

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 437 743**

51 Int. Cl.:

A23L 3/3409

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2010 E 10736902 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2013 EP 2451301**

54 Título: **Sistema y método para el tratamiento con plasma no térmico de productos alimenticios**

30 Prioridad:

10.07.2009 US 224755 P
31.12.2009 US 651409

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.01.2014

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, Quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**MEYERS, PIERRE;
ROSTAING, JEAN-CHRISTOPHE y
AGRAWAL, RAJAT**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 437 743 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 y método para el tratamiento con plasma no térmico de productos alimenticios

Según las estimaciones de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), los patógenos transmitidos por los alimentos representan 756 millones de enfermedades, 325.000 hospitalizaciones, y 5000 muertes cada año en los EE.UU. Además, los productos agrícolas frescos están alcanzando a la carne picada como fuente principal de *E. coli* 0157 H7 y al pollo como fuente principal de *Salmonella*. Los productos agrícolas frescos cortados son uno de los sectores de crecimiento más rápido de la industria de productos agrícolas frescos. El procesamiento de los productos agrícolas hasta una forma fresca cortada incrementa el riesgo de contaminación y crecimiento bacteriano debido a que la barrera externa natural de los productos agrícolas se rompe por el pelado, corte de rodajas, eliminación de corazones, recorte, y trituración.

Esto también es cierto para los productos listos para el consumo (RTE), para los cuales generalmente se parte de una materia prima estabilizada, y más de un 60% de la duración del producto se puede perder debido a estas etapas de preparación y reenvasado. Por ejemplo, un bloque fresco de jamón envasado al vacío tiene en general una duración de 90 días, mientras el jamón en lonchas almacenado en condiciones similares casi nunca dura más de 30 días, incluso siguiendo todas las condiciones higiénicas. Por lo tanto, existe la necesidad de un proceso que se pueda aplicar después de haber procesado los alimentos para reducir o destruir los microorganismos justo antes del envasado para conservar la calidad y la duración de almacenamiento.

Se conoce bien la importancia de conservar la calidad de los alimentos a la vez que se proporciona seguridad, y ha conducido a un interés creciente en el procesamiento no térmico de la carne, aves, y productos lácteos, productos agrícolas y bebidas. Algunas de las técnicas basadas en procesos no térmicos incluyen el procesamiento a altas presiones (HPP), el tratamiento con un campo eléctrico pulsado, irradiación, ultrasonidos, etc.

En los últimos años, se ha investigado el plasma no térmico (también denominado "plasma frío" o "plasma no equilibrado") para higienizar productos alimenticios. Un plasma es un gas ionizado que se forma mediante el paso de energía, por ejemplo aplicándole una alta tensión continua o alterna, o proporcionando energía de otra forma, tal como microondas, radiación, luz láser, o mediante otros medios. Comparado con el gas en su estado natural, el plasma contiene partículas libres cargadas, electrones e iones, aunque en conjunto es eléctricamente neutro. Un plasma no térmico es en general cualquier plasma que no está en equilibrio termodinámico, debido a que la temperatura de los iones es diferente de la temperatura de los electrones, o debido a que la distribución de velocidades de una de las especies no sigue una distribución de Maxwell-Boltzmann. A diferencia de los plasmas térmicos, en los que todas las partículas del medio (moléculas neutras, átomos y radicales, iones y electrones tienen aproximadamente la misma distribución de energía (lo que significa una temperatura común), en el plasma no térmico los electrones tienen una energía media mucho más elevada que las especies pesadas. Un límite para tal situación se da con el denominado plasma frío, que corresponde a una temperatura del gas (lo que significa la energía media de las especies pesadas) que está cercana a la temperatura ambiente. Sin embargo, pueden existir plasmas que sean no térmicos pero que no sean fríos, con una temperatura de las especies pesadas menos de un orden de magnitud por debajo de la temperatura de los electrones. En general, tales plasmas se mantienen mediante descargas eléctricas en un gas cerca de la presión atmosférica, y se deben distinguir de otras técnicas de plasma maduras, aplicadas industrialmente como la soldadura, el corte y la pulverización térmica.

Para el plasma no térmico, los electrones libres se excitan mediante los medios descritos anteriormente, concretamente la aceleración mediante el campo eléctrico impuesto por la fuente externa de excitación. En paralelo a esta aceleración, los electrones experimentan colisiones elásticas aleatorias frecuentes con las moléculas e iones, también denominadas partículas pesadas. Así, los electrones ganan energía continuamente a lo largo del tiempo en forma de un movimiento desordenado que tiene similitudes con la agitación térmica, pero que es "forzado" por la alimentación de energía eléctrica y que es mucho más intenso. La energía media de los electrones corresponde a una temperatura equivalente del orden de decenas de miles de grados. La energía media de los electrones es mucho mayor que la de las partículas pesadas. Si las colisiones no son demasiado frecuentes, en el caso de un gas sometido a rarefacción, por ejemplo, transfieren solamente poca energía a las partículas pesadas y conservan su movimiento de agitación térmica que corresponde al ambiente. Si los electrones adquieren una "temperatura" muy elevada (es decir, energía de agitación media) del orden de 10^4 K, producen colisiones inelásticas con las partículas pesadas, lo que produce excitación (en cuanto al nivel electrónico o el nivel cuántico vibracional), ionización (que repone constantemente la población de electrones e iones para mantener un plasma estable), o disociación hasta fragmentos más pequeños, átomos y radicales. Las partículas excitadas ocultan una "energía química" muy elevada y pueden ser lo suficientemente reactivas como para producir tratamientos superficiales en un material, sin la necesidad de calentar el material.

En particular, se sabe que el plasma frío puede destruir, o al menos inactivar de manera irreversible, los microorganismos.

Por otra parte, el envasado en atmósfera modificada (MAP) o el envasado en atmósfera controlada es una técnica conocida usada para prolongar la duración de almacenamiento de productos alimenticios frescos o listos para el consumo. En esta técnica, el aire que rodea al alimento en el envase se elimina parcialmente o completamente y se

sustituye por otro gas o mezcla de gases. El efecto de MAP se basa en la reducción observada a menudo de la respiración vegetal en un medio con bajo contenido de O₂. Los gases usados habitualmente en MAP son N₂, CO₂ O₂, gases nobles (tales como Ar), y sus mezclas.

5 Se describe un método para la higienización y conservación de productos alimenticios que incluye las etapas siguientes. Se proporciona un recipiente que contiene un producto alimenticio, se introduce un plasma no térmico en el interior del recipiente, y el recipiente se sella.

El método puede incluir uno o más de los aspectos siguientes:

- el recipiente se sella mientras contiene el plasma no térmico o el plasma no térmico en un estado des-excitado.
- 10 - dicha etapa de introducción de un plasma no térmico en el interior del recipiente se lleva a cabo dentro de una máquina de envasado de alimentos.
- la máquina de envasado de alimentos es una máquina de envasado de alimentos de tipo almohada o una máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja.
- el plasma no térmico se genera y se introduce según uno de los procedimientos siguientes:
- 15 i) generar el plasma no térmico con un dispositivo de generación de plasma no térmico localizado fuera de la máquina de envasado de alimentos, y transportar el plasma no térmico desde el dispositivo de generación de plasma no térmico al interior del recipiente;
- j) la máquina de envasado de alimentos es una máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja, y el plasma no térmico se genera con un dispositivo de generación de plasma no térmico localizado en la
- 20 máquina de envasado de tipo bandeja, y el plasma no térmico se deja fluir hacia y en el interior del recipiente; o
- k) la máquina de envasado de alimentos es una máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja, y el plasma no térmico se genera con un dispositivo de generación de plasma no térmico, y al menos una porción del dispositivo de generación está incorporada en el propio recipiente.
- 25 - en el procedimiento i), la máquina de envasado de alimentos es una máquina de envasado de alimentos de tipo almohada, el recipiente es una película tubular fina de plástico y el plasma no térmico se introduce en el interior de la película tubular con un inyector.
- en el procedimiento k), el dispositivo de generación incluye una barrera de descarga dieléctrica incorporada en la tapa de la máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja que coopera con un electrodo formado en
- 30 o adherido a la superficie inferior interior o exterior del recipiente con forma de bandeja colocado bajo dicha barrera.
- el método comprende además la etapa de introducción de un gas secundario en el interior del recipiente sin desplazar todo el plasma no térmico o todo el plasma no térmico en un estado des-excitado, en el que el
- 35 recipiente se sella mientras contiene el gas secundario y el plasma no térmico o el plasma no térmico en un estado des-excitado.
- el gas secundario se selecciona del grupo que consiste en N₂, CO₂ O₂, Ar, Xe, Kr, He, Ne, N₂O, H₂, H₂O₂, CO, NO, y las mezclas de los mismos; y el gas secundario tiene una composición diferente del plasma no térmico.
- el método comprende además las etapas de:
 - eliminar todo el plasma no térmico o todo el plasma no térmico en un estado des-excitado; y
 - 40 - introducir un gas de prolongación de la duración de almacenamiento en el interior del recipiente, en el que el recipiente se sella mientras contiene el gas de prolongación de la duración de almacenamiento.
 - el plasma no térmico o el plasma no térmico des-excitado se elimina mediante la aplicación de vacío en el interior del recipiente o se purga del interior del recipiente mediante la introducción del gas de prolongación de la duración de almacenamiento.
 - 45 - el método comprende además la etapa de eliminación del plasma no térmico o el plasma no térmico en un estado des-excitado con la aplicación de vacío en el interior del recipiente, en el que el recipiente se sella a vacío.
 - el método comprende además una etapa de aplicación de vacío en el interior del recipiente antes de dicha etapa de introducción del plasma no térmico.

- el plasma no térmico se genera a partir de un gas de tratamiento seleccionado del grupo que consiste en N₂, CO₂, O₂, Ar, Xe, Kr, He, Ne, N₂O, H₂, H₂O₂, CO, NO, y las mezclas de los mismos.

5 - el plasma no térmico se genera a partir de un gas de tratamiento seleccionado del grupo que consiste en H₂, una mezcla de H₂ y He, una mezcla de H₂ y Ar, una mezcla de H₂ y CO, una mezcla de H₂ y H₂O₂, una mezcla de H₂ y aire, y una mezcla de H₂ y N₂O.

- la máquina de envasado de alimentos es una máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja y el plasma no térmico se genera con un dispositivo generador de plasma no térmico que comprende al menos un aplicador de potencia de microondas plano colocado en una tapa de la máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja.

10 - la máquina de envasado de alimentos es una máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja y el plasma no térmico se genera con un dispositivo generador de plasma no térmico que comprende al menos un aplicador de potencia de microondas plano colocado en o sobre el recipiente.

- el dispositivo generador de plasma no térmico comprende al menos un aplicador de potencia de microondas plano.

15 - dicho plasma no térmico está en contacto constante con el producto alimenticio durante un periodo de tiempo de 0,1 seg a 600 segundos.

- dicho plasma no térmico está en contacto constante con el producto alimenticio durante un periodo de tiempo de 5 a 60 segundos.

20 - se introduce un biocida en el interior del recipiente antes, durante o después de la introducción del plasma no térmico en el interior del recipiente.

- el biocida son partículas de plata.

Otras características y ventajas de la invención se explicarán a continuación con más detalle con la ayuda de los dibujos adjuntos, en los que:

- la Figura 1 es un diagrama de flujo de un método según la invención.

25 - la Figura 2 es un diagrama de flujo de un método según la invención que incluye etapas opcionales adicionales.

- la Figura 3 es un diagrama esquemático de una aplicación de la invención en un dispositivo de envasado de alimentos de tipo bandeja.

30 - la Figura 4 es un diagrama esquemático de una aplicación de la invención en un dispositivo de envasado de alimentos de tipo almohada.

- la Figura 5 es un diagrama esquemático de una aplicación de la invención en un recipiente que tiene un electrodo o barrera de descarga dieléctrica incorporada.

35 La combinación del tratamiento con plasma con el MAP o el envasado a vacío proporciona un efecto sinérgico mejorando primero la calidad del producto alimenticio que cuando se almacena en una atmósfera modificada o a vacío aumenta además la duración de almacenamiento del producto.

40 Como se ilustra mejor en la FIG. 1, un método ejemplar de la invención incluye las etapas siguientes. En una primera etapa 100, se proporciona un recipiente que contiene un producto alimenticio. En una segunda etapa 200, se introduce un plasma no térmico en el interior del recipiente. En una tercera etapa 300, el recipiente se sella. Aunque se puede utilizar cualquier tipo de recipiente de alimentos sellado en la práctica del método, en general se sella mediante el uso de una película adecuada o una tapa. O, en el caso de una máquina de envasado de alimentos de tipo almohada, los bordes opuestos de una película fina de plástico que comprende el recipiente se sellan entre sí para formar un tubo hueco.

45 Se debería indicar que la palabra "recipiente" pretende significar un recipiente de alimentos destinado al almacenamiento a largo plazo de alimentos, y no una cámara de tratamiento con plasma. Dos ejemplos no limitantes de recipientes incluyen una película tubular de plástico usada en general en una máquina de envasado de alimentos de tipo almohada, y una bandeja de plástico rígida o semi-rígida usada en general en una máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja.

Aunque se puede usar el método y el sistema para tratar cualquier producto alimenticio, los tipos típicos de productos alimenticios incluyen, pero sin limitación, productos agrícolas, carne, y marisco frescos.

50 El plasma no térmico se genera a partir de un gas de tratamiento que puede ser uno de varios tipos de gases o

mezclas de gases. Los ejemplos no limitantes incluyen N₂, CO₂, O₂, Ar, Xe, Kr, He, Ne, N₂O, H₂, H₂O₂, CO, NO, y las mezclas de los mismos. En ciertas realizaciones, se puede preferir utilizar un gas de tratamiento de H₂, una mezcla de H₂ y He, una mezcla de H₂ y Ar, una mezcla de H₂ y CO, una mezcla de H₂ y H₂O₂, una mezcla de H₂ y aire, o una mezcla de H₂ y N₂O. Es posible añadir uno o más aditivos al gas de tratamiento, tal como humedad u otro compuesto (por ejemplo, plata u otro biocida) para adaptar adicionalmente la eficacia del plasma. El aditivo puede estar en forma de sólido, líquido, o gas. De manera alternativa, el uno o más aditivos se pueden añadir al plasma no térmico después de haberlo generado a partir del gas de tratamiento. Como ejemplo de esta alternativa, el plasma no térmico se puede utilizar para transportar el uno o más aditivos a la superficie del producto alimenticio. También se puede emplear una atmósfera reductora (es decir, una que tiene un potencial redox negativo), ya que puede prevenir la degradación del alimento por la oxidación. Por ejemplo, el gas de tratamiento puede incluir H₂, o se puede mezclar H₂ con el plasma no térmico después de haberlo generado. De esta manera, se crearán radicales como el hidrógeno atómico, que tienen una actividad química reductora extremadamente fuerte, de hecho mucho mayor que cualquier producto químico reductor en una forma comercial. Además, los radicales reductores tienen efectos germicidas comparables a los radicales oxidantes.

Como se muestra mejor en la FIG. 2, la práctica del método puede incluir etapas opcionales adicionales.

Entre las etapas 100 y 200, se puede llevar a cabo una etapa 150 de aplicación de vacío en el recipiente. Puede ser especialmente beneficioso aplicar vacío antes de la exposición del producto alimenticio al plasma no térmico para evitar proporciones significativas de gas oxidante que puede interferir con el mantenimiento del plasma no térmico.

Tras la práctica de la etapa 200, el método puede continuar hasta la etapa 300, en cuyo caso el plasma no térmico o el plasma no térmico en un estado des-excitado se sella dentro del recipiente.

De manera alternativa, tras la práctica de la etapa 200, se puede llevar a cabo una etapa 230 de aplicación de vacío en el interior del recipiente seguida de la etapa 300. Esto da como resultado la extracción del plasma no térmico o el plasma no térmico en un estado des-excitado y la consecución de un producto alimenticio envasado al vacío.

En otra alternativa, tras la práctica de la etapa 200, se puede llevar a cabo una etapa 270 de introducción de un gas de prolongación de la duración de almacenamiento en el interior del recipiente. La función del gas secundario es combinarse con los gases que constituyen el plasma no térmico para producir un gas que aumenta la duración de almacenamiento del producto alimenticio. En este caso, el gas de tratamiento (a partir del cual se genera el plasma no térmico) se selecciona de tal manera que proporciona efectos tanto antimicrobianos como conservantes, pero esto por supuesto puede dar como resultado una situación intermedia entre los dos efectos. Así, el gas secundario se puede añadir a la atmósfera de gas existente (el plasma no térmico o el plasma no térmico en un estado des-excitado) dentro del recipiente para formar una mezcla de gases más óptima para prolongar la duración de almacenamiento de un producto alimenticio particular. La función del gas de prolongación de la duración de almacenamiento es purgar la atmósfera gaseosa del interior del recipiente (el plasma no térmico o el plasma no térmico en un estado des-excitado) y sustituirla con un gas que tiene mejores propiedades de prolongación de la duración de almacenamiento cuando la situación intermedia anteriormente descrita no se considera lo suficientemente satisfactoria o cuando ciertos constituyentes del plasma no térmico reaccionan con el producto alimenticio o recipiente en un grado que ya no dará como resultado propiedades de prolongación de la duración de almacenamiento lo suficientemente satisfactorias. El gas de prolongación de la duración de almacenamiento puede ser el mismo gas o un gas diferente del gas de tratamiento. Los gases de prolongación de la duración de almacenamiento típicos incluyen, pero sin limitación, N₂, CO₂, O₂, Ar, Xe, Kr, He, Ne, N₂O, H₂, y las mezclas de los mismos.

En otra alternativa, tras la práctica de la etapa 200, se puede llevar a cabo una etapa 240 de aplicación de vacío en el interior del recipiente. Puede ser especialmente beneficioso llevar a cabo la etapa 240 tras la exposición del producto alimenticio al plasma no térmico para eliminar porciones significativas de compuestos oxidantes que para ciertos productos alimenticios pueden tener efectos perjudiciales, como oxidación acelerada y envejecimiento. El método continúa después hasta la etapa 270 como se describió anteriormente, pero en este caso se usa un gas de prolongación de la duración de almacenamiento y no un gas secundario. Esta alternativa particular (etapa 200, etapa 240, etapa 270) se puede usar en lugar de usar el gas de prolongación de la duración de almacenamiento tanto para purgar como para sustituir el plasma no térmico o el plasma no térmico en un estado des-excitado. Por lo tanto, se usa menos gas de prolongación de la duración de almacenamiento.

El plasma no térmico se puede introducir en el interior del recipiente de una diversidad de formas. En una realización, el plasma no térmico se puede generar a distancia del recipiente. En esta realización, se puede generar fuera de una máquina de envasado de tipo bandeja y se puede transportar al interior de la máquina de envasado de tipo bandeja y al interior del recipiente por medio de un conducto. De manera alternativa en esta realización, se puede generar fuera de una máquina de envasado de tipo almohada y se puede transportar al interior de la película tubular de plástico por medio de un inyector. En otra realización, el plasma no térmico se puede generar dentro (generación *in situ*) o en posición adyacente al recipiente. Esta realización se puede llevar a cabo en dos sub-realizaciones. En la primera sub-realización, el dispositivo de generación de plasma no térmico está incorporado en la máquina de envasado de tipo bandeja (preferiblemente incorporada en una tapa superior) y el plasma no térmico se deja fluir hacia y en el interior del recipiente. En la segunda sub-realización, al menos una porción del dispositivo

de generación está incorporado en el propio recipiente.

Se puede utilizar cualquier dispositivo generador de plasma no térmico conocido en la práctica del método y del sistema. Preferiblemente, es un dispositivo aplicador de potencia de microondas plano que comprende dos o más electrodos activados por energía eléctrica DC o AC que incluye radiofrecuencia, de un generador de radiofrecuencia, o un excitador de plasma de microondas conocido para los expertos en la técnica. Preferiblemente, el dispositivo de generación de plasma no térmico utiliza un aplicador de microondas plano del tipo descrito por el documento WO2009047441, cuyo contenido completo se incorpora en la presente memoria como referencia. Este tipo particular de dispositivo de generación es especialmente ventajoso en las realizaciones en las que el dispositivo de generación (al menos una porción del mismo) está incorporado en la máquina de envasado de tipo bandeja o incorporado en el recipiente. Cuando el dispositivo de generación de plasma no térmico está localizado a distancia del recipiente y la generación no se realiza *in situ*, hay más libertad en el diseño del dispositivo de excitación de plasma porque, al estar localizado a distancia, su diseño no está limitado por factores geométricos impuestos por la estructura del recipiente. Una distancia inter-electrodos ejemplar puede estar en el intervalo de 1-20 cm, preferiblemente 1-5 ó 5-20 cm. Un experto en la técnica reconocerá que la optimización del proceso se puede llevar a cabo variando la distancia inter-electrodos de una manera conocida, o cualquier otro parámetro de diseño del dispositivo de excitación de plasma.

Aunque un experto en la técnica reconocerá que el tratamiento con plasma no térmico de productos alimenticios se puede optimizar variando el tiempo de contacto, un tiempo de contacto ejemplar en la práctica de la invención es de 0,1 seg a 600 segundos, preferiblemente 5 a 60 segundos. De forma similar, aunque tal experto reconocerá que la optimización del proceso se puede llevar a cabo variando la presión dentro del recipiente durante la exposición del producto alimenticio al plasma no térmico, una presión ejemplar está en el intervalo de 1.000 Pascales a 11.000 Pascales.

Un experto en la técnica entiende además que las siguientes variables se pueden variar de manera empírica para optimizar el tratamiento para un producto alimenticio particular: la vía de aplicación de plasma no térmico (directa o a distancia), la energía o densidad del plasma no térmico, la distancia de la superficie del producto alimenticio a tratar, la selección del gas de tratamiento usado para generar el plasma no térmico, la presión del plasma no térmico, la velocidad media del gas del plasma que fluye hacia o a través del recipiente (es decir, el tiempo de permanencia de las especies activas del plasma). Este último parámetro se tiene que hacer coincidir posiblemente con la duración de las diferentes especies del plasma de forma que una cantidad suficiente de ellas pueda alcanzar cualquier punto de la superficie del producto alimenticio para completar de manera eficaz el tratamiento de higienización. Tal duración depende en general de la presión.

La desinfección basada en plasma no térmico existe incluso si no contiene ningún producto desinfectante (es decir, un producto que tendría un efecto germicida independientemente de la presencia o ausencia de excitación del plasma), tal como peróxido de hidrógeno. Sin desear limitarse a ninguna teoría, se cree que los mecanismos de inactivación de microorganismos mediante este tipo de plasma se pueden explicar como sigue:

- 1) Degradación del material genético mediante las radiaciones ultravioletas emitidas por el plasma: En el plasma, los átomos, moléculas, iones, y radicales portan una energía intrínseca elevada y pierden energía mediante la emisión de fotones UV. Estos fotones son similares a los emitidos por una lámpara espectral, y tienen un efecto similar. Sin embargo, tienen la ventaja de no verse sometidos a efectos de sombreado y de apilamiento de los gérmenes. De hecho, la luz UV emitida *in situ* con el gas uniforme rodea y baña los gérmenes desde todas las direcciones y puede cubrir la superficie exponiendo a los microorganismos uniformemente.
- 2) Acción antimicrobiana directa de los radicales oxidantes: Estos últimos, en particular el oxígeno atómico, son oxidantes mucho más fuertes que cualquier producto químico disponible comercialmente. Tendrán un efecto bastante similar de inactivación de microorganismos en comparación con los oxidantes químicos usados para destruir microorganismos.
- 3) Erosión de la materia de los microorganismos mediante efectos químicos/físicos: Los radicales oxidantes también tienen la propiedad de atacar químicamente la materia orgánica, es decir, forman, con el carbono y el hidrógeno (de la materia), especies volátiles como CO₂ y H₂O que pasan a la fase gaseosa y son expulsadas por el flujo de evacuación. De hecho, los microorganismos experimentan una "combustión fría *in situ*". Esta volatilización de la materia se puede fomentar mediante el bombardeo iónico o los fotones UV. También se debería indicar, aunque es menos conocido, que los radicales reductores pueden tener el mismo efecto de erosión química (por ejemplo, el hidrógeno atómico producido en un plasma hace posible desengrasar de manera eficaz las superficies metálicas sin oxidarlas). Finalmente, la erosión puede tener un origen puramente físico: La materia orgánica sólida se puede disociar y vaporizar en contacto con las especies de alta energía.

La exposición del producto alimenticio al medio de plasma permite una reducción notable del microorganismo contaminante sin ningún efecto de cocido, ya que el gas permanece a temperatura ambiente. Los otros efectos fisicoquímicos del plasma frío sobre los productos alimenticios frescos necesitan investigarse, pero el tratamiento

con plasma deja poco residuo, si lo hay, en teoría, debido a que la especie activa radical responsable de los efectos útiles tiene una duración muy corta.

Se pueden usar diversos dispositivos para aplicar la excitación al gas para ionizar el gas para formar un plasma. La elección depende en particular de la geometría del producto, el recipiente y el sistema de envasado, y también de la presión de trabajo impuesta.

Como se muestra mejor en la FIG. 3, el plasma no térmico se puede generar junto con una máquina de envasado de tipo bandeja.

En la FIG. 3, los productos alimenticios 1 se colocan en los compartimentos individuales de una película inferior 3 de plástico continua rígida o semi-rígida pre-formada. Se alimenta una banda superior 4 (que comprende un refuerzo 14 y una película superior 15 de plástico) desde un rodillo 3 a la parte superior de los compartimentos individuales. La banda combinada 4 y la película inferior 3 se alimentan por lotes en la máquina de envasado de tipo bandeja 5. La tapa 7 se coloca después sobre la banda combinada 4 y la película inferior 3. Cada compartimento descansa dentro de una porción 9 distinta de la máquina de envasado de tipo bandeja 5. Si se desea, se puede aplicar vacío en el interior de la máquina de envasado de tipo bandeja 5 para eliminar la atmósfera ambiental (aire) del interior. El plasma no térmico se genera a distancia en un dispositivo de generación de plasma no térmico (no mostrado) y se transporta al interior de la máquina de envasado de tipo bandeja 5 por medio de un conducto (no mostrado), o el plasma no térmico se genera dentro de la máquina de envasado de tipo bandeja 5. El plasma no térmico se introduce después en los compartimentos individuales de la banda combinada 4 y la película inferior 3. Si no se aplicó vacío previamente, el plasma no térmico desplaza toda la atmósfera ambiental (aire) de los compartimentos.

Después de exponer el producto alimenticio 1 al plasma no térmico durante el periodo de tiempo deseado, la banda superior 4, la película inferior 3, y el producto alimenticio 1 se pueden procesar de una de tres maneras. Primero, la banda superior 4 se puede sellar con la película inferior 3 mediante dispositivos de sellado por calentamiento 11 al final del periodo deseado de tiempo de exposición. Esta opción sella el plasma no térmico o plasma no térmico en un estado des-excitado en los recipientes 19. Segundo, se puede aplicar vacío en el interior de la máquina de envasado de tipo bandeja 5 y la banda superior 4 se puede sellar con la película inferior 3 con los dispositivos 11. Esto da como resultado recipientes 19 envasados al vacío. Tercero, se puede aplicar vacío en el interior de la máquina de envasado de tipo bandeja 5, se le inyecta un gas de prolongación de la duración de almacenamiento, y la banda superior se sella con la película inferior 3 con los dispositivos 11. Tras la etapa de procesamiento, la banda superior 4 tratada, la película inferior 3, y los productos alimenticios 1 se extraen de la máquina de envasado de tipo bandeja 5 y el refuerzo 14 se elimina de la banda superior 4 y se recoge en un rodillo 13. Tras la eliminación del refuerzo 14, la película superior 15 de plástico permanece sellada con la película inferior de plástico. Las películas superior e inferior 15, 3 se cortan después hasta los recipientes 19 individuales en el puesto de corte 17.

Como se ilustra mejor en la FIG. 4, el plasma no térmico se puede introducir en el interior del recipiente en el contexto de una máquina de tipo almohada. Las bandejas preformadas 21 se alimentan mediante un transportador 23 hacia un alimentador 2 de productos alimenticios que alimenta los productos alimenticios 1 hasta las bandejas preformadas 21. Se alimenta una película 27 desde un rodillo 25 hacia el transportador 23 y las bandejas preformadas 21 y se envuelve alrededor de sí mismo de forma que los lados opuestos 27A de la película 27 se superponen entre sí para formar una película tubular de plástico con una junta sin sellar a lo largo de los lados superpuestos 27A. La junta se sella después con un dispositivo de sellado por calentamiento 29. El plasma no térmico se genera a distancia y se transporta (no mostrado) a un inyector 31 que se prolonga en el interior de la película 27 tubular sellada adyacente a los productos alimenticios 1 para desplazar el aire de dentro del interior de la película 27 tubular sellada. Las porciones superior e inferior de la película 27 entre las bandejas preformadas 21 adyacentes se sellan después entre sí con un dispositivo de sellado por calentamiento 33 para atrapar el plasma no térmico dentro de los recipientes sellados 37, cada uno de los cuales contiene una bandeja preformada 21 que alberga el producto alimenticio 1. Un dispositivo de corte corta después los recipientes sellados 37 adyacentes. Un experto en la técnica reconocerá que esto es un proceso continuo.

Como se ilustra mejor en la FIG. 5, el dispositivo de generación de plasma no térmico puede estar incorporado en la tapa 7 de la máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja 5 de la FIG. 3. El dispositivo de generación incluye una barrera de descarga dieléctrica 47 que coopera con un electrodo 45 (formado en o adherido a la superficie inferior interior o exterior del recipiente 43 con forma de bandeja) dispuesto bajo la barrera 47. Tras la activación de la barrera 47 con el electrodo 45 (y otro electrodo no mostrado), el plasma no térmico fluye hacia abajo y al interior del recipiente 43. De manera alternativa, el electrodo 45 no está incorporado o adherido al recipiente 43.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la higienización y conservación de productos alimenticios, que comprende las etapas de:
 - proporcionar un recipiente (19, 21) que contiene un producto alimenticio (1);
 - introducir un plasma no térmico en el interior del recipiente; y
 - 5 - sellar el recipiente.
2. El método de la reivindicación 1, en el que el recipiente se sella mientras contiene el plasma no térmico o el plasma no térmico en un estado des-excitado.
3. El método de la reivindicación 1 ó 2, en el que dicha etapa de introducción de un plasma no térmico en el interior del recipiente se lleva a cabo dentro de una máquina de envasado de alimentos (5).
- 10 4. El método de la reivindicación 3, en el que la máquina de envasado de alimentos es una máquina de envasado de alimentos de tipo almohada o una máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja.
5. El método de la reivindicación 3 ó 4, en el que el plasma no térmico se genera y se introduce según uno de los procedimientos siguientes:
 - 15 i) generar el plasma no térmico con un dispositivo de generación de plasma no térmico localizado fuera de la máquina de envasado de alimentos, y transportar el plasma no térmico desde el dispositivo de generación de plasma no térmico al interior del recipiente;
 - j) la máquina de envasado de alimentos es una máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja, y el plasma no térmico se genera con un dispositivo de generación de plasma no térmico localizado en la máquina de envasado de tipo bandeja, y el plasma no térmico se deja fluir hacia y en el interior del recipiente; o
 - 20 k) la máquina de envasado de alimentos es una máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja, y el plasma no térmico se genera con un dispositivo de generación de plasma no térmico, y al menos una porción del dispositivo de generación está incorporado en el propio recipiente.
6. El método de la reivindicación 5, en el que en el procedimiento i), la máquina de envasado de alimentos es una máquina de envasado de alimentos de tipo almohada, el recipiente es una película tubular fina de plástico y el plasma no térmico se introduce en el interior de la película tubular con un inyector (31).
- 25 7. El método de la reivindicación 5, en el que en el procedimiento k), el dispositivo de generación incluye una barrera de descarga dieléctrica (47) incorporada en la tapa (7) de la máquina de envasado de alimentos de tipo bandeja, que coopera con un electrodo (45) formado en o adherido a la superficie inferior interna o externa del recipiente con forma de bandeja (43) colocado bajo dicha barrera (47).
- 30 8. El método según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además la etapa de introducción de un gas secundario en el interior del recipiente sin desplazar todo el plasma no térmico o todo el plasma no térmico en un estado des-excitado, en el que el recipiente se sella mientras contiene el gas secundario y el plasma no térmico o el plasma no térmico des-excitado.
9. El método de la reivindicación 8, en el que:
 - 35 - el gas secundario se selecciona del grupo que consiste en N₂, CO₂, O₂, Ar, Xe, Kr, He, Ne, N₂O, H₂, H₂O₂, CO, NO, y las mezclas de los mismos; y
 - el gas secundario tiene una composición diferente del plasma no térmico.
10. El método según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además las etapas de:
 - eliminar todo el plasma no térmico o todo el plasma no térmico en un estado des-excitado; y
 - 40 - introducir un gas de prolongación de la duración de almacenamiento en el interior del recipiente, en el que el recipiente se sella mientras contiene el gas de prolongación de la duración de almacenamiento.
11. El método de la reivindicación 10, en el que el plasma no térmico o el plasma no térmico des-excitado se elimina mediante la aplicación de vacío en el interior del recipiente, o se purga del interior del recipiente mediante la introducción del gas de prolongación de la duración de almacenamiento.
- 45 12. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de eliminación del plasma no térmico o el plasma no térmico en un estado des-excitado con la aplicación de vacío en el interior del recipiente, en el que el recipiente se sella a vacío.

13. El método según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además una etapa de aplicación de vacío en el interior del recipiente antes de dicha etapa de introducción del plasma no térmico.

5 14. El método según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el plasma no térmico se genera a partir de un gas de tratamiento seleccionado del grupo que consiste en N_2 , CO_2 , O_2 , Ar, Xe, Kr, He, Ne, N_2O , H_2 , H_2O_2 , CO, NO, y las mezclas de los mismos.

15. El método según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el plasma no térmico se genera a partir de un gas de tratamiento seleccionado del grupo que consiste en H_2 , una mezcla de H_2 y He, una mezcla de H_2 y Ar, una mezcla de H_2 y CO, una mezcla de H_2 y H_2O_2 , una mezcla de H_2 y aire, y una mezcla de H_2 y N_2O .

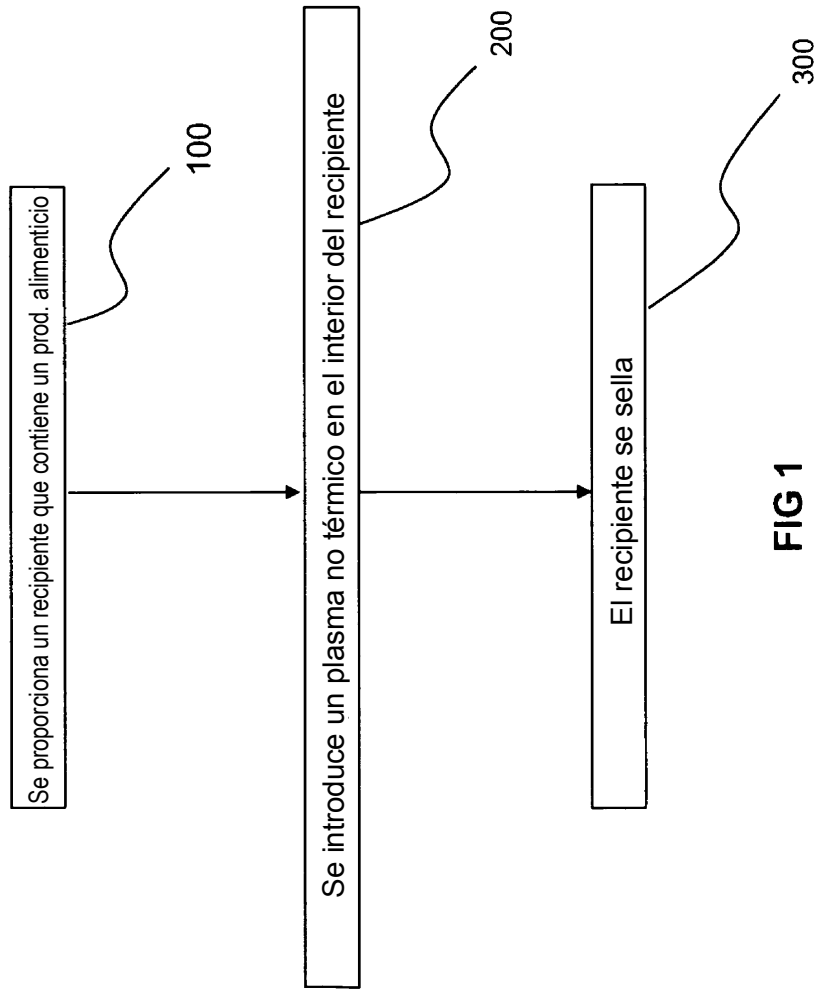


FIG 1

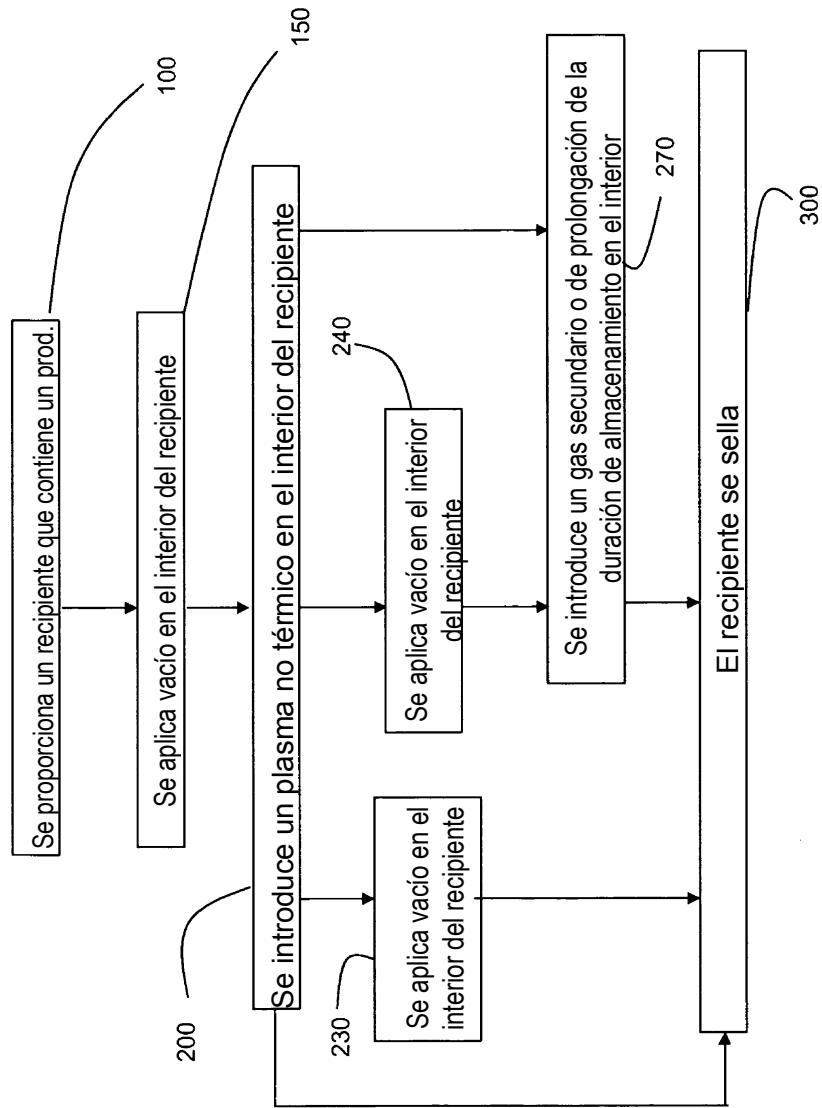


FIG 2

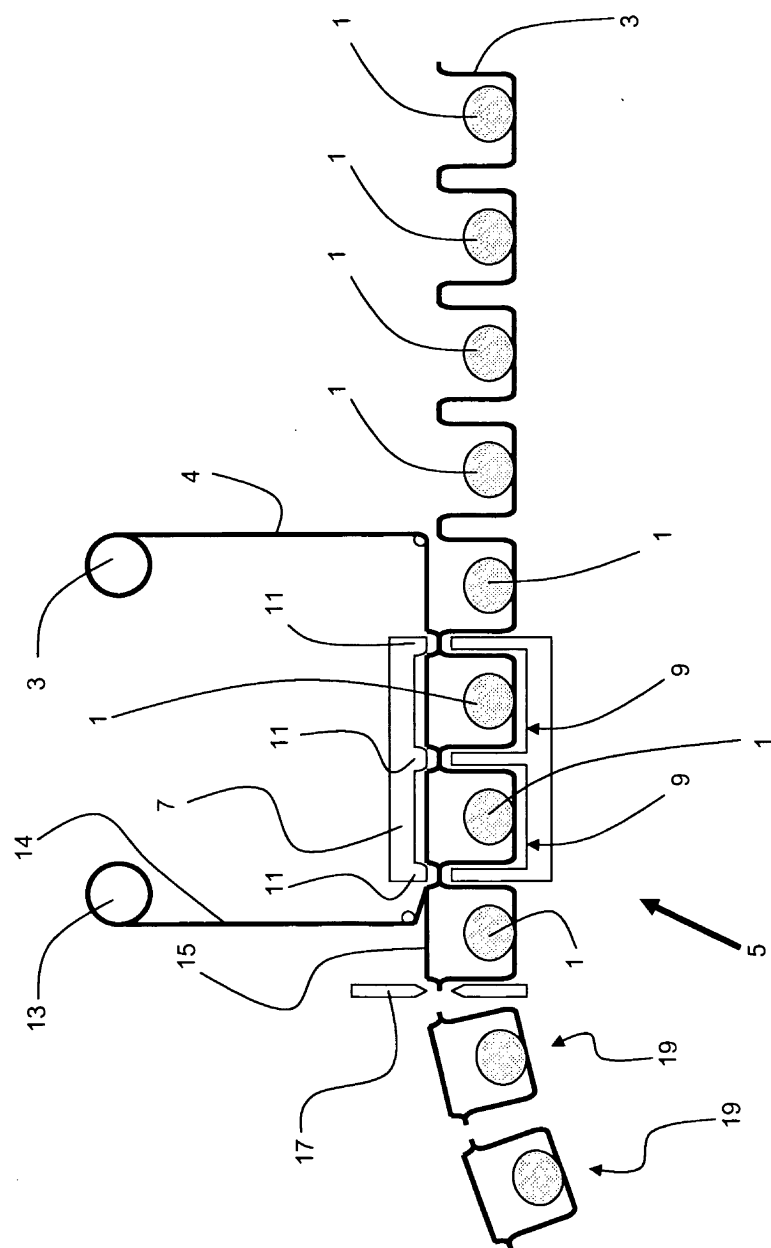


FIG 3

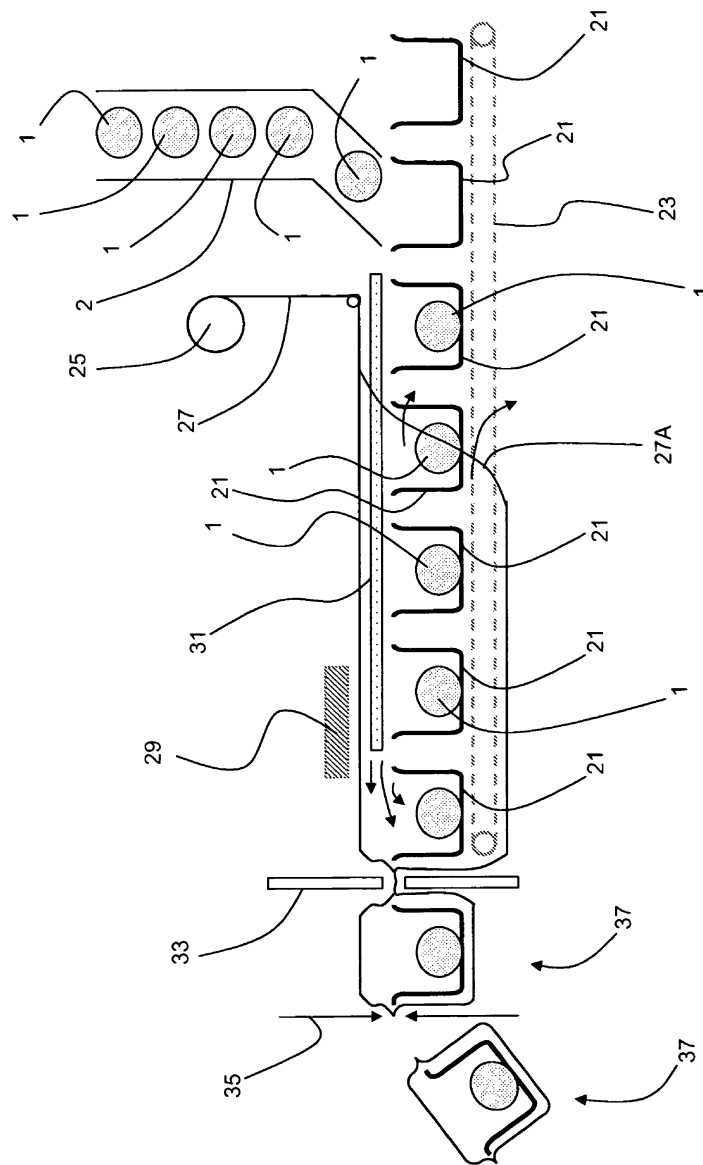


FIG 4

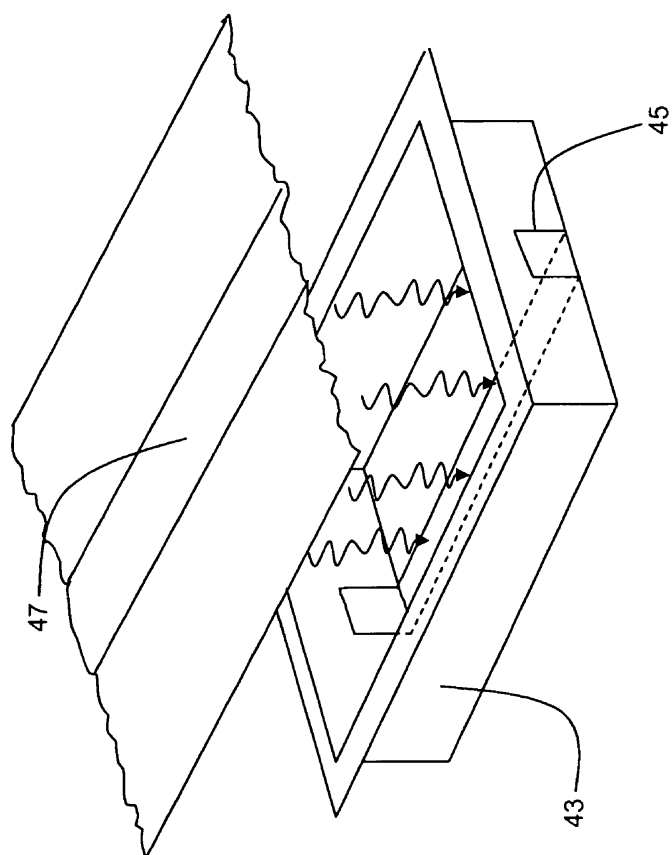


FIG 5