementada en comparación al nailon 6,6, tal que un artículo formado a partir del PAM puede exhibir una mayor resistencia al agua a fin de proporcionar un artículo resistente al agua, tal como ropa. Un PAM de la presente divulgación se puede caracterizar además por una biodegradabilidad incrementada en comparación al nailon 6,6 y el PAM se puede hidrolizar en condiciones ácidas. En un aspecto, un PAM de esta divulgación
15 se puede purificar por destilación. El PAM puede tener una pureza a través de destilación de igual a, o mayor que, aproximadamente 90%, alternativamente, igual a, o mayor que, aproximadamente 95%, alternativamente, igual a, o mayor que, aproximadamente 98%, o alternativamente, igual a, o mayor que, aproximadamente 99%.

En uno o más aspectos, el polímero base es un polímero de poliuretano y el copolímero
20 es una MBM. El poliuretano es un término general utilizado para una clase de polímeros derivados de la condensación de poliisocianatos y polialcoholes y se pueden sintetizar fácilmente a través de una reacción de adición entre el alcohol y un isocianato. El copolímero de poliuretano-MBM se puede formar por la condensación de uno o más poliisocianatos y uno o más polialcoholes en la presencia de la MBM.

En uno o más aspectos, el polímero base es un polímero de poliuretano y el copolímero
25 es una MBM. El poliuretano es un término general utilizado para una clase de polímeros derivados de la condensación de poliisocianatos y polialcoholes, y se pueden sintetizar fácilmente a través de una reacción de adición entre alcohol y un isocianato. El copolímero de poliuretano-MBM se puede formar por la condensación de uno o más poliisocianatos y uno o
30 más polialcoholes en la presencia de la MBM.

En uno o más aspectos, el polímero base es un polímero de poliéster y el copolímero es una MBM. Un poliéster se refiere a un tipo de polímero formado a través de una reacción

de condensación entre un ácido dicarboxílico y un diol, creando cadenas largas de enlaces éster repetitivos, (por ejemplo, tereftalato de polietileno (PET)). El copolímero de poliéster-MBM se puede formar por la condensación de uno o más ácidos dicarboxílicos y uno o más polioles en la presencia de la MBM.

5 En uno o más aspectos, cualquier copolímero descrito en la presente incluye además un aditivo de funcionalización. El aditivo de funcionalización puede proporcionar porciones químicas adicionales y/o nuevas al copolímero que altera una o más características del copolímero. Los ejemplos no limitantes de aditivos de funcionalización que se pueden usar incluyen ácido eritórico, ácido láctico, ácido succínico, ácido tartárico y diaminas no basadas
10 en glucosa, derivados de los mismos y combinaciones de los mismos. El aditivo de funcionalización se puede incluir en el copolímero usando cualquier metodología adecuada tal como que se introduce durante el proceso de polimerización o que se introduce mediante un paso de proceso tal como extrusión reactiva. El aditivo de funcionalización puede estar presente en el copolímero en cantidades que varían de aproximadamente 0,1 por ciento en
15 peso (% en peso) a aproximadamente 10% en peso con base en el peso total del copolímero o de aproximadamente 0,5% en peso a aproximadamente 7,5% en peso o de aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 6% en peso o de aproximadamente 2% en peso a aproximadamente 5% en peso o de aproximadamente 2% en peso a aproximadamente 4% en peso.

20 En uno o más aspectos, la MBM funciona como un aditivo polimérico. En estos aspectos, la MBM se puede incluir para alterar una o más características del producto polimérico final. En estos aspectos, el aditivo de MBM funciona para mejorar las propiedades mecánicas del producto polimérico final. En uno o más aspectos, el aditivo de MBM comprende ácido glucárico, glucodialdosa, ácido glucónico, ácido eritórico, 2-cetoglucosa,
25 ácido láctico, ácido adípico, sorbitol, glicerol, manitol, lactonas de los mismos, sales de los mismos, o combinaciones de los mismos.

Por ejemplo, la MBM puede funcionar para mejorar la resistencia del producto polimérico.

Los impactos de la MBM en la resistencia de polímero se pueden evidenciar por
30 incrementos en la resistencia a la tracción del polímero que varía de aproximadamente 10% a aproximadamente 100% o aproximadamente 25% a aproximadamente 75% de aproximadamente 50% en comparación a la resistencia de polímero en la ausencia del aditivo de MBM. La resistencia a la tracción se puede medir de acuerdo con cualquier metodología

adecuada, por ejemplo, de acuerdo con ASTM D638.

5 Cuando el aditivo se pone en contacto con un polímero base, se forma un polímero modificado. El polímero modificado puede tener una resistencia a la tracción que se incrementa de aproximadamente 10% a aproximadamente 100% en comparación al polímero base. En uno o más aspectos, el aditivo de MBM funciona como un agente de fortalecimiento en la preparación de polímeros tal como un poliéster, poliuretano o ácido poliláctico.

10 En otros aspectos, el aditivo de MBM puede alterar la estructura del polímero al incrementar la ramificación de polímero. En la presente, la ramificación de polímero se refiere a la presentación de cadenas laterales o ramificaciones de diversas longitudes que se originan en puntos aleatorios de una cadena de polímero lineal individual. El tipo y extensión de estas cadenas laterales en un polímero afecta una multitud de propiedades de polímero tal como densidad, resistencia, cristalinidad, y puntos de fusión. En uno o más aspectos, el aditivo de MBM funciona como un agente de ramificación en la preparación de polímeros tal como un poliéster o poliuretano.

15 En uno o más aspectos, el aditivo de MBM puede funcionar como un plastificante polimérico. Los plastificantes polimérico mejoran la flexibilidad, la trabajabilidad, y la procesabilidad de los polímeros al actuar como un lubricante entre las cadenas de polímero que permite que las cadenas se muevan libremente. En uno o más aspectos, el aditivo de MBM se usa como un plastificante polimérico con un polímero soluble en agua tal como alcohol polivinílico, poliacrilamida y óxido de polietileno.

25 El aditivo de MBM se puede incluir en un polímero base para formar un polímero modificado usando cualquier metodología adecuada tal como que se introduce durante el proceso de polimerización de polímero base o que se introduce mediante posterior a la polimerización del polímero base tal como a través de extrusión. El aditivo de funcionalización puede estar presente en el polímero modificado en cantidades que varían de aproximadamente 0,1 por ciento en peso (% en peso) a aproximadamente 10% en peso con base en el peso total del copolímero, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 0,5% en peso a aproximadamente 7,5% en peso o de aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 6% en peso, de manera adicional o alternativamente, de aproximadamente 2% en peso a aproximadamente 5% en peso o, de manera adicional o

30 alternativamente, de aproximadamente 2% en peso a aproximadamente 4% en peso.

En la presente se divulgan MBM que pueden ser útiles en aplicaciones que incluyen,

pero no se limitan a, la producción de fibras tejidas (por ejemplo, alfombras, textiles, partes moldeadas, ropas y reciclaje); la producción de fibras de construcción (por ejemplo, reemplazo de fibra de vidrio, reemplazo de fibra de carbono, lana mineral); como aislamiento (por ejemplo, aislamiento térmico de automóviles, electroaislamiento, tuberías); como aditivos de polímero (por ejemplo, plastificante, antiplastificante); y como aditivos modificadores de propiedades (por ejemplo, mejorar la resistencia mecánica, estabilidad térmica, absorción de humedad, resistencia química en plásticos).

En uno o más aspectos, la MBM comprende ácido glucárico, ácido glucónico, glucodiamina, glucodialdosa, 2-cetoglucosa, una o más sales de los mismos, uno o más derivados de los mismos, o combinaciones de los mismos. La MBM puede funcionar como un compuesto monomérico que, en condiciones adecuadas, forma una molécula polimérica que muestra propiedades mecánicas y/o físicas deseables tal como una temperatura de transición vítrea alta, resistencia a la tracción incrementada, módulo de Young mejorado, resistencia a la corrosión, permeabilidad, o combinaciones de los mismos.

En otro aspecto, una MBM de la presente divulgación puede funcionar como un comonomero para producir un compuesto polimérico (por ejemplo, copolímero, terpolímero) que tiene n monómeros diferentes donde n varía de 1 a 10, de manera adicional o alternativamente, de 1 a 5. En estos aspectos, la MBM puede ser un comonomero que se incluye con cualquier otro monómero adecuado para formar un copolímero que tiene cualquier estructura adecuada tal como un copolímero lineal, copolímero injertado, copolímero de bloque, o similares. Por ejemplo, la MBM puede formar un copolímero con monómeros tal como etileno, propileno, estireno, tetrafluoroetileno, cloruro de vinilo, ácido láctico, fenol-formaldehído, o acrilonitrilo.

En un aspecto, las MBM proporcionan una fuente sostenible de producción de amina que no depende únicamente de una producción de adiponitrilo basado en petróleo. Además, la MBM proporciona una alternativa ecológica con beneficios potenciales para los entornos (es decir, biodegradabilidad, toxicidad) y características de reciclaje (es decir, zapatos, ropa, muebles, madera, reciclaje de plástico).

La presente divulgación contempla el uso de ácido adípico de base biológica y/o HDMA de base biológica, para la producción de un producto de nailon de poliamida de base biológica, reciclable, biodegradable que incluye, pero no se limita a, nailon 6, 6. En uno o más aspectos, los compuestos de base biológica de la presente divulgación se preparan a partir de materias primas renovables tal como azúcares. Se contempla que las MBM y otras moléculas derivadas

de azúcar pueden funcionar en lugar de reactivos poliméricos basados en combustibles fósiles o aditivos poliméricos.

Divulgación Adicional

5 Un primer aspecto que es un material polimérico que comprende un monómero base y una molécula de base biológica multifuncional en donde la molécula de base biológica multifuncional es un derivado de glucosa.

Un segundo aspecto que es el material polimérico del primer aspecto en donde el derivado de glucosa es un producto de oxidación de azúcar.

10 Un tercer aspecto que es el material polimérico de cualquiera de los aspectos primero a segundo en donde el derivado de glucosa comprende ácido glucárico, ácido glucónico, ácido glucurónico, ácido galactónico y/o ácido galactárico con especies de componentes menores de n-ceto-ácidos, diácidos de C2 a C6, glucodialdosa de ácido glutámico, 2-cetoglucosa, o combinaciones de los mismos.

15 Un cuarto aspecto que es el material polimérico de cualquiera del primer al tercer aspectos en donde la molécula de base biológica multifuncional comprende glucodiamina, gluconamida, glucaramida, glucohexadialdosa, ácido glucárico, ácido glucónico, 1,4:6,3-dilactona de ácido glucárico o combinaciones de los mismos.

20 Un quinto aspecto que es el material polimérico de cualquiera del primer al cuarto aspectos en donde el monómero base comprende una amida, un éster, un etileno, un uretano, un fenol o combinaciones de los mismos.

Un sexto aspecto que es el material polimérico de cualquiera del primer al quinto aspectos en donde la molécula de base biológica multifuncional está presente en una cantidad de aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 90% en peso con base en el peso total del material polimérico.

25 Un séptimo aspecto que es el material polimérico de cualquiera del primer al sexto aspectos en donde el material polimérico tiene una biodegradabilidad que se incrementa de aproximadamente 5% a aproximadamente 100% en comparación al polímero base.

30 Un octavo aspecto que es el material polimérico de cualquiera del primer al séptimo aspectos en donde el monómero base comprende un fenol y el aditivo de base biológica multifuncional comprende glucodialdosa.

Un noveno aspecto que es el material polimérico de cualquiera del primer al octavo aspectos en donde el monómero base comprende una amida y el aditivo de base biológica multifuncional comprende glucodialdosa.

5 Un décimo aspecto que es el material polimérico de cualquiera del primer al noveno aspectos en donde el monómero base comprende una amida y el aditivo de base biológica multifuncional comprende glucarodiamida.

Un undécimo aspecto que es el material polimérico de cualquiera del primer al décimo aspectos en donde el monómero base comprende una amida y el aditivo de base biológica multifuncional comprende gluconoamida.

10 Un duodécimo aspecto que es el material polimérico de cualquiera del primer al undécimo aspectos en donde el monómero base comprende una poliamida y el aditivo de base biológica multifuncional comprende una mezcla de glucarodimidias y gluconoamidas.

15 Un decimotercer aspecto que es el material polimérico de cualquiera del primer al duodécimo aspectos en donde el monómero base comprende una amida y el aditivo de base biológica multifuncional comprende una mezcla de glucodialdosa y glucodiamina.

Un decimocuarto aspecto que es el material polimérico de cualquiera del primer al decimotercer aspectos en donde el monómero base comprende una amida y el aditivo de base biológica multifuncional comprende una mezcla de ácido glucárico y glucodiamina.

20 Un decimoquinto aspecto que es el material polimérico de cualquiera del primer al decimocuarto aspectos que comprende además ácido eritórbito, ácido láctico, ácido adípico, sorbitol, glicerol, manitol, lactonas de los mismos, sales de los mismos, o combinaciones de los mismos.

25 Un decimosexto aspecto que es un material polimérico que comprende un polímero base y un aditivo polimérico que comprende ácido glucárico, glucodialdosa, ácido glucónico, ácido eritórbito, 2-cetoglucosa, ácido láctico, ácido adípico, sorbitol, glicerol, manitol, lactonas de los mismos, sales de los mismos, o combinaciones de los mismos en donde el aditivo cuando se pone en contacto con un polímero base forma un polímero modificado en donde el polímero modificado tiene una resistencia a la tracción que se incrementa de aproximadamente 10% a aproximadamente 100% en comparación al polímero base.

30 Un decimoséptimo aspecto que es el material polimérico del decimosexto aspecto en

donde el polímero base comprende un poliéster.

Un decimooctavo aspecto que es el material polimérico de cualquiera del decimosexto al decimoséptimo aspectos en donde el polímero base comprende un ácido poliláctico.

Un decimonoveno aspecto que es el material polimérico de cualquiera del decimosexto al decimonoveno aspectos en donde el polímero base comprende poliuretano.

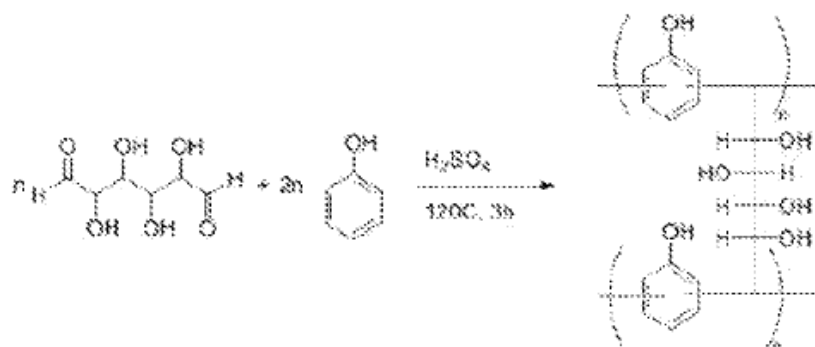
Un vigésimo aspecto que es un hidrogel que comprende el material polimérico de cualquier aspecto anterior.

EJEMPLOS

Los aspectos que se han descrito en general, los siguientes ejemplos se dan como aspectos particulares de la divulgación y para demostrar la práctica y las ventajas de la misma. Se entiende que los ejemplos se proporcionan a manera de ilustración y no se propone que limiten la especificación o las reivindicaciones de ninguna manera.

Ejemplo 1

Se usó una MGM, glucodiamina, en la preparación de un polímero. La reacción se representa en la ecuación 1



(Ecuación 1)

Se mezclaron glucodialdosa (4,5 g, 1 equivalente) y fenol (9,4 g, 2 equivalentes) y la temperatura se elevó a 120 °C antes de la adición de H₂SO₄ como el catalizador de reacción. La reacción se agitó durante 3 horas antes de enfriar a 60 °C. Se adicionó NaOH (1,7 ml de una solución 1M) para neutralizar la mezcla enfriada. Se removió el agua (aproximadamente 60%) de la mezcla de reacción por evaporación rotatoria. El producto resultante se puede curar utilizando cualquier agente de curado adecuado. El producto se identificó usando FTIR que indicó la presencia de aldehído a 1700 cm⁻¹, un cambio en el contenido aromático a 1500

cm⁻¹.

Ejemplo 2

Las resinas de fenol se prepararon por adición catalizada por ácido de fenol con glucosa durante un tiempo de reacción que varía de aproximadamente 15-20 minutos. Entonces se adicionó glucodialdosa (GDA). El porcentaje en peso de glucosa y glucodialdosa con base en el peso total de resina se indica en la tabla 1. La reacción se neutralizó con hidróxido de sodio. El producto final tuvo una solubilidad aumentada en agua con la adición de tan poco como 5% de GDA que demuestra que la MBM funcionó como un reticulante. La reacción se representa esquemáticamente en la figura 7. Se presenta una comparación de los espectros infrarrojos de transformada de Fourier de reactivo (FTIR) para los reactivos y productos en la figura 6.

Tabla 1

Concentración total de MGM	Glucosa	Glucodialdosa
0	2,49	0
5	2,37	0,12
10	2,24	0,25
25	1,87	0,62
50	1,25	1,25
75	0,62	1,87

Ejemplo 3

Las resinas de urea se prepararon por adición de fenol con glucosa a una temperatura de 75 °C durante 3 horas en agua. La mezcla de reacción era transparente y el producto era un sólido pegajoso. Se presentan espectros infrarrojos de transformada de Fourier (FTIR) para los reactivos y productos en la figura 8.

Ejemplo 4

La esterificación de ácido glucárico se llevó a cabo usando 403,26 mmol de ácido glucárico y 10,4 mol de butanol en la presencia de 27% en mol de ácido sulfúrico. La mezcla de reacción se sometió a reflujo durante entre 2 a 4 horas para formar un ácido glucárico esterificado.

La presente materia que se ha mostrado y descrito, se pueden realizar modificaciones de la misma por un experto en la técnica sin desviarse del espíritu y las enseñanzas de la presente materia. Los aspectos descritos en la presente son solamente de ejemplo y no se propone que sean limitantes. Muchas variaciones y modificaciones de la presente materia divulgada en la presente son posibles y están dentro del alcance de la presente materia divulgada. Cuando se establecen expresamente intervalos numéricos o limitaciones, se debe entender que estos intervalos expresos o limitaciones incluyen intervalos iterativos o limitaciones de magnitud similar que caen dentro de los intervalos o limitaciones expresamente establecidos (por ejemplo, de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 incluye, 2, 3, 4, etc.; mayor que 0,10 incluye 0,11, 0,12, 0,13, etc.). Se propone que el uso del término "opcionalmente" con respecto a cualquier elemento de una reivindicación signifique que se requiere el elemento en cuestión, o alternativamente, no se requiere. Se propone que ambas alternativas estén dentro del alcance de la reivindicación. Se debe entender que el uso de términos más amplios tal como comprende, incluye, que tiene, etc. proporciona soporte para términos más estrechos tal como que consta de, que consta esencialmente de, que consta sustancialmente de, etc.

Por consiguiente, el alcance de la protección no se limita por la descripción expuesta anteriormente, sino que sólo se limita por las reivindicaciones que siguen, ese alcance que incluye todos los equivalentes de la presente materia de las reivindicaciones. Todas y cada una de las reivindicaciones se incorporan en la especificación como un aspecto de la presente divulgación. Por lo tanto, las reivindicaciones son una descripción adicional y son una adición a los aspectos de la presente invención. El análisis de una referencia en la presente no es una admisión de que es técnica anterior a la presente materia actualmente divulgada, especialmente cualquier referencia que pueda tener una fecha de publicación después de la fecha de prioridad de esta solicitud. Las divulgaciones de todas las patentes, solicitudes de patente, y publicaciones citadas en la presente se incorporan por la presente como referencia, en la medida en que proporcionen detalles de ejemplo, de procedimiento u otros detalles complementarios a aquellos expuestos en la presente.