

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 803**

51 Int. Cl.:

A61L 2/14 (2006.01)

A61L 2/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.10.2016** **PCT/US2016/057753**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.04.2017** **WO17070240**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2016** **E 16788620 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019** **EP 3247412**

54 Título: **Sistema de generación de gas reactivo y procedimiento de tratamiento con gas reactivo**

30 Prioridad:

23.10.2015 US 201514921910

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

12.11.2019

73 Titular/es:

NANO GUARD TECHNOLOGIES, LLC (100.0%)
1100 Corporate Square Drive, Suite 229
St. Louis, MO 63132, US

72 Inventor/es:

KEENER, KEVIN M. y
HOCHWALT, MARK A.

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 730 803 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

Sistema de generación de gas reactivo y procedimiento de tratamiento con gas reactivo

5 ANTECEDENTES

[0001] La descontaminación biológica y la esterilización tienen una amplia gama de aplicaciones que incluyen la esterilización de equipos y dispositivos médicos, la producción y conservación de alimentos y la preparación de bienes de consumo. Los productos químicos, el calor, los haces de electrones de alta energía y los sistemas de irradiación de rayos X o de rayos gamma se utilizan actualmente para la esterilización. Cada uno de estos sistemas tiene ventajas y desventajas debido al coste, la eficacia, la inmovilidad, los requisitos de potencia eléctrica, los desechos tóxicos, el riesgo personal y el tiempo necesario para la esterilización o descontaminación.

[0002] Los plasmas se han utilizado para la descontaminación y la esterilización. El plasma, un cuarto estado de la materia que se distingue del gas, líquido y sólido, puede producirse mediante descarga eléctrica, por ejemplo, descarga eléctrica a través de un gas. Aunque todos los plasmas contienen electrones, iones y especies neutrales, tendrán diferentes propiedades en función de la composición del gas utilizado para preparar el plasma, así como la configuración eléctrica y estructural del dispositivo utilizado para producir el plasma.

[0003] Un tipo de plasma es el plasma frío de alta tensión (HVCP), que puede prepararse utilizando sistemas de descarga de barrera dieléctrica (DBD). El HVCP puede prepararse utilizando la descomposición de un gas de desequilibrio, utilizando tensiones preferentemente de 30 kV a 500 kV, típicamente a una frecuencia de 50 o 60 Hz con un sistema DBD. El HVCP no se ha estudiado tan bien como otros tipos de plasmas, como puede ser el plasma térmico o los plasmas de RF. Por consiguiente, actualmente no existe una teoría que explique las propiedades de estos plasmas, ni las diversas especies excitadas y reactivas producidas en dicho plasma. Durante la última década, se ha llevado a cabo un examen experimental de HVCP para estudiar este plasma.

[0004] Se ha estudiado la exposición directa de materiales al HVCP. De particular relevancia son los estudios que exponen productos biológicos y contaminantes al HVCP, en los que los productos biológicos están sellados dentro de los envases y el HVCP se produce dentro del envase. En dichos estudios, los alimentos envasados, tales como productos agrícolas y otros materiales, fueron esterilizados en un corto espacio de tiempo. El producto dentro de los envases se pone en contacto directo con el plasma. Dado que los envases están sellados, el gas reactivo producido en el plasma permanece en contacto con el producto por tiempo indefinido, no se diluye ni se dispersa, y el producto envasado está protegido de la recontaminación, lo que aumenta drásticamente la vida útil de los productos, tales como frutas y verduras. Véase, por ejemplo, las patentes estadounidenses Pub., Pub. Núms. 2013/0189156 y 2014/0044595, ambas de Keener y col.

[0005] El documento US 2013/319460 A1 describe un aparato de limpieza para artículos de limpieza.

[0006] El documento WO 2009/041861 A1 describe un dispositivo y un procedimiento para levantar y manipular objetos.

[0007] El documento EP 2374753 A1 describe un dispositivo para producir una especie química a partir de un fluido mediante la implementación de una estructura resonante de microondas.

[0008] El documento WO 2014/135254 A1 describe un procedimiento y un dispositivo para limpiar un objeto.

RESUMEN

[0009] En un primer aspecto, la presente invención es un procedimiento para reducir las micotoxinas en frutas o semillas, que comprende:

producir un gas reactivo formando un plasma frío de alta tensión (HVCP) a partir de un gas de trabajo;

transportar el gas reactivo al menos a 3 metros del HVCP; seguido de poner en contacto la fruta o semillas con el gas reactivo;

en el que el gas reactivo es un gas producido por un HVCP, que incluye las especies excitadas y químicamente reactivas, pero no aquellas especies que se disipan en 0,2 segundos o menos.

[0010] En un segundo aspecto, la presente invención es un procedimiento para tratar un producto o superficie con un gas reactivo, que comprende:

producir el gas reactivo formando un plasma frío de alta tensión (HVCP) a partir de un gas de trabajo;

transportar el gas reactivo al menos a 3 metros del HVCP; seguido de poner en contacto el producto o superficie con el gas reactivo;

5 en el que el HVCP no se pone en contacto con el producto o la superficie, y en el que el producto o la superficie es *Salmonella*, *Listeria* y/o *E. coli* pasteurizada por la puesta en contacto; y

en el que el gas reactivo es un gas producido por un HVCP, que incluye las especies excitadas y químicamente reactivas, pero no aquellas especies que se disipan en 0,2 segundos o menos.

10

[0011] Un procedimiento para esterilizar médicamente una superficie, que comprende producir el gas reactivo formando un plasma frío de alta tensión (HVCP) a partir de un gas de trabajo; y el contacto de la superficie con el gas reactivo se describe en el presente documento. El HVCP no se pone en contacto con la superficie, y la superficie es la superficie de un espacio cerrado, o el equipo en un espacio cerrado, en el que el espacio cerrado tiene un volumen de, al menos, 8 metros cúbicos.

15

[0012] Un procedimiento para tratar un producto o superficie con un gas reactivo, que comprende proporcionar un recipiente que tiene gas reactivo almacenado producido mediante la formación de un plasma frío de alta tensión (HVCP) a partir de un gas de trabajo; y el contacto del producto o la superficie con el gas reactivo se describe en el presente documento. El gas reactivo comprende al menos una especie reactiva o excitada distinta del ozono.

20

[0013] En un tercer aspecto, la presente invención es un sistema (200, 300, 400) para tratar un producto o superficie con un gas reactivo, que comprende:

25

(1) un sistema de descarga de barrera dieléctrica (DBD) (206, 306, 406), y

(2) una cámara de tratamiento (216, 302, 400), conectada de manera fluida al sistema DBD (206, 306, 406),

en el que la cámara de tratamiento (216, 302, 400) tiene un volumen de al menos 1 metro cúbico; y

30

en el que la distancia entre el sistema DBD (206, 306, 406) y la cámara de tratamiento (216, 302, 400) es de al menos 3 metros; y

en el que el gas reactivo (210, 408) es un gas producido por un HVCP, que incluye especies excitadas y químicamente reactivas, pero no aquellas especies que se disipan en 0,2 segundos o menos.

35

DEFINICIONES

[0014] Toda la corriente descrita en este documento corriente alterna, especificada como voltios (V) y kilovoltios (kV) del valor cuadrático medio (RMS). El porcentaje (%) de las composiciones de gas son porcentajes en volumen.

40

[0015] Un plasma frío se refiere a un plasma que tiene una temperatura de como máximo 40 °C por encima de la temperatura del gas utilizado para preparar el plasma (es decir, el gas de trabajo), más preferentemente una temperatura de, como máximo, 20 °C por encima de la temperatura del gas utilizado para preparar el plasma.

45

[0016] Plasma frío de alta tensión (HVCP) significa un plasma frío preparado con un sistema de descarga de barrera dieléctrica (DBD), que utiliza tensiones de 500 kV como máximo, con una frecuencia máxima de 1000 Hz, preparado a partir de un gas con una presión de 10 a 50000 Torr, tal como 760 Torr (presión atmosférica). El HVCP no es un plasma térmico, no es un plasma de microondas y no es un plasma de radiofrecuencia (RF). Los plasmas de HVCP se preparan bajo condiciones de descomposición de desequilibrio.

50

[0017] Gas reactivo significa el gas producido por un HVCP, que incluye las especies excitadas y químicamente reactivas, pero no aquellas que se disipan en 0,2 segundos o menos. La composición de un gas reactivo cambiará con el tiempo a medida que las especies excitadas se disipen y se produzcan reacciones químicas dentro del gas reactivo. El gas reactivo es el gas que se puede alejar del sistema DBD que produce un HVCP. Se considera que una especie reactiva o una especie excitada está presente en un gas reactivo si puede detectarse mediante espectroscopia.

55

[0018] Descarga de barrera dieléctrica (DBD), o un sistema DBD, significa un sistema que tiene al menos dos electrodos separados por una barrera dieléctrica, y puede tener más electrodos, en el que hay una barrera dieléctrica entre cada electrodo, para evitar la carga generada en el gas por una descarga al alcanzar un electrodo. La distancia más corta entre los electrodos adyacentes en un sistema DBD es preferentemente como máximo 30 cm (o 12 pulgadas) y, preferentemente, es al menos 0,5 cm (o 0,25 pulgadas). Preferentemente, los sistemas DBD están configurados para operar en condiciones para producir un HVCP. Ejemplos de sistemas DBD se ilustran en las figs. 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F; preferentemente, los electrodos están separados por un espacio o plenum directamente entre

65

los electrodos según se ilustra en las figs. 1A, 1B, 1C y 1F.

[0019] El gas de trabajo y la mezcla de gas de trabajo se refieren al gas que se utiliza para formar un plasma.

5 **[0020]** Envase significa un contenedor que tiene un volumen máximo de 6 galones (o 22,7 litros).

[0021] Sellado o sustancialmente sellado significa que los gases dentro del envase o contenedor permanecen en el interior y no fluyen o se difunden fuera del envase o contenedor durante, al menos, 24 horas, si no se los perturba.

10 **[0022]** Esterilización o esterilizado significa esterilización médica o esterilizado médicamente, lo que significa someter (o haber sido sometido) a un tratamiento suficiente para reducir el número de esporas de *Bacillus atrophaeus* viables sobre, o dentro de, un producto, o superficie a, como máximo, 1×10^{-6} de la cantidad presente antes del tratamiento, si dichas esporas hubieran estado presentes.

15 **[0023]** Esterilización en lata o esterilizado en lata significa someter (o haber sido sometido) a un tratamiento suficiente para reducir el número de esporas de *Clostridium botulinum* viables sobre, o dentro de, un producto o superficie a, como máximo, 1×10^{-12} de la cantidad presente antes del tratamiento, si dichas esporas hubieran estado presentes.

20 **[0024]** *E. coli* pasteurizada significa someter (o haber sido sometido) a un tratamiento suficiente para reducir el número de *Escherichia coli* O157:H7 viable sobre, o dentro de, un producto o superficie a, como máximo, 1×10^{-5} de la cantidad presente antes del tratamiento, si dicha bacteria hubiera estado presente.

[0025] *Listeria* pasteurizada significa someter (o haber sido sometido) a un tratamiento suficiente para reducir el número de *Listeria monocytogenes* viable sobre, o dentro de, un producto o superficie a, como máximo, 1×10^{-5} de la cantidad presente antes del tratamiento, si dicha bacteria hubiera estado presente.

[0026] *Salmonella* pasteurizada significa someter (o haber sido sometido) a un tratamiento suficiente para reducir el número de *Salmonella enterica* subesp. *enterica* serovar *enteritidis* viable sobre, o dentro de, un producto o superficie hasta como máximo 1×10^{-5} de la cantidad presente antes del tratamiento, si tal bacteria hubiera estado presente.

[0027] La frase "contiene demasiada micotoxina para uso como alimento humano según los estándares de los EE. UU." significa que el producto al que se hace referencia contiene más de 20 partes por billón (ppb) de aflatoxinas, más de 1000 ppb de deoxinivalenol y/o más de 200 ppb de fumonisinas, mientras que la frase "es adecuada para uso como alimento humano según los estándares de los EE. UU." significa que el producto al que se hace referencia contiene, como máximo, 20 ppb de aflatoxinas, como máximo 1000 ppb de deoxinivalenol y, como máximo, 200 ppb de fumonisinas.

40 **[0028]** La frase "contiene demasiada micotoxina para uso como alimento humano según las normas de la UE" significa que el producto al que se hace referencia contiene más de 2 ppb de aflatoxina B1, más de 4 ppb de aflatoxinas totales, más de 750 ppb de deoxinivalenol, más de 1000 ppb de fumonisinas y/o más de 75 ppb de zearalenona, mientras que la frase "es adecuada para uso como alimento humano según los estándares de la UE" significa que el producto al que se hace referencia contiene, como máximo 2 ppb de aflatoxina B1, como máximo 4 ppb de aflatoxinas en total, como máximo 750 ppb de deoxynivalenol, como máximo 1000 fumonisinas ppb y como máximo zearalenona 75 ppb.

[0029] La frase "contiene demasiada micotoxina para uso como alimento para animales según los estándares de los EE. UU." significa que el producto al que se hace referencia contiene más de 20 ppb de aflatoxinas, más de 5000 ppb de deoxinivalenol, más de 5000 ppb de fumonisinas y/o más de 1000 ppb de zearalenona, mientras que la frase "es adecuada para uso como alimento para animales según los estándares de los EE. UU." significa que el producto al que se hace referencia contiene como máximo 20 ppb de aflatoxinas, como máximo 5000 ppb de deoxinivalenol, como máximo 5000 ppb de fumonisinas y como máximo 1000 ppb de zearalenona.

55 **[0030]** La frase "contiene demasiada micotoxina para uso como alimento para animales según los estándares de la UE" significa que el producto al que se hace referencia contiene más de 10 ppb de aflatoxinas, más de 1750 ppb de desoxinivalenol, más de 4000 ppb de fumonisinas y/o más de 100 ppb de zearalenona, mientras que la frase "es adecuada para uso como alimento para animales según los estándares de la UE" significa que el producto al que se hace referencia contiene como máximo 10 ppb de aflatoxinas, como máximo 1750 ppb de deoxinivalenol, como máximo 4000 ppb de fumonisinas y como máximo 100 ppb de zearalenona.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0031] Las siguientes figuras se proporcionan para ayudar a ilustrar los productos, dispositivos y procedimientos de la aplicación, pero son posibles otras variaciones y configuraciones. Las figuras no están dibujadas

a escala, con el tamaño de algunas partes aumentado o disminuido para una mayor claridad.

Las figs. 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F son ilustraciones esquemáticas de una variedad de sistemas DBD.

5 La fig. 2 es una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento de gas reactivo para el tratamiento continuo de un producto o una superficie con un gas reactivo.

La fig. 3 es una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento de gas reactivo para el tratamiento por lotes de un producto o una superficie con un gas reactivo.

10 La fig. 4 es una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento de gas reactivo para el tratamiento de equipos y/o superficies con un espacio cerrado.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

15 **[0032]** La presente invención aprovecha el gas reactivo producido por el HVCP. El gas reactivo puede esterilizar o pasteurizar las superficies incluso cuando se transporta a una distancia significativa del sistema DBD en la que se produce el plasma, por ejemplo, de 3 a 30 metros (o de 10 a 100 pies). Además, el gas reactivo es capaz de descomponer algunos materiales orgánicos y biológicos, como las micotoxinas. Esto es bastante sorprendente, ya
20 que a diferencia del HVCP producido dentro de un envase, no hay exposición directa del producto al HVCP, el tiempo de contacto del gas reactivo con el producto es limitado, por ejemplo, durante 1 segundo, 1 minuto, 30 minutos, o una hora. Además, como el gas reactivo se transporta lejos del sistema DBD en el que se produce el HVCP, se diluye por difusión en el gas circundante y se mezcla con el gas circundante y/o el gas de trabajo. Dado que el gas reactivo se transporta lejos del sistema DBD, se pueden exponer volúmenes de producto mucho mayores al gas reactivo, en
25 procedimientos discontinuos o procedimientos continuos. Además, también se puede llevar a cabo una desinfección a gran escala, como la desinfección de una suite quirúrgica.

[0033] Las figs. 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F son ilustraciones esquemáticas de una variedad de sistemas DBD que se pueden usar para producir el HVCP que produce un gas reactivo. Un sistema DBD incluye una fuente de alta
30 tensión, **10**, que tiene un conductor a tierra que genera una corriente alterna, un primer electrodo, **20**, un segundo electrodo, **30**, y un dieléctrico intermedio, **40**. Uno o más dieléctricos intermedios adicionales, **60**, también pueden estar presentes entre el primer y el segundo electrodo. En algunas configuraciones, el dieléctrico puede rodear el primer y/o segundo electrodo. En algunas configuraciones, la acumulación de carga en los electrodos, utilizada junto con la forma de onda de la tensión, puede usarse para estimar el consumo de potencia del sistema DBD, y puede
35 medirse determinando la tensión desarrollada a través de un condensador convencional u otro sensor, **70**. Preferentemente, está presente un plenum, **50**, que define un espacio entre los electrodos en el que se producen el HVCP y el gas reactivo, según se muestra en las figs. 1A, 1B, 1C y 1F. Sin embargo, el HVCP y el gas reactivo también pueden producirse en las proximidades de los dieléctricos, incluso cuando no está presente un plenum transparente en el sistema DBD, según se ilustra en las figs. 1D y 1E. En algunas configuraciones, se pueden usar múltiples
40 electrodos, tal como de 3 a 10 electrodos, de 4 a 8 electrodos, o de 5 a 7 electrodos, con uno o más dieléctricos intermedios entre cada par de electrodos adyacentes y, opcionalmente, formando múltiples plenums, según se ilustra en la fig. 1F (en los que se puede usar una estructura, **80**, para sujetar cada conjunto de electrodo-dieléctrico (tales como **40**, **20** y **40**) que definen cada plenum (**50**)); dicha disposición permite la producción de una mayor cantidad de HVCP y, por lo tanto, la producción de gas reactivo, al mismo tiempo que mantiene la distancia adecuada entre los
45 electrodos y mantiene el sistema compacto. La configuración del sistema DBD da como resultado la limitación de la corriente de cualquier descarga filamentosas que se forma entre los electrodos para evitar la formación de un arco de alta corriente. En una disposición preferida, un primer electrodo está completamente encerrado en un dieléctrico, y un segundo electrodo está conectado a tierra.

50 **[0034]** Los electrodos pueden estar formados de cualquier material conductor, como puede ser un metal. Los dieléctricos pueden formarse a partir de cualquier material aislante (material dieléctrico), tal como cerámica, vidrio, materiales orgánicos o plásticos, incluidas capas múltiples de diversas composiciones. El grosor del dieléctrico, o diferentes capas del dieléctrico, debe seleccionarse para limitar la corriente de cualquier descarga filamentosas que pueda formarse entre los electrodos. La selección de materiales para las capas dieléctricas puede tener un efecto en
55 la composición del gas reactivo.

[0035] La distancia entre los electrodos adyacentes cuando los electrodos son paralelos, o la distancia más corta entre los electrodos adyacentes cuando los electrodos no son paralelos, es preferentemente, como máximo, 30 cm (o 12 pulgadas) y, preferentemente, es al menos 0,5 cm (o 0,25 pulgadas), tal como de 1 a 10 cm, o de 2,5 a 6 cm
60 (o de 1 a 2 pulgadas), incluido 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 cm. La fuente de alta tensión produce una tensión de como máximo 500 kV, más preferentemente de 30 kV a 150 kV, incluido 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 100, 110, 120, 130 y 140 kV; con una frecuencia de como máximo 1000 Hz, más preferentemente de 10 a 100 Hz, tal como de 50 a 60 Hz. También se puede usar potencia de CC variable en el tiempo (es decir, pulsada). Aunque la frecuencia se elige principalmente por conveniencia (por ejemplo, la red eléctrica municipal proporciona una potencia de CA de 50 o 60 Hz), se selecciona
65 la tensión para asegurar la producción de HVCP.

[0036] La selección diferente de gases de trabajo y mezclas de gases de trabajo afectará a las especies presentes en el gas reactivo producido por el HVCP. Ejemplos de gases que pueden usarse para preparar el HVCP incluyen oxígeno (O₂); nitrógeno (N₂); vapor de agua (H₂O); gases inertes y nobles tales como helio (He), neón (Ne), argón (Ar), criptón (Kr), xenón (Xe) y hexafluoruro de azufre (SF₆); hidrógeno (H₂); dióxido de carbono (CO₂) y monóxido de carbono (CO); halógenos y pseudohalógenos tales como flúor (F₂), cloro (Cl₂), bromo (Br₂) y cianógeno ((CN)₂); gases ácidos tales como sulfuro de hidrógeno (H₂S), fluoruro de hidrógeno (HF), cloruro de hidrógeno (HCl) y sulfuro de carbonilo (COS); amoníaco (NH₃); hidracina (H₄N₂); trifluoruro de nitrógeno (NF₃); dióxido de cloro (ClO₂); hidrocarburos tales como metano (CH₄), etano (C₂H₆) y acetileno (H₂C₂); alcoholes tales como metanol (CH₃OH) y etanol (C₂H₅OH); y mezclas de los mismos. Los gases preferidos incluyen aire y MA65 (una mezcla del 65 % de O₂, 30 % de CO₂ y 5 % de N₂). El aumento de la cantidad de vapor de agua en el gas puede usarse para reducir el ozono presente en el gas reactivo. El aumento de la cantidad de gas noble, como el helio, se puede usar para reducir la tensión necesaria para producir el HVCP. La presión del gas utilizado para preparar el HVCP se selecciona oportunamente como presión ambiente o atmosférica, pero se pueden usar otras presiones, tal como 1333 a 6666100 Pa (10 a 50000 Torr), más preferentemente 13332 a 133322 Pa (100 a 1000 Torr), tal como 101325 Pa (760 Torr, presión atmosférica).

[0037] El gas reactivo contiene una variedad de especies reactivas y excitadas, y el gas reactivo siempre contiene al menos una (y típicamente más de una) especies reactivas y/o excitadas que no están presentes en el gas de trabajo. Cuando el gas de trabajo contiene oxígeno (por ejemplo, O₂, CO₂ y/o H₂O), se puede formar ozono; sin embargo, las propiedades y reacciones del gas reactivo no se explican por la presencia solo de ozono, y el gas reactivo siempre contiene otras especies reactivas y excitadas además de cualquier ozono (que puede estar presente o no en el gas reactivo). Además del ozono, otras especies reactivas y excitadas que pueden estar presentes en el gas reactivo incluyen: oxígeno singlete (¹O₂) y otras especies moleculares excitadas (tanto moléculas excitadas vibracionalmente como átomos y/o moléculas excitadas electrónicamente, tales como O₂, H₂, N₂, CO, CO₂, H₂O, He, Ne, Ar, Kr y Xe), radical hidroxilo (HO•), óxidos de nitrógeno (tales como N₂O, NO, NO₂, NO₃, N₂O₃, N₂O₄ y N₂O₅), peróxido de hidrógeno (H₂O₂), hidroperoxil (HO₂), especies de HNO_x (tales como HNO₄, HNO₃ y HNO), radicales atómicos (tales como O, F, Cl, N y H) y radicales moleculares (tales como radicales de hidrocarburo, que también pueden contener uno o más de oxígeno, nitrógeno, flúor y cloro). Preferentemente, el gas reactivo tiene al menos una especie reactiva y/o excitada adicional además de ozono y NO₂ (o N₂O₄) (que puede o no estar presente). A diferencia del HVCP, el gas reactivo no es un plasma y no contiene electrones libres. Preferentemente, el gas reactivo contiene al menos 2 especies reactivas y/o excitadas diferentes enumeradas anteriormente, más preferentemente, al menos 3 especies reactivas y/o excitadas diferentes enumeradas anteriormente, incluso más preferentemente, al menos 4 especies reactivas y/o excitadas diferentes enumeradas anteriormente, y lo más preferentemente, al menos 5 especies reactivas y/o excitadas diferentes enumeradas anteriormente, incluidas de 2 a 10 o de 3 a 8 o de 4 a 6 especies reactivas y/o excitadas diferentes enumeradas anteriormente.

[0038] También es posible capturar y almacenar el gas reactivo en un recipiente para su uso posterior. Preferentemente, el gas reactivo almacenado se utiliza para tratar un producto o superficie dentro de las 24 horas posteriores a su producción, más preferentemente dentro de las 12 horas, más preferentemente dentro de las 6 horas, incluso más preferentemente con 3 horas.

[0039] El gas reactivo también puede capturarse y almacenarse mediante refrigeración a temperaturas extremadamente bajas, por ejemplo, utilizando nitrógeno líquido como refrigerante, o utilizando helio líquido como refrigerante. Cuando se captura y almacena a temperaturas tan bajas, el gas reactivo puede almacenarse durante largos períodos de tiempo, por ejemplo, de 1 día a 6 semanas, y posiblemente más. Se pueden usar recipientes, tales como recipientes de vidrio o metal usados para almacenar otros gases licuados o solidificados.

[0040] Un sistema de tratamiento de gas reactivo incluye un sistema DBD o un gas reactivo almacenado, y una cámara de tratamiento. El sistema de tratamiento de gas reactivo también incluye un dispositivo, un mecanismo o una configuración para alejar el gas reactivo del sistema DBD (que produce un HVCP, que a su vez produce el gas reactivo) o de un contenedor que tiene gas reactivo almacenado, hacia, o a través de, la cámara de tratamiento; esto puede ser una conexión de fluido entre el sistema DBD y la cámara de tratamiento. Preferentemente, la cámara de tratamiento no está sellada; dicha cámara no sellada incluiría una cámara de tratamiento con una salida de gas. Preferentemente, la cámara de tratamiento tiene un volumen de al menos 28 litros (o 1 pie cúbico), más preferentemente un volumen de al menos 1 metro cúbico, e incluso más preferentemente al menos 8 metros cúbicos. Ejemplos de cámaras de tratamiento incluyen habitaciones, contenedores, secadoras de granos, silos, depósitos y contenedores de envío.

[0041] El sistema de gas reactivo puede usarse para llevar a cabo un procedimiento de tratamiento de un producto y/o una superficie, suministrando el gas reactivo (ya sea a partir del gas reactivo almacenado, o generando un HVCP utilizando un sistema DBD), y distribuyendo el gas reactivo hacia, o a través de, la cámara de tratamiento. Los ejemplos de un dispositivo, mecanismo o configuración para mover el gas reactivo incluyen la convección, una vía o línea de gas, un ventilador y el suministro de gas de trabajo en un flujo o presurizado al sistema DBD. Preferentemente, el producto o la superficie tratada por el gas reactivo no se calienta (es decir, su temperatura no aumenta) por el procedimiento de tratamiento en más de 40 °C, más preferentemente en no más de 20 °C, incluso

más preferentemente en no más de 10 °C, y más preferentemente en no más de 5 °C, como por ejemplo sin calentamiento del producto o superficie. El tratamiento con el gas reactivo es un procedimiento de procesamiento no térmico. Preferentemente, los productos o las superficies no están expuestos a la radiación (tal como la luz UV) producida por un HVCP durante el procedimiento. Opcionalmente, puede usarse aire, un gas de trabajo u otro gas (como un gas noble o nitrógeno) para expulsar el gas reactivo de la cámara de tratamiento, o la cámara de tratamiento puede ser evacuada. El procedimiento se puede repetir opcionalmente 1, 2, 3 o más veces, para proporcionar múltiples tratamientos a productos o superficies. Opcionalmente, el producto se puede sellar en un contenedor y/o refrigerarse después del tratamiento con un gas reactivo. Preferentemente, el producto a tratar no está encerrado en un contenedor sellado o sustancialmente sellado, tal como un contenedor con un volumen de 10 galones como máximo, o de 6 galones como máximo, durante el tratamiento. Preferentemente, el HVCP no se produce dentro de un contenedor sellado, tal como un contenedor con un volumen de como máximo 37,9 litros (10 galones), o como máximo 22,7 litros (6 galones).

[0042] El gas reactivo producido por el HVCP se transporta lejos del lugar de producción del HVCP (para evitar la exposición directa del producto o la superficie al HVCP), por difusión o transferencia de gas. La distancia entre el plasma y el producto o la superficie a tratar es de al menos una distancia de 3 metros, por ejemplo de 3 a 300 metros, incluidos 5, 10, 20, 30, 40 y 50 metros. En la mayoría de las configuraciones, se permite que el gas reactivo fluya mientras está en contacto con un producto o superficie a tratar, aunque también es posible producir el gas reactivo y transferirlo a un sitio para tratar el producto o la superficie, y confinar el gas a la ubicación de tratamiento por un período de tiempo. Los ejemplos de caudales para transferir el gas reactivo a una ubicación para el contacto con un producto o superficie incluyen de 10 a 3000 metros/minuto, de 30 a 2500 metros por minuto y de 1000 a 2000 metros/minuto, tal como 50, 100, 200, 300, 400, 500, 750 y 1500 metros/minuto. Se permite que el gas reactivo entre en contacto con el producto o la superficie durante al menos 1 segundo, por ejemplo, al menos 2 segundos, al menos 10 segundos, al menos 30 segundos, al menos 1 minuto, al menos 10 minutos, al menos 30 minutos, a al menos 35 minutos, al menos 1 hora, al menos 6 horas o al menos 12 horas. Los ejemplos de tiempos de contacto incluyen de 1 segundo a 12 horas, de 10 segundos a 1 hora, de 1 minuto a 35 minutos, incluidos 5 segundos, 15 segundos, 2 minutos, 5 minutos, 20 minutos, 35 minutos, 40 minutos, 2 horas, 3 horas, 4 horas y 5 horas.

[0043] La fig. 2 es una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento de gas reactivo, **200**, para el tratamiento continuo de un producto o una superficie con un gas reactivo. El sistema incluye un sistema DBD, **206**, para generar un HVCP para producir un gas reactivo, **210**. El gas reactivo fluye a lo largo de una vía de gas, **208**, hacia una cámara de tratamiento, **216**, y posteriormente sale por una salida de gas, **222**. El producto, **214**, a tratar o que tiene una superficie a tratar, puede almacenarse en una tolva, **212**, a medida que se suministra hacia la cámara de tratamiento, y sobre un transportador, **218**, que mueve el producto a través de la cámara de tratamiento y hacia un contenedor de recepción, **220**, que contendrá el producto después de ponerse en contacto con el gas reactivo. También se ilustra una fuente de gas, **202**, tal como un depósito de gas, que proporciona un gas de trabajo a partir del cual se forma el HVCP, y una línea de gas, **204**, que suministra al sistema DBD el gas de trabajo. El gas reactivo se puede diluir con gas de trabajo adicional a medida que fluye a través del sistema. El transporte del gas reactivo desde el sistema DBD a la cámara de tratamiento es a través de un diferencial de presión entre el sistema DBD (a una presión más alta desde la introducción del gas de trabajo) y la cámara de tratamiento (a una presión más baja debido a la salida de gas). Opcionalmente, la salida de gas se puede conectar de nuevo al sistema DBD mediante una segunda línea de gas, permitiendo el reciclaje del gas de trabajo y cualquier gas reactivo restante. Opcionalmente, el sistema DBD puede ubicarse dentro de la cámara de tratamiento, evitando la necesidad de una vía de gas. En una variación, el gas de trabajo puede ser aire, y el transporte del gas reactivo puede ser causado por un ventilador ubicado en la vía de gas (soplando el gas reactivo hacia la cámara de tratamiento) o en la parte posterior del sistema DBD (aire soplado) a través del sistema DBD). Opcionalmente, el transportador puede transportar el producto en una pantalla para asegurar que el gas reactivo entre en contacto en todas las superficies del producto. Además, el producto puede moverse a través de la cámara de tratamiento en una pluralidad de transportadores, en los que el producto se desplaza a medida que se mueve desde un primer transportador a un segundo transportador, asegurando que el gas reactivo entre en contacto con todas las superficies del producto. En otra variación, el sistema DBD puede eliminarse utilizando un gas reactivo almacenado como fuente de gas y transportando el gas reactivo directamente a la cámara de tratamiento. Se puede utilizar una variedad de transportadores diferentes, tales como una cinta transportadora permeable, un tornillo, un secador de túnel, un secador de grano o un secador cilíndrico.

[0044] La fig. 3 es una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento de gas reactivo, **300**, para el tratamiento por lotes de un producto o una superficie con un gas reactivo. El sistema incluye un sistema DBD, **306**, para generar un HVCP para producir un gas reactivo. El gas reactivo fluye a lo largo de las vías de gas, **308** y **312**, hacia una cámara de tratamiento, **302**, y posteriormente sale a través de una vía de gas, **316**, a través de una rejilla de recuperación de producto opcional, **318**, a lo largo de una vía de gas, **320**, y sale a través de una salida de gas, **324**. Parte o todo el gas reactivo y el gas de trabajo se pueden reciclar al sistema DBD a través de una vía de gas opcional, **304**. El gas reactivo y el gas de trabajo son impulsados a través del sistema por ventiladores, **310** y **322**. El producto, **314**, a tratar o que tiene una superficie a tratar, está presente en la cámara de tratamiento; según se ilustra, el gas reactivo se suministra a través de la parte inferior de la cámara de tratamiento para crear un lecho fluidizado a partir del gas reactivo y el producto para asegurar el tratamiento de todas las superficies del producto. La rejilla de recuperación del producto se puede usar para capturar cualquier producto que salga de la cámara de tratamiento

hacia la vía de gas, y lo devuelva a la cámara de tratamiento. La cámara de tratamiento puede ser un silo en el sistema ilustrado; otras cámaras de tratamiento incluyen un lecho fluido, un lecho fluido mecánico y un contenedor. El gas reactivo se puede diluir con gas de trabajo adicional a medida que fluye a través del sistema. Según se ilustra, el gas de trabajo puede ser aire, pero opcionalmente la vía de gas, **304**, puede conectarse a una fuente de gas para suministrar un gas de trabajo al sistema DBD. En otra variación, el sistema DBD puede eliminarse y sustituirse con gas reactivo almacenado.

[0045] Cualquier producto o superficie se puede tratar con el gas reactivo, para esterilizar (esterilización médica o esterilización en lata) o pasteurizar (*Salmonella* pasteurizada, *Listeria* pasteurizada o *E. coli* pasteurizada) el producto o su superficie y/o eliminar contaminantes, tales como toxinas. Los ejemplos de productos incluyen alimentos frescos (como frutas, verduras, granos, frijoles, semillas, carne, productos lácteos, huevos y condimentos), mariscos (pescado y moluscos, y sus partes), alimentos preparados, alimentos congelados, alimentos procesados antes del envasado (agua, bebidas, alimentos para bebés, huevos líquidos, jugo de frutas, harina, aceite, productos nutricionales, vitaminas, nutracéuticos y alimentos horneados), productos envasados (para el tratamiento del exterior de los envases), alimentos para animales, latas, botellas, recipientes de plástico, recipientes para alimentos, batería de cocina y utensilios; pastillas, cápsulas, formas de dosificación unitaria y polvos; dispositivos médicos y equipos médicos, tanto antes como después de su uso; vidrio de laboratorio y artículos de plástico; productos cerámicos; productos metálicos; y productos de cuero y madera.

[0046] Si no se consigue una reducción suficiente de los microorganismos viables (o esporas de los microorganismos) mediante el tratamiento con el gas reactivo, se pueden llevar a cabo tratamientos sucesivos hasta que se consiga la reducción deseada, por ejemplo, suficiente para conseguir la esterilización médica o la esterilización en lata. Por ejemplo, se pueden llevar a cabo de 1 a 10 tratamientos, o de 2 a 9 tratamientos, incluidos 3, 4, 5, 6, 7 u 8 tratamientos. Del mismo modo, el tiempo de tratamiento también puede extenderse. Preferentemente, el tratamiento con gas reactivo se repite hasta que se consiga la esterilización médica o la esterilización en lata, o se consiga la pasteurización con *Salmonella*, la pasteurización con *Listeria* o la pasteurización con *E. coli* según las reivindicaciones.

[0047] Al igual que con la esterilización o la pasteurización, si no se consigue una reducción suficiente de la toxina (tal como la micotoxina o la aflatoxina) mediante el tratamiento con el gas reactivo, se pueden llevar a cabo tratamientos sucesivos hasta conseguir la reducción deseada. Por ejemplo, el tratamiento puede repetirse hasta que se consiga una reducción de al menos una reducción del 50 %, o al menos una reducción del 90 %.

[0048] Las superficies de los productos, habitaciones y contenedores pueden tratarse con gas reactivo, desodorizar, eliminar plagas e insectos, eliminar o matar el moho, esterilizar, pasteurizar, blanquear y destruir toxinas tales como toxinas biológicas y pesticidas. El gas reactivo también se puede usar para tratar aguas residuales, gases de escape (tales como los gases de escape de los automóviles), modificar químicamente los aceites y desnaturalizar las enzimas.

[0049] Frutas (tales como partes de frutas y frutos secos) y semillas (por ejemplo, partes de semillas; granos tales como trigo, arroz y maíz; legumbres como guisantes, frijoles, lentejas, soja y cacahuetes; y nueces tales como los anacardos, las nueces de macadamia, las avellanas, las castañas, las bellotas, las almendras, las pacanas, los pistachos, las nueces y las nueces de Brasil), en particular las contaminadas con micotoxinas, como las aflatoxinas, son productos preferidos porque el gas reactivo puede destruir dichas toxinas, haciendo que dichos productos que antes no eran adecuados para el consumo humano o animal, puedan utilizarse para dichos fines. Los ejemplos de toxinas que se pueden eliminar o reducir con el contacto con gas reactivo incluyen: aflatoxina (como la aflatoxina B1, B2, G1 y G2), desoxinivalenol (como el 15-acetil deoxinivalenol y 3-acetil deoxinivalenol), ocratoxina A, toxina T2, Toxina HT-2, zearalenona y fumonisina (como la fumonisina B1, B2 y B3). La siguiente tabla indica la cantidad de diversas micotoxinas por encima de las cuales un producto no es adecuado para su uso como alimento humano o animal, tanto en los EE. UU. como en Europa (UE). El tratamiento con gas reactivo, incluido el tratamiento repetido con gas reactivo, puede usarse para eliminar suficientes micotoxinas para transformar un producto que no es adecuado para su uso como alimento humano o animal en un producto que sea adecuado para su uso como alimento humano o animal.

Tabla 1. Recomendaciones y reglamentos sobre límites seguros para las concentraciones de micotoxinas en granos en Estados Unidos y la Unión Europea, a partir de 2008.

Micotoxina	Grano para el consumo humano		Grano para el consumo animal	
	USA ^a	UE ^b	USA ^a	UE ^b
Aflatoxinas	20 ppb	2-4 ppb ^c	20-300 ppb ^d	10-50 ppb ^d
Deoxinivalenol	1000 ppb	750 ppb	5000-10 000 ppb ^d	1.750 ppb
Fumonisinas	200-4000 ppb ^c	1.000 ppb	5000-100 000 ppb ^d	4.000 ppb

(continuación)

Zearalenona	No hay niveles orientativos; 75-100 ppb ^c criterio de caso por caso	1000-200 000 ppb ^d	100-350 ppb ^d
-------------	---	-------------------------------	--------------------------

^aMunkvold, 2003a^bReglamento de la Comisión (CE) n.º 1126/2007^cVaría entre los alimentos específicos^dVaría entre las especies de ganado

5

[0050] La fig. 4 es una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento de gas reactivo para el tratamiento de equipos y/o superficies con un espacio cerrado, como una habitación, un contenedor de envío, un remolque o un camión refrigerado. Dentro de la cámara de tratamiento, 400, que aquí es el espacio cerrado, hay un sistema DBD, **406**, para generar un HVCP que produce un gas reactivo, **408**. Un ventilador, **410**, se utiliza para distribuir el gas reactivo en todo el espacio cerrado. También se ilustran productos o superficies a tratar, que incluyen las paredes o superficies interiores del espacio cerrado, equipo opcional, **414**, tal como equipo médico (por ejemplo, instrumentos quirúrgicos, mascarillas, equipo de respiración asistida y monitores de signos vitales), y/o superficies opcionales, **412**, tal como una mesa quirúrgica, a tratar con el gas reactivo. Opcionalmente, se podrían usar los soportes, **402**, para montar el sistema DBD en la parte superior o en los lados del espacio cerrado, o el sistema DBD podría colocarse en el suelo del espacio cerrado. Opcionalmente, un suministro de gas de trabajo podría ser suministrado por una línea de gas, **404**, conectada a un suministro de gas (no se ilustra). De forma alternativa, el espacio cerrado podría llenarse con un gas de trabajo. En otra configuración, el sistema DBD podría sustituirse con gas reactivo almacenado.

EJEMPLOS

20

[0051] Los siguientes ejemplos son sistemas de prueba para mostrar los efectos y las propiedades del gas reactivo, en los que se utilizó un HVCP para producir el gas reactivo. En un sistema típico, la escala se incrementaría para conseguir el tratamiento de cantidades comercialmente significativas de producto. Todo el HVCP se produjo usando una potencia a 60 Hz.

25

Ejemplo 1: tratamiento del maíz integral para reducir la carga microbiana simulando una exposición al gas reactivo de corta duración

[0052] Se colocaron 100 g de maíz entero en un contenedor ArtBin® de polipropileno (PP) (modelo 9100AB) - tamaño 37,0 cm x 35,5 cm x 5,2 cm (L x W x H). El ArtBin® se colocó dentro de una segunda bolsa compuesta por una película de alta barrera Cryovac® B2630 - tamaño 40,0 cm x 47,0 cm (L x W). Cada bolsa se enjuagó durante 3 minutos (37 l/min) con MA65 (65 % de O₂, 30 % de CO₂, 5 % de N₂) como gas de relleno y posteriormente se selló. A continuación, se colocó la bolsa dentro de un sistema DBD, entre dos conjuntos de 4 electrodos (cada electrodo: aluminio, 15,24 cm de diámetro, 8 electrodos en total, 4 arriba, 4 abajo) para producir un HVCP dentro de la bolsa, pero no en contacto con el maíz entero en el ArtBin®. Los tiempos de tratamiento fueron de 5 minutos y 15 minutos para todas las muestras de maíz con un consumo de potencia de 280-290 vatios. La altura (espacio) fue de 5,2 cm entre los electrodos. El HVCP se formó a 95 kV con un amperaje de 1,0-1,5 mA. Las barreras dieléctricas se usaron para regular las características del campo de plasma dentro de las bolsas: (1) planchas de corte (marca IKEA®, 37 cm x 29 cm x 2 cm); (2) barrera de plexiglás colocada en el conjunto de electrodos superiores; y (3) tapas de cajas (marca Bella™) de 114 L y/o cajas de 151 L (dos arriba y una debajo de cada bolsa) para una extensión adicional de la superficie de la capacidad de la barrera. Estas barreras dieléctricas permitieron la generación óptima de gas reactivo desde el HVCP.

[0053] El ozono y los óxidos de nitrógeno se midieron mediante tubos Dräger® de detección a corto plazo (Dräger Safety AG & Co. KGaA, Lübeck, Alemania). Inmediatamente después de que se completó el tratamiento, las bolsas se abrieron y las muestras se lavaron con gas fresco para eliminar cualquier gas reactivo restante, con la excepción de una muestra que se trató durante 5 minutos y se dejó que el gas reactivo permaneciera en la bolsa sellada durante 24 horas antes de la apertura.

[0054] Las unidades formadoras de colonias (UFC/g) de bacterias aerobias totales se determinaron mediante una metodología estándar por extensión en placa utilizando agar de soja trípico para bacterias aerobias (TSA, marca Difco, Becton, Dickinson and Company (BD), Sparks, MD). Las placas de TSA estándar para recuperaciones aeróbicas se incubaron a 37 °C durante 24 horas. Después de 24 horas después del tratamiento con gas reactivo y el almacenamiento a temperatura ambiente (22 °C), las poblaciones microbianas se recuperaron de los productos alimenticios respectivos utilizando un enjuague estéril (0,1 % de peptona) por agitación durante 1 minuto en bolsas Stomacher con filtro estéril para eliminar microorganismos de las superficies del producto. El enjuague por agitación (agitación manual y vórtice) permitió solamente recuperaciones externas, sin la posibilidad de una interferencia bactericida adicional que pueda introducirse desde la carne interna como resultado de la digestión. Las recuperaciones de los diluyentes se obtuvieron mediante diluciones en serie y enumeración de placas. Las colonias microbianas se enumeraron después de que las placas se incubaron a 37 °C durante 24 horas. Todos los procedimientos microbiológicos se realizaron según el Manual de Análisis Bacteriológico de la Food and Drug Administration de los EE. UU. (BAM: Bacteriological Analytical Manual, 8.ª edición, revisión final: 25 de enero de 2001). Las muestras del

maíz entero se recogieron de la misma muestra de maíz entero subdividiendo la muestra y analizando las muestras antes y después del tratamiento para obtener la reducción diferencial de la carga microbiana en el maíz.

[0055] La siguiente tabla resume los resultados de este experimento. "Temp." en la tabla se refiere a la temperatura de los electrodos. Se podría utilizar una reducción adicional, utilizando tratamientos sucesivos, para conseguir una reducción tan grande como se desee.

Tabla 1: Parámetros del procedimiento de HVCP: Configuración de electrodos múltiples de 95 kV, tipo de gas MA65, 100 g de muestra de granos de maíz entero

100 g de muestra de granos de maíz entero						
Almacenamiento (h)		Experimento	Temp. (°C)	Log10 reducción/g	Ozono (ppm)	NOx (ppm)
Tiempo (min)						
5	0	1	32	0,35	15000	1000
		2	33	0,35	15000	2000
Media				0,35±0,0	15000±0,0	1500±707
5	24	1	35	1,12	15000	1000
		2	34	1,66	17500	1500
		3	38	1,43	8000?	1600
		4	38	1,36	15000	2000
Media				1,69±0,26	15833±1443	1525±411,3
15	0	1	48	3,05	15000	1000
		2	35	1,56	10000	2000
		3	38	1,75	8000	1200
Media				2,25±0,34	11000±3535	1333±707

10

Ejemplo 2: tratamiento del trigo integral para reducir la carga microbiana simulando una exposición corta al gas reactivo

[0056] se utilizó 100 g de trigo integral en lugar de maíz entero, y se repitieron los experimentos y mediciones que se llevaron a cabo en el Ejemplo

1. La siguiente tabla resume los resultados de este experimento. "Temp." en la tabla se refiere a la temperatura de los electrodos. Se podría utilizar una reducción adicional, utilizando tratamientos sucesivos, para conseguir una reducción tan grande como se desee.

20

Tabla 2: Parámetros del procedimiento de HVCP: Configuración de electrodos múltiples de 95 kV, tipo de gas MA65, 100 g de muestra de granos de trigo integral

100 g de muestra de granos de trigo integral						
Almacenamiento (h)		Experimento	Temp. (°C)	Log10 reducción/g	Ozono (ppm)	NOx (ppm)
Tiempo (min)						
5	0	1	38	0	9250	4000
		2	41	0	17500	6000
Media				0	13375±5833	5000±1414
5	24	1	33	0,79	7500	1000
		2	37	1,23	10000	1500
Media				1,01±0,31	8750±1767	1250±353
15	0	1	48	0,46	7000	500
		2	53	0,62	5500	800
Media				0,54±0,11	6250±1060	650±212

25 Ejemplo 3: Tratamiento de una muestra de referencia conocida que contiene micotoxinas para mostrar una reducción

[0057] 50 gramos de un producto de maíz multitoxina contaminado naturalmente suministrado por Trilogy Analytical Laboratory, Washington, MO (Material de referencia de Trilogy®, Producto núm.: TR-MT500, Lote núm.: MTC-9999E) con concentraciones conocidas de micotoxinas se colocaron en un contenedor ArtBin® de polipropileno

(PP) (modelo 9100AB) - tamaño 37,0 cm x 35,5 cm x 5,2 cm (L x W x H). El ArtBin® se colocó dentro de una segunda bolsa compuesta por una película de alta barrera Cryovac® B2630 - tamaño 40,0 cm x 47,0 cm (L x W). Cada bolsa se enjuagó durante 3 minutos (37 l/min) con aire (22 % O₂, 78 % N₂) o MA65 (65 % O₂, 30 % CO₂, 5 % N₂) como gas de relleno y posteriormente se selló. La humidificación del gas utilizado en algunos de los experimentos se realizó utilizando una burbuja (que produjo aproximadamente un 60 % de humedad). A continuación, se colocó la bolsa dentro de un sistema DBD, entre dos conjuntos de 4 electrodos (cada electrodo: aluminio, 15,24 cm de diámetro, 8 electrodos en total, 4 arriba, 4 abajo) para producir un HVCP dentro de la bolsa, pero no en contacto con el producto en el ArtBin®. El HVCP se formó a 100 kV con un amperaje de 0,6-1,8 mA en todas las muestras. Las barreras dieléctricas se usaron para regular las características del campo de plasma dentro de las bolsas: (1) planchas de corte (marca IKEA®, 37 cm x 29 cm x 2 cm); (2) barrera de plexiglás colocada en el conjunto de electrodos superiores; y (3) tapas de cajas (marca Bella™) de 114 L y/o cajas de 151 L (dos arriba y una debajo de cada bolsa) para una extensión adicional de la superficie de la capacidad de la barrera. Todas las muestras del producto se trataron con unos tiempos de tratamiento de 30 minutos y, posteriormente, se almacenaron durante 24 horas después del tratamiento en condiciones de temperatura ambiente (22 °C). Después de 24 horas de almacenamiento, todas las muestras de prueba y los controles se enviaron a Trilogy Analytical Laboratory, Washington, MO para un panel completo de micotoxinas (#6).

[0058] Las siguientes dos tablas muestran el resultado de estos experimentos. En la tabla "ND" significa "no detectado". En la Tabla 3, la toxina total en la referencia fue de 40,67 ppm, mientras que después del tratamiento el total fue de solo 13,00 ppm, lo que resultó en una reducción total del 68 %. En la Tabla 4, la toxina total en la referencia fue de 45,97 ppm, mientras que después del tratamiento el total fue de solo 23,75 ppm, lo que resultó en una reducción total del 48 %. Se podría utilizar una reducción adicional, utilizando tratamientos sucesivos, para conseguir una reducción tan grande como se desee.

Tabla 3: Resultados de la reducción de micotoxinas con gas de trabajo MA65 y 100 kV durante 30 minutos

Toxina	Referencia	MA65 seco		MA65 humidificado		% de reducción
		A-1	A-2	A-3	A-4	
Aflatoxina B1	18,8 ppb	7,3 ppb	7,4 ppb	8,2 ppb	7,4 ppb	61 %
Aflatoxina B2	0,9 ppb	ND	ND	ND	ND	100 %
Aflatoxina G1	2,4 ppb	ND	ND	ND	ND	100 %
Aflatoxina G2	ND	ND	ND	ND	ND	
Deoxinivalenol	2,6 ppm	1,5 ppm	1,5 ppm	1,6 ppm	1,4 ppm	42 %
15-acetil-deoxinivalenol		0,2 ppm	0,1 ppm	0,2 ppm	ND	
3-acetil-deoxinivalenol		ND	ND	ND	ND	
Ocratoxina A	4 ppb	2,7 ppb	1,9 ppb	2,7 ppb	2,4 ppb	40 %
Toxina T2	263,7 ppb	228 ppb	242 ppb	245 ppb	266 ppb	0 %
Toxina HT-2	523,3 ppb	521 ppb	522 ppb	530 ppb	525 ppb	0 %
Zearalenona	352,0 ppb	ND	ND	ND	ND	100 %
Fumonisina B1	28,1 ppm	8,3 ppm	8,1 ppm	7 ppm	7,3 ppm	72 %
Fumonisina B2	7,1 ppm	2 ppm	1,9 ppm	1,8 ppm	1,9 ppm	73 %
Fumonisina B3	1,7 ppm	0,9 ppm	1 ppm	0,8 ppm	0,8 ppm	53 %

Tabla 4: Resultados de la reducción de micotoxinas con gas de trabajo aire a 100 kV durante 30 minutos

Toxina	Referencia	Aire seco		% de reducción
		TA-1	TA-2	
Aflatoxina B1	18,9 ppb	14,9 ppb	16,5 ppb	16 %
Aflatoxina B2	ND	ND	ND	
Aflatoxina G1	ND	ND	ND	
Aflatoxina G2	ND	ND	ND	
Deoxinivalenol	2,3 ppm	2,4 ppm	2,2 ppm	0 %
15-acetil-deoxinivalenol	0,3 ppm	0,2 ppm	0,2 ppm	
3-acetil-deoxinivalenol	ND	ND	ND	
Ocratoxina A	3,4 ppb	4 ppb	3,6 ppb:	-12 %
Toxina T2	353,1 ppb	336,9 ppb:	313,4 ppb:	8 %
Toxina HT-2	561,4 ppb	505,7 ppb:	512,4 ppb:	10 %
Zearalenona	228,6 ppb	139,7 b	177,6 ppb:	34 %
Fumonisin B1	28,6 ppm	14,7 ppm	14,1 ppm	50 %
Fumonisin B2	10,8 ppm	4,9 ppm:	4,6 ppm	56 %
Fumonisin B3	3 ppm	1,5 ppm	1,2 ppm	55 %

5 Ejemplo 4: generación y transporte de gas reactivo.

[0059] Un tubo de polipropileno de 1/4" de diámetro con un diámetro interno de 1/8" se equipó con dos cables aislados de calibre 20, con una separación de 180 grados entre sí. Los cables eran de cinco pies de longitud total. Un pie de cada cable se unió al tubo de polipropileno utilizando un tubo de retracción de cloruro de polivinilo. El aparato se colocó en un pedestal con dos soportes verticales para suspenderlo del suelo. El tubo se conectó a un depósito de gas comprimido que tenía un rotómetro para medir el flujo de gas que pasaba a través del tubo. Se instaló una válvula y una válvula de muestreo en la descarga de este sistema DBD para medir la cantidad de ozono que se estaba generando como un sustituto de otras especies reactivas y excitadas que se estaban generando además del ozono. La cantidad de ozono generado se midió mediante tubos Dräger® de detección a corto plazo (Dräger Safety AG & Co. KGaA, Lübeck, Alemania). El gas de trabajo utilizado en este experimento fue aire comprimido. Se utilizaron dos caudales diferentes para determinar si el caudal afectaría la tasa de generación de especies reactivas y excitadas. Los caudales de gas se midieron utilizando el rotómetro y también se midieron por el tiempo necesario para llenar una jeringa de 100 ml que se unió a la válvula de muestreo. Se tomaron tres medidas diferentes durante un período de 30 minutos para determinar la tasa promedio de generación de ozono. Las condiciones para generar el HVCP fueron las mismas para ambos experimentos (30 kV) usando 7 vatios de potencia. La siguiente tabla resume los resultados de este experimento.

Tabla 5: Generación y transporte de gas reactivo

	Rotómetro de caudal de gas (pies/seg.) (0,3048 m/s)	Jeringa de caudal de gas (pies/seg.) (0,3048 m/s)	Tiempo de residencia calculado en el generador de plasma (seg.)	Ozono (ppm)
--	--	--	--	----------------

ES 2 730 803 T3

(continuación)

Ejecución 1	1,95	2,75	0,364	8
	Rotómetro de caudal de gas (pies/seg.) (0,3048 m/s)	Jeringa de caudal de gas (pies/seg.) (0,3048 m/s)	Tiempo de residencia calculado en el generador de plasma (seg.)	Ozono (ppm)
Ejecución 2	4,0	4,59	0,218	8

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para reducir las micotoxinas en frutas o semillas, que comprende:
 - 5 producir un gas reactivo formando un plasma frío de alta tensión (HVCP) a partir de un gas de trabajo;
transportar el gas reactivo al menos a 3 metros del HVCP; seguido de poner en contacto la fruta o semillas con el gas reactivo;
 - 10 en el que el gas reactivo es un gas producido por un HVCP, que incluye las especies excitadas y químicamente reactivas, pero no aquellas especies que se disipan en 0,2 segundos o menos.
2. Un procedimiento para tratar un producto o superficie con un gas reactivo, que comprende:
 - 15 producir el gas reactivo formando un plasma frío de alta tensión (HVCP) a partir de un gas de trabajo; transportar el gas reactivo al menos a 3 metros del HVCP; seguido de poner en contacto el producto o superficie con el gas reactivo;
en el que el HVCP no se pone en contacto con el producto o la superficie, y en el que el producto o la superficie es
20 *Salmonella*, *Listeria* y/o *E. coli* pasteurizada por la puesta en contacto; y en el que el gas reactivo es un gas producido por un HVCP, que incluye las especies excitadas y químicamente reactivas, pero no aquellas especies que se disipan en 0,2 segundos o menos.
3. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que el gas reactivo se almacena en un recipiente.
25
4. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el producto, frutas o semillas, o superficie, no está sellado o sustancialmente sellado dentro de un envase o recipiente durante el contacto, en el que sellado o sustancialmente sellado significa que los gases dentro del envase o el contenedor deben permanecer en el interior y no fluir ni difundirse fuera del envase o contenedor durante al menos 24 horas, si no es
30 perturbado.
5. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el producto, frutos o semillas, o superficie, se esterilizan médicamente mediante la puesta en contacto, en el que esterilizarse médicamente significa que el contacto es suficiente para reducir el número de esporas de *Bacillus atrophaeus* viables
35 sobre, o dentro del, producto, frutas o semillas, o superficie a, como máximo, 1×10^{-6} de la cantidad presente antes de la puesta en contacto, si dichas esporas están presentes.
6. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el producto, frutas o semillas, o superficie, comprende grano.
40
7. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además eliminar el gas reactivo del contacto con el producto, frutas o semillas, o superficie, después de 1 segundo a 12 horas; y/o
45 en el que el gas de trabajo comprende MA65; y/o
en el que el producto, frutas o semillas, o superficie, son maíz entero o trigo integral; y/o
en el que la puesta en contacto se lleva a cabo con el producto, frutas o semillas, o superficie, en un lecho fluidizado.
- 50 8. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el gas reactivo comprende al menos una especie reactiva o excitada distinta del ozono.
9. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además eliminar el gas reactivo del contacto con el producto, frutas o semillas, o superficie, después de 35 minutos a 12 horas.
55
10. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que antes del procedimiento, el producto, frutas o semillas,
o superficie, contienen demasiada micotoxina para su uso como alimento humano según los estándares de EE. UU.
60 y/o de la UE, y después de la puesta en contacto con el producto, fruta o las semillas, o la superficie, es adecuado para su uso como alimento humano según los estándares de EE. UU. y/o de la UE; y/o en el que la puesta en contacto se realiza con el producto, frutas o semillas, o superficie, moviéndose en un transportador; y/o en el que la puesta en contacto se lleva a cabo en una cámara de tratamiento que tiene un volumen de al menos 1 metro cúbico; y/o en el que una cantidad de micotoxina presente en el producto, frutas o semillas, o superficie, se reduce en al menos un 50
65 % o al menos un 90 %; y/o

en el que al menos una porción del producto, frutas o semillas, o superficie, está a al menos 3 metros lejos del HVCP; y/o en el que el producto, frutas o semillas, o superficie, es la superficie interior de una habitación en un hospital.

- 5 11. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el producto, frutos o semillas, o superficie, se esteriliza en lata mediante la puesta en contacto, en la que la esterilización en lata significa que la puesta en contacto es suficiente para reducir el número de esporas de *Clostridium botulinum* viables sobre, o dentro del, producto, frutas o semillas, o superficie a, como máximo, 1×10^{-12} de la cantidad presente antes de la puesta en contacto, si dichas esporas están presentes.
- 10 12. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3-11, en el que el producto, frutos o semillas, o superficie, son *Salmonella*, *Listeria* y/o *E. coli* pasteurizados por la puesta en contacto.
- 15 13. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que antes del procedimiento, el producto, las frutas o semillas, o la superficie, contienen demasiada micotoxina para su uso como alimento para animales según los estándares de los EE. UU. y/o la UE, y después de ponerse en contacto con el producto, fruta o semillas, o superficie es adecuado para su uso como alimento para animales según los estándares de los EE. UU. y/o la UE.
- 20 14. Un sistema (200, 300, 400) para tratar un producto o superficie con un gas reactivo, que comprende:
- (1) un sistema de descarga de barrera dieléctrica (DBD) (206, 306, 406), y
- (2) una cámara de tratamiento (216, 302, 400), conectada de manera fluida al sistema DBD (206, 306, 406),
- 25 en el que la cámara de tratamiento (216, 302, 400) tiene un volumen de al menos 1 metro cúbico;
- en el que la distancia entre el sistema DBD (206, 306, 406) y la cámara de tratamiento (216, 302, 400) es de al menos 3 metros; y
- 30 en el que el gas reactivo (210, 408) es un gas producido por un HVCP, que incluye especies excitadas y químicamente reactivas, pero no aquellas especies que se disipan en 0,2 segundos o menos.
15. El sistema (200, 300, 400) según la reivindicación 14, en el que el sistema DBD (206, 306, 406)
- 35 comprende:
- (i) un primer electrodo (20) completamente cerrado por un dieléctrico (40, 60), y
- (ii) un segundo electrodo (30), conectado a tierra, y
- 40 (iii) una fuente de tensión de corriente alterna (CA) (10),
- en el que un plenum (50) está presente entre el primer (20) y segundo electrodos (30); y/o en el que el sistema DBD (206, 306, 406) comprende:
- 45 (a) una pluralidad de primeros electrodos (20), y
- (b) una pluralidad de segundos electrodos (30), cada uno entre dos primeros electrodos (20), en el que hay el mismo número de primeros electrodos (20) que segundos electrodos (30), o un primer electrodo (20) más
- 50 que segundos electrodos (30), y
- (c) al menos una barrera dieléctrica entre cada primer electrodo adyacente (20) y segundo electrodo (30), en el que cada primer electrodo adyacente (20) y segundo electrodo (30) forman un plenum (50).
- 55 16. El sistema (200, 300, 400) según la reivindicación 14 o 15,
- que comprende además un transportador (218) dentro de la cámara de tratamiento (216, 302, 400); y/o que comprende además un ventilador (310, 322, 410), para transportar un gas reactivo desde el sistema DBD (206, 306, 406)
- 60 a la cámara de tratamiento (216, 302, 400).
17. El sistema (200, 300, 400) según una cualquiera de las reivindicaciones 14-16, en el que la cámara de tratamiento (216, 302, 400) tiene un volumen de al menos 8 metros cúbicos.

FIG. 1A

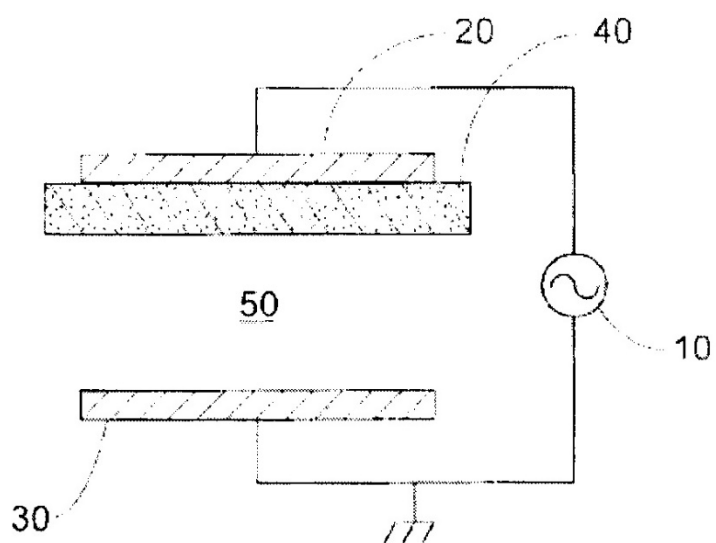


FIG. 1B

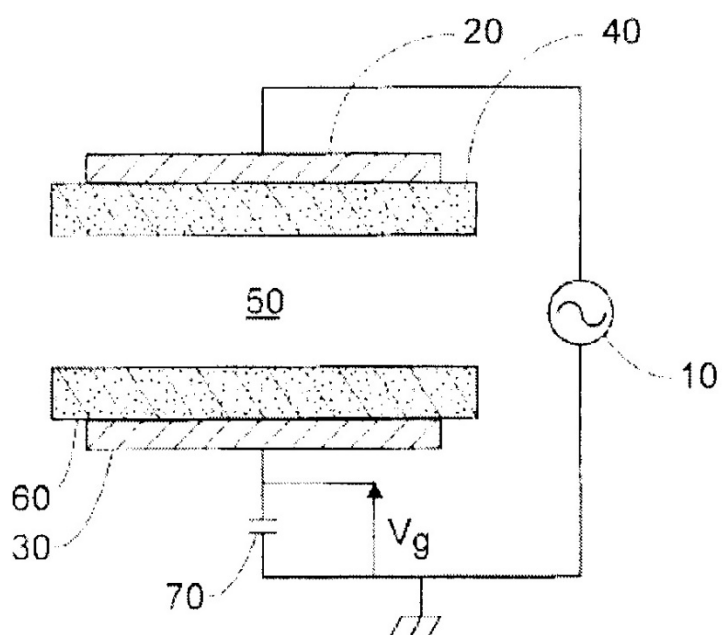
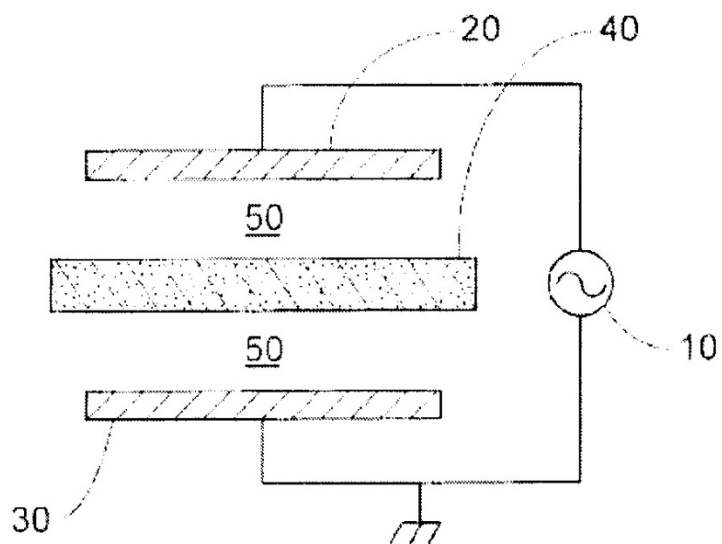


FIG. 1C



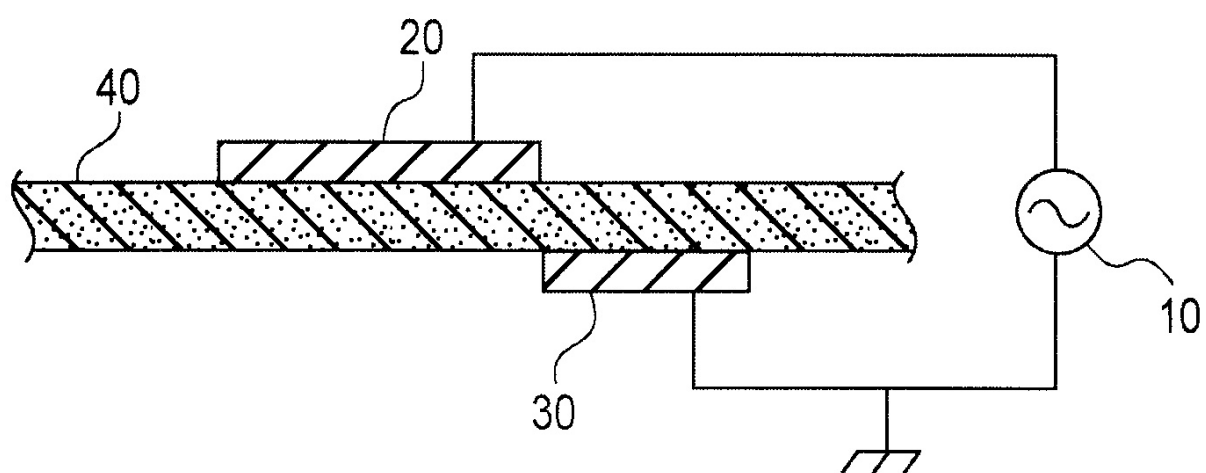


FIG. 1D

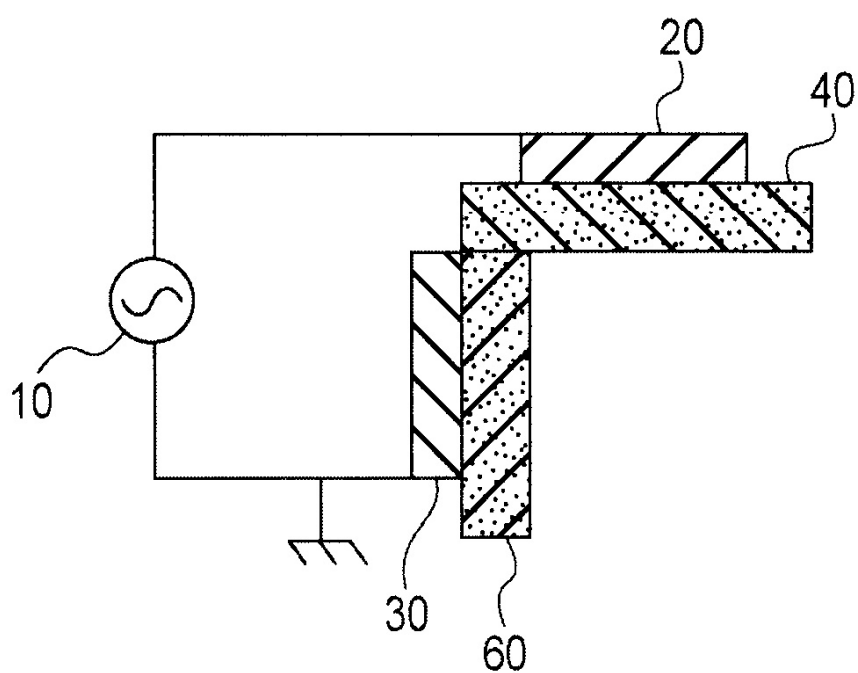


FIG. 1E

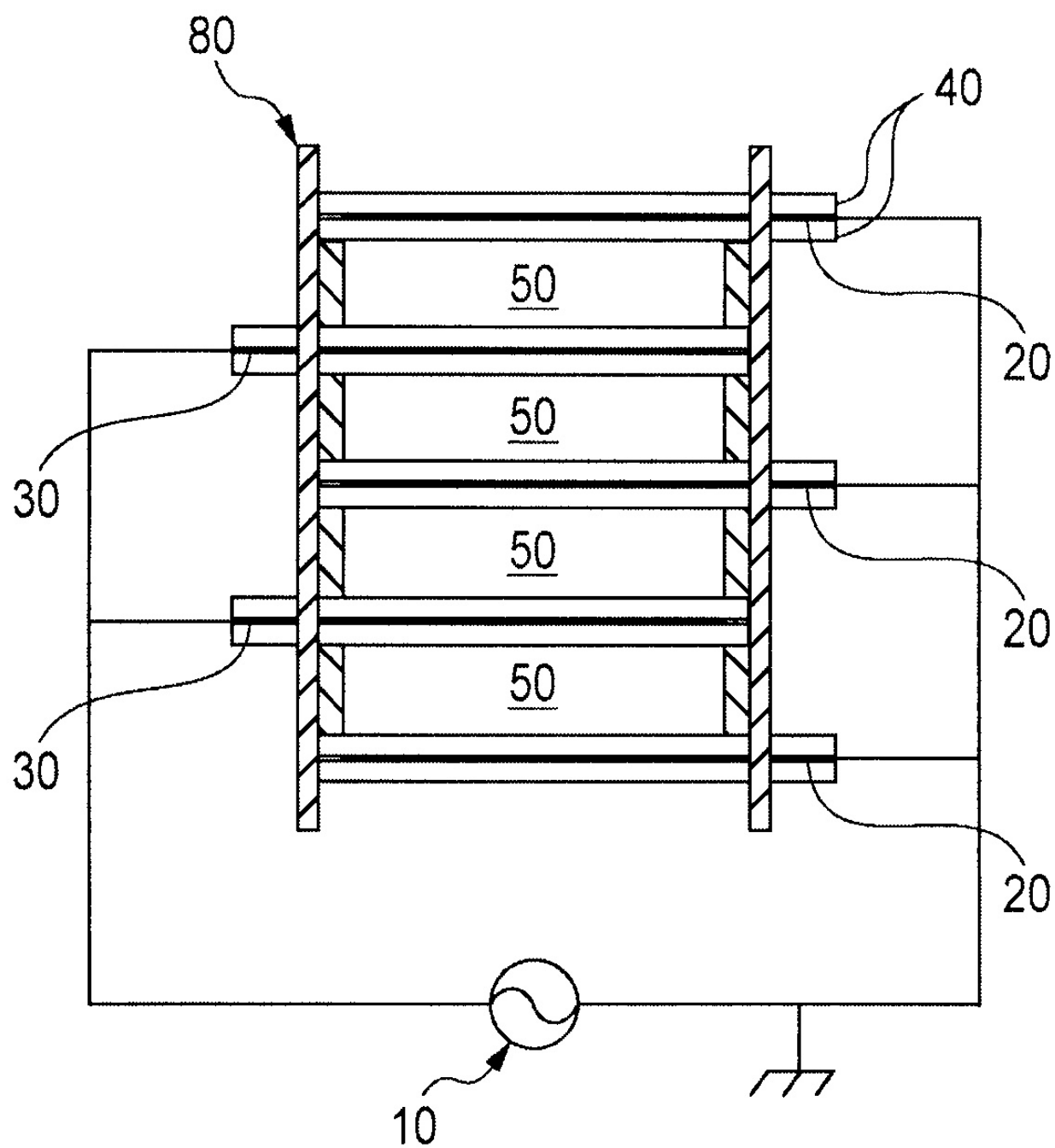


FIG. 1F

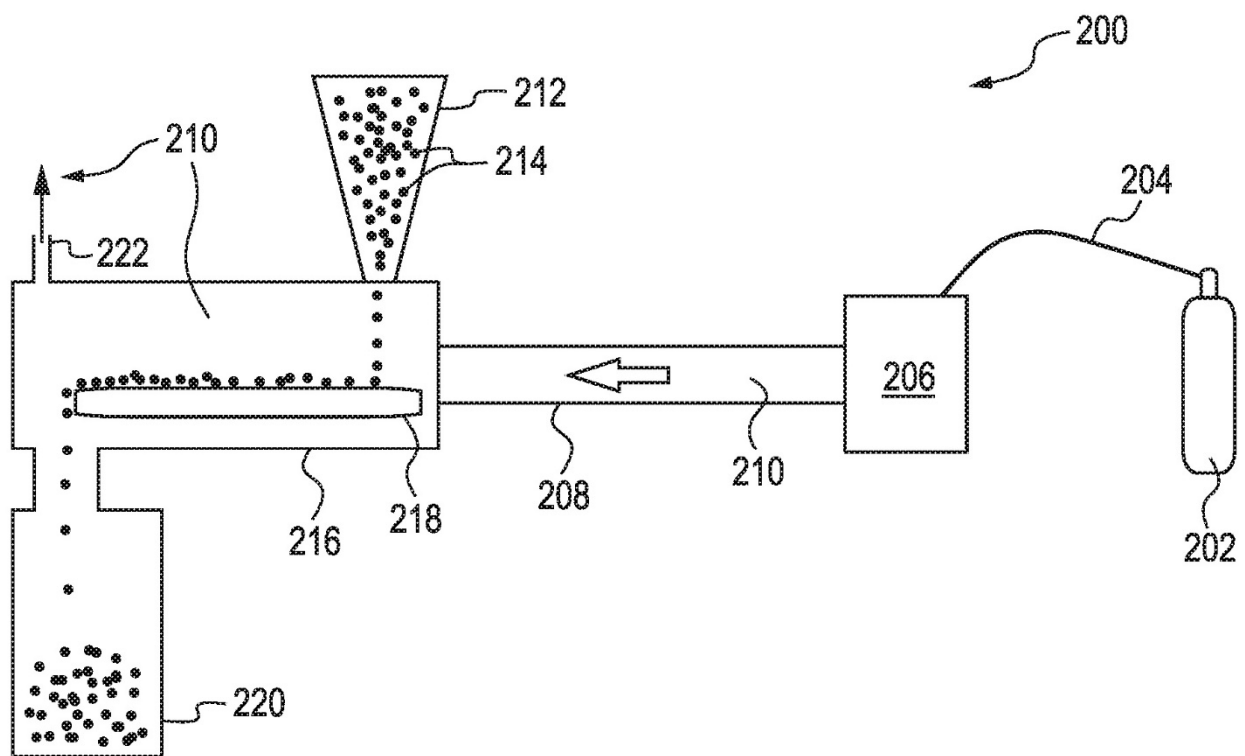


FIG. 2

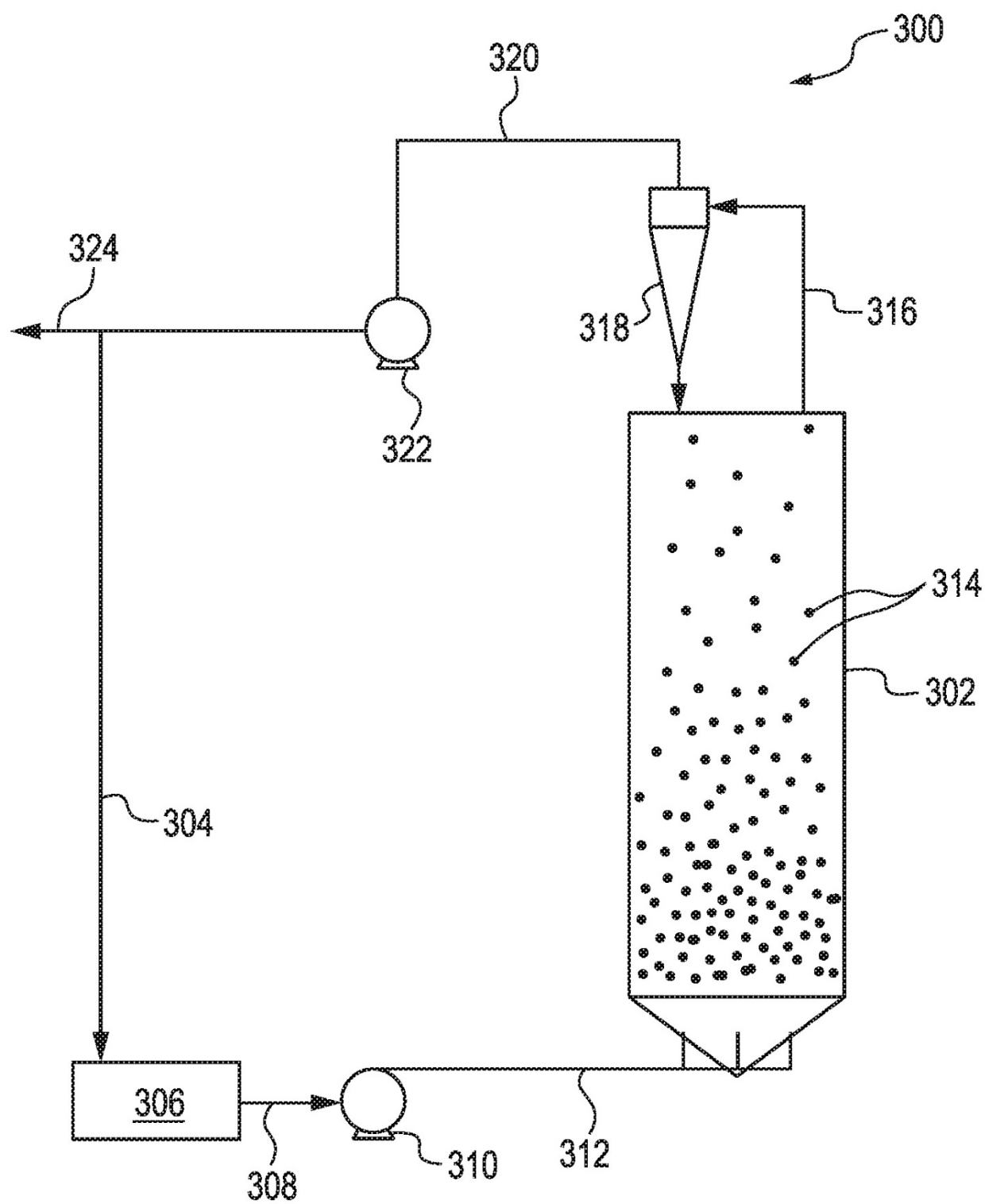


FIG. 3

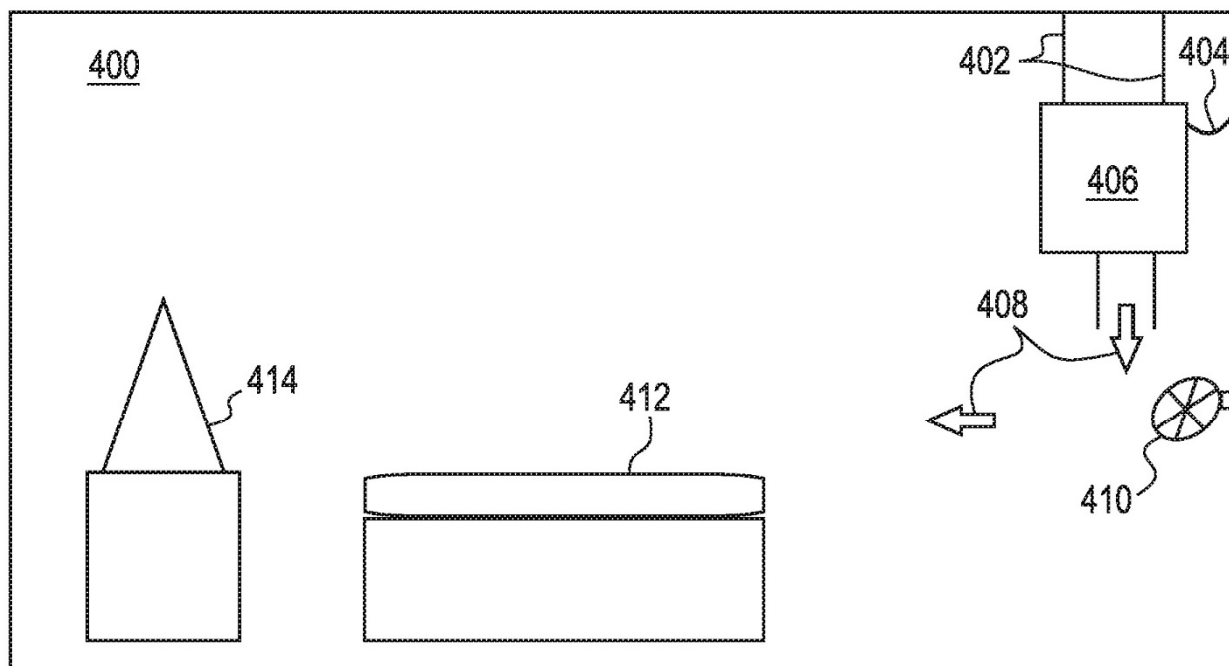


FIG. 4