

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 722**

51 Int. Cl.:

B29B 13/04	(2006.01)
B29B 13/10	(2006.01)
B29B 7/00	(2006.01)
B29C 48/08	(2009.01)
C08J 5/18	(2006.01)
B29C 48/28	(2009.01)
B29K 67/00	(2006.01)
B29K 96/00	(2006.01)
B29K 105/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.04.2019 PCT/US2019/025184**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.10.2019 WO19195168**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2019 E 19782143 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2024 EP 3774987**

54 Título: **Método de producir una película que comprende polipropiolactona, y película así obtenida**

30 Prioridad:

06.04.2018 US 201862654197 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.10.2024

73 Titular/es:

**NOVOMER, INC. (100.0%)
275 Buell Road
Rochester, NY 14624, US**

72 Inventor/es:

VAKIL, UTPAL MAHENDRA

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 984 722 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de producir una película que comprende polipropiolactona, y película así obtenida

5 **Campo**

La presente divulgación se refiere en general a películas poliméricas, y más específicamente a películas de polipropiolactona (PPL) que se pueden derivar de una biofuente. Tales películas de PPL pueden ser adecuadas para uso en varias aplicaciones, incluyendo, por ejemplo, aplicaciones de embalaje.

10

Antecedentes

Las películas de poliolefinas convencionales se usan comúnmente en muchas aplicaciones. Hay muchas desventajas en el uso de películas de poliolefinas convencionales. Por ejemplo, las películas de poliolefinas convencionales en general no son reutilizables y/o reciclables. Además, la producción de películas de poliolefinas convencionales requiere altas temperaturas, que produce un proceso de consumo de alta energía específica que puede ser indeseable a escala.

15

20

25

30

El documento EP 0 750 015 A2 divulga una composición de resina de poliéster biodegradable, y un artículo biodegradable moldeado a partir de la composición. El documento US 2003/166779 A1 divulga mezclas de polímeros biodegradables adecuadas para recubrimientos laminados, envoltorios y otros materiales de embalaje se fabrican de al menos un biopolímero "duro" y al menos un biopolímero "blando". El documento US 2018/094100 A1 divulga composiciones, sistemas y métodos relacionados a una composición de polipropiolactona que comprende polímeros de polipropiolactona. El documento US 5 180 765 A divulga composiciones medioambientalmente biodegradables de poli(ácido láctico) plastificadas con ácido láctico, D-lactida, L-lactida, meso D,L-lactida, D,L-lactida racémica, oligómeros de ácido láctico, oligómeros de lactida, derivados de oligómeros de ácido láctico, o varias mezclas de los mismos. El documento US 2009/306299 A1 divulga una composición de polietileno multimodal, en particular adecuada para la preparación de películas, pero también artículos textiles, artículos moldeados por soplado y artículos moldeados por inyección se describe. El documento JP H11 268751 A divulga una película laminada compuesta de una película de poliolefina mezclada con un poliéster alifático para formar el exterior de la bolsa y una película de poliolefina mezclada con almidón para formar el interior de la bolsa se usa. Por último, el documento WO 2008/134503 A1 divulga películas microporosas de mezclas poliméricas compatibilizadas.

35

Por tanto, permanece una necesidad en la técnica para el desarrollo de nuevas películas como sustitutas para películas de poliolefinas convencionales, preferiblemente películas que sean reutilizables, reciclables, y que se puedan producir más económicamente en una escala industrial.

Breve compendio

40

En el presente documento se proporcionan métodos de producir películas de polipropiolactona (PPL). Las películas resultantes tienen numerosos beneficios sobre las películas de poliolefinas convencionales. Por ejemplo, en algunas variaciones, las películas producidas según el método inventivo en el presente documento experimentan extrusión de película por soplado a temperaturas por debajo de las de películas convencionales con poca degradación térmica. Las películas resultantes de los métodos en el presente documento también pueden ser reutilizables y/o reciclables.

45

En el presente documento se divulga un método según la reivindicación 1 de producir una película compostable, que comprende mezclar una mezcla de polímeros de polipropiolactona (PPL) que tienen diferentes pesos moleculares medios, y soplar la mezcla para formar la película, en donde la película tiene un biocontenido de al menos el 60% (p/p).

50

También se divulga una película según la reivindicación 5 obtenida por el método reivindicado, la película comprende polipropiolactona (PPL) extruida, en donde la película comprende una mezcla de polímeros de polipropiolactona (PPL) que tienen diferentes pesos moleculares medios, y en donde la película: (a) tiene un biocontenido de al menos el 60% (p/p), (b) es compostable hasta el 100%, (c) tiene un intervalo de módulo de elasticidad entre 800 MPa y 1100 MPa, (d) tiene un intervalo de resistencia a la tracción a rotura entre 25 MPa hasta aproximadamente 35 MPa, o (e) tiene un intervalo de elongación de rotura de aproximadamente el 440% al 660%, o cualquier combinación de (a) a (e).

55

Se reivindican formas de realización preferidas en las reivindicaciones dependientes.

60

Las películas descritas en el presente documento se pueden usar como, o procesar adicionalmente a, materiales de embalaje. Tales materiales de embalaje pueden incluir, por ejemplo, envoltura retráctil.

Descripción detallada

65

La siguiente descripción expone métodos, parámetros y similares ejemplares.

Los métodos y materiales usados para producir tal película, y las propiedades de la película se describen en más detalle a continuación.

Métodos de producir la película

En el presente documento se divulga un método no según la invención de producir una película, que comprende moler criogénicamente polipropiolactona (PPL) para formar un polvo, y extruir el polvo para formar la película.

PPL

En algunos casos, la PPL es una PPL de peso molecular medio (MMW PPL). En otros casos, la PPL es una PPL de alto peso molecular (HMW PPL).

En algunas variaciones, la PPL tiene un peso molecular promedio (M_w) entre aproximadamente 100.000 g/mol y aproximadamente 200.000 g/mol. En algunas variaciones, la PPL tiene un peso molecular promedio (M_w) entre aproximadamente 120.000 g/mol y aproximadamente 150.000 g/mol. En otras variaciones, la PPL tiene un peso molecular promedio (M_w) entre aproximadamente 800.000 g/mol y aproximadamente 1.000.000 g/mol.

La PPL usada se puede obtener de fuentes comercialmente disponibles, o producir según cualquier método conocido en la técnica. En algunas variaciones, la PPL se puede obtener polimerizando BPL para obtener la PPL. En ciertas variaciones la PPL se puede obtener: haciendo reaccionar óxido de etileno con monóxido de carbono en presencia de un catalizador de carbonilación para formar BPL, y polimerizando la BPL para formar la PPL. En otra variación, la PPL se puede obtener carbonilando óxido de etileno para formar BPL, y polimerizando la BPL para formar la PPL.

La PPL usada también se puede obtener de materias primas renovables. Por ejemplo, cuando la PPL se produce a partir de óxido de etileno y monóxido de carbono, cualquiera o ambos del óxido de etileno y monóxido de carbono se pueden obtener de materias primas renovables usando métodos conocidos en la técnica. Cuando la PPL se obtiene en parte o por completo de materias primas renovables, la PPL producida de tal BPL tiene un biocontenido mayor del 0% (p/p). Se conocen varios métodos en la técnica para determinar el biocontenido de un material. Por ejemplo, en algunas variaciones, el biocontenido de un material se puede medir usando el método ASTM D6866, que permite la determinación del biocontenido de materiales usando análisis de radiocarbono por espectrometría de masas aceleradora, conteo de centelleo líquido, y espectrometría de masas de isótopos. Un resultado de biocontenido se puede derivar asignando el 100% igual a 107,5 pMC (porcentaje de carbono moderno) y el 0% igual a 0 pMC. Por ejemplo, una muestra que mide 99 pMC dará un resultado de biocontenido equivalente del 93%. En una variación, el biocontenido se puede determinar según la revisión 12 de ASTM D6866 (es decir, ASTM D6866-12). En otra variación, el biocontenido se puede determinar según procedimientos del método B de ASTM D6886-12. Otras técnicas para evaluar el biocontenido de materiales se describen en las patentes en EE UU No. 3.885.155, 4.427.884, 4.973.841, 5.438.194 y 5.661.299, así como el documento WO2009/155086.

Producción del polvo de PPL

En los métodos no según la invención descritos en el presente documento, la PPL se puede moler criogénicamente para formar un polvo de PPL. El molido criogénico de PPL se puede producir como una única etapa o como dos etapas.

En algunos casos, el molido criogénico de PPL implica enfriar y moler criogénicamente la PPL en una única etapa. En algunas variaciones, la PPL se muele criogénicamente a una temperatura entre aproximadamente -50°C hasta aproximadamente -300°C; entre aproximadamente -50°C hasta aproximadamente -275°C; entre aproximadamente -50°C hasta aproximadamente -150°C; entre aproximadamente -100°C hasta aproximadamente -200°C; o entre aproximadamente -125°C hasta aproximadamente -150°C. En algunas variaciones, combinar el enfriamiento criogénico de la PPL y el molido de la PPL en una única etapa puede producir propiedades de mezcla mejoradas del polvo de PPL. En ciertas variaciones, combinar el enfriamiento criogénico de la PPL y el molido de la PPL en una única etapa puede dar una película que se produce con poca degradación térmica.

En otros casos, el molido criogénico de la PPL se produce en dos etapas. La PPL primero se enfría criogénicamente, y después la PPL criogénicamente enfriada se muele para formar el polvo. En algunas variaciones, la PPL se enfría criogénicamente a una temperatura entre aproximadamente -50°C y aproximadamente -275°C; entre aproximadamente -50°C y aproximadamente -150°C; entre aproximadamente -100°C y aproximadamente -200°C; o entre aproximadamente -125°C y aproximadamente -150°C.

Propiedades del polvo de PPL

En algunos casos, el polvo comprende partículas de PPL molida. En algunos casos, el polvo comprende partículas de PPL finamente molida. En algunos casos, el polvo comprende partículas de PPL finamente molida de tamaño sustancialmente uniforme. En algunos casos, el polvo comprende partículas que tienen un tamaño de partícula entre

aproximadamente 300 μm y aproximadamente 3.000 μm ; entre aproximadamente 500 μm hasta aproximadamente 2.000 μm ; o entre aproximadamente 700 μm hasta aproximadamente 1.000 μm .

5 En ciertas variaciones, usando un polvo que comprende partículas de PPL finamente molidas puede producir mejor mezclado del polvo. En ciertas variaciones, usar un polvo que comprende partículas de PPL finamente molidas puede ayudar en alimentar mejor el polvo a un extrusor.

El polvo producido del molido criogénico de PPL tiene una densidad aparente específica. En algunos casos, el polvo tiene una densidad aparente adecuada para alimentar a un extrusor.

10

Producción de la película de PPL

15 En los métodos no según la invención descritos en el presente documento, el polvo producido moliendo criogénicamente PPL se extruye para producir una película. Se pueden emplear varias técnicas de extrusión para producir la película. En algunas formas de realización, se pueden emplear extrusión por fusión, extrusión colada, o extrusión de película por soplado.

20 La temperatura a la que la extrusión se realiza puede variar dependiendo de la técnica de extrusión usada. Por ejemplo, en algunas variaciones donde se emplea extrusión por fusión, la extrusión se realiza a un intervalo de temperatura entre aproximadamente 80°C hasta aproximadamente 160°C.

25 En algunas variaciones, se proporciona un método que comprende moler criogénicamente polipropiolactona (PPL) para formar un polvo; alimentar el polvo a un extrusor; y procesar el polvo en el extrusor para formar la película. En algunas variaciones, el procesamiento del polvo en el extrusor comprende fundir el polvo para formar una fusión de PPL.

30 En algunas formas de realización, el extrusor tiene una temperatura de alimentación de aproximadamente 10°C. En otras formas de realización, el extrusor tiene una temperatura de barril entre aproximadamente 50°C y aproximadamente 170°C; o entre aproximadamente 50°C y aproximadamente 110°C. En aun otras formas de realización, el extrusor tiene una temperatura de troquel entre aproximadamente 110°C y aproximadamente 170°C; o una temperatura de troquel de aproximadamente 110°C o aproximadamente 170°C. En aun otras formas de realización, el extrusor tiene una temperatura de troquel de película de entre aproximadamente 110°C y aproximadamente 160°C; o una temperatura de troquel de película de aproximadamente 110°C, aproximadamente 160°C, o aproximadamente 160°C.

35

Se pueden emplear varios extrusores en los métodos descritos en el presente documento. En algunas variaciones, se puede usar un extrusor de fusión, un extrusor de doble husillo paralelo, o un extrusor que comprende un troquel con hendidura.

40 En ciertas variaciones, la fusión de PPL experimenta una descomposición térmica mínima en las condiciones de extrusión descritas en el presente documento. En una variación, la fusión de PPL experimenta una termólisis mínima, que produciría ácido acrílico, en las condiciones de extrusión descritas en el presente documento. En una variación, la fusión de PPL tiene menos del 5%, menos del 4%, menos del 3%, menos del 2%, o menos del 1% en peso de ácido acrílico. En otra variación, menos del 5%, menos del 4%, menos del 3%, menos del 2%, o menos del 1% en peso de ácido acrílico se detecta en la fusión de PPL.

45

Otros métodos

50 En otras variaciones, el polvo se puede moldear por soplado para producir películas de gran diámetro y/o anchura que puede ser adecuada para uso en aplicaciones de embalaje a granel. Por ejemplo, se proporciona un método no según la invención de producir una película, que comprende moler criogénicamente PPL para formar un polvo, y moldear por soplado el polvo para formar la película.

55 En un aspecto de la presente invención, se proporciona un método según la reivindicación 1 de producir una película, que comprende mezclar una mezcla de polímeros de PPL; y soplar la mezcla para formar la película. En algunas formas de realización, la mezcla de polímeros de PPL comprende dos o más, tres o más, cuatro o más, o cinco o más polímeros de PPL que tienen diferente peso molecular promedio (M_w). En algunas variaciones, la mezcla de polímeros de PPL comprende dos, tres o cuatro de PPL que tienen diferente peso molecular promedio (M_w).

60 En algunas formas de realización, al menos uno de los polímeros de PPL es una PPL de peso molecular medio (MMW PPL). En otras formas de realización, al menos uno de los polímeros de PPL es una PPL de peso molecular alto (HMW PPL). En algunas variaciones, al menos uno de los polímeros de PPL tiene un peso molecular promedio (M_w) entre aproximadamente 100.000 g/mol y aproximadamente 200.000 g/mol. En algunas variaciones, al menos uno de los polímeros de PPL tiene un peso molecular promedio (M_w) entre aproximadamente 120.000 g/mol y aproximadamente 150.000 g/mol. En otras variaciones, al menos uno de los polímeros de PPL tiene un peso molecular promedio (M_w) entre aproximadamente 800.000 g/mol y aproximadamente 1.000.000 g/mol.

65

En un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona una película según la reivindicación 5 producida según los métodos anteriores. En una variación, la película producida es multicapa.

5 La película de PPL

En ciertos aspectos, se proporciona una película producida según cualquiera de los métodos descritos en el presente documento. En otros aspectos, se proporciona una película de PPL que tiene un cierto biocontenido y compostabilidad, así como ciertas propiedades mecánicas y físicas.

10

Biocontenido

La película producida según los métodos descritos en el presente documento se puede obtener de materias primas renovables. Por ejemplo, cuando la PPL usada se obtiene en parte o por completo de materias primas renovables, la película de PPL producida de tal PPL tiene un biocontenido mayor del 0% (p/p). Como se ha descrito anteriormente, se conocen varios métodos en la técnica para determinar el biocontenido de un material.

15

Según la invención, la película tiene un biocontenido de al menos el 60% (p/p), al menos el 70% (p/p), al menos el 80% (p/p), al menos el 90% (p/p), al menos el 95% (p/p), al menos el 96% (p/p), al menos el 97% (p/p), al menos el 98% (p/p), al menos el 99% (p/p), al menos el 99,5% (p/p), al menos el 99,9% (p/p), al menos el 99,99% (p/p), o el 100% (p/p); o entre aproximadamente el 80% (p/p) y aproximadamente el 100% (p/p), entre aproximadamente el 90% (p/p) y aproximadamente el 100% (p/p), o entre aproximadamente el 95% (p/p) y aproximadamente el 100% (p/p).

20

25 *Compostabilidad*

En algunas formas de realización, la película producida según los métodos en el presente documento tiene características de compostabilidad que son superiores a películas convencionales, incluyendo películas de poliolefinas convencionales.

30

Según la invención, la película es compostable hasta el 100%.

Propiedades de la película

35 Según la invención, la película tiene un módulo de elasticidad entre 800 MPa y 1100 MPa; o preferiblemente entre aproximadamente 835 MPa y aproximadamente 1065 MPa.

Según la invención, la película tiene una resistencia a la tracción a rotura entre 25 MPa y 35 MPa.

40

En algunas formas de realización, la película tiene una elongación a rotura entre el 440% y el 660%.

En algunas formas de realización, la película tiene una temperatura de transición vítrea (T_g) entre aproximadamente -150°C y aproximadamente 70°C; entre aproximadamente -50°C y aproximadamente 0°C; o entre aproximadamente -30°C y aproximadamente -10°C; o aproximadamente -20°C.

45

En otras formas de realización, la película tiene una temperatura de fusión (T_m) entre aproximadamente 50°C y aproximadamente 180°C; entre aproximadamente 60°C y aproximadamente 150°C; entre aproximadamente 70°C y 100°C; o entre aproximadamente 70°C y aproximadamente 80°C.

50 En aun otras formas de realización, la película tiene hasta aproximadamente el 50% de cristalinidad. En una variación, la cristalinidad se mide por calorimetría diferencial de barrido.

En algunas variaciones, la película es uniforme.

55

En otras variaciones, la película es multicapa.

Se entiende que cualquier propiedad de la película de PPL descrita en el presente documento se puede combinar igual que si cada combinación se enumerara individualmente. Por ejemplo, en algunas formas de realización, se proporciona una película que tiene: (a) un biocontenido de al menos el 90% (p/p), (b) un módulo de elasticidad entre aproximadamente 835 MPa y aproximadamente 1065 MPa, (c) una resistencia a la tracción a rotura entre aproximadamente 25 MPa hasta aproximadamente 35 MPa, o (d) una elongación de rotura de aproximadamente el 440% hasta aproximadamente el 660%, o cualquier combinación de (a)-(d).

60

Se debe entender que la referencia a "aproximadamente" un valor o parámetro en el presente documento incluye (y describe) formas de realización que se dirigen a ese valor o parámetro por sí. Por ejemplo, la descripción que se refiere a "aproximadamente x" incluye la descripción de "x" por sí. En otros casos, el término "aproximadamente" cuando se

65

usa en asociación con otras medidas, o se usa para modificar un valor, una unidad, una constante, o un intervalo de valores, se refiere a variaciones de +/- 10%.

5 También se debe entender que la referencia a "entre" dos valores o parámetros en el presente documento incluye (y describe) formas de realización que incluyen esos dos valores o parámetros por sí. Por ejemplo, la descripción que se refiere a "entre x e y" incluye la descripción de "x" e "y" por sí.

Usos de la película de PPL

10 *Embalaje*

La película de PPL descrita en el presente documento puede ser reciclable y/o reutilizable, y puede ser adecuada para uso en varias aplicaciones. Por ejemplo, en algunas variaciones, la película de PPL se puede usar en embalaje (por ejemplo, en embalaje de productos manufacturados). Por ejemplo, en una variación, la película se usa como, o se procesa adicionalmente a, material de embalaje. En otras formas de realización, la película se usa como envoltura retráctil. Tal película puede ser una envoltura retráctil reciclable.

Producción de ácido acrílico

20 En algunos casos no según la invención, la película puede experimentar termólisis para producir ácido acrílico. Por ejemplo, después de usar la película como un material de embalaje, tal material de embalaje se puede usar para producir ácido acrílico.

25 También se divulga en el presente documento un método no según la invención de producir ácido acrílico, que comprende: producir una película según cualquiera de los métodos descritos en el presente documento; y termolizar la película para producir ácido acrílico.

Ejemplos

30 Los siguientes ejemplos son meramente ilustrativos. Los ejemplos que no están dentro del ámbito de las reivindicaciones son ejemplos comparativos y sirven para ilustrar la presente invención.

Ejemplo 1

Producción y caracterización de dos calidades de películas de polipropiolactona (PPL)

35

Este ejemplo demuestra la producción de películas a partir de PPL de peso molecular medio y alto.

Una película se produjo a partir de PPL de peso molecular medio, y otra película se produjo a partir de PPL de peso molecular alto según el siguiente procedimiento general. PPL se molió criogénicamente para obtener un polvo de densidad aparente deseada, adecuado para alimentar a un extrusor. Ambos lotes de polvo de PPL se extruyeron por fusión a películas usando un extrusor de husillo doble paralelo en ensayos de extrusión separados. Las temperaturas de procesamiento para PPL varían desde 80°C a 160°C, que es en general mucho menor que otras resinas termoplásticas usadas en aplicaciones de películas. Tales temperaturas de procesamiento pueden producir ahorros significativos en energía en la producción comercial. Durante la extrusión, no se detectó olor a ácido acrílico, lo que sugiere de esta manera que no hubo degradación térmica aparente de la PPL durante el proceso de extrusión.

Los perfiles de temperatura del extrusor representativos para extruir las dos calidades diferentes de películas de PPL como se describe en este ejemplo son como sigue:

50 PPL de peso molecular medio:

Zona#	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Alimentación		←	barriles de extrusión			→		troquel#1	Troquel de película
Temp (°C)	10	50	80	110	110	110	110	110	110

PPL de peso molecular alto:

60 Zona#	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Alimentación		←	barriles de extrusión			→		troquel#1	Troquel de película
Temp (°C)	10	50	80	170	170	170	170	165	160

65

Después de la extrusión, se observó que ambas películas producidas eran uniformes y mostraban propiedades mecánicas como se resume en la tabla 1 a continuación.

Tabla 1. Propiedades mecánicas

Propiedad	MMW PPL	HMW PPL
Módulo de elasticidad (MPa)	1065	835
Resistencia a la tracción @rotura (MPa)	25	31
Elongación @rotura (%)	660	440

5

MMW PPL se refiere a la película de PPL preparada de la PPL de peso molecular medio
 HMW PPL se refiere a la película de PPL preparada de la PPL de peso molecular alto

Ejemplo 2.

10

Producción y caracterización de la película de polipropiolactona (PPL)

En este ejemplo, se produjo una película de PPL en general según el procedimiento mostrado en el ejemplo 1 anterior. PPL se extruyó por fusión para producir una película que tiene las siguientes propiedades resumidas en la tabla 2 a continuación.

15

Tabla 2. Propiedades de la película extruida por fusión obtenida a partir de PPL

Polímero	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación a rotura (%)	Módulo (GPa)	T _g (°C)	T _m (°C)
Película extruida por fusión	25 ± 2	660 ± 50	1,07 ± 0,6	-20	77

REIVINDICACIONES

1. Un método de producir una película compostable, que comprende:
 - 5 mezclar una mezcla de polímeros de polipropiolactona (PPL) que tienen diferentes pesos moleculares promedio; y
 soplar la mezcla por extrusión de película por soplado para formar la película, en donde la película tiene un biocontenido de al menos el 60% (p/p), determinado como se describe en la descripción.
 - 10 2. El método de la reivindicación 1, en donde al menos uno de los polímeros de PPL en la mezcla de los polímeros de PPL tiene un peso molecular promedio (Mw) entre 100.000 g/mol y 200.000 g/mol.
 - 15 3. El método de las reivindicaciones 1 o 2, en donde al menos uno de los polímeros de PPL en la mezcla de los polímeros de PPL tiene un peso molecular promedio (Mw) entre 800.000 g/mol y 1.000.000 g/mol.
 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la película es multicapa.
 - 20 5. Una película obtenida por el método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, la película comprende polipropiolactona (PPL) extruida, en donde la película comprende una mezcla de polímeros de polipropiolactona (PPL) que tienen diferentes pesos moleculares promedio, y en donde la película:
 - 25 (a) tiene un biocontenido de al menos el 60% (p/p), determinado como se describe en la descripción;
 - (b) es compostable hasta el 100%;
 - (c) tiene un intervalo de módulo de elasticidad entre 800 MPa y 1100 MPa;
 - (d) tiene un intervalo de resistencia a la tracción a rotura entre 25 MPa a 35 MPa; o
 - (e) tiene un intervalo de elongación a rotura del 400% al 660%
 o cualquier combinación de (a)-(e).
 - 30 6. La película de la reivindicación 5, en donde la PPL tiene un peso molecular promedio (Mw) entre 100.000 g/mol y 200.000 g/mol.
 7. La película de la reivindicación 5, en donde la PPL tiene un peso molecular promedio (Mw) entre 800.000 g/mol y 1.000.000 g/mol.
 - 35 8. La película de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7 para uso como material de embalaje.