

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 017 136**

51 Int. Cl.:

B29B 17/02 (2006.01)

C08J 11/02 (2006.01)

C08J 11/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.11.2021 PCT/EP2021/082760**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.06.2022 WO22112290**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2021 E 21816442 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2025 EP 4251392**

54 Título: **Eliminación de odorantes de residuos poliolefina post-consumo**

30 Prioridad:

25.11.2020 EP 20209850

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

12.05.2025

73 Titular/es:

**BOREALIS AG (100.00%)
Trabrennstrasse 6-8
1020 Vienna, AT**

72 Inventor/es:

**DENIFL, PETER;
PIETTRE, KILIAN y
PAN, CHENG**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 3 017 136 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

Eliminación de odorantes de residuos poliolefina post-consumo

- 5 La presente invención se refiere a un proceso para el tratamiento de una poliolefina reciclada con una emulsión que comprende fases acuosa y orgánica, así como el uso de dicho proceso y/o emulsión para la eliminación al menos parcial de compuestos orgánicos volátiles.

10 **Antecedentes de la invención**

En la última década, ha aumentado la preocupación por los plásticos y la sostenibilidad medioambiental de su uso en las cantidades actuales. Esto ha llevado a una nueva legislación relativa a la eliminación, recogida y reciclado de las poliolefinas. En una serie de países se han hecho esfuerzos adicionales por aumentar el porcentaje de materiales plásticos que se reciclan en lugar de enviarlos al vertedero.

15 En Europa, los residuos plásticos representan aproximadamente 27 millones de toneladas de residuos al año; en 2016, de esta cantidad, 7,4 millones de toneladas se enviaron al vertedero, 11,27 millones de toneladas se quemaron (para producir energía) y aproximadamente 8,5 millones de toneladas se reciclaron. Los materiales basados en polipropileno son un problema particular ya que estos materiales se utilizan extensamente en el envasado. Teniendo en cuenta la enorme cantidad de residuos recogidos en comparación con la cantidad de residuos reciclados de nuevo al flujo (que asciende a tan solo aproximadamente un 30 %), todavía existe un gran potencial para la reutilización inteligente de los flujos de residuos plásticos y para el reciclado mecánico de residuos plásticos.

25 Tómese como ejemplo la industria del automóvil. En Europa, la directiva sobre el final de su vida útil (VFU) de la UE establece que el 85 %/95 % de los materiales de los vehículos deben ser reciclables o recuperables. La tasa actual de reciclado de componentes de automóviles está significativamente por debajo de este objetivo. En promedio, los vehículos consisten en un 9 % en peso de plásticos, y de este 9 % en peso, solo el 3 % en peso se recicla actualmente. Por tanto, todavía hay una necesidad que satisfacer si se quieren alcanzar los objetivos de reciclado de plásticos en la industria del automóvil. La presente invención se centra particularmente en los flujos de residuos reciclados mecánicamente en contraposición al "reciclado energético" en donde las poliolefinas se queman y se utilizan en la producción de energía. Sin embargo, por razones de costes, propiedades mecánicas deficientes y propiedades de procesamiento inferiores, los flujos de residuos que contienen poliolefinas reticuladas se utilizan a menudo para la recuperación de energía (por ejemplo, la incineración en una planta de calefacción urbana o para la generación de calor en la industria del cemento) y se reciclan con menos frecuencia para obtener nuevos productos.

35 Una tendencia importante en el campo de las poliolefinas es el uso de materiales reciclados que proceden de una amplia variedad de fuentes. Los flujos de bienes duraderos, tales como los de residuos de equipos eléctricos (RAEE) o vehículos al final de su vida útil (VFU), contienen una amplia variedad de plásticos. Estos materiales se pueden procesar para recuperar plásticos de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), poliestireno de alto impacto (HIPS), polipropileno (PP) y polietileno (PE). La separación se puede llevar a cabo usando una separación por densidad en agua y después una separación adicional basada en fluorescencia, absorción en infrarrojo cercano o fluorescencia Raman. Sin embargo, normalmente es bastante difícil obtener polipropileno reciclado puro o polietileno reciclado puro. En general, las cantidades recicladas de polipropileno en el mercado son mezclas de polipropileno (PP) y polietileno (PE); esto es especialmente cierto para los flujos de residuos post-consumo. Se ha encontrado que los reciclados comerciales procedentes de fuentes de residuos post-consumo contienen por lo general mezclas de PP y PE, alcanzando el componente menor hasta < 50 % en peso.

50 Cuanto mejor sea la calidad, es decir, cuanto mayor sea la pureza de la poliolefina reciclada, más caro será el material. Por otra parte, los materiales de poliolefina reciclados a menudo se sufren contaminación cruzada con materiales no poliolefinicos, tales como tereftalato de polietileno, poliamida, poliestireno o sustancias no poliméricas como la madera, papel, vidrio o aluminio.

55 Además, los materiales ricos en polipropileno reciclado normalmente tienen propiedades que son mucho peores que las de los materiales vírgenes, a menos que la cantidad de poliolefina reciclada añadida al compuesto final sea extremadamente baja. Por ejemplo, dichos materiales a menudo tienen un rendimiento deficiente en cuanto a olor y sabor, rigidez limitada, resistencia al impacto limitada y propiedades mecánicas deficientes (tales como, por ejemplo, la fragilidad) y, por tanto, no cumplen con los requisitos del cliente.

60 Las malas propiedades mecánicas se pueden mejorar mezclando la poliolefina reciclada con polímeros vírgenes o mediante el uso de cargas de refuerzo, sin embargo, esto no soluciona el problema del olor/sabor.

65 El método establecido para eliminar compuestos orgánicos volátiles tanto de polímeros vírgenes como de polímeros reciclados implica la aireación de los polímeros. Esto se puede conseguir, entre otros, mediante el uso de aire, gases inertes o vapor.

Las variantes de este proceso se conocen desde hace muchos años y se describen, entre otros, en los documentos

EP 0 004 601 A1, EP 0 859 809 A1, EP 0 964 877 A1, EP 1 542 777 A2, EP 3 647 328 A1, EP 2 072 203 A1, US 2015/353703 A1, EP 3 210 733 A1 y WO 2017/036977 A1.

5 Si bien estos métodos pueden ser muy eficaces para eliminar una amplia gama de compuestos volátiles, también pueden consumir mucha energía, lo que puede ser contraproducente cuando se busca un proceso de reciclado que sea lo más respetuoso posible con el medioambiente.

10 Por consiguiente, sigue existiendo la necesidad de métodos adicionales para reducir los compuestos volátiles, olorosos de las composiciones de poliolefinas recicladas.

15 La presente invención se basa en el descubrimiento de que el tratamiento de la poliolefina reciclada con una emulsión (E) que comprende una fase acuosa que tiene un pH en el intervalo de 7,0 a 14,0 y una fase orgánica que comprende al menos 90 % v/v de uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tienen valores de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0, es eficaz para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles hidrófilos y compuestos orgánicos volátiles hidrófobos.

Sumario de la invención

20 La presente invención se refiere a un proceso para tratar una poliolefina reciclada, que comprende, en el orden dado, las etapas de:

- a) proporcionar una poliolefina reciclada que contiene compuestos orgánicos volátiles;
- b) poner en contacto la poliolefina reciclada con una emulsión (E) que comprende:

25 i) una fase acuosa que tiene un pH en el intervalo de 7,0 a 14,0; y
ii) una fase orgánica que comprende al menos un 90 % v/v de uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tienen valores de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0;

30 c) eliminar la fase acuosa y la fase orgánica de la poliolefina reciclada; y
d) opcionalmente, reciclar una, o ambas, de la fase acuosa y la fase orgánica.

En otro aspecto, la invención se refiere a un uso del proceso de la invención para la eliminación al menos parcial de compuestos orgánicos volátiles de una poliolefina reciclada.

35 En otro aspecto, la invención se refiere al uso de una emulsión (E) que comprende:

- i) una fase acuosa que tiene un pH en el intervalo de 7,0 a 14,0; y
- ii) una fase orgánica que comprende al menos un 90 % v/v de uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tienen valores de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0;

40 para la eliminación al menos parcial de compuestos orgánicos volátiles de poliolefinas recicladas.

De acuerdo con la presente invención, la expresión "compuesto orgánico volátil" se refiere a cualquier compuesto orgánico que tiene un punto de ebullición inicial inferior o igual a 250 °C.

Definiciones

50 En el contexto de la presente invención, la expresión "compuesto orgánico volátil" se refiere a cualquier compuesto orgánico que tenga un punto de ebullición inicial menor o igual a 250 °C, que es la definición establecida por la Unión Europea en la Directiva 1999/13/CE relativa a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (VOC) debidas al uso de disolventes.

55 El término "hidrófilo", en la presente invención se entiende que tiene una función de partición entre octanol y agua (logP (octanol/agua)) inferior o igual a 2,0.

El término "hidrófobo", en la presente invención se entiende que tiene una función de partición entre octanol y agua (logP (octanol/agua)) superior a 2,0.

60 El término logP se refiere a la función de partición entre dos disolventes, que, a menos que se especifique lo contrario, se toman como octanol y agua. El logP de un compuesto dado se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\log P_{(\text{octanol/agua})} = \log \left(\frac{[\text{compuesto}]^{\text{octanol}}}{[\text{compuesto}]^{\text{agua}}} \right)$$

en donde los valores [compuesto]^{octanol} y [compuesto]^{agua} denota la concentración del compuesto dado en la fase de

5 octanol o agua, respectivamente, de un sistema bifásico octanol/agua. Si bien el experto en la materia sabría cómo medir esta propiedad de acuerdo con métodos bien conocidos, los valores de muchos compuestos han sido tabulados y se pueden encontrar, entre otros, en "James Sangster, *Octanol-Water Partition Coefficients of simple organic compounds*. J. Phys. Chem. Ref. Data, **1989**, Vol. 18, n.º 3, 1111-1226", lo que significa que el experto en la materia a menudo no tendría que determinar experimentalmente el logP.

10 La expresión "totalmente saturado" significa que el compuesto (compuesto típicamente orgánico) no tiene enlaces dobles o triples, es decir, todos los enlaces presentes en la molécula son enlaces simples (sigma). Los compuestos totalmente saturados pueden ser lineales, ramificados o cíclicos. Los compuestos totalmente saturados suelen ser menos reactivos que los compuestos insaturados, debido a la presencia de menos grupos funcionales reactivos en el compuesto.

15 El experto en la materia será consciente de que son teóricamente posibles valores de pH superiores a 14,0 e inferiores a 0,0; sin embargo, también será consciente de que la determinación de tales valores de pH es increíblemente difícil con las sondas de pH convencionales. Por consiguiente, en el contexto de esta invención, se considera que las soluciones acuosas que tienen un pH eficaz superior a 14,0 tienen un pH de 14,0 y que las soluciones acuosas que tienen un pH eficaz inferior a 0,0 se considera que tienen un pH de 0,0.

20 En el contexto de la presente invención, el término "enjuague" se usa para indicar la adición de un disolvente, normalmente agua, que se usa para eliminar material extraño o líquido remanente de la superficie de la poliolefina. Esto se puede conseguir en tiempos muy cortos, es decir, de menos de 5 minutos, a menudo de menos de 1 minuto, en contraste con las etapas de "lavado" que normalmente requieren un tiempo mayor, y agitación, para extraer los compuestos orgánicos volátiles de la poliolefina.

25 Cuando se usa la expresión "que comprende" en la descripción y las reivindicaciones presentes, esta no excluye otros elementos no especificados de mayor o menor importancia funcional. Para los fines de la presente invención, la expresión "que consiste en" se considera que es una realización preferente de la expresión "que comprende". Si en lo sucesivo en el presente documento un grupo se define por comprender al menos un cierto número de elementos, esto se entiende también como la divulgación de un grupo que preferentemente consiste solo en estos elementos.

30 La unidad % v/v se refiere a la concentración en volumen de un disolvente particular en una mezcla, es decir, el volumen de un componente de la mezcla dividido por el volumen de toda la mezcla.

35 En los casos en los que se usa un artículo indefinido o definido cuando se hace referencia a un sustantivo en singular, por ejemplo, "un", "una", "el" o "la", este incluye un plural de ese sustantivo, a menos que se indique específicamente lo contrario.

Descripción detallada de la invención

40 **Proceso**

El proceso para tratar una poliolefina reciclada de acuerdo con la presente invención, comprende, en el orden dado, las etapas de:

- 45 a) proporcionar una poliolefina reciclada que contiene compuestos orgánicos volátiles;
b) poner en contacto la poliolefina reciclada con una emulsión (E) que comprende:
- 50 i) una fase acuosa que tiene un pH en el intervalo de 7,0 a 14,0; y
ii) una fase orgánica que comprende al menos un 90 % v/v de uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tienen valores de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0;
- c) eliminar la fase acuosa y la fase orgánica de la poliolefina reciclada; y
d) opcionalmente, reciclar una, o ambas, de la fase acuosa y la fase orgánica.

55 La etapa (d) es una etapa opcional, lo que significa que el proceso de acuerdo con la presente invención puede comprender, en el orden dado, las etapas de:

- 60 a) proporcionar una poliolefina reciclada que contiene compuestos orgánicos volátiles;
b) poner en contacto la poliolefina reciclada con una emulsión (E) que comprende:
- i) una fase acuosa que tiene un pH en el intervalo de 7,0 a 14,0; y
ii) una fase orgánica que comprende al menos un 90 % v/v de uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tienen valores de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0; y
- 65 c) eliminar la fase acuosa y la fase orgánica de la poliolefina reciclada.

Como alternativa, el proceso de acuerdo con la presente invención puede comprender, en el orden dado, las etapas de:

- 5 a) proporcionar una poliolefina reciclada que contiene compuestos orgánicos volátiles;
 b) poner en contacto la poliolefina reciclada con una emulsión (E) que comprende:
- 10 i) una fase acuosa que tiene un pH en el intervalo de 7,0 a 14,0; y
 ii) una fase orgánica que comprende al menos un 90 % v/v de uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tienen valores de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0;
- 15 c) eliminar la fase acuosa y la fase orgánica de la poliolefina reciclada; y
 d) reciclar una, o ambas, de la fase acuosa y la fase orgánica.

15 La poliolefina reciclada contiene preferentemente compuestos orgánicos volátiles hidrófilos y compuestos orgánicos volátiles hidrófobos. Estos compuestos proceden normalmente de la contaminación durante el primer uso del polímero, a menudo cuando el polímero se usa como material de envasado, especialmente para alimentos y/o composiciones para el cuidado personal.

20 Se prefiere que la poliolefina reciclada contenga al menos uno de, preferentemente todos de, el grupo de compuestos volátiles hidrófilos que consiste en 2,3 butanodiol, 2-pentanona y benzaldehído.

25 Se prefiere además que la poliolefina reciclada contenga al menos uno de, preferentemente todos de, el grupo de compuestos volátiles hidrófobos que consiste en estireno, 2-etil-1-hexanol, 2-nonanona, D-limoneno, 5-(2-metilpropil)-nonano y 2,6-dimetildecano.

30 Se prefiere particularmente que la poliolefina reciclada contenga al menos uno de, preferentemente todos de, el grupo de compuestos volátiles hidrófilos que consiste en 2,3 butanodiol, 2-pentanona y benzaldehído y al menos uno de, preferentemente todos de, el grupo de compuestos volátiles hidrófobos que consiste en estireno, 2-etil-1-hexanol, 2-nonanona, D-limoneno, 5-(2-metilpropil)-nonano y 2,6-dimetildecano.

La poliolefina reciclada procede preferentemente de residuos post-consumo, residuos post-industriales o una combinación de estos, lo más preferentemente a partir de residuos post-consumo.

35 Los residuos post-consumo se refieren a objetos que han completado al menos un primer ciclo de uso (o ciclo de vida), es decir, que ya han cumplido su primer propósito; mientras que los residuos industriales se refieren a la chatarra de fabricación, que normalmente no llega al consumidor.

La poliolefina reciclada se proporciona preferentemente en forma de escamas o en forma de gránulos.

40 Si bien el proceso de acuerdo con la presente invención es eficaz para eliminar compuestos orgánicos volátiles hidrófobos y compuestos orgánicos volátiles hidrófilos de la poliolefina reciclada en forma de escamas o en forma de gránulos, se prefiere que la poliolefina reciclada se triture antes del tratamiento con la emulsión (E) en la etapa (b). Se ha observado que esto mejora la extracción de los compuestos orgánicos volátiles hidrófobos y los compuestos orgánicos volátiles hidrófilos como resultado de unas mayores áreas superficiales eficaces y también de una facilidad de agitación mejorada, en caso de que se requiera agitación.

50 Se prefiere además que la combinación de la emulsión (E) y la poliolefina reciclada de la etapa (b) se someta a agitación mediante mezcla mecánica, tratamiento de ultrasonido, trituración mecánica o bombeo en bucle. Esta agitación ayuda a exponer la superficie de la poliolefina reciclada a la emulsión (E), evitando que una alta concentración de compuestos orgánicos volátiles extraídos en la interfaz dificulte la extracción adicional.

55 Como entendería el experto en la materia, todas las poliolefinas contienen normalmente fracciones que son solubles en disolventes orgánicos, con muchas poliolefinas caracterizadas por su contenido soluble en hexano o contenido soluble en xileno. Aunque se puede tolerar una pequeña cantidad de disolución de poliolefina, es mejor no disolver demasiado la poliolefina reciclada. Por consiguiente, el experto en la materia entendería que tendría que evitar el uso de cantidades excesivas de disolvente orgánico en la etapa b). Minimizar la cantidad de disolvente orgánico empleado también sería ventajoso desde una perspectiva económica.

60 Preferentemente, la poliolefina reciclada y la emulsión (E) están presentes en la etapa b) en una proporción de peso en el intervalo de 5:95 a 67:33, lo más preferentemente en el intervalo de 5:95 a 45:55.

65 La etapa (c) implica la eliminación de la emulsión (E) de la poliolefina reciclada. Esto puede lograrse a través de un proceso gradual, en donde la fase acuosa se elimina primero, seguido de la eliminación de la fase orgánica, o en donde primero se elimina la fase orgánica, seguido de la eliminación de la fase acuosa, o alternativamente a través de una sola etapa en donde ambas fases se eliminan juntas. Aunque este proceso es relativamente simple de conseguir mediante la decantación y/o la filtración de la mezcla, pueden quedar trazas de la emulsión (E) y/o de la

ES 3 017 136 T3

fase acuosa u orgánica sobre la superficie de la poliolefina reciclada. Estas trazas de emulsión (E) y/o bien de la fase acuosa u orgánica pueden contener compuestos orgánicos volátiles solubilizados, por lo que es ventajoso eliminar todas las trazas de la emulsión (E).

- 5 Esto se puede conseguir mediante el uso de etapas de enjuague, por medio de lo cual cualquier material extraño y/o solución acuosa se enjuagan de la superficie de la poliolefina reciclada.

10 Por consiguiente, se prefiere que el proceso que comprende un etapa adicional (c2) de enjuague de residuos de la emulsión (E) y/o cualquier otro material extraño y/o productos de degradación de estos de la poliolefina reciclada, se lleve a cabo después de la etapa (c).

15 Además de, o como alternativa a, la etapa de enjuague (c2), se prefiere que el proceso que comprende una etapa adicional (c3) de secado de la poliolefina reciclada, se lleve a cabo después de la etapa (c) o, si la etapa (c2) está presente, después de la etapa (c2). Esta etapa de secado elimina cualquier fase acuosa residual, fase orgánica o solución de lavado que pueda estar presente en la superficie de la poliolefina reciclada.

20 El tratamiento de la poliolefina reciclada con la emulsión (E) obtenida en la etapa (b) es una etapa de lavado, a diferencia de un etapa de enjuague tal como se define en el presente documento y, en consecuencia, normalmente dura 5 minutos o más, tal como de 5 minutos a 5 horas.

El tratamiento de la poliolefina reciclada con la emulsión (E) obtenida en la etapa (b) dura preferentemente de 5 minutos a 4 horas, preferentemente de 30 minutos a 3 horas, lo más preferentemente de 1 a 2 horas.

25 Se prefiere además que la etapa (b) se lleve a cabo a una temperatura en el intervalo de 10 a 90 °C, más preferentemente en el intervalo de 20 a 50 °C.

30 La etapa (b) normalmente se lleva a cabo sin elevar o disminuir artificialmente la presión. Por consiguiente, se prefiere que la etapa (b) se lleve a cabo a una presión en el intervalo de 0,5 a 2,0 atm, más preferentemente en el intervalo de 0,8 a 1,5 atm, lo más preferentemente a 1,0 atm.

El proceso, como se describe más arriba y a continuación, da como resultado la eliminación al menos parcial de compuestos orgánicos volátiles de la poliolefina reciclada.

35 Se prefiere particularmente que el contenido de al menos un compuesto orgánico volátil hidrófilo en la poliolefina reciclada obtenida como producto del proceso, medido mediante HS-GC/MS, se haya reducido en al menos un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso, y en donde el contenido de al menos un compuesto orgánico volátil hidrófobo en la poliolefina reciclada obtenida como producto del proceso, medido mediante HS-GC/MS, se haya reducido en al menos un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso.

40 Si bien hay una gran cantidad de compuestos orgánicos volátiles hidrófilos que pueden estar presentes en la poliolefina reciclada, que a menudo difieren de un lote a otro, hay un número que es particularmente útil para determinar el efecto del proceso de la presente invención, debido a la facilidad de detección y ubicuidad en poliolefinas recicladas. En consecuencia, se prefiere que los contenidos individuales de compuestos volátiles hidrófilos se evalúen mediante la detección de 2,3-butanodiol, 2-pentanona y benzaldehído.

45 En consecuencia, se prefiere además que al menos uno de los contenidos individuales, medido mediante HS-GC/MS, de 2,3-butanodiol, 2-pentanona y benzaldehído en la poliolefina reciclada obtenida como producto del proceso se haya reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso.

50 Se prefiere aún más que todos los contenidos individuales, medido mediante HS-GC/MS, de 2,3-butanodiol, 2-pentanona y benzaldehído en la poliolefina reciclada obtenida como producto del proceso se hayan reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso.

55 De manera similar, hay una gran cantidad de compuestos orgánicos volátiles hidrófobos que pueden estar presentes en la poliolefina reciclada, que a menudo difieren de un lote a otro. Análogamente a la situación con compuestos orgánicos volátiles hidrófilos, se prefiere que los contenidos individuales de compuestos volátiles hidrófobos se evalúen mediante la detección de estireno, 2-etil-1-hexanol, 2-nonanona, D-limoneno, 5-(2-metilpropil)-nonano y 2,6-dimetildecano.

60 En consecuencia, se prefiere además que al menos uno de los contenidos individuales, medido mediante HS-GC/MS, de estireno, 2-etil-1-hexanol, 2-nonanona, D-limoneno, 5-(2-metilpropil)-nonano y 2,6-dimetildecano en la poliolefina reciclada obtenida como producto del proceso se haya reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso.

65 Se prefiere aún más que todos los contenidos individuales, medido mediante HS-GC/MS, de estireno, 2-etil-1-hexanol, 2-nonanona, D-limoneno, 5-(2-metilpropil)-nonano y 2,6-dimetildecano se hayan reducido al menos en un 90 % con

respecto al contenido medido antes del proceso.

En una realización particularmente preferida, todos los contenidos individuales, medido mediante HS-GC/MS, de 2,3-butanodiol, 2-pentanona, benzaldehído, estireno, 2-etil-1-hexanol, 2-nonanona, D-limoneno, 5-(2-metilpropil)-nonano y 2,6-dimetildecano se hayan reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso.

Emulsión (E)

La emulsión (E) de la presente invención comprende:

- i) una fase acuosa que tiene un pH en el intervalo de 7,0 a 14,0; y
- ii) una fase orgánica que comprende al menos un 90 % v/v de uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tienen valores de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0.

El experto en la materia sabrá que las emulsiones pueden comprender otras fases, que son inmiscibles con las fases acuosa y orgánica como se ha descrito anteriormente y, de hecho, tales emulsiones complejas no están excluidas de la presente invención. Estas emulsiones complejas pueden tener ventajas en la eliminación de compuestos orgánicos volátiles particularmente especializados; sin embargo, en el contexto de la presente invención, se prefiere que la emulsión (E) consista en la fase acuosa y la fase orgánica como se ha descrito anteriormente, ya que esto da como resultado un proceso operacionalmente simple.

La emulsión (E) de la presente invención puede formarse previamente antes del contacto con la poliolefina reciclada en la etapa (b) o, como alternativa, la fase acuosa y la fase orgánica se pueden agregar por separado a la poliolefina reciclada y la emulsión (E) generada durante la etapa (b).

Las emulsiones de doble fase que comprenden una fase acuosa y una orgánica se clasifican como emulsiones de aceite en agua o de agua en aceite, dependiendo de qué componente forma la fase dispersa y cuál forma la fase continua, lo que generalmente se puede predecir a partir de las cantidades relativas (es decir, la proporción) de las fases.

En el siguiente análisis, los términos "aceite" y "agua" son equivalentes a "fase orgánica" y "fase acuosa" respectivamente.

El contenido relativo de las fases orgánica y acuosa no está particularmente limitado en la presente invención. Se prefiere que la proporción de agua a aceite esté en el intervalo de 1:99 a 99:1, más preferentemente en el intervalo de 5:95 a 99:5.

En una realización, la emulsión (E) de la presente invención es una emulsión de aceite en agua, en donde la proporción entre agua y aceite está en el intervalo de 50:50 a 99:1, más preferentemente en el intervalo de 80:20 a 95:5.

En una realización alternativa, la emulsión (E) de la presente invención es una emulsión de agua en aceite, en donde la proporción entre aceite y agua está en el intervalo de 50:50 a 99:1, más preferentemente en el intervalo de 80:20 a 95:5.

Si bien la proporción precisa entre el agua y el aceite en la emulsión (E) no es fundamental para lograr una eliminación eficaz de los compuestos orgánicos volátiles, hay otras ventajas con ciertas proporciones. En particular, las proporciones de entre 80:20 y 95:5 son útiles si se quiere lograr el reciclaje del componente principal. Por otro lado, la fase orgánica, aunque relativamente barata, es más costosa de emplear que el agua, debido a consideraciones de gestión del flujo de residuos. En consecuencia, la realización en donde la proporción entre agua y aceite está en el intervalo de 80:20 a 95:5 es particularmente preferida desde una perspectiva económica, especialmente si se desea reciclar la fase acuosa. Esta realización es además ventajosa para evitar una disolución excesiva de poliolefinas en la fase orgánica.

El pH de la composición líquida está en el intervalo de 7,0 a 14,0, preferentemente en el intervalo de 7,0 a 11,0, lo más preferentemente en el intervalo de 7,0 a 9,0.

La fase acuosa puede comprender varios aditivos, tales como tensioactivos, para mejorar la eliminación de compuestos orgánicos volátiles o para mejorar la estabilidad de la emulsión; sin embargo, por razones de economía de proceso, se prefiere particularmente que la fase acuosa consista esencialmente en agua.

La fase orgánica de la emulsión (E) no debe ser reactiva a los compuestos orgánicos volátiles extraídos, la fase acuosa y la poliolefina reciclada, además de ser muy estable. Por otro lado, la polaridad debe ser tal que se forme una emulsión con la fase acuosa.

En consecuencia, la fase orgánica debe contener al menos un 90 % v/v de uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tengan valores de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0.

5 Se prefiere que la fase orgánica comprenda al menos un 95 % v/v de uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tengan valores de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0, más preferentemente al menos 98 % v/v, lo más preferentemente, la fase orgánica consiste en uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tienen valores de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0.

10 En una realización particularmente preferida, la fase orgánica comprende al menos un 90 % v/v de, más preferentemente un 95 % v/v de, aún más preferentemente al menos un 98 % v/v de, lo más preferentemente consiste en un único disolvente orgánico totalmente saturado que tiene un valor de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0.

Los disolventes orgánicos totalmente saturados se seleccionan preferentemente del grupo de alcanos y éteres lineales y ramificados (es decir, que contienen solo carbono, hidrógeno y, opcionalmente, oxígeno), más preferentemente del grupo de alcanos lineales y ramificados (es decir, que contienen solo carbono e hidrógeno).

15 Los disolventes orgánicos totalmente saturados deben tener valores de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0, más preferentemente en el intervalo de 2,0 a 8,0, lo más preferentemente en el intervalo de 3,0 a 6,0.

Uso

20 La presente invención se refiere también a un uso del proceso descrito anteriormente, así como el uso de la emulsión (E) como se ha descrito anteriormente. Todas las características preferibles y las realizaciones preferidas se aplican por igual al uso del proceso y al uso de la emulsión (E), como al propio proceso.

25 En una realización, la presente invención se refiere al uso del proceso descrito anteriormente para la eliminación al menos parcial de compuestos orgánicos volátiles de una poliolefina reciclada.

En otra realización, la presente invención se refiere al uso de una emulsión (E), que comprende:

- 30 a) una fase acuosa que tiene un pH en el intervalo de 7,0 a 14,0; y
b) una fase orgánica que comprende al menos un 90 % v/v de uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tienen valores de log P en el intervalo de 1,0 a 10,0,

para la eliminación al menos parcial de compuestos orgánicos volátiles de poliolefinas recicladas.

35 En ambos usos, se prefiere que el contenido de al menos un compuesto orgánico volátil hidrófilo en la poliolefina reciclada obtenida como producto del proceso, medido mediante HS-GC/MS, se haya reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso o uso de la emulsión (E), y en donde el contenido de al menos un compuesto orgánico volátil hidrófobo en la poliolefina reciclada obtenida como producto del proceso, medido mediante HS-GC/MS, se haya reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso o uso de la emulsión (E).

45 Se prefiere además que al menos uno de los contenidos individuales, medido mediante HS-GC/MS, de 2,3-butanodiol, 2-pentanona y benzaldehído en la poliolefina reciclada obtenida como producto del proceso se haya reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso o uso de la emulsión (E).

Se prefiere aún más que todos los contenidos individuales, medido mediante HS-GC/MS, de 2,3-butanodiol, 2-pentanona y benzaldehído en la poliolefina reciclada obtenida como producto del proceso se hayan reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso o uso de la emulsión (E).

50 Se prefiere además que al menos uno de los contenidos individuales, medido mediante HS-GC/MS, de estireno, 2-etil-1-hexanol, 2-nonanona, D-limoneno, 5-(2-metilpropil)-nonano y 2,6-dimetildecano en la poliolefina reciclada obtenida como producto del proceso se haya reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso o uso de la emulsión (E).

55 Se prefiere aún más que todos los contenidos individuales, medido mediante HS-GC/MS, de estireno, 2-etil-1-hexanol, 2-nonanona, D-limoneno, 5-(2-metilpropil)-nonano y 2,6-dimetildecano se hayan reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso o uso de la emulsión (E).

60 En una realización particularmente preferida, todos los contenidos individuales, medido mediante HS-GC/MS, de 2,3-butanodiol, 2-pentanona, benzaldehído, estireno, 2-etil-1-hexanol, 2-nonanona, D-limoneno, 5-(2-metilpropil)-nonano y 2,6-dimetildecano se hayan reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso o uso de la emulsión (E).

Ejemplos

65

1. Definiciones/Métodos de determinación:

Determinación del contenido de compuestos orgánicos volátiles mediante HS-GC/MS**Análisis de espacio de cabeza estático para la determinación de sustancias marcadoras**

5 Los parámetros del método de cromatografía de gases de espacio de cabeza acoplada a espectrometría de masas (HS/GC/MS) aplicado se describen en el presente documento.

10 Para la medición de un patrón de benceno, se inyectaron 5 µl de una solución patrón que contenía 100 µg/ml de benceno en metanol en un vial HS de 20 ml y se cerró herméticamente con un tapón de PTFE. Cada secuencia de ensayo de HS-GC/MS de las mediciones de la muestra incluía el análisis de dicho patrón de benceno. La señal de benceno de la secuencia correspondiente se usó para el cálculo del área normalizada relativa tal como se describe más adelante.

15 Las muestras también se analizaron mediante HS-GC/MS con el fin de determinar posibles sustancias marcadoras odorantes y peligrosas. Por tanto, se pesaron muestras de $2,000 \pm 0,100$ g en un vial HS de 20 ml y se sellaron herméticamente con un tapón de PTFE. Para cada experimento de lavado se realizó una doble determinación de la muestra respectiva.

20 Los parámetros del espacio de cabeza aplicados para los análisis de los patrones y las muestras diferían en el tiempo de equilibrio del vial y la temperatura del horno HS. Aparte de eso, los parámetros del método se mantuvieron iguales para los procesamientos de los patrones y las muestras. El espectrómetro de masas se hizo funcionar en modo de barrido y se registró un cromatograma de iones totales (TIC) para cada análisis. Las sustancias detectadas se identificaron provisionalmente mediante desconvolución y una coincidencia mínima de 800 cuando el acierto se comparó posteriormente con una biblioteca de espectros de masas. A continuación se proporciona información más detallada sobre los parámetros del método y el software de evaluación de los datos:

- Parámetro HS (muestreador de espacio de cabeza Shimadzu AOC 5000)

Tiempo de equilibrio del vial:	120 min
Temperatura del horno:	100 °C
Temperatura de la jeringa:	110 °C

30

- Parámetro GC (Shimadzu GC-MS-QP2010)

Columna:	DB-FATWAX UI UST 446421H (30 m x 250 µm x 0,25 µm)
Gas portador:	Helio 5.0
Caudal:	1,3 ml/min
División:	5:1
Programa del horno GC:	35 °C durante 2 min 10 °C/min hasta 250 °C 250 °C durante 5 min

- Parámetro MS (MSD XL inerte Agilent 5975C)

35

Modo de adquisición:	Barrido
Parámetros de barrido:	
Baja masa:	27
Alta masa:	200
Umbral:	10

- Software/Evaluación de datos

40 MSD ChemStation E.02.02.1431
Adquisición MassHunter GC/MS B.07.05.2479
Análisis AMDIS GC/MS versión 2.71
Biblioteca de espectros de masas del NIST (versión 2011)
Microsoft Excel 2016

45 Evaluación de datos

50 Se evaluó el patrón de benceno con los mismos parámetros que los procesamientos de las muestras. Por tanto, se generaron cromatogramas de iones extraídos (EIC) de los patrones de benceno y de las muestras medidas. Las áreas de pico requeridas para la evaluación de datos adicional se obtuvieron integrando el pico de la sustancia correspondiente del EIC. Los parámetros de integración aplicados y los iones específicos de la sustancia (relación m/z) de todas las sustancias marcadoras se enumeran en las tablas 1 y 2.

Tabla 1: Tiempos de retención e iones específicos de la sustancia de sustancias marcadoras seleccionadas.

Sustancia	Tiempo de retención/min	Ion específico de la sustancia del EIC correspondiente (m/z)
Acetaldehído	1,7	44
Benceno ¹	3,9	78
2-Pentanona	4,3	86
2,6-Dimetil decano	5,1	170
Tolueno	5,3	91
Etilbenceno	6,6	106
1-Butanol	7,2	74
o-Xileno	7,5	106
D-limoneno	7,6	136
5-(2-Metilpropil)-nonano	8,2	184
Estireno	8,6	104
2-Nonanona	10,5	142
2-Etil-1-hexanol	11,9	130
2,3-Butanodiol	13,1	90
Benzaldehído	12,5	106
Acetofenona	14,2	105

¹Relevante tanto para patrones como para muestras.

5 En general, no es posible excluir la posibilidad de superposición de picos en algunas regiones de la lectura de HS-GC/MS, sin embargo, no se ha observado que esto tenga una influencia significativa en los valores obtenidos en los datos presentados en la presente solicitud.

Tabla 2: Parámetros de integración para la determinación de las áreas de los picos.

Evento de integración	Valor
Rechazo por área inicial	1000
Anchura de pico inicial	0,005
Detección de hombro	DESACTIVADA
Umbral inicial	10,5

10 Las áreas de los picos de iones específicos de la sustancia ($\overline{\text{Área}}(EIC)_X$) se normalizaron por el área del pico de iones extraídos de benceno ($\overline{\text{Área}}(EIC)_{\text{Benceno}}$) y la cantidad de muestra para obtener el área normalizada ($\overline{\text{Área}}.norm._X$, véase ecuación 1).

15
$$\overline{\text{Área}}.norm._X = \frac{\overline{\text{Área}}(EIC)_X}{\overline{\text{Área}}(EIC)_{\text{Benceno}} * \text{cantidad de la muestra [g]}}$$
 Ecuación 1

Para cada experimento de lavado, el área media normalizada ($\overline{\overline{\text{Área}}.norm._X}$) de los dos análisis individuales ($\overline{\text{Área}}.norm._{X1}$, $\overline{\text{Área}}.norm._{X2}$) se calculó utilizando la función de Excel PROMEDIO (véase ecuación 2).

20
$$\overline{\overline{\text{Área}}.norm._X} = \text{PROMEDIO}(\overline{\text{Área}}.norm._{X1} : \overline{\text{Área}}.norm._{X2})$$
 Ecuación 2

25 Para obtener el área normalizada relativa ($\overline{\text{Área}}.norm._rel._X$), el área media normalizada de la sustancia respectiva ($\overline{\overline{\text{Área}}.norm._X}$) se dividió por el área media normalizada de la muestra de referencia ($\overline{\text{Área}}.norm._R$) como se indica en la ecuación 3.

30
$$\overline{\text{Área}}.norm._rel._X = \frac{\overline{\overline{\text{Área}}.norm._X}}{\overline{\text{Área}}.norm._R}$$
 Ecuación 3

30 Para la evaluación de los datos se deben distinguir tres casos diferentes.

- 1) El pico de los iones específicos de la sustancia se pudo evaluar en ambas series de análisis de la doble determinación. El área normalizada relativa se obtuvo aplicando las ecuaciones 1, 2 y 3 tal como se describe a continuación.
- 35 2) El pico de los iones específicos de la sustancia se pudo evaluar solo en una serie de análisis de la doble determinación. En consecuencia, el área normalizada media ($\overline{\overline{\text{Área}}.norm._X}$) es igual al área normalizada ($\overline{\text{Área}}.norm._X$). Por lo tanto, el área normalizada relativa así obtenida ($\overline{\text{Área}}.norm._rel._X$) estaba marcada con un asterisco ("**") en la tabla de resultados.

3) El pico de los iones específicos de la sustancia no se pudo evaluar en ninguna de las dos series de análisis de la doble determinación. Por tanto, el cálculo del área relativa normalizada (*Área.norm.rel._x*) no era aplicable ("na") lo cual se indicó en la tabla de resultados.

5 Para estimar la desviación de los dos análisis individuales de un experimento de lavado correspondiente, se calculó la desviación estándar relativa (*DER_x*) (solo aplicable al caso 1). Por tanto, la desviación estándar de las dos áreas normalizadas (*Área.norm._{x1}*, *Área.norm._{x2}*) se determinó utilizando la función de Excel STDEV.S. Para calcular *DER_x* la desviación estándar (STDEV.S) se dividió por el área media normalizada (*Área.norm._x*, véase ecuación 4).

$$10 \quad DER_x = \frac{STDEV.S(\overline{Área.norm.x_1}, \overline{Área.norm.x_2})}{\overline{Área.norm.x}}$$

Ecuación 4

15 Para referir la desviación estándar al *Área.norm.rel._x*, la *DER_x* se multiplicó por el *Área.norm.rel._x* como se describe en la ecuación 5.

$$DER\ rel._x = DER_x * \overline{Área.norm.rel.x}$$

Ecuación 5

20

2. Resultados experimentales:

En los siguientes experimentos, los materiales usados eran los siguientes:

25 Poliolefina reciclada:

La poliolefina reciclada empleada en los siguientes experimentos se obtuvo de mtm plastics GmbH, Niedergebra, Alemania, y es una mezcla de polímeros sin lavar y preseleccionada utilizada por mtm plastics GmbH en la preparación de Dipolen S. En consecuencia, la composición de la poliolefina reciclada en cuanto al contenido de polietileno y polipropileno es idéntico al de Dipolen S; sin embargo, es probable que el contenido de contaminantes de molécula pequeña sea diferente.

30 Dipolen S es una mezcla de polímeros reciclados que comprende polietileno y polipropileno obtenidos de mtm plastics GmbH, Niedergebra, Alemania y tiene un contenido de polietileno del 40 % en peso determinado mediante análisis de DSC. Los puntos de fusión determinados por DSC fueron 162 °C (PP) y 128 °C (PE).

En los siguientes experimentos, la poliolefina reciclada se obtuvo en forma de escamas; después se efectuó una criomolienda antes de los experimentos siguientes para permitir llevar a cabo los experimentos a una escala más pequeña de lo que sería el caso del proceso industrial.

40

El cálculo de la "eficiencia de lavado" se realizó de acuerdo a la siguiente ecuación

$$eficacia\ de\ lavado = \frac{(conc.\ compuesto\ antes\ de\ lavar) - conc.\ compuesto\ después\ de\ lavar}{(conc.\ compuesto\ antes\ de\ lavar)}$$

45 en donde las concentraciones del compuesto se midieron usando HS-GC/MS y se expresaron en %.

Procedimiento experimental:

Ejemplo inventivo 1:

50

Se añadieron 90 ml de agua y 10 ml de heptano a un vaso de precipitados de 250 ml equipado con una barra de agitación magnética y la sonda de ultrasonido superior (UP400S de Hielscher Ultrasonics GmbH con un sonotrodo de 40 mm de diámetro; 400 W, 24 kHz) se insertó en el líquido a aproximadamente el 75 % de la altura del volumen del líquido. Se encendieron el agitador magnético y el dispositivo de ultrasonido y después de 2 minutos se añadieron a la emulsión 10 g del polvo de polímero criomolido, seguido de agitación y sonicación de la suspensión durante 1 hora.

55

A continuación, la mezcla de disolventes de lavado se eliminó por filtración y el polvo de polímero se enjuagó dos veces con agua. Cada uno de estas etapas de enjuague se realizó poniendo en contacto el polvo de polímero durante 30 segundos con 100 ml de agua desmineralizada, seguido de la eliminación del agua por filtración. El polvo de polímero se secó a continuación en un horno de vacío a 70 °C durante 1 hora.

60

Ejemplo inventivo 2:

ES 3 017 136 T3

Como en el Ejemplo 1, excepto que se utilizaron 50 ml de agua y 50 ml de heptano como mezcla de disolventes de lavado en lugar de 90 ml de agua y 10 ml de heptano.

Ejemplo inventivo 3:

5 Como en el Ejemplo 1, excepto que se utilizaron 10 ml de agua y 90 ml de heptano como mezcla de lavado en lugar de 90 ml de agua y 10 ml de heptano.

Ejemplo inventivo 4:

10 Como en el Ejemplo 1, excepto que se utilizó un dispositivo Ultraturax (Homogeneizador IKA T-18 Ultra Turrax) en lugar de la sonda de ultrasonido superior.

Ejemplo inventivo 5:

15 Como en el Ejemplo 4, excepto que se utilizó un baño de enfriamiento para mantener la temperatura durante el lavado con la emulsión de agua-heptano a aproximadamente 20 °C.

Ejemplo Comparativo 1:

20 Se añadieron 100 ml de agua como disolvente de lavado a un vaso de precipitados de 250 ml equipado con una barra de agitación magnética y una sonda de ultrasonido superior (UP400S de Hielscher Ultrasonics GmbH con un sonotrodo de 40 mm de diámetro; 400 W, 24 kHz) se insertó en el líquido a aproximadamente el 75 % de la altura del volumen del líquido. A continuación, se añadieron 10 g de polvo de polímero criomolido y la suspensión agitada se sonicó durante 1 hora. A continuación, la fase líquida se eliminó por filtración y el polvo de polímero se enjuagó dos veces con agua. Cada una de estas etapas de enjuague consistió en poner en contacto el polvo de polímero durante 30 segundos con 100 ml de agua desmineralizada, seguido de la eliminación del agua por filtración. El polvo de polímero se secó a continuación en un horno de vacío a 70 °C durante 1 hora.

Ejemplo Comparativo 2:

30 Como Ejemplo comparativo 1, excepto que se utilizaron 100 ml de heptano como disolvente de lavado en lugar de 100 ml de agua.

35 **Tabla 3. Lipofilicidad y volatilidad de los compuestos orgánicos volátiles probados**

Contaminante	log P _{Octanol/agua} *	p.e.
2,3-Butanodiol	-0,92 ¹	177 °C
2-Pentanona	0,84 ²	102 °C
1-Butanol	0,84 ²	118 °C
Benzaldehído	1,48 ²	178 °C
Estireno	3,05 ²	145 °C
2-Etil-1-hexanol	2,73 ³	185 °C
2-Nonanona	3,16 ²	195 °C
D-limoneno	4,57 ⁴	176 °C
5-(2-Metilpropil)-nonano	5,03 ⁵	211 °C
2,6-Dimetil decano	6,09 ⁶	200 °C

*Los valores de logP de los compuestos orgánicos volátiles probados no se determinaron experimentalmente, pero son valores generalmente aceptados en la bibliografía, que se pueden encontrar, entre otros, en:

¹ National Center for Biotechnology Information (2020). Resumen de compuestos de PubChem para CID 262, 2,3-butanodiol. Recuperado el 13 de noviembre de 2020 de https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2_3-Butanediol.

² James Sangster, *Octanol-Water Partition Coefficients of simple organic compounds*. J. Phys. Chem. Ref. Data, 1989, Vol. 18, n.º 3, 1111-1226

³ National Center for Biotechnology Information (2020). Resumen de compuestos de PubChem para CID 7720, 2-etilhexanol. Recuperado el 13 de noviembre de 2020 de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-Ethylhexanol>

⁴ National Center for Biotechnology Information (2020). Resumen de compuestos de PubChem para CID 22311, Limoneno. Recuperado el 13 de noviembre de 2020 de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Limonene>

⁵ https://www.chemsrc.com/en/cas/62185-53-9_216142.html

⁶ https://www.chemsrc.com/en/cas/13150-81-7_122290.html

Tabla 4. Eficacia de lavado de los lavados con agua, heptano y diversas emulsiones en términos de reducción de contaminantes (basado en el contenido de contaminantes antes del tratamiento).

	agua	heptano	Agua/ heptano 90:10	Agua/ heptano 50:50	Agua/ heptano 10:90	Agua/ heptano 90:10 (UT)*	Agua/ heptano 90:10 (UT/hielo)**
2,3-Butanodiol	100	98	100	100	100	100	100
2-Pentanona	78	92	96	99	99	99	98
Benzaldehído	100	97	100	100	100	100	97
Estireno	48	96	98	99	98	98	98
2-Etil-1-hexanol	49	92	95	98	99	96	94
2-Nonanona	62	100	100	100	100	100	100
D-limoneno	42	100	100	99	100	99	97
5-(2-Metilpropil)-nonano	8	89	95	98	98	96	100
2,6-Dimetil decano	30	100	96	100	99	98	98
Promedio hidrófilo	93	96	99	100	100	100	98
Promedio hidrófobo	40	96	97	99	99	98	98
*lavado realizado en máquina Ultraturax a 65 °C **lavado realizado en máquina Ultraturax enfriada con hielo, a aprox. 20 °C							

- 5 Como se puede observar en la Tabla 4, la eficiencia de lavado de las emulsiones, sean emulsiones de agua en aceite o de aceite en agua, son superiores al uso de agua o heptano individualmente. Los lavados acuosos (es decir, con agua sola) normalmente tienen una menor eficacia para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles hidrófilos y los lavados con heptano normalmente no son totalmente eficaces para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles hidrófilos.
- 10 De particular importancia es la eficacia de la emulsión agua/heptano 90:10, que permite el uso de pequeñas cantidades de heptano y el fácil reciclaje de la fase acuosa, lo que se suma a los beneficios económicos del proceso.
- 15 Se puede observar una mejora menor adicional cuando se ha utilizado Ultraturax, lo que refleja la importancia de la formación de la emulsión y las fuerzas de cizalladura. Los resultados del Ultraturax enfriado con hielo muestran que son estas características, en lugar de la temperatura, lo que es la fuente de las mejoras.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para tratar una poliolefina reciclada, que comprende, en el orden dado, las etapas de:
- 5 a) proporcionar una poliolefina reciclada que contiene compuestos orgánicos volátiles;
b) poner en contacto la poliolefina reciclada con una emulsión (E) que comprende:
- 10 i) una fase acuosa que tiene un pH en el intervalo de 7,0 a 14,0; y
ii) una fase orgánica que comprende al menos un 90 % v/v de uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tienen valores de logP en el intervalo de 1,0 a 10,0;
- c) eliminar la fase acuosa y la fase orgánica de la poliolefina reciclada; y
d) opcionalmente reciclar una, o ambas, de la fase acuosa y la fase orgánica,
- 15 en donde la expresión "compuesto orgánico volátil" se refiere a cualquier compuesto orgánico que tiene un punto de ebullición inicial inferior o igual a 250 °C.
2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la poliolefina reciclada en la etapa (a) está en forma de escamas o en forma de gránulos, preferentemente en donde la poliolefina reciclada en forma de escamas o en forma de gránulos se tritura antes de la etapa (b).
- 20 3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde la etapa (b) se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 10 a 90 °C.
- 25 4. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa (b) se lleva a cabo durante un periodo de tiempo en el intervalo de 5 minutos a 5 horas.
5. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la emulsión (E) es una emulsión de aceite en agua, en donde la proporción entre agua y aceite está en el intervalo de 50:50 a 99:1, más preferentemente en el intervalo de 80:20 a 95:5.
- 30 6. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la emulsión (E) es una emulsión de agua en aceite, en donde la proporción entre aceite y agua está en el intervalo de 50:50 a 99:1, más preferentemente en el intervalo de 80:20 a 95:5.
- 35 7. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados se seleccionan del grupo de alcanos y éteres lineales y ramificados, más preferentemente el grupo de alcanos lineales y ramificados.
- 40 8. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la combinación de poliolefina reciclada y emulsión (E) obtenida en la etapa (b) se somete a agitación mediante mezclado mecánico, tratamiento de ultrasonido, trituración mecánica o bombeo en bucle.
- 45 9. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el proceso comprende un etapa adicional (c2) de enjuague de residuos de la emulsión (E) y/o cualquier otro material extraño y/o productos de degradación de estos de la poliolefina reciclada, que se lleva a cabo después de la etapa (c); y/o en donde el proceso comprende una etapa adicional (c3) de secado de la poliolefina reciclada, que se lleva a cabo después de la etapa (c) o la etapa (c2), si está presente.
- 50 10. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la fase acuosa eliminada en la etapa (c) se recicla.
11. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la poliolefina reciclada procede de residuos post-consumo, residuos post-industriales o una combinación de estos, preferentemente de residuos post-consumo.
- 55 12. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el contenido de al menos un compuesto orgánico volátil hidrófilo en la poliolefina reciclada obtenida como producto del proceso, medido mediante HS-GC/MS, se ha reducido en al menos un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso, preferentemente en donde al menos uno de, lo más preferentemente todos, los contenidos individuales de 2,3 butanodiol, 2-pentanona y benzaldehído se han reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso, y en donde el contenido de al menos un compuesto orgánico volátil hidrófobo en la poliolefina reciclada obtenida como producto del proceso, medido mediante HS-GC/MS, se ha reducido en al menos un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso, preferentemente en donde al menos uno de, lo más preferentemente todos, los contenidos individuales de estireno, 2-etil-1-hexanol, 2-nonanona, D-limoneno, 5-(2-metilpropil)-nonano y 2,6-dimetildecano se han reducido al menos en un 90 % con respecto al contenido medido antes del proceso.
- 60
65

13. Uso del proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, para la eliminación al menos parcial de compuestos orgánicos volátiles de una poliolefina reciclada, en donde la expresión "compuesto orgánico volátil" se refiere a cualquier compuesto orgánico que tiene un punto de ebullición inicial inferior o igual a 250 °C.
- 5
14. Uso de una emulsión (E) que comprende:
- 10
- a) una fase acuosa que tiene un pH en el intervalo de 7,0 a 14,0; y
 - b) una fase orgánica que comprende al menos un 90 % v/v de uno o más disolventes orgánicos totalmente saturados que tienen valores de log P en el intervalo de 1,0 a 10,0, para la eliminación al menos parcial de compuestos orgánicos volátiles de poliolefinas recicladas, en donde la expresión "compuesto orgánico volátil" se refiere a cualquier compuesto orgánico que tiene un punto de ebullición inicial inferior o igual a 250 °C.