

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 877 588**

51 Int. Cl.:

A01N 25/00 (2006.01)

A01N 25/08 (2006.01)

A01N 65/00 (2009.01)

C12N 9/24 (2006.01)

C12N 11/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.08.2016 PCT/EP2016/068511**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.02.2017 WO17025401**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2016 E 16745763 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.03.2021 EP 3331357**

54 Título: **Preparación capaz de producir biopesticida y/o repelente para el control de los patógenos de las plantas**

30 Prioridad:

07.08.2015 LU 92793

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.11.2021

73 Titular/es:

**LUXEMBOURG INSTITUTE OF SCIENCE AND
TECHNOLOGY (LIST) (100.0%)
5, avenue des Hauts-Fourneaux
4362 Esch-sur-Alzette, LU**

72 Inventor/es:

PRINTZ, BRUNO

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 877 588 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

Preparación capaz de producir biopesticida y/o repelente para el control de los patógenos de las plantas

5 **Campo técnico**

[0001] La invención se refiere a una preparación capaz de producir un biopesticida y/o un repelente para el control de los patógenos de las plantas, donde dicha preparación incluyen una enzima capaz de transformar un sustrato en un producto biopesticida y/o repelente que controlará ulteriormente los patógenos de las plantas. La invención se refiere a también la implementación de tal preparación dentro de un aparato de protección frente a las plagas para hacer uso de tal preparación a mayor escala, por ejemplo, en invernaderos y/o u horticultura privada o comercial.

Estado de la técnica

[0002] Actualmente, la gestión de plagas se realiza principalmente con productos químicos sintéticos, pero se fomenta el desarrollo de métodos alternativos y ecológicos para controlar las plagas.

[0003] El campo del biocontrol incluye diversas técnicas de gestión integrada de plagas como macroorganismos, microorganismos, feromonas, kairomonas y sustancias naturales provenientes de animales, minerales y plantas para el control de plagas y patógenos. En 2014, Sahayaraj K. resumió el uso actual de las nanotecnologías en el ámbito de la protección de las plantas. Los pocos datos disponibles sobre este tema llevan a la conclusión de que solo unas pocas investigaciones en todo el mundo están trabajando actualmente con esta problemática emergente, aunque existe una necesidad urgente de enfoques modernos para la gestión de plagas (Sahayaraj K., Adv. Plant Biopest. (capítulo 14), 2014, 279-293).

[0004] Se ha observado que sustancias procedentes de varias familias de plantas ejercen una actividad repelente contra hongos, bacterias, nematodos o insectos y pueden usarse con éxito en el tratamiento/control de plagas (Murthy N.B.K. y col., Indian J. Exp. Biol., 1974, 12, 208-209 y Regnault-Roger C., et. al., Biopesticides d'origine végéta/e (2ª edición), 2008.) En particular, moléculas que contienen azufre como las producidas, entre otros, por las familias *Brassicaceae* y miembros del género *Allium*, que se producen enzimáticamente a partir de precursores no tóxicos, son tóxicas a bajos niveles para una amplia variedad de organismos (Ahuja I. y col., Agron. Sustain. Dev., 2010, 30, 311-348; Auger J. y col., Ecologie, 1994, 93-101.; Cutler H.G., et al., Biologically Active Natural Products: Agrochemicals, 1999).

[0005] La mezcla de un precursor de biopesticida con enzimas activas en forma líquida para producir repelente es conocida en la técnica y se ha propuesto para la producción de productos de glucosinolato tales como nitrilo, tiocianato o isotiocianato, y/o mezclas (WO 2015/013808 A1). También se conoce en la técnica el uso de un sistema precursor de pesticida en dos partes que comprende un concentrado de glucosinolato por un lado y un complejo de mirosinasa activa por el otro lado, ambos en forma seca. Cuando ambos componentes se mezclan con agua, los productos de degradación de glucosinolatos se liberan para controlar las plagas (US 2015/0005172 A1). Sin embargo, la vida útil de las enzimas activas en el medio ambiente es relativamente baja, lo que dificulta considerablemente la reutilización de las enzimas. Además, los sustratos suelen ser hidrófilos, lo que los hace fácilmente lixiviables e inaccesibles para las enzimas.

[0006] Se ha logrado mejorar la vida útil de las enzimas en los dominios de la biocatálisis, los biocombustibles, la administración de fármacos controlada por enzimas y los biosensores mediante la inmovilización de las enzimas en material mesoporoso de sílice (Carlsson N. y col., Adv. Colloid Interface Sci., 2013, 205, 339-360; Popat A., et al., Nanoscale, 2011, 3, 2801-2818; Wang Y. y col., Chem. Mater., 2005, 17, 953-961). El material mesoporoso se refiere a material a base de sílice con un diámetro de poro suficiente para permitir la penetración de la enzima. Puede ser en forma de SBA-15 (Santa Barbara-15), SBA-16, MCM-41 (Mobil Crystalline Materials-41) o cualquier otro tipo de tamices/esferas/jaulas de sílice mesoporosa (FSM-16 (Folded Sheet Mesoporous-16), MCM-48, FDU-12 (Fudan University-12), MCF (Mesostructured Cellular Foam), SMS (Sponge Mesoporous Silica), carbono mesoporoso, PMO (Periodic Mesoporous Organosilica), Meso-MOF (meso-Metal Organic Frameworks) (Zhou Z., et al., Top Catal., 2012, 55, 1081-1100). La estructura de los poros puede ser de hoja plegada, canales hexagonales en 2D, jaulas cúbicas o esféricas, espuma mesocelular, sílice mesoporosa de tipo esponja, jaulas cúbicas en 3D. La síntesis de la sílice mesoporosa se realiza preferentemente en condiciones ácidas y con el copolímero tribloque (Pluronic®P123) como base y ortosilicato de tetraetilo (TEOS) como fuente de sílice. Sin embargo, el uso de otras bases como, entre otras, el copolímero tribloque (Pluronic®F127), CTMA (cetiltrimetilamonio) ($C_nH_{2n+1}(CH_3)N^+$, $n = 8-18$), CTAB (bromuro de cetiltrimetilamonio) y otras fuentes de sílice que incluyen, entre otros, (3-aminopropil)trimetoxisilano (APTOS), silicato de sodio u ortosilicato de tetrametilo (TMOS) también pueden aportar propiedades interesantes al material mesoporoso de sílice (Zhou Z., et al., Top Catal., 2012, 55, 1081-1100).

[0007] La inmovilización de las enzimas en la matriz de sílice se puede llevar a cabo a través de varias técnicas que incluyen métodos de reticulación, unión covalente, adsorción física, encapsulación y atrapamiento (CN

101451133 B). La funcionalización carboxiletilo o aminopropilo de la sílice mesoporosa también parece ser una buena técnica para mejorar las actividades catalíticas del biocompuesto a base de sílice (Lei C. y col., J. Am. Chem. Soc., 2002, 124, 11242-11243). La funcionalización del material de sílice puede usarse además para la unión covalente de la enzima en la sílice derivatizada.

[0008] La síntesis de geles hidrófilos puede resultar de la gelificación de varios compuestos naturales como agarosa, agar-agar, alginato, pectina, almidón o gelatina solos o en mezclas. Estos permiten la difusión de pequeñas moléculas hidrófilas y previenen la difusión de partículas grandes como materiales mesoporosos de sílice que quedan bloqueados en la red polimérica. La microencapsulación de sílice en alginato ha mostrado ventajas notables de liberación sostenida de compuestos y estabilidad a diferentes valores de pH, diferentes temperaturas e irradiación UV. La presencia del gel hidrófilo puede aumentar aún más la estabilidad del material con el paso del tiempo y limitar la lixiviación de las enzimas (Coradin T., et al., Comptes Rendus Chim., 2003, 6, 147-152). La incorporación de biocompuestos en geles hidrófilos como el alginato ha mostrado un rendimiento mucho mejor debido a la distribución más homogénea de las partículas de sílice en el material compuesto (Xu S. y col., Ind. Eng. Chem. Res., 2006, 45, 511-517).

[0009] Renato I. y col. (Biotechnology Letters 01.08.2018)1988) describen la enzima mirosinasa extraída de semillas de mostaza blanca (*Sinapis alba*).

[0010] Onofrio L. y col. (Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 39, n°12, 01.12.1991) describen la inmovilización de mirosinasa en varias membranas, como intestino de cerdo, teflón y nailon 6.6.

[0011] Onofrio L. y col. (Biotechnology and Bioengineering, vol. 68, n° 6, 020.06.2000) describen la hidrólisis de glucosinolatos usando mirosinasa inmovilizada con nailon 6.6 para producir moléculas bioactivas, tales como isotiocianatos.

[0012] Braschi I. y col. (An International Journal on Plant-Soil relationships, Kluwer Academic Publishers, DO, vol. 339, n°1-2, 15.09.2015) describen la inmovilización de mirosinasa en poligalacturonato de calcio para estudiar el comportamiento de la enzima en la interfaz de la raíz en el suelo, en particular con respecto a la hidrólisis de sinigrina en alilisotiocianato.

[0013] Ivetic D. y col. (Journal of the Serbian Chemical Society, vol. 79, n° 5, 01.01.2014) describen la inmovilización de β -glucosidasa sobre sílice mesoporosa mediante reticulación con glutaraldehído.

[0014] Gomez JM. et al. (Bioprocess and Biosystems Engineering, Springer, Berlín, DE, vol. 35, n° 8, 03.04.2012) describen la inmovilización de β -glucosidasa sobre sílice mesoporosa. La actividad enzimática se mantuvo en un reactor de lecho fijo durante un período de tiempo prolongado.

[0015] Mari M. y col. (Annals of Applied Biology, Association of Applied Biologists, Wellesbourne, GB, vol. 123, n°1, 01.01.1993) describen la producción de isotiocianatos a partir de glucosinolatos por medio de hidrólisis catalizada por mirosinasa y la actividad de tales isotiocianatos contra patógenos fúngicos de la fruta después de la cosecha.

[0016] Xu S-W y col. (Industrial & Engineering Chemistry Research, vol. 45, n°2, 01.01.2006) describen un método para proporcionar enzimas en geles hidrófilos con el fin de obtener un mejor rendimiento.

[0017] Alonso-Amelot M.E. et al. (Journal of Chemical Ecology, Kluwer Academic Publishers-Plenum Publishers, NE, vol. 31, n° 2, 01.02.2005) describen la liberación de cianuro de hidrógeno por plantas cianogénicas. Estas plantas liberan cianuro de hidrógeno para protegerse del ataque de los herbívoros masticadores.

[0018] En la presente invención, estas partes (mezcla de un precursor con enzimas activas en forma líquida para producir un producto biopesticida y/o repelente, mejora de la vida útil de dichas enzimas, uso de geles hidrófilos) se fusionan para producir por primera vez materiales mesoporosos activos encapsulados en un gel hidrófilo para producir *in situ* un flujo constante de producto biopesticida y/o repelente.

[0019] Por otro lado, la solicitud de patente publicada como US 2012/0079625 A1 se refiere a un método para proteger plantas vivas frente a insectos dañinos mediante una estructura en forma de hoja impregnada con un insecticida de origen sintético.

Resumen de la invención

Problema técnico

[0020] La invención tiene como problema técnico proporcionar una fibra con una preparación, capaz de producir un biopesticida y/o repelente para el control de los patógenos de las plantas, que no sea tóxica y que sea fácil de manipular. Esto proporcionará propiedades de almacenamiento y manipulación interesantes, a la vez que se mantendrán las propiedades biopesticidas y/o repelentes de dicha fibra.

Solución técnica

- 5 [0021] El primer objeto de la presente invención es una fibra según la reivindicación 1. Las formas de realización preferidas se enumeran en los siguientes párrafos y en las reivindicaciones dependientes.
- [0022] En una forma de realización, el al menos un material nanoporoso es un material mesoporoso.
- 10 [0023] En una forma de realización, dicho gel hidrófilo está hecho de agarosa, agar-agar, alginato, pectina, almidón y/o gelatina, preferentemente de alginato.
- [0024] En una forma de realización, dicha al menos una enzima activa del grupo de las glucosidasas es la tioglucosidasa.
- 15 [0025] En una forma de realización, dicha al menos una enzima activa inmovilizada dentro de dicho al menos un material nanoporoso está unida covalentemente a dicho al menos un material nanoporoso, adsorbida físicamente a dicho al menos un material nanoporoso, encapsulada dentro de dicho al menos un material nanoporoso o atrapada dentro de dicho al menos un material nanoporoso.
- 20 [0026] En una forma de realización, dicha enzima activa inmovilizada dentro de dicho al menos un material nanoporoso se reticula junto con glutaraldehído o con 1-etil-3-(3-dimetilaminopropil)carbodiimida y *N*-hidroxisuccinimida.
- 25 [0027] En una forma de realización, dicho al menos un material nanoporoso es un material mesoporoso a base de sílice.
- [0028] En una forma de realización, dicho material mesoporoso a base de sílice comprende ortosilicato de tetraetilo y/o ortosilicato de tetrametilo y/o metiltrimetoxisilano y/o (3-aminopropil)trimetoxisilano.
- 30 [0029] En una forma de realización, la preparación tiene un pH comprendido entre 4 y 11.
- [0030] En una forma de realización, la preparación comprende además al menos un mineral y/o al menos un cofactor.
- 35 [0031] En una forma de realización, dicha preparación está adaptada para recibir dicho al menos un precursor, al menos un mineral y/o al menos un cofactor.
- [0032] En una forma de realización, dicho al menos un mineral y/o dicho al menos un cofactor es un tampón de fosfato o ácido ascórbico.
- 40 [0033] En una forma de realización, dicho tampón de fosfato está a una concentración comprendida entre 10 mM y 500 mM, preferentemente a una concentración comprendida entre 50 mM y 250 mM, más preferentemente a una concentración comprendida entre 75 mM y 150 mM, incluso más preferentemente a una concentración de 100 mM.
- 45 [0034] En una forma de realización, dicho ácido ascórbico está a una concentración comprendida entre 50 μ M y 1500 μ M, preferentemente a una concentración comprendida entre 150 μ M y 1000 μ M, más preferentemente a una concentración comprendida entre 250 μ M y 750 μ M, incluso más preferentemente a una concentración de 500 μ M.
- 50 [0035] En una forma de realización, la preparación está deshidratada y/o rehidratada.
- [0036] La al menos una preparación está recubierta además con una capa hidrófoba.
- 55 [0037] En una forma de realización, dicha capa hidrófoba está hecha de (3-aminopropil)triethoxisilano, (3-mercaptopropil)triethoxisilano, anhídrido succínico, dímero de alquilcetena, 3-isopropenil- α - α -dimetilbencil isocianato, *m*-fenilenbismaleimida, vinil trialcóxisilano, 3-metacrilóiloxi propiltrimetoxisilano o cualquier otro.
- [0038] En una forma de realización, dicha fibra es una fibra natural, preferentemente cáñamo, lino, ortiga, algodón, yute, ramio, sisal o cualquier otra, más preferentemente cáñamo o lino.
- 60 [0039] Un segundo objeto de la presente invención es dar a conocer un aparato protector frente a las plagas que comprende al menos una red fibrosa y/o al menos una cubierta fibrosa según la reivindicación 10. Dicho aparato protector contra las plagas es notable porque dicha al menos una red fibrosa y/o dicha al menos una cubierta fibrosa está hecha de fibras adaptadas para controlar los patógenos de las plantas, según el primer objeto de la
- 65 presente invención.

[0040] En una forma de realización, el cartucho comprende además al menos un mineral y/o al menos un cofactor.

[0041] En una forma de realización, el cartucho está adaptado para recibir dicho al menos un precursor, al menos un mineral y/o al menos un cofactor.

[0042] En una forma de realización, dicho al menos un mineral y/o dicho al menos un cofactor es un tampón de fosfato o ácido ascórbico.

[0043] En una forma de realización, dicho tampón de fosfato está a una concentración comprendida entre 10 mM y 500 mM, preferentemente a una concentración comprendida entre 50 mM y 250 mM, más preferentemente a una concentración comprendida entre 75 mM y 150 mM, incluso más preferentemente a una concentración de 100 mM.

[0044] En una forma de realización, dicho ácido ascórbico está a una concentración comprendida entre 50 μ M y 1500 μ M, preferentemente a una concentración comprendida entre 150 μ M y 1000 μ M, más preferentemente a una concentración comprendida entre 250 μ M y 750 μ M, incluso más preferentemente a una concentración de 500 μ M.

[0045] Un tercer objeto de la presente invención es dar a conocer las enseñanzas de un método para controlar los patógenos de las plantas con una preparación capaz de producir un biopesticida y/o un repelente para controlar los patógenos de las plantas según la reivindicación 11. El primer paso para activar al menos un precursor también puede ser, por ejemplo, la descomposición catalítica de dicho al menos un precursor.

[0046] En una forma de realización, dicho al menos un precursor está comprendido en la preparación capaz de producir un biopesticida y/o repelente para controlar los patógenos de las plantas, donde la preparación también comprende preferentemente al menos un mineral y/o al menos un cofactor.

[0047] En una forma de realización, dicho al menos un precursor se añade a la preparación capaz de producir un biopesticida y/o repelente para controlar los patógenos de las plantas, donde la preparación comprende preferentemente al menos un mineral y/o al menos un cofactor.

[0048] En una forma de realización, dicho al menos un precursor se añade también con al menos un mineral y/o al menos un cofactor a la preparación capaz de producir un biopesticida y/o repelente para el control de los patógenos de las plantas según el primer objeto de la presente invención.

[0049] La preparación capaz de producir un biopesticida y/o repelente para el control de los patógenos de las plantas es sobre una fibra adaptada para controlar los patógenos de las plantas según el primer objeto de la presente invención, donde dicha fibra está comprendida preferentemente en un aparato protector contra las plagas según el segundo objeto de la presente invención.

Ventajas de la invención

[0050] La invención es particularmente interesante por el hecho de que el precursor o los precursores del producto biopesticida y/o repelente que proporciona la preparación se elige(n) de entre las formas inactivas y no tóxicas de los derivados orgánicos potenciales. La inmovilización de la enzima en un material nanoporoso, preferiblemente un material nanoporoso de sílice, más preferiblemente un material mesoporoso a base de sílice, mejorará aún más la estabilidad del núcleo de la preparación capaz de producir un biopesticida y/o repelente para controlar los patógenos de las plantas y mejorará aún más la productividad del compuesto con propiedades biopesticidas y/o repelentes.

Breve descripción de los dibujos

[0051]

Figura 1: Preparación capaz de producir un biopesticida y/o repelente para el control de los patógenos de las plantas.

Figura 2: Fibras adaptadas para controlar los patógenos de las plantas.

Figura 3: Aparato de protección contra plagas.

Descripción de una forma de realización

[0052] La presente invención se refiere a un sistema de biocontrol de gestión de plagas hecho de biocatalizadores activos capaces de producir repelentes y/o biopesticidas naturales mediante reacciones enzimáticas controladas.

[0053] La presente invención ofrece al usuario una forma fácil y segura de controlar las plagas de las plantas mediante la producción de un flujo constante de productos biopesticidas y/o repelentes, que son insecticidas, fungicidas, bactericidas y/o nematocidas.

[0054] La figura 1 representa una preparación 100, capaz de producir un biopesticida y/o repelente para controlar los patógenos de las plantas, según la presente invención.

5 [0055] Los biopesticidas y/o compuestos repelentes producidos son los que intervienen en la reacción natural de las plantas ante un ataque de patógenos. Tienen una vida media corta en el medio ambiente y no afectan a la calidad de las plantas que se tratan.

10 [0056] La presente invención se refiere a un producto innovador que atrapa las enzimas 4 en un material nanoporoso 2, en particular una esfera de sílice, preferiblemente en una matriz de sílice mesoporosa, más particularmente en un material mesoporoso a base de sílice, donde todo está pegado o incrustado en un gel hidrófilo 6, para degradar moléculas naturales o extractos en productos 10 que tienen actividad biopesticida y/o repelente.

15 [0057] Los materiales mesoporosos 2 de la presente invención son partículas mesoporosas a base de sílice ordenadas con una distribución de tamaño de poro estrecha, una geometría de poro bien definida y una conectividad de poro bien definida.

20 [0058] La distribución del tamaño de los poros y la geometría global de los materiales mesoporosos 2 se definen según las propiedades de las enzimas productoras de biopesticidas y/o enzimas productoras de repelentes que están inmovilizadas en la estructura mesoporosa.

25 [0059] El tamaño de poro del material mesoporoso a base de sílice está comprendido entre 5 nm y 30 nm, más particularmente entre 5 y 15 nm para la tioglucosidasa.

30 [0060] El procedimiento de inmovilización debe permitir optimizar las actividades catalíticas de las enzimas en comparación con las enzimas libres y potenciar su reutilización para producir un flujo constante y suficiente de producto biopesticida y/o repelente que permita una actividad biopesticida y/o repelente suficiente contra los patógenos contra los que se utiliza.

35 [0061] El material mesoporoso a base de sílice se sintetizará en condiciones ácidas utilizando un precursor de sílice que podría ser, entre otros, ortosilicato de tetraetilo (TEOS) y/o ortosilicato de tetrametilo (TMOS) y/o metiltrimetoxisilano (MTMOS) y/o (3-aminopropil)tri-metoxisilano (APTMO), en combinación con mezclas de copolímeros de tres bloques como Pluronic®F127 y/o Pluronic®F123 como agentes estructurantes. Los expertos en la técnica conocen numerosos métodos para lograr esta síntesis.

[0062] La estructura mesoporosa se puede producir hidrotérmicamente y/o mediante síntesis de sol-gel y se puede funcionalizar.

40 [0063] Las enzimas 4 que pueden inmovilizarse en el material mesoporoso son las que intervienen en la respuesta natural de las plantas ante un ataque de patógenos. Los compuestos biopesticidas y/o repelentes producidos durante la reacción enzimática pueden ser un bactericida, un fungicida, un insecticida y/o un nematocida.

45 [0064] La enzima seleccionada de la glucosidasa, las oxidoreductasas, las transferasas, las hidrolasas, las liasas, las isomerasas y las ligasas puede inmovilizarse en el material mesoporoso.

[0065] Las transferasas preferidas son las que pertenecen a la clase de las glucosidasas, es decir, las enzimas que hidrolizan los compuestos O-glicosilo y S-glicosilo.

50 [0066] Las liasas preferidas son, por ejemplo, liasas de carbono-azufre, en particular aliin liasa (también conocida como aliinasa).

55 [0067] En la presente invención también se pueden usar enzimas de la familia PF10604, es decir, la sintasa del factor lacrimógeno.

[0068] Una glucosidasa preferida es la tioglucosidasa. Esta es la enzima de elección cuya capacidad para transformar un precursor en un producto biopesticida y/o repelente se ha evaluado.

60 [0069] El procedimiento de inmovilización se puede realizar mediante los siguientes procesos conocidos en la técnica: métodos de reticulación, unión covalente, adsorción física, encapsulación y atrapamiento.

65 [0070] La inmovilización incluye la penetración de las enzimas dentro del material mesoporoso, a través de los nanoporos y un posible paso de reticulación entre las enzimas utilizando glutaraldehído o 1-etil-3-(3-dimetilaminopropil)carbodiimida y N-hidroxisuccinimida. Los expertos en la técnica conocen numerosos métodos para lograr la etapa de inmovilización.

[0071] A continuación, el biocatalizador mesoporoso se incluirá en un gel hidrófilo 6 hecho de agarosa, agar-agar, alginato, pectina, almidón, gelatina solos o en mezclas, preferentemente alginato.

[0072] El uso de alginato permite una gelificación sin calentar. Solo debe agregarse CaCl_2 para el paso de gelificación.

[0073] El gel hidrófilo 6 permite la difusión de los productos de la reacción enzimática, la difusión de los sustratos 8 de las enzimas 4 y el confinamiento de todos los productos químicos necesarios para mantener las enzimas 4 en un estado activo.

[0074] El gel hidrófilo 6 puede contener todos los minerales y cofactores indispensables para las actividades enzimáticas. Puede ser un tampón de fosfato ($\text{pH} = 6,1$) a una concentración comprendida entre 10 mM y 500 mM, preferentemente a una concentración de 100 mM y/o ácido ascórbico a una concentración comprendida entre 50 μM y 1500 μM , preferentemente a una concentración de 500 μM .

[0075] En caso de que los minerales y cofactores no se agreguen antes de la etapa de gelificación, se pueden agregar por difusión dentro del gel sumergiéndolo en un tampón acuoso que comprenda estos compuestos.

[0076] El pH de la preparación 100 capaz de producir biopesticida y/o repelente para controlar los patógenos de las plantas está comprendido preferiblemente entre 4 y 11. En particular, el pH del gel hidrófilo permite una actividad óptima de las enzimas inmovilizadas.

[0077] El gel hidrófilo con el material mesoporoso a base de sílice incrustado dentro de dicho gel hidrófilo, donde dicho material mesoporoso a base de sílice comprende tioglucosidasa inmovilizada, forma una preparación biopesticida y/o repelente 100 adaptada para controlar los patógenos de las plantas.

[0078] Tras la adición del sustrato 8 para la enzima 4 y tras la adición de agua, y, tras la adición de minerales y cofactores para activar la enzima 4 si no estaban incluidos anteriormente dentro de dicho gel hidrófilo 6, la enzima procederá a la síntesis de un producto 10 que presentará propiedades biopesticidas y/o repelentes. Este producto 10 será liberado y actuará para eliminar (en caso de actividad biopesticida) y/o mantener alejados (en caso de actividad repelente) la plaga y/o los patógenos de las plantas de las plantas vivas, tales como bacterias, hongos, insectos, hemípteros y/o nematodos.

[0079] El esquema de la figura 1 representa en particular un precursor 8 compuesto por dos restos químicos, uno es el biopesticida y/o el producto repelente 10, y el otro es un compuesto 22.

[0080] Preferiblemente, el producto 10 de la reacción enzimática es un compuesto orgánico volátil.

[0081] La preparación biopesticida y/o repelente 100 también puede aplicarse como recubrimiento sobre fibras 200 o fibras naturales. Esto se muestra esquemáticamente en la figura 2.

[0082] Tales fibras pueden ser, por ejemplo, cáñamo, lino, ortiga, algodón, yute, ramio, sisal y/o cualquier otra.

[0083] Preferiblemente, las fibras son de cáñamo o lino.

[0084] El sustrato 8 de la enzima 4 es capaz de difundirse dentro de la fibra 200. Esto permitirá que dicho sustrato 8 alcance la preparación 100 capaz de producir biopesticida y/o repelente para controlar los patógenos de las plantas para su procesamiento por la enzima 4.

[0085] Para proteger tales fibras 200 del secado, se recubrirá con una capa protectora, preferentemente una capa hidrófoba 12, las fibras 200 que contienen un recubrimiento de la preparación 100 capaz de producir biopesticida y/o repelente para controlar los patógenos de las plantas.

[0086] Dicha capa hidrófoba 12 también está configurada para ser permeable al producto biopesticida y/o repelente 10.

[0087] La capa hidrófoba 12 puede ser (3-aminopropil) trietoxisilano, (3-mercaptopropil) trietoxisilano, anhídrido succínico, dímero de alquilceteno, isocianato de 3-isopropenil- α - α -dimetilbencilo, m-fenilen bismaleimida, vinil trialcóxilisilano-trietoxisilano y/o cualquier otro.

[0088] El resto 22, resultante de la escisión del precursor 8, permanece o se difunde lentamente dentro de la preparación 100 capaz de producir biopesticida y/o repelente para controlar los patógenos de las plantas y, por lo tanto, no contamina el medio ambiente.

[0089] Como se indica en la figura 3, las fibras 200 con la preparación biopesticida y/o repelente 100 también podrían incorporarse dentro de un aparato protector contra las plagas 300, más particularmente mediante

recubrimiento sobre al menos una red fibrosa y/o al menos una cubierta fibrosa 14 de dicho aparato de protección contra plagas 300.

- 5 [0090] El aparato 300 de protección contra plagas de la presente invención también puede comprender medios para distribuir agua a la al menos una red fibrosa y/o la al menos una cubierta fibrosa 14, comprendiendo dichos medios preferiblemente un cartucho 16. Dicho cartucho 16 está configurado para estar en conexión de fluido con dicha al menos una red fibrosa y/o dicha al menos una cubierta fibrosa 14 y para ser alimentado con agua. Dicho cartucho 16 puede comprender una entrada 18 y una salida 20.
- 10 [0091] Según si el aparato 300 de protección contra plagas comprende o no el cartucho 16, dicho aparato está configurado para transformar al menos un precursor 8, que se incorpora a la preparación 100 capaz de producir biopesticida y/o repelente para el control de los patógenos de las plantas por difusión a través de la fibra 200, en un producto biopesticida y/o repelente 10; o incorporar el precursor 8 en dicho cartucho 16.
- 15 [0092] Dependiendo de si el aparato 300 de protección contra plagas comprende o no el cartucho 16, el al menos un mineral y/o el al menos un cofactor indispensable para la actividad enzimática se incorporan directamente dentro del gel hidrófilo 6 de la preparación biopesticida y/o repelente 100; o dentro del cartucho 16.
- 20 [0093] En el caso de la preparación 100 capaz de producir biopesticida y/o repelente para el control de los patógenos de las plantas, en el caso de las fibras, así como en el caso del aparato protector contra las plagas de la presente invención, la reacción enzimática es desencadenada por la adición de agua, que desempeña el papel de disolvente de la reacción, con lo que se pone el sustrato 8 en contacto con las fibras 200 de la preparación 100 capaz de producir biopesticida y/o repelente para el control de los patógenos de las plantas, y más particularmente, en contacto con el sitio activo de la enzima 4.
- 25 [0094] La segunda utilidad del agua es aportar a la enzima 4 el al menos un mineral y/o el al menos un cofactor indispensable para su actividad.
- 30 [0095] El agua puede provenir de la lluvia y/o de medios artificiales, como por ejemplo una bomba de desagüe, una manguera y/o un sistema de riego, y puede canalizarse para que entre en contacto con la preparación 100 capaz de producir biopesticida y/o repelente para el control de los patógenos de las plantas, con lo que se desencadena la reacción enzimática.
- 35 [0096] Cuando el aparato de protección contra plagas 300 comprende un cartucho 16, el flujo de agua llega al cartucho 16 a través de la entrada 18 que se proporciona en el cartucho.
- [0097] Una vez finalizada la reacción enzimática, se libera el producto 10, que presenta propiedades biopesticidas y/o repelentes. Generalmente, el producto es un compuesto orgánico volátil.
- 40 [0098] Este producto actúa para eliminar (en caso de actividad biopesticida) y/o mantener alejados (en caso de actividad repelente) las plagas y/o patógenos de las plantas de las plantas vivas, tales como bacterias, hongos, insectos, hemípteros y/o nematodos.
- 45 [0099] El producto biopesticida y/o repelente 10 resultante de la activación del precursor por la adición de agua a la preparación 100 descrita en la presente invención se aplica a plantas, preferentemente verduras y/o frutas, con el fin de prevenir ataques de plagas.

REIVINDICACIONES

1. Fibra (200) adaptada para controlar los patógenos de las plantas, **caracterizada por el hecho de que** dicha fibra (200) está recubierta con al menos una preparación (100) capaz de producir un biopesticida y/o repelente para el control de los patógenos de las plantas, donde dicha preparación (100) comprende al menos un material nanoporoso (2), al menos un precursor de biopesticida y/o repelente (8) que comprende compuestos de tipo O-glicosilo y S-glicosilo, y al menos una enzima activa (4) seleccionada del grupo de las glucosidasas, donde dicha al menos una enzima activa (4), que hidroliza compuestos O-glicosilo y S- glicosilo, está configurada para transformar el al menos un precursor de biopesticida y/o repelente (8) en un producto biopesticida y/o repelente (10), en el que dicha al menos una enzima activa (4) está inmovilizada dentro de dicho al menos un material (2), donde dicho al menos un material nanoporoso (2) está incrustado dentro de un gel hidrófilo (6), y donde dicha preparación está recubierta además con una capa hidrófoba.

2. Fibra (200) según la reivindicación 1, **caracterizada por el hecho de que** dicha fibra es cáñamo o lino.

3. Fibra (200) según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, **caracterizada por el hecho de que** dicho gel hidrófilo (6) está hecho de agarosa, agar-agar, alginato, pectina, almidón y/o gelatina, preferentemente de alginato.

4. Fibra (200) según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizada por el hecho de que** dicha al menos una enzima activa (4) es la tioglucosidasa.

5. Fibra (200) según cualquiera de las reivindicaciones 1- 4, **caracterizada por el hecho de que** dicha al menos una enzima activa (4) está unida covalentemente, adsorbida físicamente, encapsulada o atrapada dentro de dicho al menos un material nanoporoso (2).

6. Fibra (200) según cualquiera de las reivindicaciones 1- 5, **caracterizada por el hecho de que** dicha al menos una enzima activa (4) está reticulada con glutaraldehído o con 1-etil-3-(3-dimetilaminopropil)carbodiimida y N-hidroxisuccinimida.

7. Fibra (200) según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, **caracterizada por el hecho de que** dicho al menos un material nanoporoso (2) es un material mesoporoso a base de sílice.

8. Fibra (200) según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, **caracterizada por el hecho de que** dicha preparación (100) comprende además al menos un mineral y/o al menos un cofactor.

9. Fibra (200) según la reivindicación 8, **caracterizada por el hecho de que** dicho al menos un mineral y/o dicho al menos un cofactor es un tampón de fosfato o ácido ascórbico.

10. Aparato de protección contra plagas (300), que comprende al menos una red fibrosa y/o al menos una cubierta fibrosa (14),

caracterizado por el hecho de que dicha al menos una red fibrosa y/o dicha al menos una cubierta fibrosa (14) está hecha de fibras (200) adaptadas para controlar los patógenos de las plantas, donde dichas fibras (200) están recubiertas con al menos una preparación (100) capaz de producir un biopesticida y/o repelente para el control de los patógenos de las plantas, donde dicha preparación (100) comprende al menos un material nanoporoso (2) y al menos una enzima activa (4), donde dicha enzima es como se define según cualquiera de las reivindicaciones 1, 4 a 6 , **caracterizado por el hecho de que** al menos un precursor de biopesticida y/o de repelente (8) que comprende compuestos de tipo O-glicosilo y S-glicosilo está comprendido en la preparación (100) o está incorporado en un cartucho (16), donde dicho cartucho (16) está incluido en medios para distribuir agua a la red fibrosa y/o cubierta fibrosa (14) y configurado para estar en conexión de fluidos con dicha al menos una red fibrosa y/o dicha al menos una cubierta fibrosa (14) y para ser alimentado con agua.

11. Método para controlar los patógenos de las plantas con una preparación (100) que comprende al menos un material nanoporoso (2) y al menos una enzima activa (4) como se define según cualquiera de las reivindicaciones 1, 4 a 6, donde dicha al menos una enzima activa (4) está configurada para transformar al menos un precursor de biopesticida y/o repelente (8) que comprende compuestos de tipo O-glicosilo y S-glicosilo en un producto biopesticida y/o repelente (10), **caracterizado por el hecho de que** dicho método comprende los siguientes pasos de:

- a) activar el al menos un precursor de biopesticida y/o repelente (8) mediante la adición de agua a la preparación (100) recubierta sobre una fibra (200) adaptada para controlar los patógenos de las plantas, donde el al menos un precursor de biopesticida y/o repelente (8) está comprendido en la preparación (100) o está incorporado en un cartucho (16) del aparato protector contra las plagas (300) según la reivindicación 10;
- b) poner posteriormente el precursor (8) en contacto con las fibras (200) recubiertas con la preparación (100), preferentemente con el sitio activo de la enzima (4), para producir un biopesticida y/o repelente (10) para controlar los patógenos de las plantas, y

c) aplicar el producto biopesticida y/o repelente (10) resultante del paso (b) a plantas, preferentemente verduras y/o frutas, con el fin de prevenir ataques de plagas.

- 5 12. Método para controlar los patógenos de las plantas según la reivindicación 11, **caracterizado por el hecho de que** dicho al menos un precursor de biopesticida y/o repelente (8) está comprendido en la preparación (100) o está incorporado en el cartucho (16) con al menos un mineral y/o al menos un cofactor.

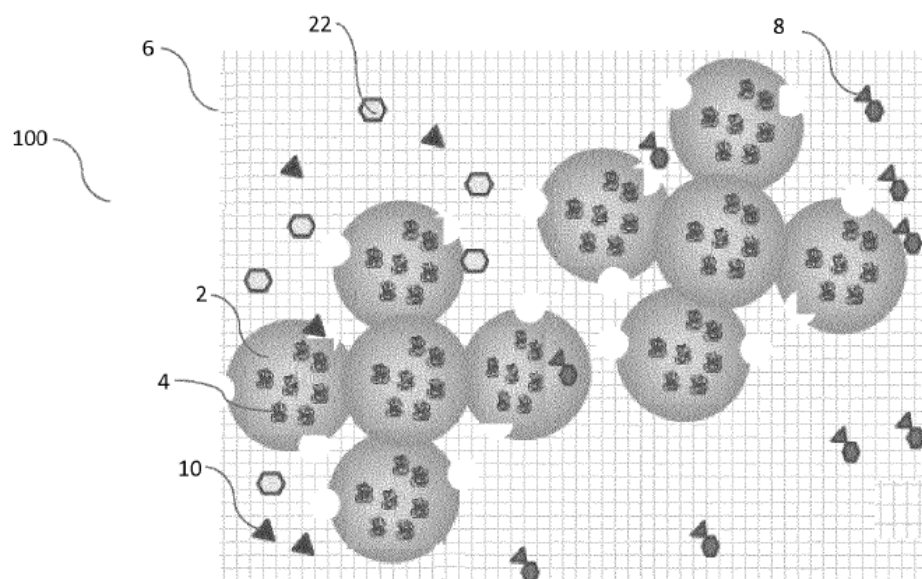


Fig. 1

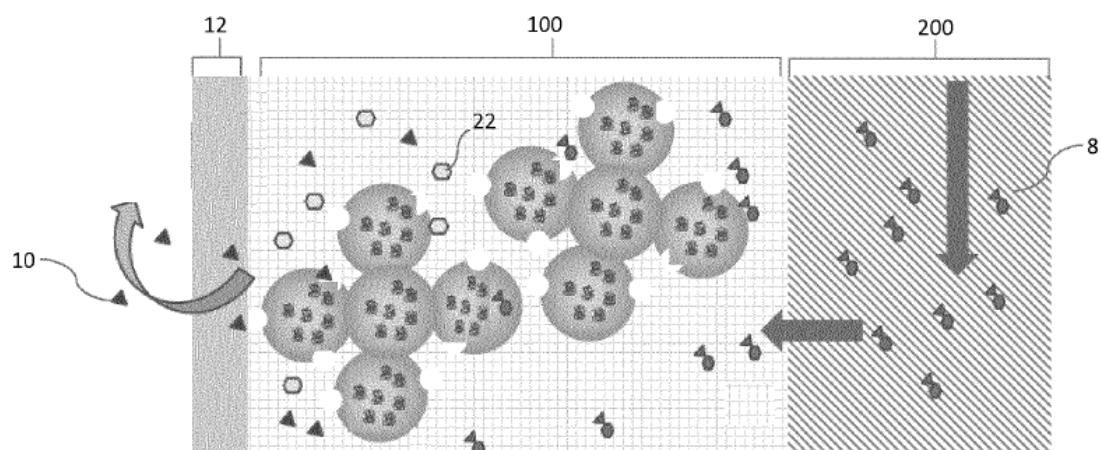


Fig. 2

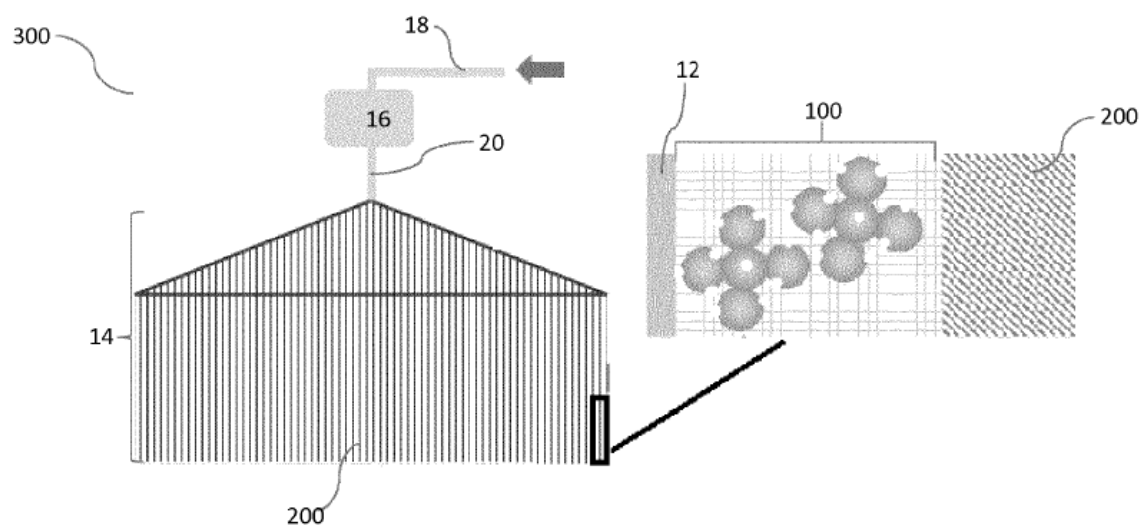


Fig. 3