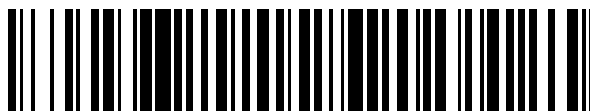


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 272**

51 Int. Cl.:

A62D 3/11 (2007.01)

A62D 3/176 (2007.01)

A62D 3/38 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2010** **E 10757846 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2013** **EP 2459282**

54 Título: **Eliminación de colorantes orgánicos y contaminantes orgánicos mediante gel de peróxido de titanio**

30 Prioridad:

31.07.2009 IN DE15772009

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

06.11.2013

73 Titular/es:

**COUNCIL OF SCIENTIFIC & INDUSTRIAL
RESEARCH (100.0%)**

**Anusandhan Bhawan, 2 Rafi Marg
New Delhi 110 001, IN**

72 Inventor/es:

**DONGARE, MOHAN, KERBA y
UMBARKAR, SHUBHANGI, BHALCHANDRA**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 428 272 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 colorantes orgánicos y contaminantes orgánicos mediante gel de peróxido de titanio.

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la eliminación de colorante orgánico y contaminantes orgánicos de disolución usando gel de peróxido de titanio. La presente invención también se refiere a un procedimiento para la regeneración de gel de peróxido de titanio que se puede reutilizar por el procedimiento de eliminación.

Antecedentes y técnica anterior

- 10 Se considera que las industrias textiles y de los colorantes son dos de las industrias más contaminantes. Mientras la concentración de componentes coloreados o componentes que contribuyen al color en el efluente puede ser muy pequeña y puede no ser siempre tóxica, son una causa para aprehensión pública sustancial debido al color intenso e inaceptable de los efluentes. Se han probado métodos físicos, químicos, biológicos y fisicoquímicos para tratar estos cromóforos con diversas ventajas y desventajas. Parece que ahora la propuesta ha cambiado desde su tratamiento a su eliminación. Los factores que se tienen que considerar con respecto a la eliminación por métodos físicos,
- 15 químicos, biológicos y fisicoquímicos incluyen coste, eficacia, color, necesidad de grandes áreas de espacio, facilidad de uso, generación de lodo concentrado, gran cantidad de sólidos disueltos planteando problemas para su recirculación o su eliminación segura en el medio ambiente entre otros.

- 20 La investigación de nuevos fotocatalizadores usando materiales semiconductores (por ej., dióxido de titanio) ha conducido consecuentemente a fines científicos y comerciales. En particular, se han usado fotocatalizadores de dióxido de titanio como medio para eliminar contaminantes que causan problemas medioambientales importantes.

Un artículo titulado "Sol-gel synthesis of Au/TiO₂ thin films for photo catalytic degradación of fenol in sunlight" en Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 243 (2.006) 68-76 por R. S. Sonawana, M. K. Dongare desvela la preparación de películas delgadas de Au/TiO₂ usadas en descomposición fotocatalítica de materia orgánica y capaces de reutilizarse repetidamente.

- 25 La degradación fotocatalítica de diversos tipos de colorantes tales como Alizarina S, Naranja de Croceína G, Rojo de Metilo, Rojo Congo, Azul de Metileno y otros contaminantes orgánicos en agua por titania irradiada por UV, se desvela en el artículo titulado "Photocatalytic degradation of various types of dyes in water by UV-irradiated titania" por Hinda Lachheb, Eric Puzenat, Ammar Houas en Applied Catalysis B: Environmental Volumen 39, Edición 1, 8 de noviembre de 2.002, Páginas 75-90.

- 30 El artículo titulado "Tailored titanium dioxide photocatalysts for the degradation of organic dyes in wastewater treatment". Una revisión por Fang Han, Venkata Subba et al en applied Catalysis A: General Volumen 359, Ediciones 1-2, 15 de mayo de 2.009, Páginas 25-40; desvela la descomposición fotocatalítica de contaminantes orgánicos y colorantes orgánicos de efluentes de aguas residuales industriales que implican TiO₂ o TiO₂ modificado.

- 35 El artículo titulado "Preparation of titanium (IV) oxide thin film photo catalyst by sol-gel dip coating" en Materials Chemistry and Physics 77 (2.002) 744-750 por R. S. Sonawane, S. G. Hegde, M. K. Dongare, desvela películas de TiO₂ que se usaron para descomposición fotocatalítica de ácido salicílico y azul de metileno.

- 40 El artículo en International Journal of Photoenergy Volumen 2.009, Artículo ID 962783, 8 páginas doi:10.1155/2009/962783 titulado "Nanosized TiO₂ photocatalyst powder via sol-gel method: effect of hydrolysis degree on powder properties" por Nor Hafizah y Iis Sopyan desvela la síntesis de polvo de TiO₂ de nanodimensión por el método sol-gel usando tetraisopropóxido de titanio (TPT, por sus siglas en inglés) como el precursor en metanol para degradación de fenol y otros contaminantes orgánicos.

- 45 Un artículo titulado "Photocatalytic degradation of an azo dye in a tubular continuous-flow photoreactor with immobilized TiO₂ on glass plates" por Behnajady M. A. et al en Chemical engineering journal ISSN 1.385-8.947, 2.007, vol. 127, n°3, págs. 167-176 desvela la degradación fotocatalítica de Rojo Ácido C. I. 27 (AR27), un colorante monoazoico aniónico de clase ácida en disoluciones acuosas en un fotorreactor de flujo continuo tubular con TiO₂ inmovilizado en placas de vidrio. Se observó que la eficacia de la eliminación aumenta a medida que aumenta la intensidad de la luz pero disminuye cuando aumenta el caudal. La corriente de salida final del fotorreactor mostró mineralización completa del colorante.

- 50 Una desventaja asociada al uso de dióxido de titanio como un fotocatalizador es que se requiere luz de longitudes de onda cortas en la región ultravioleta (UV). También, TiO₂ absorbe sólo 3-5% de energía del espectro solar. Por estas razones, hay una continua necesidad de modificar dióxido de titanio puro para desarrollar materiales fotocatalíticos capaces de poseer actividad fotocatalítica incluso bajo luz visible.

Además, la modificación molecular conseguida en los procedimientos de la técnica anterior son complejos y dependen de la concentración de monómero, proporción de condensación bimolecular y funcionalidad que depende

de la proporción de hidrólisis. Por otra parte, se usa TiO_2 como películas delgadas o en polvo de gel polimérico. La actividad fotocatalítica se observa que es baja debido a baja porosidad y bajo área.

5 También, las películas de TiO_2 para descomposición fotocatalítica de materia orgánica experimentan desventajas de eficacia y versatilidad. La película delgada comprende 100% de TiO_2 , donde como el gel de la invención se ha preparado con sal de Ti en concentración extremadamente baja. Además, la película de Ti está limitada en su capacidad para tratar una variedad de colorantes como contra el gel de la invención como se ejemplifica en la presente memoria.

Por lo tanto, aún queda una necesidad en la técnica de proporcionar un procedimiento simple para la eliminación de cromóforos.

10 También, el procedimiento debería ser de manera que el efluente tratado parezca incoloro después de eliminación de cromóforo. Preferiblemente, el lodo generado a partir del procedimiento debería ser fácilmente degradable sin procedimientos de elaboración adicionales que requieren recursos de tiempo y energía. Además, sería definitivamente ventajoso si el procedimiento de la invención para retirar cromóforos retira simultáneamente otros contaminantes tales como fenol, metanol, formalina, hexamina y similares de los efluentes, puesto que su
15 eliminación es también una tarea interesante para satisfacer las regulaciones medioambientales.

Objetivos de la invención

El principal objeto de la invención es desarrollar un procedimiento para la eliminación de colorante orgánico y contaminantes orgánicos de disolución usando gel de peróxido de titanio.

20 El otro objeto de la invención es desarrollar un procedimiento económico, eficaz, para la separación de colorantes orgánicos y contaminantes orgánicos usando polímero sin gel de peróxido de titanio modificado.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento según el cual el gel de peróxido de titanio usado para la separación de contaminantes medioambientales se pueda regenerar y reutilizar.

Sumario de la invención

25 De acuerdo con esto, la presente invención proporciona un procedimiento para la eliminación de colorante orgánico y contaminantes orgánicos de disolución usando gel de peróxido de titanio, en el que la disolución de cromóforos, colorantes o contaminantes orgánicos se mezcla con gel de peróxido de titanio a temperatura ambiente y se deja reposar durante un periodo de 5 a 25 minutos para obtener una disolución casi incolora, clara.

30 En un aspecto, el Gel de peróxido de titanio con viscosidad alta y potencial zeta alto se dopa opcionalmente con metales u óxidos de metal. El gel de peróxido de titanio de la presente invención está exento de polímero. La sal de titanio en el gel está en el intervalo de 0,001-0,005% en peso. Los metales se dopan en el intervalo de 0,1-4% en peso y el tamaño de partícula de los metales dopados es menor que 10 nm.

35 En otro aspecto, se puede recuperar gel de peróxido de titanio por degradación de cromóforo/colorante/contaminantes orgánicos por procedimientos seleccionados de, pero no limitados a, exposición a luz de fuente natural o artificial, tratamiento físico, tratamiento químico, tratamiento con agentes oxidantes como hipocloritos o blanqueantes comerciales y similares.

En otro aspecto del procedimiento de la presente invención, el gel se pone en una columna y la disolución de colorante se hace pasar por ella para recoger disolución clara aguas abajo.

40 En una realización de la presente invención, un procedimiento de una etapa para la eliminación de colorante orgánico y/o contaminantes orgánicos de disolución usando gel de peróxido de titanio, comprendiendo dicho procedimiento:

a) añadir gel de peróxido de titanio a la disolución en una relación que oscila entre 1: 5 y 1:20 volumen/volumen de disolución de gel/colorante;

b) agitar la mezcla a medida que se obtiene en la etapa (a) vigorosamente a temperatura que oscila entre 25-35°C;

45 c) dejar reposar la mezcla como se obtiene en la etapa (b) durante 5 a 25 minutos para obtener colorante o contaminante orgánico adsorbido en gel de peróxido de titanio y sobrenadante incoloro, claro seguido por filtración de la mezcla para obtener colorante o contaminante orgánico adsorbido en gel de peróxido de titanio;

d) transferir colorante o contaminante orgánico adsorbido en gel de peróxido de titanio como se obtiene en la etapa (c) en un vaso de precipitados que contiene agua;

50 e) degradar colorante o contaminante orgánico adsorbido del colorante o contaminante orgánico adsorbido en gel de peróxido de titanio para recuperar el gel de peróxido de titanio que se puede reciclar y reutilizar.

En otra realización de la presente invención, en la que la disolución comprende colorante orgánico y / o contaminantes orgánicos y un disolvente seleccionado del grupo que consiste en: agua, acetona, disolventes clorados y alcoholes.

5 En otra realización de la presente invención, en la que el gel de peróxido de titanio usado en la etapa (a) tiene un potencial zeta en el intervalo de -54 a -25 mV y viscosidad en el intervalo de 12-15 Pa.s (12.000 -15.000 cps).

En otra realización de la presente invención, en la que el gel de peróxido de titanio usado en la etapa (a) se dopa opcionalmente con metales nobles y de transición seleccionados del grupo que consiste en Au, Ag, níquel, cobre, hierro, molibdeno, vanadio, tungsteno y platino en el intervalo de 0,1-4% en peso.

10 En otra realización de la presente invención, en la que un colorante orgánico o un contaminante orgánico usado es seleccionado del grupo de: azul de metileno, naranja de metilo, violeta de metilo, verde de malaquita, Rodamina B, azul de bromofenol, disolución parabase, disolución de magenta, tinta, disolución de formaldehído, agua residual de hexamina sintética, fenol.

15 En otra realización de la presente invención, en la que el gel de peróxido de titanio usado en la etapa (a) se pone opcionalmente en una columna y se deja que la disolución de colorante pase por ella para obtener sobrenadante incoloro, claro.

En otra realización de la presente invención, en la que la concentración del colorante orgánico y contaminantes orgánicos se elimina hasta 95-100%.

20 En otra realización de la presente invención, en la que dicha degradación de colorante orgánico y contaminante orgánico de colorante o contaminante orgánico adsorbido en gel de peróxido de titanio en la etapa (f) se hace por exposición a luz solar con o sin un oxidante.

En otra realización de la presente invención, en la que el oxidante usado es seleccionado del grupo que consiste en peróxido de hidrógeno e hipoclorito de sodio.

Descripción detallada de la invención

25 "Gel de peróxido de titanio" de la invención se define para el fin de este documento como "The solution of titanium salts which after condensation / polymerization forms a viscous jelly like structure with higher zeta potential."

"Colorante orgánico" de la invención incluye el componente que contribuye a su color, los cromóforos.

30 La presente invención se refiere a un procedimiento en el que se usan geles de peróxido de titanio opcionalmente modificados/dopados con viscosidad alta y potencial zeta alto para la eliminación de cromóforo/colorante/contaminantes orgánicos de los efluentes acuosos industriales por adsorción en estos geles. El gel que no es soluble en disolución acuosa, puede ser recuperado y se puede reutilizar varias veces.

La presente invención se refiere a un procedimiento en un recipiente para eliminación de cromóforo/colorante/contaminante orgánico por etapas que comprende:

35 a) mezclar, opcionalmente dopado, gel de peróxido de titanio exento de polímero con la disolución de cromóforo/colorante/contaminante orgánico y dejar la mezcla reposar durante 5 a 25 minutos según lo cual el cromóforo/colorante/contaminante orgánico se adsorbe sobre el gel;

b) separar el gel-cromóforo, gel-colorante o gel-contaminante, adsorbido, para obtener sobrenadante incoloro, claro y

c) degradar el gel-cromóforo, gel-colorante o gel-contaminante, separado, para recuperar el gel que se puede reciclar y reutilizar.

40 Alternativamente, el procedimiento para la separación de colorante orgánico o el contaminante comprende eluir la disolución de cromóforo/colorante/contaminante orgánico por una columna de vidrio que consiste en opcionalmente gel de peróxido de titanio exento de polímero dopado a una velocidad de 5 ml/min para obtener una disolución incolora, clara. El gel de peróxido de titanio usado en el procedimiento puede ser recuperado por degradación del cromóforo/colorante/contaminante orgánico.

45 La etapa (a) y etapa (b) del procedimiento de la presente invención comprenden mezclar una disolución de cromóforo/colorante/contaminante orgánico y gel de peróxido de titanio opcionalmente dopado con agitación vigorosa y dejar reposar durante 5 a 25 minutos; según lo cual el cromóforo/colorante/contaminante orgánico se adsorbe sobre el gel. En la sedimentación, se separa el gel-cromóforo/colorante/contaminante orgánico adsorbido para obtener sobrenadante incoloro, claro. Se mide el contenido en contaminantes en el sobrenadante midiendo su absorción óptica a 665.612.290 y longitud de onda de 245 nm usando espectrofotómetro UV-VIS.

50 El gel-cromóforo/colorante/contaminante orgánico se separa de la disolución tratada por procedimientos

seleccionados de filtración, decantación y similares.

La concentración del cromóforo en la disolución es de concentración 10^{-3} a 10^{-6} molar, que llega a ser casi cero después de tratamiento con el gel de peróxido de titanio de la presente invención.

5 El procedimiento de la presente invención, la etapa (c) comprende regeneración del gel para reciclado y reutilización. De acuerdo con esto, el gel de peróxido de titanio que contiene contaminantes adsorbidos obtenido después de filtración se lava con agua seguido por degradación de los contaminantes. La degradación se puede conseguir por procedimientos seleccionados de, pero no limitados a, exposición a luz de fuente natural o artificial, tratamiento físico, tratamiento químico, tratamiento con agentes oxidantes tales como hipoclorito o blanqueantes comerciales y similares.

10 El gel regenerado se puede reciclar y reutilizar después sin mucho cambio en su eficacia para la eliminación del cromóforo/colorante/contaminante orgánico como se discutió en la etapa (a).

Además, el gel de peróxido de titanio usado en el procedimiento de la presente invención se puede sintetizar a partir de alcóxido de titanio y peróxido de hidrógeno como precursores. De acuerdo con esto, se hidroliza butóxido de titanio usando agua desionizada para formar hidróxido de titanio precipitado seguido por adición de peróxido de hidrógeno para producir sol de peróxido de titanio coloreado amarillo que en dilución adicional proporciona peróxido de titanio de viscosidad muy baja de 4×10^{-3} - 5×10^{-3} Pa.s (4-5 cp). Con mantenimiento durante aproximadamente 48 horas se obtiene gel de peróxido de titanio exento de polímero con viscosidad alta en el intervalo de 12-16 Pa.s (12.000-16.000 cps) y potencial zeta alto en el intervalo de -54 a -25 mV. La concentración de sal de titanio en el gel está en el intervalo de 0,001-0,005% en peso.

20 Los cromóforos de la presente invención se seleccionan de, pero no se limitan a, efluentes industriales, cromóforos orgánicos, compuestos coloreados, colorantes, colorantes azoicos y similares. Los colorantes se seleccionan del grupo de: azul de metileno, naranja de metilo, violeta básico, parabase, azul de bromofenol y tinta natural. Los contaminantes orgánicos se seleccionan de, pero no se limitan a, hexamina, agua residual, metanol y fenol.

25 Los disolventes usados para formar una disolución de colorante se seleccionan de, pero no se limitan a, agua, acetona, disolventes clorados, alcoholes y similares.

Los complejos de radicales de titanio (IV) tienen fuertes bandas de absorción en la región de 300-500 nm y por lo tanto inducen procedimiento fotocatalítico que acelera la degradación de los cromóforos y los contaminantes orgánicos adsorbidos sobre el gel.

30 En la presente invención, la actividad fotocatalítica del peróxido se puede mejorar además dopando metales u óxidos de metal en el gel. Los metales se seleccionan de metales nobles tales como Au, Ag, Ni, Cu, Pt, etc. Metales tales como hierro, molibdeno, vanadio, tungsteno como tales o en forma de sal también se usan como agente dopante. El tamaño de partícula de los metales dopados es menor que 10 nm. Los metales se dopan en el intervalo de 0,1-4% en peso.

35 En la presente invención, el dopado con metales u óxidos de metal como se describió anteriormente reduce la energía del hueco de la banda para permitir que el fotocatalizador presente actividad fotocatalítica incluso en la región visible.

40 El gel de peróxido de titanio dopado se prepara por disolución de la disolución acuosa de los precursores de los metales en la forma de su sal u óxido en la disolución de peróxido de titanio de baja viscosidad (4×10^{-3} - 5×10^{-3} Pa.s (4-5 cp)) y se mantiene durante aproximadamente 48 horas para obtener un gel exento de polímero con viscosidad alta en el intervalo de 12-15 Pa.s (12.000-15.000 cps) y potencial zeta alto en el intervalo de -52 a -25 mV. La viscosidad del gel se midió usando viscosímetro de Brookfield con tipo RV de agujas. El potencial zeta de los geles se midió usando "90 Plus Particle size analyzer" por Brookhaven Instrument Corporation USA.

45 Se encuentra que el procedimiento de la presente invención es ventajoso para la eliminación completa de cromóforos/ colorantes junto con los contaminantes orgánicos usando dicho gel de peróxido de titanio opcionalmente dopado con metales u óxidos de metal como se puede ver a partir de absorbancia cero en el intervalo visible.

La presente invención se describe con más detalle con referencia a los ejemplos, que se proporcionan como ilustración sólo y por lo tanto no se debería interpretar que se restrinja el alcance de la invención.

Ejemplo 1

50 El gel de peróxido de titanio usado en la presente invención se preparó usando butóxido de titanio (fabricado AR calidad Aldrich) como fuente de titanio. Se hidrolizaron 4,6 g de butóxido de titanio usando 25 ml de agua destilada dando como resultado la formación de precipitado de hidróxido de titanio. Se decantó el líquido sobrenadante del hidróxido de titanio y se añadieron lentamente 25 ml de peróxido de hidrógeno (fabricado Peróxido Asiático al 50%) al hidróxido de titanio. La reacción altamente vigorosa y exotérmica entre peróxido de hidrógeno con hidróxido de titanio recién preparado dando como resultado sol de peróxido de titanio coloreado amarillo que se diluyó además a

450 ml con agua destilada para obtener peróxido de titanio de viscosidad muy baja de 5×10^{-3} Pa.s (5 cp). La disolución de peróxido de titanio así obtenida se mantuvo durante aproximadamente 48 horas y la viscosidad del gel aumentó a 12 Pa.s (12.000 cps). Se midió el potencial zeta del gel así obtenido y se encontró que aumentaba gradualmente a - 54 milivolt indicando la estabilidad del gel. El gel con 12 Pa.s (12.000 cps) de viscosidad y potencial zeta de - 54 milivolt se usó en la presente invención.

Ejemplo 2

La disolución de peróxido de titanio de baja viscosidad (5×10^{-3} Pa.s (5 cp)) se preparó como por el procedimiento dado en el ejemplo-1. Se preparó una disolución de nanopartículas por disolución de 0,021 g de ácido cloraurico en 200 ml de agua destilada y se redujo además usando disolución de borohidruro de sodio (0,0045 g en 25 ml de agua) para obtener disolución coloreada rosa. Se añadió esta disolución rosa de nanopartículas de oro a la disolución de peróxido de titanio ya mencionada para obtener disolución transparente coloreada violeta homogénea. La disolución de peróxido de titanio que contenía oro así obtenida se almacenó durante aproximadamente 48 horas y la viscosidad del gel aumentó a 12-15 Pa.s (12.000-15.000 cps). El potencial zeta del gel así obtenido aumentó gradualmente a -31 milivolt que indica estabilidad del gel aumentada con el tiempo. El gel con 15 Pa.s (15.000 cps) de viscosidad y potencial zeta de -31 milivolt se usó en la presente invención.

Ejemplo 3

La disolución de peróxido de titanio de baja viscosidad (5×10^{-3} Pa.s (5 cp)) se preparó como por el procedimiento dado en el ejemplo-1. Se añadió disolución acuosa de nitrato de hierro (0,055 g en 25 ml de agua) a la disolución de peróxido de titanio ya mencionada. La disolución de peróxido de titanio que contenía hierro así obtenida se almacenó durante aproximadamente 48 horas y la viscosidad del gel aumentó a 12-15 Pa.s (12.000-15.000 cps). Se midió el potencial zeta del gel así obtenido y se encontró que aumentaba gradualmente a -25 milivolt que indica la estabilidad del gel. El gel con 15 Pa.s (15.000 cps) de viscosidad y potencial zeta de -25 milivolt se usó en la presente invención.

Ejemplo 4

La disolución de peróxido de titanio de baja viscosidad (5×10^{-3} Pa.s (5 cp)) se preparó como por el procedimiento dado en el ejemplo-1. Se suspendió pentóxido de vanadio (0,05 g) en 25 ml de agua. A esta suspensión se añadieron lentamente 5 ml de peróxido de hidrógeno (fabricado Peróxido Asiático al 50%) para conseguir una disolución de ácido peroxovanádico coloreada de rojo clara. Esta disolución de ácido peroxovanádico se añadió a la disolución de peróxido de titanio ya mencionada. La disolución de peróxido de titanio que contenía vanadio así obtenida se almacenó durante aproximadamente 48 horas y la viscosidad del gel aumentó a 12-15 Pa.s (12.000-15.000 cps). Se midió el potencial zeta del gel así obtenido y se encontró que aumentaba gradualmente a -27 milivolt que indica la estabilidad del gel. El gel con 15 Pa.s (15.000 cps) de viscosidad y potencial zeta de -27 milivolt se usó en la presente invención.

Ejemplo 5

La disolución de peróxido de titanio de baja viscosidad (5×10^{-3} Pa.s (5 cp)) se preparó como por el procedimiento dado en el ejemplo-1. Se suspendió heptamolibdato de amonio (0,023 g) en 10 ml de agua. A esta suspensión se añadieron lentamente 5 ml de peróxido de hidrógeno (fabricado Peróxido Asiático al 50%) para conseguir una disolución coloreada amarilla clara. Esta disolución amarilla se añadió a la disolución de peróxido de titanio ya mencionada. La disolución de peróxido de titanio que contenía molibdeno así obtenida se almacenó durante aproximadamente 48 horas y la viscosidad del gel aumentó a 12-15 Pa.s (12.000-15.000 cps). Se midió el potencial zeta del gel así obtenido y se encontró que aumentaba gradualmente a -57 milivolt que indica la estabilidad del gel. El gel con 15 Pa.s (15.000 cps) de viscosidad y potencial zeta de -57 milivolt se usó en la presente invención.

Ejemplo 6

La disolución de peróxido de titanio de baja viscosidad (5×10^{-3} Pa.s (5 cp)) se preparó como por el procedimiento dado en el ejemplo-1. Se preparó disolución de nanopartículas de Pt por disolución de 0,027 g de ácido cloroplatínico en 200 ml de agua destilada y se redujo además usando disolución de borohidruro de sodio (0,0045 g en 25 ml de agua) para obtener disolución coloreada rosa. Se añadió la disolución negra de nanopartículas de platino a la disolución de peróxido de titanio ya mencionada para obtener disolución transparente coloreada oscura homogénea. La disolución de peróxido de titanio que contenía platino así obtenida se almacenó durante aproximadamente 48 horas y la viscosidad del gel aumentó a 12-15 Pa.s (12.000-15.000 cps). El gel con 15 Pa.s (15.000 cps) de viscosidad se usó en la presente invención.

El gel de peróxido de titanio preparado como por el ejemplo I se usa en los ejemplos 7-8

Ejemplo 7

Se añadieron 10 g de gel de peróxido de titanio a un vaso de precipitados de 250 ml que contenía 100 ml de disolución de azul de metileno 10^{-4} molar. Se agitó la disolución vigorosamente y se dejó reposar durante cinco

minutos. Se adsorbió el colorante azul de metileno en el gel de peróxido de titanio y se sedimentó en el fondo del vaso de precipitados llegando ser incolora la disolución de sobrenadante. El gel de peróxido de titanio que contenía la disolución con colorante azul de metileno adsorbido se filtró usando papel de filtro Whatman G1 para obtener disolución incolora. El contenido en azul de metileno en la disolución antes y después del tratamiento se vigiló mediante espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a las longitudes de onda 665, 612, 290 y 245 nm.

La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue:

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
665 nm	6,0	0
612 mm	5,0	0
290 nm	3,34	0
245 nm	1,70	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de azul de metileno de la disolución acuosa.

Ejemplo 8

El gel de peróxido de titanio filtrado usando papel de filtro Whatman G1 que contenía azul de metileno adsorbido en el ejemplo 7 anterior se transfirió a un vaso de precipitados de 250 ml que contenía 10 ml de agua. Este vaso de precipitados se mantuvo en la luz solar durante 4 h hasta que desapareció el color azul del gel y se volvió a lograr de nuevo su color amarillo original. De nuevo se añadieron 100 ml de disolución de azul de metileno 10^{-4} molar a este gel regenerado, se agitó vigorosamente y se dejó reposar durante cinco minutos. El colorante de azul de metileno se adsorbió en el gel de peróxido de titanio regenerado y se sedimentó en el fondo del vaso de precipitados llegando a ser incolora la disolución de sobrenadante. La disolución que contenía gel de peróxido de titanio regenerado con colorante azul de metileno adsorbido se filtró usando papel de filtro Whatman G1 para obtener disolución incolora. El contenido en azul de metileno en la disolución antes y después del tratamiento se vigiló mediante espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a las longitudes de onda 665, 612, 290 y 245 nm. La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue:

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
665 nm	6,0	0
612 mm	5,0	0
290 nm	3,34	0
245 nm	1,70	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de azul de metileno de la disolución acuosa.

Ejemplo 9

El gel de peróxido de titanio filtrado usando papel de filtro Whatman G1 que contenía azul de metileno adsorbido en el ejemplo 7 anterior se transfirió a un vaso de precipitados de 250 ml que contenía 10 ml de agua. A este gel se añadieron 0,5 ml de peróxido de hidrógeno al 30%. Este vaso de precipitados se mantuvo en la luz solar durante 1,5 h hasta que desapareció el color azul del gel y se volvió a lograr de nuevo su color amarillo original. De nuevo se añadieron 100 ml de disolución de azul de metileno 10^{-4} molar a este gel regenerado, se agitó vigorosamente y se dejó reposar durante cinco minutos. El colorante azul de metileno se adsorbió en el gel de peróxido de titanio regenerado y se sedimentó en el fondo del vaso de precipitados llegando a ser incolora la disolución de sobrenadante. La disolución que contenía gel de peróxido de titanio regenerado con colorante azul de metileno adsorbido se filtró usando papel de filtro Whatman G1 para obtener disolución incolora. El contenido en azul de metileno en la disolución antes y después del tratamiento se vigiló mediante espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a las longitudes de onda de 665, 612, 290 y 245 nm. La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue:

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
665 nm	6,0	0
612 mm	5,0	0
290 nm	3,34	0
245 nm	1,70	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de azul de metileno de la disolución acuosa.

Ejemplo 10

- 5 Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio en columna de vidrio de 15 mm de d. i. y 25 cm de longitud provista de disco sinterizado (G0) y válvula de pasos para controlar el flujo de la disolución. Se pasaron 250 ml de disolución 10^{-4} molar de azul de metileno por este gel a una velocidad de 5 ml/min. Se filtraron las moléculas de colorante orgánico coloreado por el gel y se obtuvo una disolución incolora, clara como líquido filtrado. El contenido en azul de metileno en la disolución antes y después de la disolución de tratamiento se vigiló mediante espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a las longitudes de onda de 665, 612, 290 y 245 nm. La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue:

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
665 nm	6,0	0
612 mm	5,0	0
290 nm	3,34	0
245 nm	1,70	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de azul de metileno de la disolución acuosa.

Ejemplo 11

- 15 Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio en columna de vidrio de 15 mm de d. i. y 25 cm de longitud provista de disco sinterizado (G0) y válvula de pasos para controlar el flujo de la disolución. Se hicieron pasar 250 ml de disolución 10^{-4} molar de naranja de metilo por este gel a una velocidad de 5 ml/min. Se filtraron las moléculas de colorante orgánico coloreado por el gel y se obtuvo una disolución incolora, clara como líquido filtrado. El contenido en naranja de metilo en la disolución tratada inicial y final se vigiló usando espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda 464 y 270 nm.

La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue.

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
464 nm	2,5	0
270 mm	0,98	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de naranja de metilo de la disolución acuosa.

Ejemplo 12

- 25 Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio en columna de vidrio de 15 mm de d. i. y 25 cm de longitud provista de disco sinterizado (G0) y válvula de pasos para controlar el flujo de la disolución. Se hicieron pasar 250 ml de disolución 10^{-4} molar de violeta de metilo por este gel a una velocidad de 5 ml/min. Se filtraron las moléculas de colorante orgánico coloreado por el gel y se obtuvo una disolución incolora, clara como líquido filtrado. El contenido en violeta de metilo en la disolución tratada inicial y final se vigiló usando espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010)

midiendo su absorción a las longitudes de onda de 581, 299, 246 y 205 nm.

La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue.

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
581 nm	2,5	0
299 nm	0,7	0
246 nm	0,6	0
205 nm	1,5	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de violeta de metilo de la disolución acuosa.

5 Ejemplo 13

Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio en columna de vidrio de 15 mm de d. i. y 25 cm de longitud provista de disco sinterizado (G0) y válvula de pasos para controlar el flujo de la disolución. Se hicieron pasar 250 ml de disolución 10^{-4} molar de verde de malaquita por este gel a una velocidad de 5 ml/min. Se filtraron las moléculas de colorante orgánico coloreado por el gel y se obtuvo una disolución incolora, clara como líquido filtrado. El contenido en verde de malaquita en la disolución tratada inicial y final se vigiló usando espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a las longitudes de onda de 618, 423, 315 y 254,8 nm.

La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue.

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
618 nm	1,1	0
423 nm	0,2	0
315 nm	0,3	0
254,8 nm	0,6	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de verde de malaquita de la disolución acuosa.

15 Ejemplo 14

Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio en columna de vidrio de 15 mm de d. i. y 25 cm de longitud provista de disco sinterizado (G0) y válvula de pasos para controlar el flujo de la disolución. Se hicieron pasar 250 ml de disolución 10^{-4} molar de Rodamina B por este gel a una velocidad de 5 ml/min. Se filtraron las moléculas de colorante orgánico coloreado por el gel y se obtuvo una disolución incolora, clara como líquido filtrado. El contenido en Rodamina B en la disolución tratada inicial y final se vigiló usando espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda de 551, 354 y 258 nm.

La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue.

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
551 nm	3,4	0
354 nm	0,3	0
258 nm	1,1	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de Rodamina B de la disolución acuosa.

Ejemplo 15

El gel usado en el ejemplo 11 anterior se regeneró usando oxidante hipoclorito de sodio. Se diluyó 1 ml de disolución de NaOCl al 4% comercialmente disponible a 100 ml. Se hizo pasar esta disolución diluida por el gel usado en la columna. Se degradó totalmente el colorante adsorbido en el gel dejando el color amarillo original del gel. Este gel se lavó con 200 ml adicionales de agua para retirar oxidante en exceso en el gel antes de que se reutilizara. Se hicieron pasar 250 ml de disolución 10^{-4} molar de Rodamina B por este gel regenerado a una velocidad de 5 ml/min. Se filtraron las moléculas de colorante orgánico coloreado por el gel regenerado y se obtuvo una disolución incolora, clara como líquido filtrado. El contenido en rodamina B en la disolución tratada inicial y final se vigiló usando espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda de 551, 354 y 258 nm.

- 10 La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue.

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
551 nm	3,4	0
354 mm	0,3	0
258 nm	1,1	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de Rodamina B de la disolución acuosa.

Ejemplo 16

Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio en columna de vidrio de 15 mm de d. i. y 25 cm de longitud provista de disco sinterizado (G0) y válvula de pasos para controlar el flujo de la disolución. Se hicieron pasar 250 ml de disolución 10^{-4} molar de azul de bromofenol por este gel a una velocidad de 5 ml/min. Se filtraron las moléculas de colorante orgánico coloreado por el gel y se obtuvo una disolución incolora, clara como líquido filtrado. El contenido en azul de bromofenol en la disolución tratada inicial y final se vigiló usando espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda de 590, 434, 311, 261 y 214 nm.

- 20 La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue.

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
590 nm	3,3	0
434 mm	2,7	0
311 nm	1,2	0
261 nm	1,5	0
214 nm	4,0	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de azul de bromofenol de la disolución acuosa.

Ejemplo 17

Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio en columna de vidrio de 15 mm de d. i. y 25 cm de longitud provista de disco sinterizado (G0) y válvula de pasos para controlar el flujo de la disolución. Se hicieron pasar 250 ml de disolución 10^{-4} molar de parabase en una mezcla de etanol y agua (5 ml de etanol + 245 ml de agua) a pH neutro (7) por este gel a una velocidad de 5 ml/min. Se filtraron las moléculas de colorante orgánico coloreadas por el gel y se obtuvo una disolución incolora, clara como líquido filtrado. El contenido en parabase en la disolución tratada inicial y final se vigiló usando espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda de 540, 284 y 242 nm. El cambio en la absorción óptica fue como sigue:

- 25
- 30

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
540 nm	0,5	0
284 nm	0,3	0
242 nm	0,65	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de parabase de la disolución acuosa.

5 Ejemplo 18

Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio en columna de vidrio de 15 mm de d. i. y 25 cm de longitud provista de disco sinterizado (G0) y válvula de pasos para controlar el flujo de la disolución. Se hicieron pasar 250 ml de disolución 10^{-4} molar de magenta básica por este gel a una velocidad de 5 ml/min. Se filtraron las moléculas de colorante orgánico coloreado por el gel y se obtuvo una disolución incolora, clara como líquido filtrado. El contenido en magenta básica en la disolución tratada inicial y final se vigiló usando espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda de 542, 287 y 207 nm. El cambio en la absorción óptica fue como sigue:

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
542 nm	3,7	0
287 nm	1,2	0
207 nm	2,9	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de magenta básica de la disolución acuosa.

15 Ejemplo 19

Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio en un vaso de precipitados de 100 ml que contenía 10 ml de disolución de tinta. Se agitó la disolución vigorosamente y se dejó reposar durante unos cinco minutos. La tinta se adsorbió en el gel de peróxido de titanio y se sedimentó en el fondo del vaso de precipitados con la disolución de sobrenadante incolora. La disolución que contenía gel de peróxido de titanio con tinta adsorbida se filtró usando papel de filtro Whatman G1 para obtener disolución incolora.

Ejemplo 20

Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio en un vaso de precipitados de 250 ml que contenía 100 ml de disolución 10^{-4} molar de verde de malaquita. Se agitó la disolución vigorosamente y se dejó reposar durante cinco minutos. El colorante verde de malaquita se adsorbió en el gel de peróxido de titanio y se sedimentó en el fondo del vaso de precipitados con la disolución de sobrenadante incolora. La disolución que contenía gel de peróxido de titanio con colorante verde de malaquita adsorbido se filtró usando papel de filtro Whatman G 1 para obtener disolución incolora. El gel con verde de malaquita adsorbido se transfirió a un vaso de precipitados y se añadieron 100 ml de agua destilada. El gel se expuso a luz solar durante cuatro horas y el gel volvió a lograr su color original. Se reutilizó el gel para el tratamiento de disolución 10^{-4} molar de verde de malaquita. El contenido en verde de malaquita en la disolución tratada inicial y final se vigiló usando espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda de 618, 423, 315 y 254,8 nm.

La absorción óptica de la disolución inicial y final después de tratamiento con gel regenerado de peróxido de titanio fue como sigue:

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
618 nm	1,1	0

423 nm	0,2	0
(continuación)		
Longitud de onda	absorción óptica	Absorción Óptica
	(Inicial)	(Final)
315 nm	0,3	0
254,8 nm	0,6	0

Ejemplo 21

- 5 Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio y oro en columna de vidrio de 15 mm de d. i. y 25 cm de longitud provista de disco sinterizado (G0) y válvula de pasos para controlar el flujo de la disolución. Se hicieron pasar 100 ml de disolución acuosa de 564 ppm de formaldehído por el gel a la velocidad de 5 ml/min. El líquido filtrado obtenido contenía 60 ppm de formaldehído que confirma eliminación del 90% de formaldehído de disolución acuosa.

Ejemplo 22

- 10 Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio y oro en columna de vidrio de 15 mm de d. i. y 25 cm de longitud provista de disco sinterizado (G0) y válvula de pasos para controlar el flujo de la disolución. Se hicieron pasar 50 ml de agua residual de hexamina sintética que contenían 1.000 ppm de formalina, 3.500 ppm de metanol, 2.000 ppm de hexamina y 500 ppm de amoníaco en agua por el gel durante un periodo de 3 h. La DQO del líquido filtrado fue 800 comparado con la DQO de 12.000 de agua residual de hexamina inicial antes de tratamiento con gel.

Ejemplo 23

- 15 Se tomaron 10 g de gel de peróxido de titanio y oro en columna de vidrio de 15 mm de d. i. y 25 cm de longitud provista de disco sinterizado (G0) y válvula de pasos para controlar el flujo de la disolución. Se hicieron pasar 100 ml de disolución acuosa al 50% de metanol por el gel durante un periodo de 2 h. El contenido en metanol en el líquido filtrado se vigiló mediante espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda de 245 y 235 nm y comparación con la curva de calibración por UV. La concentración del metanol disminuyó de 50% a 12,5%.

Ejemplo 24

- 25 Se añadieron 10 g de gel de peróxido de titanio y oro a un vaso de precipitados de 250 ml que contenía 50 ml de disolución de 500 ppm de fenol en agua. Se agitó la disolución vigorosamente y se dejó reposar durante treinta minutos. La disolución que contenía gel de peróxido de titanio y oro se filtró usando papel de filtro Whatman G 1. La DQO del líquido filtrado disminuyó a 240 desde 1.040 para disolución inicial de 500 ppm de fenol.

Ejemplo 25

- 30 Se añadieron 10 g de gel de peróxido de titanio a un vaso de precipitados de 250 ml que contenía 100 ml de disolución 10^{-4} molar de verde de malaquita en acetona. Se agitó la disolución vigorosamente y se dejó reposar durante treinta minutos. El colorante verde de malaquita se adsorbió en el gel de peróxido de titanio y se sedimentó en el fondo del vaso de precipitados llegando a ser casi incolora la disolución de sobrenadante. La disolución que contenía gel de peróxido de titanio con colorante verde de malaquita adsorbido se filtró usando papel de filtro Whatman G1 para obtener disolución casi incolora. El contenido en verde de malaquita en la disolución antes y después del tratamiento se vigiló mediante espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda de 623, 427 y 341 nm con acetona como referencia. La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue:

Longitud de onda	absorción óptica	Absorción Óptica
	(Inicial)	(Final)
623 nm	4,74	0,89
427 nm	3,97	0,87
341 nm	0,82	0,18

La considerable disminución de la absorbancia después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación máxima de verde de malaquita de la disolución de acetona.

Ejemplo 26

Se añadieron 10 g de gel de peróxido de titanio a un vaso de precipitados de 250 ml que contenía 100 ml de disolución 10^{-4} molar de verde de malaquita en cloroformo. Se agitó la disolución vigorosamente y se dejó reposar durante treinta minutos. El colorante verde de malaquita se adsorbió en el gel de peróxido de titanio con el gel flotando en cloroformo llegando a ser la capa de cloroformo casi incolora. La disolución que contenía gel de peróxido de titanio con colorante verde de malaquita adsorbido se filtró usando papel de filtro Whatman G 1 para obtener disolución casi incolora. El contenido en verde de malaquita en la disolución antes y después del tratamiento se vigiló mediante espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda de 623, 427 y 341 nm con cloroformo como referencia. La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue:

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
623 nm	>5	0,81
427 nm	>5	0,83
341 nm	1,96	0,33

La considerable disminución en la absorbancia después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación máxima de verde de malaquita de la disolución de cloroformo.

Ejemplo 27

Se añadieron 10 g de gel de peróxido de titanio a un vaso de precipitados de 250 ml que contenía 100 ml de disolución 10^{-4} molar de violeta de metilo en acetona. Se agitó la disolución vigorosamente y se dejó reposar durante treinta minutos. El colorante violeta de metilo se adsorbió en el gel de peróxido de titanio y se sedimentó en el fondo del vaso de precipitados llegando a ser la disolución de sobrenadante casi incolora. La disolución que contenía gel de peróxido de titanio con colorante violeta de metilo adsorbido se filtró usando papel de filtro Whatman G1 para obtener disolución casi incolora. El contenido en violeta de metilo en la disolución antes y después del tratamiento se vigiló mediante espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda de 581 y 543 nm con acetona como referencia. La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue:

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
581 nm	1,35	0,32
543 nm	1,03	0,25

La considerable disminución en la absorbancia después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación máxima de violeta de metilo de la disolución de acetona.

Ejemplo 28

Se añadieron 10 g de gel de peróxido de titanio a un vaso de precipitados de 250 ml que contenía 100 ml de disolución 10^{-4} molar de violeta de metilo en etanol. Se agitó la disolución vigorosamente y se dejó reposar durante treinta minutos. El colorante violeta de metilo se adsorbió en el gel de peróxido de titanio y se sedimentó en el fondo del vaso de precipitados llegando a ser la disolución de sobrenadante casi incolora. La disolución que contenía gel de peróxido de titanio con colorante violeta de metilo adsorbido se filtró usando papel de filtro Whatman G1 para obtener disolución casi incolora. El contenido en violeta de metilo en la disolución antes y después del tratamiento se vigiló mediante espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda de 581 y 543 nm con etanol como referencia. La absorción óptica de la disolución inicial y final fue como sigue:

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
581 nm	3,89	0,29
543 nm	3,22	0,23

La considerable disminución en la absorbancia después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación máxima de violeta de metilo de la disolución de acetona.

Ejemplo 29

5 Se añadieron por separado 10 g de geles preparados como por el procedimiento dado en los ejemplos 2-6 a vasos de precipitados de 250 ml que contenían 100 ml de disolución 10^{-4} molar de azul de metileno. Las disoluciones se agitaron vigorosamente y se dejó reposar durante cinco minutos. El colorante azul de metileno se adsorbió en estos geles y se sedimentó en el fondo de los vasos de precipitados llegando a ser incolora la disolución de sobrenadante. Se filtró la disolución que contenía geles con colorante azul de metileno adsorbido usando papel de filtro Whatman G1 para obtener disolución incolora. El contenido en azul de metileno en la disolución antes y después del tratamiento se vigiló mediante espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu 2010) midiendo su absorción a la longitud de onda de 665, 612, 290 y 245 nm. La absorción óptica de la disolución inicial y final para todos los geles fue la misma y fue como sigue:

Longitud de onda	absorción óptica (Inicial)	Absorción Óptica (Final)
665 nm	6,0	0
612 mm	5,0	0
290 nm	3,34	0
245 nm	1,70	0

La absorbancia cero después de tratamiento con gel de peróxido de titanio indica la eliminación completa de azul de metileno de la disolución acuosa.

15 Los geles filtrados usando papel de filtro Whatman G1 que contenía azul de metileno adsorbido se transfirió al vaso de precipitados de 250 ml que contenía 10 ml de agua. Estos vasos de precipitados se mantuvieron en la luz solar hasta que desapareció el color azul del gel y de nuevo se recuperó su color original. La actividad de los geles para degradación de azul de metileno en la luz solar fue según el siguiente orden:

gel Pt-Ti (ejemplo 6) > gel Au-Ti (ejemplo 2) > gel Mo-Ti (ejemplo 5) > gel V-Ti (ejemplo 4) > gel Fe-Ti (ejemplo 3) > gel Ti (ejemplo 1)

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de una etapa para la eliminación de colorante orgánico y/o contaminantes orgánicos de disolución usando gel de peróxido de titanio, comprendiendo dicho procedimiento:
 - 5 a) añadir gel de peróxido de titanio a la disolución en una relación que oscila entre 1: 5 y 1:20 volumen/volumen de gel/disolución de colorante;
 - b) agitar la mezcla como se obtiene en la etapa (a) vigorosamente a una temperatura que oscila entre 25-35°C;
 - c) dejar reposar la mezcla como se obtiene en la etapa (b) durante 5 a 25 minutos para obtener colorante o contaminante orgánico adsorbido en gel de peróxido de titanio y sobrenadante incoloro, claro, seguido por filtración de la mezcla para obtener colorante o contaminante orgánico adsorbido en gel de peróxido de titanio;
 - 10 d) transferir colorante o contaminante orgánico adsorbido en gel de peróxido de titanio como se obtiene en la etapa (c) en un vaso de precipitados que contiene agua;
 - e) degradar colorante o contaminante orgánico adsorbido del colorante o contaminante orgánico adsorbido en gel de peróxido de titanio para recuperar el gel de peróxido de titanio para reutilización.
- 15 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la disolución usada en la etapa (a) comprende colorante orgánico y / o contaminantes orgánicos y un disolvente seleccionado del grupo que consiste en: agua, acetona, disolventes clorados y alcoholes.
3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el gel de peróxido de titanio usado en la etapa (a) presenta un potencial zeta en el intervalo de -54 a -25 mV y viscosidad en el intervalo de 12-15 Pa.s (12.000 – 15.000 cps).
- 20 4. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el gel de peróxido de titanio usado en la etapa (a) se dopa opcionalmente con metales nobles y de transición seleccionados del grupo que consiste en: Au, Ag, níquel, cobre, hierro, molibdeno, vanadio, tungsteno y platino en el intervalo de 0,1-4% en peso.
5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que un colorante orgánico o un contaminante orgánico se selecciona del grupo de: azul de metileno, naranja de metilo, violeta de metilo, verde de malaquita, Rodamina B, azul de bromofenol, disolución parabase, disolución de magenta, tinta, disolución de formaldehído, agua residual de hexamina sintética, fenol.
- 25 6. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el gel de peróxido de titanio usado en la etapa (a) se pone opcionalmente en una columna y se deja pasar la disolución de colorante por ella para obtener sobrenadante incoloro, claro.
- 30 7. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la concentración del colorante orgánico y contaminantes orgánicos se retira hasta 95-100%.
8. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha degradación de colorante orgánico y contaminante orgánico de colorante o contaminante orgánico adsorbido en gel de peróxido de titanio en la etapa (e) se hace exponiéndolo a la luz solar con o sin un oxidante.
- 35 9. El procedimiento según la reivindicación 8, en el que el oxidante usado se selecciona del grupo que consiste en peróxido de hidrógeno e hipoclorito de sodio.