

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 348**

51 Int. Cl.:

C02F 1/52 (2013.01)

C02F 1/56 (2013.01)

C02F 1/24 (2013.01)

C02F 103/06 (2006.01)

C02F 103/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2021** **E 21159712 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2023** **EP 4049980**

54 Título: **Separación de microplásticos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.05.2024

73 Titular/es:

VISCOFAN DE GMBH (100.0%)
Badeniastrasse 13
69469 Weinheim, DE

72 Inventor/es:

SESSLER, BERTHOLD;
GRIGORIEV, DMITRY y
MENGER, HANS-JÖRG

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 970 348 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

Separación de microplásticos

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de la separación de microplásticos, en particular, a un método de tratamiento de líquidos hidrófilos tales como el agua corriente, aguas residuales, aguas subterráneas, agua superficial, agua salobre o agua de mar para la retirada de microplásticos, y al uso de colágeno para separar microplásticos de líquidos hidrófilos.

Antecedentes de la invención

Los microplásticos por lo general se definen como fragmentos de plástico, gránulos y películas fibrosas con un diámetro inferior a 5 mm. Se ha demostrado que abundan en aguas y sedimentos marinos, e incluso existe una gran cantidad de microplásticos en ecosistemas tales como ríos, lagos y esteros. Debido a que los microplásticos están ampliamente distribuidos en el mundo, en gran cantidad, son bastante tóxicos y portadores de contaminantes, pueden afectar a los seres humanos a través de la cadena alimentaria, lo que ha atraído la atención de la comunidad científica y se ha convertido en un punto de encuentro de investigadores.

Actualmente se conocen diversos dispositivos técnicos para la limpieza de aguas residuales, así como métodos para retirar sólidos gruesos y/o métodos para acelerar procesos de descomposición química. Los métodos de tratamiento para la limpieza de aguas residuales por lo general comprenden las siguientes tres fases de separación, ya sea por separado o en combinación en cualquier orden adecuado:

1. Una etapa de tratamiento mecánico;
2. una etapa de tratamiento biológico; y
3. una etapa de tratamiento químico.

Además, cabe destacar que los microplásticos, así como los aditivos químicos, plaguicidas, productos farmacéuticos y productos de degradación y/o productos de transformación que pueden estar presentes en los microplásticos y/o en su superficie, llegan a las aguas residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales a través de diversas vías de entrada y transporte. Los estudios actuales confirman que las concentraciones de diversos microcontaminantes han aumentado constantemente en los últimos años y que los procesos de última generación mencionados anteriormente alcanzan sus limitaciones en la purificación del agua.

Por ejemplo, el documento DE 199 05 633 C1 describe un método para inyectar aire en un líquido que se ha de clarificar para realizar una limpieza aeróbica.

El documento DE 3 884 956 T2 describe un agitador que se usa para mezclar uniformemente floculantes en aguas residuales.

El documento EP 3 395 766 A1 describe la purificación de fluidos acuosos mediante clarificación y adsorción sobre carbón activado en polvo usando un lecho fluido hecho de una suspensión mixta de hidróxido metálico y carbón activado en polvo. Se desvelan métodos adicionales para eliminar microplásticos del agua en los documentos CN 111 547 935 A, CN 111 777 078 A y CN 108 177 273 A.

Sumario de la invención

Basándose en este estado de la técnica, un objeto de la presente invención es proporcionar un proceso de tratamiento no tóxico para la purificación de líquidos hidrófilos, especialmente de agua corriente, aguas residuales, aguas subterráneas, agua superficial, agua salobre o agua de mar, proceso de tratamiento que retira microplásticos y/o nanoplásticos de dichos líquidos hidrófilos con una tasa de recuperación elevada.

Con el fin de lograr el objeto anterior, la presente invención proporciona un método de tratamiento, que comprende una etapa de añadir un material de colágeno o un derivado del mismo a un líquido hidrófilo que contiene materiales microplásticos y/o nanoplásticos, líquido hidrófilo que está presente en un recipiente de manera que dichos materiales microplásticos y/o nanoplásticos presentes en dicho líquido hidrófilo, se adsorban y/o se unan físicamente sobre/al material de colágeno o el derivado del mismo, y separar dichos materiales microplásticos y/o nanoplásticos adsorbidos y/o unidos físicamente del líquido hidrófilo.

Además, la presente invención proporciona el uso de un material de colágeno o un derivado del mismo en la separación de microplásticos de un líquido hidrófilo, tal como el agua corriente, aguas residuales, aguas subterráneas, agua superficial, agua salobre o agua de mar.

Descripción detallada de la invención

De acuerdo con un primer aspecto, la presente invención proporciona un método de tratamiento, que comprende una etapa de añadir un material de colágeno o un derivado del mismo a un líquido hidrófilo que contiene materiales microplásticos y/o nanoplásticos, líquido hidrófilo que está presente en un recipiente de manera que dichos materiales microplásticos y/o nanoplásticos presentes en dicho líquido hidrófilo, se adsorban y/o se unan físicamente sobre/al material de colágeno o el derivado del mismo, y separar dichos materiales microplásticos y/o nanoplásticos adsorbidos y/o unidos físicamente del líquido hidrófilo.

El líquido hidrófilo que comprende microplásticos y/o nanoplásticos y que debe purificarse se selecciona por lo general del grupo que consiste en agua corriente, aguas residuales, aguas subterráneas, agua superficial, agua salobre o agua de mar.

Cuando se limpian líquidos hidrófilos tales como aguas residuales, aguas subterráneas, agua de mar o agua corriente, por lo general, los siguientes procesos pueden realizarse por separado o en combinación en cualquier orden adecuado:

1. Una etapa de tratamiento mecánico;
2. una etapa de tratamiento biológico; y
3. una etapa de tratamiento químico.

Por lo tanto, por ejemplo, el tratamiento de aguas residuales con frecuencia incluye un tratamiento mecánico primario, un tratamiento secundario biológico y un tratamiento terciario químico.

En la etapa de tratamiento primario, normalmente los materiales de partículas grandes y las arenas se retiran mediante cribado o usando arena y/o un clarificador primario.

Sin embargo, en algunos casos, la etapa de tratamiento primario de separación de partículas mediante una etapa de tratamiento mecánico también puede incluir una separación de microplásticos. En dicho caso, las partículas de microplástico pueden separarse de un líquido hidrófilo tal como agua residual, mediante el uso de una membrana, un tamiz o un sistema de vacío en el que los microplásticos que tienen un tamaño de partícula máximo específico quedan retenidos en el medio de separación utilizado. Aunque el tamaño de poro de la membrana utilizada puede variar en intervalos amplios, el tamaño de poro en dichos casos está generalmente en un intervalo de 10 µm a 5 mm. Si se usa un tamiz, el tamaño de malla utilizado por lo general está en el intervalo de 38 µm a 4,75 mm. Si el tamaño de malla del tamiz supera los 5 mm, el tamaño de los trozos de plástico recogidos estará fuera del intervalo de tamaño de los microplásticos.

Un tratamiento secundario, que también se denomina tratamiento biológico, por lo general emplea microorganismos para degradar los contaminantes presentes en el líquido hidrófilo, por ejemplo, aguas residuales.

El agua tratada obtenida de dicho tratamiento secundario puede experimentar además un tercer tratamiento tal como coagulación, sedimentación, filtración y desinfección cuando el objetivo del efluente sea la reutilización o el reciclaje. De lo contrario, opcionalmente, el efluente del tratamiento secundario puede ser desinfectado y después vertido al entorno.

En una realización preferida, el método de tratamiento de acuerdo con la primera realización de la presente invención se realiza además de una etapa de tratamiento mecánico y/o biológico y/o químico, preferentemente después de dicha etapa de tratamiento mecánico y/o biológico y/o químico.

Para los fines de la presente invención, los términos y expresiones "microplásticos", "nanoplásticos", "partículas de microplástico" o "partículas de nanoplástico" deben entenderse como partículas de plástico que comprenden o consisten en un (co)polímero o una combinación de los mismos, en particular una mezcla (combinación), de polímeros y/o copolímeros.

De acuerdo con la presente invención, todas las partículas de plástico que tienen un diámetro promedio (determinado por medio de ESEM (Microscopio electrónico de barrido ambiental, por sus siglas en inglés)) de 100 nm a 5 mm, en particular de 1 µm a 5 mm, preferentemente de 10 µm a 1 mm, más preferentemente de 10 µm a 400 µm, especialmente de 20 µm a 100 µm, se consideran "microplásticos" o "partículas de microplástico". Las partículas que tienen un diámetro promedio de 1 a 100 nm se consideran "nanoplásticos" o "partículas de nanoplástico" (nanoesferas, nanocables, nanotubos y nanoplaquetas).

Los (co)polímeros presentes en dichos microplásticos y/o nanoplásticos pueden seleccionarse del grupo que consiste en polietileno (PE), tal como polietileno de densidad ultrabaja (ULDPE), polietileno de densidad baja (LDPE) y polietileno de densidad alta (HDPE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), policloruro de vinilo (PVC), poliuretano (PU), poliamida (PA), policarbonato (PC), politetrafluoroetileno (PTFE), polioximetileno (PMO), copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), tereftalato de polietileno (PET), polimetacrilato de metilo (PMMA), poliacrilonitrilo (PAN), copolímeros de al menos dos de dichos polímeros y combinaciones, en particular mezclas (combinaciones), de al

menos dos de los polímeros mencionados anteriormente, más preferentemente, en particular, polietileno (PE) tal como polietileno de densidad baja (LDPE) y/o polietileno de densidad alta (HDPE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y/o tereftalato de polietileno (PET).

En algunas realizaciones, las partículas de microplástico pueden tener un diámetro promedio (determinado mediante ESEM (Microscopio electrónico de barrido ambiental)) de más de 1 mm a 5 mm (las denominadas partículas de microplástico grandes) y/o un diámetro promedio (determinado mediante de ESEM (Microscopio electrónico de barrido ambiental)) de 100 nm a 1 mm (las denominadas partículas de microplástico pequeñas). Especialmente, los microplásticos que tienen un diámetro promedio inferior a 20 µm y los nanoplasticos que tienen un diámetro promedio de 1 a 100 nm normalmente no pueden retirarse en plantas de tratamiento de aguas residuales comerciales.

En realizaciones preferidas del método de tratamiento de acuerdo con la presente invención, el colágeno o un derivado del mismo que ha de usarse, se selecciona del grupo que consiste en colágeno, una fracción de colágeno, un hidrolizado de colágeno, gelatina o un hidrolizado de gelatina, más preferentemente del grupo que consiste en un hidrolizado de colágeno o un hidrolizado de gelatina, incluso más preferentemente se usa un hidrolizado de colágeno como el colágeno o un derivado del mismo.

Como bien saben los expertos en la materia, el colágeno nativo, que no es soluble en agua, puede tratarse calentando o mezclando con una base o un ácido débil, preferentemente un ácido orgánico o inorgánico débil que en agua tiene un pH de 2 a 4.

Si el colágeno nativo se calienta o se trata con una base o un ácido débil, los enlaces entre las cadenas α de colágeno se escinden para obtener gelatina. Al someter adicionalmente la gelatina a una degradación enzimática, se produce un hidrolizado de colágeno.

Por ejemplo, puede tratarse piel de cerdo cortada en trozos pequeños con un ácido inorgánico u orgánico tal como ácido clorhídrico o ácido acético en agua a un pH de 2 a 4 para producir gelatina. Dicha gelatina puede tratarse adicionalmente con una enzima proteolítica tal como pepsina, tripsina o quimotripsina, por ejemplo, en una cantidad del 0,5 al 2,5 % en peso con respecto al peso de la gelatina a una temperatura de 30 a 40 °C durante 0,5 a 10 horas para producir un hidrolizado de colágeno. En una realización preferida de acuerdo con la presente invención, se usa un hidrolizado de colágeno que tiene un peso molecular de 500 a 5000 Da, preferentemente de 1000 a 3000 Da (por ejemplo, si se determina a través de análisis por MALDI-TOF).

Además, en realizaciones preferidas, dicho colágeno o derivado del mismo se añade al líquido hidrófilo en forma de una solución o dispersión acuosa por lo general en una concentración del 0,01 al 8,0 % en peso, preferentemente del 0,05 al 5,0 % en peso, más preferentemente del 0,1 al 2,0 % en peso, especialmente del 0,5 al 1,0% en peso, basándose en el 100% en peso del líquido hidrófilo que se ha de tratar.

De acuerdo con la presente invención, se descubrió que un material de colágeno o un derivado del mismo tiene una elevada capacidad de adsorción y/o capacidad de unión para microplásticos y/o nanoplasticos, especialmente microplásticos y/o nanoplasticos con una superficie hidrófoba, en particular, polietileno (PE) tal como polietileno de densidad baja (LDPE) y/o polietileno de densidad alta (HDPE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y tereftalato de polietileno (PET).

Por lo tanto, en el método de tratamiento de acuerdo con la presente invención, los materiales microplásticos y/o nanoplasticos se adsorben y/o se unen físicamente sobre/al material de colágeno o al derivado del mismo. Por motivos termodinámicos, las partículas de microplástico y/o nanoplastico adsorbidas y/o unidas físicamente se acumulan entonces en un límite del líquido hidrófilo y las burbujas de aire, preferentemente sobre la superficie del líquido hidrófilo para formar una capa de espuma dentro/sobre una capa superior del líquido hidrófilo debido a una fuerza de flotación que actúa sobre las burbujas de aire. En una realización preferida, la separación de la espuma del líquido hidrófilo puede mejorarse mediante el uso de un proceso de flotación, debido a que el material de colágeno o un derivado del mismo utilizado de acuerdo con la presente invención muestra una buena tasa de recuperación de flotación para microplásticos y/o nanoplasticos, especialmente microplásticos y/o nanoplasticos que tienen una superficie hidrófoba.

Dicha espuma puede descargarse eficientemente del líquido hidrófilo que se ha de purificar para mejorar en gran medida la calidad del líquido hidrófilo tal como aguas residuales.

De acuerdo con un método preferido, el colágeno o un derivado del mismo se mezcla, preferentemente se agita, mediante el uso de medios de mezcla en el líquido hidrófilo que se ha de tratar durante un tiempo suficiente para adsorber y/o unir físicamente partículas de microplástico y/o nanoplastico al/sobre el material de colágeno o un derivado del mismo.

Las partículas de microplástico y/o nanoplastico formadas adsorbidas y/o unidas físicamente flotan por lo general en forma de una espuma en el recipiente en la fase superior del líquido hidrófilo que se ha de tratar.

En una realización preferida adicional, la adición del material de colágeno o un derivado del mismo se realiza en una

primera etapa, seguida de permitir que los componentes se mezclen durante un período de tiempo determinado (= un tiempo de residencia). El material de colágeno o un derivado del mismo se adsorberá y/o se unirá físicamente a las partículas de microplástico y/o nanoplástico presentes en el líquido hidrófilo para formar una capa de espuma dentro/sobre una capa superior del líquido hidrófilo. Los tiempos de residencia ventajosos en suspensión son de entre 10 segundos y 10 minutos, de manera especialmente preferida entre 20 segundos y 5 minutos.

Preferentemente se usan tambores giratorios, mezcladores de flujo o mezcladores agitadores como medios de mezcla para mezclar uniformemente los componentes en el recipiente.

Se han conseguido buenos resultados cuando se usan mezcladores agitadores porque las partículas de microplástico y/o nanoplástico adsorbidas y/o unidas físicamente se pueden retirar fácilmente como una fase superior.

Preferentemente, cuando se mezcla, preferentemente agitando, el colágeno o un derivado del mismo en el líquido hidrófilo que se ha de tratar, se hace burbujear o se sopla un gas portador tal como aire, nitrógeno, oxígeno o dióxido de carbono en el líquido hidrófilo que se ha de tratar (aireación).

Si en el método de tratamiento de acuerdo con la presente invención se realiza una combinación de agitación y aireación, las partículas de microplástico y/o nanoplástico que se han de separar por lo general flotan más rápido y se adsorben y/o se unen físicamente de manera más fiable al material de colágeno.

En una realización preferida, la velocidad del gas cuando se introduce el gas portador en el líquido hidrófilo está en un intervalo de 1 a 100 Nm³/h por 1 m² de superficie del líquido hidrófilo en el recipiente, preferentemente en un intervalo de 10 a 80 Nm³/h por 1 m² de superficie del líquido hidrófilo en el recipiente, más preferentemente de 20 a 50 Nm³/h por 1 m² de superficie del líquido hidrófilo en el recipiente utilizado.

En algunas realizaciones, se introduce un gas portador en cantidades de alimentación de 0 - 10 l/min, preferentemente 4 - 8 l/min. En realizaciones preferidas, pueden generarse burbujas con un diámetro de 0,1 a 10 mm o incluso hasta 5 cm introduciendo gas portador en el líquido hidrófilo que se ha de tratar. Por lo tanto, por ejemplo, pueden generarse burbujas que tienen un diámetro de 0,1 a 20 mm, preferentemente de 0,5 a 10 mm, más preferentemente de 0,8 a 4 mm o incluso hasta 5 cm introduciendo gas portador en el líquido hidrófilo que se ha de tratar. En otras realizaciones preferidas, se pueden generar microburbujas que tienen un diámetro de entre 20 y 100 µm, preferentemente entre 40 y 70 µm introduciendo gas portador en el líquido hidrófilo que se ha de tratar, debido a que se ha demostrado que las microburbujas que tienen un diámetro de este tipo mejoran la adsorción y/o la unión física de partículas de microplástico y/o nanoplástico por el colágeno o un derivado del mismo.

En una realización, el método de tratamiento de acuerdo con la presente invención es un proceso de elutriación o un proceso de flotación por espuma.

La elutriación es un proceso en el que las partículas se separan de acuerdo con su tamaño, forma y densidad mediante el uso de una corriente de gas o líquido que fluye en dirección opuesta a la dirección de sedimentación. Con el fin de separar microplásticos y/o nanoplásticos de los sedimentos, se dirige un flujo ascendente de agua a través de una columna que comprende un líquido hidrófilo y un material de colágeno o un derivado del mismo, induciendo de este modo la fluidificación del sedimento y transportando partículas de microplástico y/o nanoplástico a la fase superior del líquido hidrófilo.

La flotación por espuma es un proceso que separa selectivamente materiales basándose en si repelen el agua (hidrófobos) o tienen afinidad por el agua (hidrófilos). De acuerdo con la presente invención, un proceso de flotación por espuma no sólo depende de la densidad del material que se ha de separar, sino que también depende de la naturaleza hidrófoba de dicho material.

La separación por lo general tiene lugar en un recipiente (célula de flotación), donde se juntan agua y partículas de microplástico y/o nanoplástico, y después se inyecta un gas portador de forma continua dando lugar a la formación de burbujas de aire. Además, se pueden añadir reactivos químicos específicos tales como agentes espumantes a la composición en el recipiente para promover una formación selectiva de agregados entre partículas de microplástico y/o nanoplástico, un material de colágeno o un derivado del mismo y burbujas de aire. Después de la colisión, los agregados de partículas de microplástico y/o nanoplástico y un material de colágeno o un derivado del mismo se adhieren a las burbujas de aire, moviéndose hacia arriba a la parte superior de la celda de flotación donde se recuperan como un producto de espuma flotante. Las partículas hidrófilas por lo general se depositan en la mezcla y se convierten en un producto que no flota.

Con el fin de realizar eficazmente un proceso de flotación por espuma, es importante tener en cuenta varios parámetros, tales como la energía libre superficial de los microplásticos y/o nanoplásticos y la tensión superficial del líquido en el baño de flotación, así como la tensión superficial crítica, que define la tensión superficial a la que el líquido moja completamente los microplásticos y/o nanoplásticos sólidos. Con el fin de separar selectivamente microplásticos y/o nanoplásticos hidrófobos del líquido hidrófilo, las partículas de microplástico y/o nanoplástico sólo deben ser humedecidas parcialmente por el líquido en el baño de flotación, permitiendo de este modo que el material de colágeno

o un derivado del mismo se adhiera a la superficie de las partículas de microplástico y/o nanoplastico y lleve los microplásticos y/o nanoplasticos a la superficie de la fase líquida que se ha de recoger.

En algunas realizaciones de la presente invención, cuando los microplásticos y/o nanoplasticos se retiran mediante el uso de un proceso de flotación por espuma, se puede añadir un agente espumante al líquido hidrófilo junto con un material de colágeno o un derivado del mismo con el fin de mejorar la tasa de recuperación de flotación de microplásticos y/o nanoplasticos. Especialmente, los presentes inventores descubrieron que cuando se usa aceite de pino, un xilenol, un polietilenglicol y/o metil isobutil carbinol, más preferentemente aceite de pino y/o metil isobutil carbinol, como agente espumante, se puede mejorar la tasa de recuperación por flotación de microplásticos y/o nanoplasticos tales como el PVC, mientras que cuando se añade metil isobutil carbinol se puede mejorar la tasa de recuperación por flotación de microplásticos tales como el PET.

En una realización preferida, dicho proceso de flotación por espuma puede realizarse de manera continua, en donde un líquido hidrófilo, colágeno o un derivado del mismo y preferentemente un flujo de gas portador se introduce de forma continua en un recipiente. Además, se prefiere que el recipiente se mezcle de forma continua usando un medio de mezcla.

En algunas realizaciones de un método de flotación por espuma continua de acuerdo con la presente invención, se realiza en dos o más recipientes en serie para mejorar el grado de retirada de los microplásticos y/o nanoplasticos del líquido hidrófilo que se ha de tratar.

Cuando se realiza un método de flotación por espuma continuo, dicho método por lo general comprende las siguientes etapas:

- (i) Colocar un líquido hidrófilo que comprende partículas de microplástico y/o nanoplastico en un recipiente;
- (ii) Añadir un material de colágeno o un derivado del mismo como agente de flotación,
- (iii) Mezclar los componentes en el recipiente opcionalmente en presencia de un flujo de gas portador introducido en el líquido hidrófilo; y
- (iv) Descargar la espuma recogida en la fase superior del recipiente.

De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención proporciona el uso de un material de colágeno o un derivado del mismo en la separación de microplásticos y/o nanoplasticos de un líquido hidrófilo, tal como el agua corriente, aguas residuales, aguas subterráneas, agua superficial, agua salobre o agua de mar.

En una realización preferida del segundo aspecto, dicho material de colágeno o un derivado del mismo que tiene un tamaño de partícula de 100 a 1500 μm se usa en la separación de microplásticos y/o nanoplasticos de un líquido hidrófilo.

La presente invención se describirá con más detalle usando varios ejemplos de realizaciones, pero sin limitar el alcance de la invención.

Ejemplo 1

A. Se disolvieron 20 g de hidrolizado de colágeno que tenía un peso molecular en un intervalo de 1000 a 3000 Da en 200 ml de una solución tampón acuosa diluida con un valor de pH de 5,2 (basado en agua purificada) con agitación continua a temperatura ambiente y 300 rpm durante 3 horas.

B. Se dispersaron 20 g de micropartículas de plástico hechas de tereftalato de polietileno (PET) que tenían una distribución de tamaño de 0,1 a 100 μm (corte de tamaño superior: 300 μm) en 200 ml de agua purificada por medio de un agitador de laboratorio a 240 rpm durante la noche.

C. La solución obtenida en la etapa A y la dispersión preparada en la etapa B se mezclaron antes del inicio del experimento de flotación y la mezcla resultante se agitó de forma continua en el agitador magnético durante todo el tiempo del experimento.

Se cargaron 85 ml de la mezcla preparada en la etapa C en una columna de vidrio que tenía una altura de 600 mm y un diámetro interior de 30 mm equipada en su fondo con una placa de vidrio poroso que tenía una distribución de tamaño de poro de 10 a 16 μm . La columna tenía una escala con una precisión milimétrica en su lado exterior. Después de verter la mezcla en la columna, se hizo pasar un flujo de nitrógeno gaseoso con un caudal volumétrico de 1260 $\text{cm}^3/\text{minuto}$ y una presión de 310 hPa (310 mbar) a través de una placa de vidrio porosa. El flujo de gas a través de la placa porosa provocó la formación de burbujas en el lado de la placa de vidrio que orientada hacia la mezcla líquida presente en la columna. Estas burbujas, creciendo y desprendiéndose debido a un aumento de la fuerza de flotación, flotaron hacia arriba y formaron una capa de espuma creciente en la superficie de la fase líquida en la columna. Durante el paso a través de la mayor parte de la fase líquida, las burbujas recogieron las micropartículas de PET dispersas en la fase líquida y las llevaron a la capa de espuma para que se separaran de la fase líquida. Cuando el nivel de la capa de espuma alcanzó una altura cercana a la altura de la columna de vidrio, por ejemplo, cuando la

altura de la capa de espuma creció hasta un nivel de aproximadamente 570 a 580 mm, se recogió mediante una bomba de vacío en un recipiente colector colocado entre la bomba y un capilar colector. Este procedimiento de flotación por espuma de micropartículas de PET se repitió varias veces y el tiempo necesario para cada ciclo dependió del nivel de espuma final en la columna y del nivel dentro de la columna que se pudo alcanzar con el capilar, pero por lo general no duró más que unas pocas decenas de segundos. El experimento de flotación se detuvo después de 5 minutos y 30 segundos.

Las micropartículas de PET recogidas mediante flotación por espuma como se ha descrito anteriormente se filtraron después con un filtro de papel adecuado y se lavaron varias veces para retirar el colágeno adherido a las mismas. La cantidad de micropartículas de PET separadas se determinó gravimétricamente usando una balanza analítica. De acuerdo con la cantidad total de espuma recogida mediante la bomba de vacío, se determinó la concentración final de las micropartículas de PET recogidas en el experimento de flotación por espuma. La concentración obtenida fue del 3,4 % en peso. Cuando se comparó esta concentración con la concentración inicial de las micropartículas de PET en la mezcla preparada en la etapa C, la cantidad de micropartículas de PET retiradas de la mezcla líquida inicial mediante flotación por espuma usando el hidrolizado de colágeno como agente de flotación, fue superior al 75 %.

Ejemplo 2

De la misma manera que se describe en el Ejemplo 1, se preparó una mezcla líquida de la solución descrita en el Ejemplo 1A y la dispersión descrita en el Ejemplo 1B, excepto por que la dispersión producida no contenía micropartículas de PET, sino micropartículas hechas de poli(estireno-co-divinilbenceno) (PS) que tenían una distribución de tamaño de 0,1 a 100 μm .

Las condiciones del experimento de flotación por espuma fueron las mismas que las descritas en el Ejemplo 1, excepto por que el experimento de flotación se detuvo después de 5 minutos y 20 segundos. Como resultado, la concentración final de las micropartículas de PS recogidas durante el experimento de flotación por espuma fue del 3,0 % en peso (tasa de recuperación: superior al 66 %).

REIVINDICACIONES

1. Un método de tratamiento de un líquido hidrófilo que comprende microplásticos y/o nanoplásticos, en donde dicho método comprende las etapas de añadir un material de colágeno o un derivado del mismo al líquido hidrófilo que comprende materiales microplásticos y/o nanoplásticos, líquido hidrófilo que está presente en un recipiente para adsorber y/o unir físicamente dichos materiales microplásticos y/o nanoplásticos presentes en dicho líquido hidrófilo, y separar dichos materiales microplásticos y/o nanoplásticos adsorbidos y/o unidos físicamente del líquido hidrófilo.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el líquido hidrófilo se selecciona del grupo que consiste en agua corriente, aguas residuales, aguas subterráneas, agua superficial, agua salobre o agua de mar.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el líquido hidrófilo que comprende microplásticos y/o nanoplásticos ya se ha sometido a una etapa de tratamiento mecánico y/o biológico y/o químico.
4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el colágeno o derivado del mismo que se ha de usar, se selecciona del grupo que consiste en colágeno, una fracción de colágeno, un hidrolizado de colágeno, gelatina o un hidrolizado de gelatina.
5. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde se usa un hidrolizado de colágeno que tiene un peso molecular de 500 a 5.000 Da como el colágeno o derivado que se ha de usar.
6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde se usa un hidrolizado de colágeno que tiene un peso molecular de 1.000 a 3.000 Da como el colágeno o derivado que se ha de usar.
7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que se hace burbujear o se sopla un gas portador, preferentemente aire, nitrógeno, oxígeno o dióxido de carbono, en el líquido hidrófilo que se ha de tratar.
8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el gas portador se introduce en el líquido hidrófilo a una velocidad del gas en un intervalo de 1 a 100 Nm³/h por 1 m² de superficie del líquido hidrófilo en el recipiente.
9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el gas portador se introduce en el líquido hidrófilo a una velocidad del gas en un intervalo de 20 a 50 Nm³/h por 1 m² de superficie del líquido hidrófilo en el recipiente.
10. Uso de un material de colágeno o un derivado del mismo en la separación de microplásticos y/o nanoplásticos de un líquido hidrófilo que comprende microplásticos.
11. Uso de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el líquido hidrófilo se selecciona del grupo que consiste en agua corriente, aguas residuales, aguas subterráneas, agua superficial, agua salobre o agua de mar.
12. Uso de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en donde dicho material de colágeno o un derivado del mismo tiene un tamaño de partícula en un intervalo de 100 a 1500 µm.
13. Uso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en donde se usa un hidrolizado de colágeno que tiene un peso molecular de 500 a 5.000 Da como el colágeno o derivado que se ha de usar.
14. Uso de acuerdo con la reivindicación 13, en donde se usa un hidrolizado de colágeno que tiene un peso molecular de 1.000 a 3.000 Da como el colágeno o derivado que se ha de usar.