(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 401 990**

(51) Int. Cl.:

B29C 35/08 (2006.01)
B29C 44/34 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.04.2001** **E 01926254 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2012** **EP 1332030**

(54) Título: **Método para la fabricación de productos espumados biodegradables**

(30) Prioridad:

14.08.2000 NZ 50632800

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.04.2013

(73) Titular/es:

NOVAMONT S.P.A. (100.0%)
VIA FAUSER 8
28100 NOVARA, IT

(72) Inventor/es:

HASTINGS, MARIA LOUISE;
ERRINGTON, JOHN GOUGH;
HORNSEY, ANYA JANE;
CHAPMAN, TIMOTHY JAMES y
QUINN, PHILIP JAMES

(74) Agente/Representante:

AZNÁREZ URBIETA, Pablo

ES 2 401 990 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

Método para la fabricación de productos espumados biodegradables

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un método para fabricar productos moldeados biodegradables. Más en particular, la presente invención se refiere a la obtención de una matriz basada en almidón o en materiales de propiedades reológicas similares, espumada para su uso en productos moldeados. En particular, el método implica dos pasos característicos de procesamiento con microondas que dan como resultado un producto con propiedades de embalaje mejoradas, incluyendo resiliencia, compresibilidad y absorción de golpes.

ESTADO DE LA TÉCNICA

El campo de los materiales espumados biodegradables basados en almidón se ha analizado ampliamente en la técnica anterior. En particular, la patente US 6.168.857 incluye una descripción detallada a la que se puede hacer referencia en relación con esta patente.

Envases y Embalajes

Actualmente se utiliza una enorme cantidad de artículos, tales como láminas, películas y moldes de embalaje, hechos de materiales como papel, cartón, plástico, poliestireno e incluso metales. Éstos pueden adoptar la forma de materiales impresos, esteras, envases, separadores, divisores, sobres, tapas, cubiertas, latas y otros materiales de embalaje. Las avanzadas técnicas de procesamiento y embalaje actualmente disponibles permiten almacenar, embalar o transportar una enorme cantidad de productos líquidos y sólidos protegiéndolos al mismo tiempo de elementos perjudiciales.

Los envases y otros materiales de embalaje protegen los productos frente a influencias ambientales y daños durante la distribución, en particular de influencias químicas y físicas. El embalaje ayuda a proteger una enorme variedad de productos frente a gases, humedad, luz, microorganismos, insectos, golpes físicos, fuerzas de compresión, vibraciones, fugas o derrames.

Para los fines de la descripción, muchos de los productos y procesos de la técnica anterior se consideran poco respetuosos con el medio ambiente. Para los fines de la presente invención, el concepto “respetuoso con el medio ambiente” se puede caracterizar como:

- producido a partir de materias primas esencialmente naturales y renovables;
- fabricado de modo que genera el mínimo deterioro del medio ambiente, por ejemplo según un proceso de bajo consumo energético y métodos con bajo nivel de emisiones;
- fabricar un producto biodegradable y no perjudicial para el medio ambiente; y
- producción cuyos procesados son todos sostenibles.

No obstante, esta definición no se ha de considerar como limitativa.

Impacto de los Materiales Tradicionales

Últimamente se debate sobre cuál de estos materiales (por ejemplo papel, cartón, plástico, poliestireno, vidrio o metal) es más nocivo para el medio ambiente. Cada uno de estos materiales, papel, cartón, plástico, poliestireno, vidrio y metal, presenta aspectos únicos que no satisfacen la definición de “respetuoso con el medio ambiente”. Estos aspectos pueden relacionarse con la biodegradabilidad del propio material o con el método de producción, por ejemplo alto consumo energético, subproductos nocivos y emisiones.

Otro problema del papel, el cartón, el poliestireno y el plástico es que cada uno de ellos requiere materias primas orgánicas relativamente costosas, algunas de ellas no renovables, como el uso de petróleo en la fabricación de poliestireno y plástico. Aunque los árboles utilizados para producir papel y cartón son renovables en el sentido estricto de la palabra, los grandes terrenos necesarios y su rápida reducción en determinadas áreas del mundo socavan esta noción. Por tanto, el uso de enormes cantidades de materias primas esencialmente no renovables para la producción de láminas y artículos no es sostenible y no es sensato desde una perspectiva a largo plazo.

Espumas Basadas en Almidón

Son conocidos usos recientes de almidones y derivados de almidón como agentes aglutinantes o como constituyentes exclusivos de artículos moldeados. El documento US 5.095.054 es el documento raíz de este tipo de productos. La patente principal y aquellas que la citan reconocen el hecho de que el almidón se puede espumar y moldear mediante una conformación conocida en la técnica como “almidón desestructurado”. En la producción de almidón desestructurado se mezclan almidón natural o derivados de almidón con una gran variedad de aditivos tales como plastificantes, y se calientan, solidifican y enfrían, típicamente en un molde.

En los documentos EP-7070345 y WO95/07693 se utilizan procesos de calentamiento por conducción térmica convencionales que no se prestan a la producción de piezas moldeadas con paredes gruesas. Cuando el proceso de

calentamiento se basa en la conducción de calor, el calentamiento no es homogéneo, ya que es difícil calentar el núcleo del material al mismo nivel que su parte externa. Esto conduce a una espuma de propiedades no uniformes, lo que no es deseable en los embalajes protectores utilizados para aplicaciones anti golpes.

El documento US 6.168.857 incluye otro ejemplo donde el proceso sólo puede ser utilizado en aplicaciones de pared delgada. Los artículos de pared delgada tienen un uso limitado como embalajes protectores en aplicaciones anti golpes. Cuando se requieren propiedades anti golpes es necesario utilizar artículos de pared gruesa. El método para moldear artículos a partir de láminas utilizado en el documento US 6.168.857 no permite obtener láminas gruesas.

Otra patente, la US 5.730.824, utiliza la extrusión para producir paneles de espuma. Estos paneles se laminan juntos para formar láminas gruesas, que pueden cortadas con alambre en formas de varios tamaños. Este proceso tiene limitaciones debido a los necesarios y costosos equipos requeridos para la fabricación. En consecuencia, el método hace necesario transportar “aire”, ya que el producto sólo se puede producir en emplazamientos centrales. Además, las formas son muy limitadas o muy costosas, ya que deben ser recortadas desde láminas en lugar de moldearlas durante el proceso de espumado.

Otro ejemplo, la US 5.801.207, se refiere a tomar piezas de almidón espumado, colocarlas en una bolsa o dentro de capas de láminas y moldear las piezas preexpandidas en forma de cacahuete en moldes de espuma sólida *in situ*. Las limitaciones son que las piezas espumadas en forma de cacahuete utilizadas para hacer los moldes son muy voluminosas y ocupan mucho espacio de almacenamiento, y de nuevo incrementan los gastos al tener que transportar aire hasta el punto de uso en lugar de enviar gránulos densos que se pueden espumar en el la zona de uso. Además, el método es un procedimiento complicado para el usuario final, ya que éste ha de llenar y sellar bolsas de piezas espumadas en forma de cacahuete y después moldear la bolsa con la forma del producto.

Otras dos patentes, la WO 9.851.466 y la US 5.639.518, utilizan calentamiento dieléctrico en el procesamiento de los materiales basados en almidón.

En el documento WO 9.851.466, el calentamiento dieléctrico se produce en un paso y no tiene en cuenta la variación de las propiedades dieléctricas del material cuando éste se calienta, ni la relación entre las propiedades reológicas (por ejemplo elasticidad y viscosidad) y la velocidad de calentamiento. En consecuencia, el material no se calienta de forma tan rápida e intensa, lo que reduce el espumado potencial y la resiliencia del producto.

La patente US 5.639.518 tampoco utiliza pasos diferentes que tengan en cuenta la variación de las propiedades reológicas del material cuando éste se calienta. Se esbozan dos etapas en relación con cambios en la frecuencia de microondas, desde baja frecuencia y después alta frecuencia, pero no se hace referencia a las propiedades variables del material ni al perfil de la velocidad de calentamiento. Este cambio de frecuencia resulta en un aumento considerable de los gastos de procesamiento, ya que se requiere un equipo más especializado.

Además, los métodos arriba descritos con frecuencia producen espumas de consistencia variable dependiendo de la forma requerida y, a veces, sin una combinación de propiedades físicas y mecánicas uniformes. Estas propiedades incluyen densidad, compresibilidad, resiliencia y amortiguación de golpes. Todas estas propiedades limitan las aplicaciones del producto.

Otro método para moldear artículos a partir de mezclas basadas en almidón incluye el moldeo por lotes de una mezcla acuosa de almidón entre matrices calientes. Preferentemente, el aglutinante de almidón está inicialmente en un estado no modificado y no gelatinizado dentro de la mezcla acuosa moldeable. Las mezclas de almidón/agua se calientan entre los moldes a una temperatura lo suficientemente alta como para gelatinizar el almidón así como para eliminar la mayor parte del agua de la mezcla moldeable. Los artículos moldeados resultantes se pueden desmoldear, pero inicialmente son muy quebradizos antes de que sean “acondicionados” disponiéndolos en una cámara de alta humedad durante largos períodos de tiempo para que reabsorban la humedad. Si bien el proceso de moldeo por lotes arriba descrito puede tener cierta utilidad, no permite la fabricación en continuo y, en consecuencia, su ejecución es costosa.

A la vista de lo anteriormente expuesto, se observa una dificultad para hallar métodos mejorados para la fabricación de productos de bajo coste y respetuosos con el medio ambiente que tengan propiedades similares a las del papel, cartón, poliestireno o plástico, pero que sean biodegradables y elásticos.

Un objeto de la invención es proporcionar un método para producir un producto espumado con propiedades físicas y químicas uniformes, como densidad, compresibilidad, resiliencia y amortiguación de golpes.

Otro objeto es proporcionar un método y un producto que superen algunas o todas las desventajas arriba descritas de los productos espumados biodegradables existentes.

Otro objeto es la fabricación de un producto espumado biodegradable y un método que proporcionen al usuario una alternativa útil a los métodos y productos existentes.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un método para fabricar un producto espumado biodegradable (7) de acuerdo con la reivindicación 1.

El solicitante entiende que las ventajas de este método de aportación de energía se basan en el hecho de que, con un calentamiento dieléctrico, es posible obtener densidades de energía muy altas. Además, la energía no sólo actúa en la superficie del material de almidón, sino que también penetra en el mismo, permitiendo su rápido calentamiento interno, lo que conduce a la expansión instantánea del agente espumante. Optimizando la aplicación de microondas de modo que se genera un campo eléctrico uniforme dentro del material, se logra una estructura celular uniforme.

El solicitante entiende que el desarrollo de burbujas depende de la cantidad de energía suministrada al agente espumante y de las propiedades reológicas del material. La viscoelasticidad del material debe ser tal que permita un aumento de la presión de vapor de agua sin rotura o contracción fuerte.

En la realización preferente se utiliza calentamiento dieléctrico para calentar el producto, ya que se ha comprobado en la práctica que proporciona un calentamiento más uniforme y también la intensidad deseada.

De acuerdo con una realización, en el paso (g) la fuerza de la presión de vapor de agua es mayor que las fuerzas de viscosidad del material.

Si la viscosidad de la masa fundida extrudida es demasiado baja, no se producirá un aumento de la presión de vapor de agua, ya que el material no ofrecerá resistencia contra la cual pueda aumentar la presión de vapor de agua.

De acuerdo con otra realización, en el paso (g) la elasticidad del material es lo suficientemente alta como para impedir que el vapor de agente espumante rompa la masa extrudida y lo suficientemente baja para impedir una contracción fuerte.

Si la elasticidad es demasiado baja durante el paso (g), la presión de vapor de agua romperá la masa extrudida, formando una estructura débil de células abiertas. Por el contrario, si la elasticidad en el paso (g) es demasiado alta, el material se contraerá antes de que la estructura se pueda solidificar, formando una espuma dura y de muy alta densidad.

El solicitante entiende que la viscosidad y la elasticidad dependen de una gran cantidad de variables, incluyendo temperatura, contenido en agua, estructura molecular (en la que influye el nivel de degradación molecular), contenido en plastificante, contenido de aditivos, por ejemplo modificadores de la viscosidad, y gelatinización del almidón.

En pruebas realizadas con el material procesado utilizando el método arriba indicado se ha comprobado que el nivel de degradación molecular influye en el resultado del espumado [tal como indica el índice de solubilidad en agua, WSI (*water solubility index*)].

Cuando el nivel de degradación macromolecular de los gránulos es bajo, la espuma producida tiene alta densidad y es dura y quebradiza.

Cuando el nivel de degradación macromolecular de los gránulos es alto, la espuma producida tiene baja densidad, pero es blanda y quebradiza y tiene una estructura de células abiertas.

Cuando el nivel de degradación macromolecular de los gránulos es medio, la espuma producida tiene una densidad media, presenta una estructura de células cerradas y es blanda y elástica.

Por tanto, el experto en la técnica comprenderá que existe correlación entre la viscosidad y la elasticidad del material base y el nivel de degradación molecular.

De acuerdo con una realización, el equipo de microondas se ajusta de modo que se suministra rápidamente un calentamiento máximo (incorporando densidad de energía) al material en la etapa (g). En otra realización, en la etapa (g) arriba descrita se pueden efectuar uno o más pasos de reajuste dependiendo del cambio de las propiedades dieléctricas del material extrudido. Alternativamente, en lugar de los pasos de reajuste, se utilizan generadores de microondas independientes con ajustes diferentes.

El resultado del espumado también se regula variando la intensidad de la energía térmica.

Cuando el ciclo de servicio del equipo de microondas está ajustado al 100% y la velocidad de calentamiento es máxima, se obtiene el mejor resultado de espumado.

Cuando el ciclo de servicio del equipo de microondas está ajustado al 50% y la velocidad de calentamiento es mínima, se obtiene el peor resultado de espumado.

Cuando el ciclo de servicio del equipo de microondas está ajustado al 70% y la velocidad de calentamiento es intermedia, el resultado de espumado está entre el resultado obtenido con el ciclo de servicio del 100% y el obtenido con el ciclo de servicio del 50%.

El solicitante entiende que la formación de espuma implica la nucleación y el desarrollo de burbujas de vapor de agua debidas al calentamiento rápido.

El solicitante ha comprobado que cuanto más rápido es el calentamiento, mejor es el resultado de espumado. No obstante, los expertos en la técnica comprenderán que hay un límite superior más allá del cual el resultado de espumado se degrada. El resultado de espumado se mide en base a las características de las espumas de embalaje eficaces. Éstas incluyen densidad, compresibilidad, resiliencia y adhesión de partículas, pero es la combinación de estas propiedades la que finalmente determina la funcionalidad de la espuma. La magnitud “resultado de espumado” se utiliza en la solicitud para cuantificar la funcionalidad general de la espuma.

Por tanto, dada la relación entre viscosidad, elasticidad y calentamiento rápido, en la realización preferente el equipo de microondas se reajusta entre el paso (f) y el paso (g).

Además de los cambios en la viscosidad y la elasticidad, las propiedades dieléctricas del material extrudido varían considerablemente entre temperatura ambiente y aproximadamente 80-99ºC (justo por debajo del punto de vaporización). Se ha comprobado que reajustando el equipo de microondas, éste se adapta a las diferentes propiedades dieléctricas del material al final de la fase de precalentamiento.

Con la mejora de la adaptación del equipo/material se pueden lograr mayores densidades de energía y se puede optimizar la velocidad de calentamiento en la región de calentamiento crítica, alrededor de 90 - 130ºC, donde se produce el espumado, es decir, en el paso (g). También se puede lograr perfiles de densidad de energía más precisos mediante reajustes.

Con propósito explicativos, se han utilizado dos etapas (f) y (g) para un ejemplo del método de calentamiento dieléctrico. Esto no se ha de considerar como limitativo, ya que se pueden añadir más etapas antes y después de alcanzar el punto de vaporización del material.

La radiación microondas está dentro del rango estándar de los equipos de microondas de 2,40 a 2,50 GHz. De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, la frecuencia de servicio del equipo microondas se mantiene aproximadamente constante durante el proceso. Además se utiliza una distribución de densidad de energía de 0,01 W/cc a 10,00 W/cc. Preferiblemente, la densidad de energía es superior a 3,5 W/cc.

En otra realización, la potencia de salida del equipo microondas se varía durante el tratamiento con microondas en función de las características del producto deseadas y requeridas. La variación del ciclo de servicio de la fuente de microondas es un medio utilizado habitualmente para controlar la potencia de salida efectiva. Alternativamente, si se utiliza más de un generador de microondas, éstos pueden estar ajustados a diferentes potencias de salida.

En el método arriba descrito, el almidón o el material base derivado de almidón del paso (a) se selecciona de entre el grupo consistente en almidón de cereal, raíces y tubérculos, almidones modificados y cualquier combinación de éstos. También puede incluir materiales con propiedades reológicas similares a las de los materiales de almidón.

En la realización preferente, el agente espumante preferente es agua. El solicitante entiende que el buen resultado de espumado se debe al calentamiento rápido, que provoca una vaporización instantánea del agente. En el caso del agua, si la velocidad de calentamiento es demasiado baja, la velocidad de transferencia de vapor será mayor que la velocidad de calentamiento. Esto significa que el agua se evaporará, con lo que no aumentará la presión de vapor de agua y en consecuencia no se formarán o desarrollarán burbujas de vapor de agua para crear las “células” necesarias para obtener un producto espumado uniforme.

En el paso (a) o en el paso (b) se añade un agente espumante líquido. El proceso no se limita únicamente al resultado del cambio de estado del agente espumante de fase líquida a fase gaseosa. Existen otros mecanismos para la formación de espuma, incluyendo la degradación térmica de sólidos para formar gases, por ejemplo por sublimación, o reacciones químicas iniciadas térmicamente que producen gases. En una realización preferente, estos gases actúan como agentes espumantes.

También se pueden incluir otros aditivos. Típicamente, estos aditivos se seleccionan de entre diversos plastificantes biodegradables (como alcohol polivinílico con diversos grados de hidrólisis), agentes de nucleación (como silicato de magnesio, carbonato de calcio), ayudas de procesamiento (como lecitina, monoglicéridos) y cualquier combinación de los mismos.

También es posible añadir otros aditivos cuya función dependa de la aplicación, como productos ignífugos, inhibidores de hongos y moho, aditivos de ajuste de la resistencia, promotores de adhesión, modificadores de viscosidad, materiales de carga y repelentes para roedores.

En el método arriba descrito, el contenido en humedad durante la extrusión oscila entre el 15% en peso y el 50% en peso. Preferentemente oscila entre el 15% y el 30% en peso, ya que se ha comprobado que este intervalo da los mejores resultados de espumado en los ensayos. Estos intervalos de peso son con respecto al peso total de la mezcla inicial de materia prima antes de calentarla con microondas.

El método incluye un paso de acondicionamiento después de la extrusión. El producto extrudido se acondiciona a un contenido en humedad predeterminado mediante control de la temperatura y la humedad. El contenido en humedad

oscila entre el 5% y el 20% en peso, ya que se ha comprobado que este intervalo da los mejores resultados de espumado en los ensayos.

Después de un paso de acondicionamiento se obtiene un producto intermedio, esencialmente tal como se describe más arriba. De acuerdo con la experiencia del solicitante, el producto extrudido acondicionado es un producto intermedio útil que es compacto y todavía se encuentra en una forma lista para el uso en operaciones de espumado.

Durante los pasos (f) y (g), el producto extrudido se somete a calentamiento dieléctrico utilizando moldes para sostener el producto extrudido. El recipiente de moldeo es completamente transparente a las microondas o al menos es en gran medida transparente a las microondas, teniendo en cuenta el aumento de volumen del material y el hecho de que al mismo tiempo se han de poder expulsar el vapor de agua y el aire sin impedimentos.

Otra ventaja es el bajo coste de instalación y funcionamiento. Para el método se utilizan equipos generalmente bien conocidos, empleándose, por ejemplo, extrusoras y hornos microondas. Del mismo modo, los materiales se pueden transportar antes del espumado, lo que reduce los gastos de expedición debido a los menores volúmenes a transportar. El usuario puede someter el material a microondas para espumarlo, mejorando así la eficiencia del proceso, es decir, sin pagar por transportar “aire” en el producto expandido ni aumentar el coste de los equipos esenciales.

Mediante cualquiera de los métodos arriba descritos se puede fabricar un producto espumado biodegradable.

Después del paso (c) se puede producir un producto.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Otros aspectos se desprenden de la siguiente descripción, que se da únicamente a modo de ejemplo y con referencia a las figuras adjuntas, en las cuales:

Figura 1: diagrama de flujo del proceso según una realización preferente de la presente invención;

Figura 2: gráfico que muestra la relación entre el resultado de espumado y la solubilidad en agua;

Figura 3: gráfico que muestra la relación entre el resultado de espumado y el tratamiento térmico con tres muestras diferentes;

Figura 4: gráfico que muestra la relación entre la temperatura del material de espumado y el tiempo para diferentes tratamientos térmicos; y

Figura 5: gráfico que muestra la relación entre el resultado de espumado y el tratamiento térmico de tres muestras diferentes.

MEJORES FORMAS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCIÓN

Con referencia a la Figura 1, el método comienza mezclando un almidón (como material base) y otras sustancias combinadas entre sí, formando una mezcla (1).

Un ejemplo de una mezcla de material base A2 para el ejemplo incluye:

Material	**Proporción** [% peso en seco]
Almidón de tapioca	81,25
Maltodextrina (equivalente dextrosa 8-12)	2,5
Almidón de maíz céreo modificado pregelatinizado	3,00
Alcohol polivinílico (grado de hidrólisis = 86-89 mol%)	12,00
Silicato de magnesio	0,25
Lecitina	1,00

No obstante, se ha de señalar que también es posible utilizar otros polímeros biodegradables como material base, siempre que las propiedades reológicas del material sean similares a las de los gránulos de almidón.

La mezcla (1) se extrude en una extrusora (2) de tipo conocido con un contenido en humedad entre el 15% y el 30% en peso, para obtener un producto extrudido con las propiedades reológicas deseadas (3). La extrusora es, por ejemplo, una extrusora de un solo husillo.

El producto extrudido (3) se corta en gránulos o en barras largas o se enrolla en formas listas para el moldeo final. El producto extrudido se acondiciona (4) a un contenido en humedad entre el 12% y el 16% en peso a una temperatura de 15ºC a 40ºC. Esto se lleva a cabo en un recipiente de clima controlado (4) con una humedad relativa del 25% al 80% para reducir al mínimo el endurecimiento superficial del producto extrudido (3). De este modo se obtiene un producto estable al almacenamiento y fácil de transportar, que puede ser almacenado para un uso posterior (5).

Los especialistas observarán que también se pueden obtener otras formas, por ejemplo láminas lisas o patrones.

El producto extrudido (5) se carga en un molde transparente a las microondas con la forma requerida. Para este ejemplo, 70 g de producto extrudido (5) se cargan en un recipiente de 18 cm x 8 cm x 4 cm (6).

Ejemplo 1

El nivel de degradación molecular se mide en función del resultado de espumado (tal como indica la solubilidad en agua, WSI).

Las muestras preparadas tal como se indica más arriba se someten a prueba y se obtienen los resultados mostrados en la Figura 2.

Cuando el nivel de degradación macromolecular de los gránulos era bajo (región A de la Figura 2), la espuma producida tenía alta densidad y era dura y quebradiza.

Cuando el nivel de degradación macromolecular de los gránulos era alto (región C de la Figura 2), la espuma producida tenía baja densidad, pero era blanda y quebradiza y tenía una estructura de células abiertas.

Cuando el nivel de degradación macromolecular de los gránulos era medio (región B de la Figura 2), la espuma producida tenía una densidad media, presentaba una estructura de células cerradas y era blanda y elástica.

Por tanto, el experto en la técnica comprenderá que existe una correlación entre la viscosidad y la elasticidad del material base y el nivel de degradación molecular.

Ejemplo 2

El nivel del resultado de espumado se mide en función de variaciones de la intensidad de la energía térmica.

Se preparan tres muestras tal como se indica más arriba y éstas se prueban, dando los resultados mostrados en la Figura 3.

Cuando el ciclo de servicio del equipo de microondas estaba ajustado al 100% y la velocidad de calentamiento era máxima (Tratamiento Térmico I en la Figura 3) se obtuvo el mejor resultado de espumado.

Cuando el ciclo de servicio del equipo de microondas estaba ajustado al 50% y la velocidad de calentamiento era mínima (Tratamiento Térmico III en la Figura 3) se obtuvo el peor resultado de espumado.

Cuando el ciclo de servicio del equipo de microondas estaba ajustado al 70% y la velocidad de calentamiento era intermedia (Tratamiento Térmico II en la Figura 3), el resultado de espumado estaba entre el resultado obtenido con el ciclo de servicio del 100% y el obtenido con el ciclo de servicio del 50%.

El solicitante entiende que la formación de espuma implica la nucleación y el desarrollo de burbujas de vapor de agua a consecuencia del calentamiento rápido.

Ejemplo 3

El molde preparado como se indica más arriba se coloca en un campo de microondas (6) utilizando una energía de microondas con una frecuencia de 2,45 GHz y con una potencia de salida variable de 100 W a 5 kW, ajustado a una fuente de 2 kW para el ejemplo. El ciclo de servicio del equipo de microondas es del 100%.

Durante la etapa de precalentamiento de la realización preferente, el producto extrudido (5) se precalienta durante menos de 30 segundos, dependiendo del ajuste del generador de microondas, para llevar el producto extrudido (5) a una temperatura justo por debajo del punto de vaporización del agente espumante acuoso. El magnetrón (no mostrado) se ajusta a una densidad de energía de 0,83 W/cc y así se utiliza para calentar el producto extrudido (5) en el molde (6) durante menos de 30 segundos, dependiendo del ajuste del equipo de microondas (no mostrado). De este modo se obtiene un bloque de espuma moldeada uniforme y elástico (7).

En caso necesario, un reajuste del magnetrón posibilita una adaptación a los cambios que se producen en las propiedades dieléctricas del producto extrudido cuando cambia la temperatura. De este modo se pueden lograr mejores

densidades de energía y perfiles de densidad más exactos. Mientras se lleva a cabo el reajuste, la frecuencia permanece aproximadamente alrededor de 2,45 GHz. La Figura 4 muestra el perfil de temperaturas del ejemplo.

El calentamiento con un ciclo de servicio del 100% produce un resultado de espumado con un valor 8 (mostrado como Tratamiento Térmico I en las Figuras 3 y 4). El resultado de espumado se mide en base a las características de las espumas de embalaje eficaces. Éstas incluyen la densidad, la compresibilidad, la resiliencia y la adhesión de partículas, pero es la combinación de estas propiedades la que finalmente determina la funcionalidad de la espuma.

Ejemplo 4

En un cuarto ejemplo, el mismo material base A2 se somete a los mismos pasos (1) a (5) arriba descritos. Durante los pasos (6) y (7), el ciclo de servicio del equipo de microondas se cambia del 100% en el ejemplo 1 al 70%. Por consiguiente, la duración de cada paso también se modifica para tener en cuenta la alteración del perfil de calentamiento. La Figura 4 muestra el perfil de calentamiento resultante y la Figura 3 muestra que el resultado de espumado obtenido tiene un valor 7 (mostrado como Tratamiento Térmico II en las Figuras 3 y 4).

Ejemplo 5

En un quinto ejemplo, el mismo material base A2 se somete a los mismos pasos que en el Ejemplo 2, pero se utiliza un ciclo de servicio del equipo de microondas del 50%. La duración de cada paso se modifica de nuevo para tener en cuenta la alteración del perfil de calentamiento. La Figura 4 muestra el perfil de calentamiento resultante y la Figura 3 muestra que el resultado de espumado obtenido tiene un valor 6 (mostrado como Tratamiento Térmico II en las Figuras 3 y 4).

Ejemplo 6

En un sexto ejemplo, el mismo material base A2 se somete a los mismos pasos (1) a (5) descritos en el ejemplo 1. Durante los pasos (6) y (7), el ciclo de servicio del equipo de microondas se mantiene en el 100% y el resultado de espumado se analiza con un proceso de un solo paso de 60 segundos con el magnetrón ajustado al material al comienzo del proceso de microondas. La Figura 5 muestra el resultado de espumado con un valor 5 (mostrado como Tratamiento Térmico A en la Figura 5).

Ejemplo 7

En un séptimo ejemplo, el mismo material base se procesa tal como se indica más arriba en el Ejemplo 6, excepto que el resultado de espumado se analiza durante los pasos (6) y (7). Esto se realiza con un proceso de un solo paso de 60 segundos en el que el magnetrón se ajusta al material con el ajuste normal utilizado cuando se mueve a través de la temperatura de vaporización del agente espumante. La Figura 5 muestra el resultado de espumado con un valor 2 (mostrado como Tratamiento Térmico B en la Figura 5).

Ejemplo 8

En un octavo ejemplo, el mismo material base se procesa tal como se indica más arriba en el Ejemplo 6, excepto que el resultado de espumado se analiza durante los pasos (6) y (7) con dos pasos de 30 segundos reajustando el magnetrón al material al final de cada paso. La Figura 5 muestra el resultado de espumado con un valor 8 (mostrado como Tratamiento Térmico C en la Figura 5).

Estos aspectos se han descrito únicamente a modo de ejemplo y se ha de entender que es posible hacer modificaciones y adiciones a los mismos sin salirse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para fabricar un producto espumado biodegradable (7) que incluye los pasos de:

a) seleccionar uno o más materiales base de almidón o derivados de almidón que contienen agua como agente espumante y mezclar el material base de almidón o derivado de almidón seleccionado con uno o más aditivos para formar una mezcla;
b) extrudir la mezcla del paso (a) en presencia de agua a una temperatura inferior al punto de vaporización del agua, para obtener un producto con un contenido en agua entre el 15% y el 50%;
c) acondicionar el producto extrudido del paso (b) a una temperatura y humedad controladas para obtener un producto acondicionado;
d) transferir el producto extrudido acondicionado del paso (c) a un molde; y
e) calentar el producto extrudido acondicionado del paso (b) utilizando microondas de un dispositivo calentador por microondas que produce microondas con una frecuencia de 2.400 – 2.500 MHz,
caracterizado por los pasos de:
f) precalentar, mediante la aplicación de dichas microondas, en un primer paso de calentamiento, el producto extrudido acondicionado en el dispositivo del paso (d) a una temperatura justo por debajo del punto de vaporización del agente espumante para lograr una distribución de temperatura uniforme por todo el producto extrudido; y
g) a continuación, en un segundo paso de calentamiento diferente del primer paso de calentamiento y después de alcanzar dicha distribución de temperatura uniforme por todo el producto extrudido, calentar durante menos de 30 segundos el producto extrudido acondicionado precalentado del paso (f) mediante la aplicación de dichas microondas en el dispositivo del paso (e) pasando por el punto de vaporización del agente espumante;
h) formando así un producto espumado expandido (7) con una estructura uniforme de células cerradas, una densidad media y con propiedades elásticas.

2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el calentamiento por microondas del paso (g) se lleca a cabo empleando uno o más generadores de microondas.

3. Método según la reivindicación 2, caracterizado porque se utiliza más de un generador de microondas en el paso (e) y los generadores de microondas se ajustan a una frecuencia seleccionada de entre el grupo consistente en: todos los generadores a la misma frecuencia; todos los generadores a frecuencias diferentes; y generadores independientes ajustados a frecuencias diferentes.

4. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque los almidones se seleccionan de entre el grupo consistente en almidón de cereal, de raíces y tubérculos, almidones modificados y cualquier combinación de los mismos.

5. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el almidón es almidón de tapioca.

6. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque se incluye al menos un aditivo junto con el material base seleccionado de entre el grupo consistente en plastificantes, agentes de nucleación, aditivos de ajuste de resistencia, modificadores de la viscosidad, promotores de adhesión; agentes auxiliares de procesamiento, materiales de carga y combinaciones de los mismos.

7. Método según la reivindicación 6, caracterizado porque el plastificante utilizado es alcohol polivinílico.

8. Método según la reivindicación 6, caracterizado porque el agente de nucleación utilizado es silicato de magnesio.

9. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque se incluye al menos un aditivo con el material base seleccionado de entre el grupo consistente en agentes auxiliares de propiedades dieléctricas, agentes espumantes no acuosos, productos ignífugos, agentes antifúngicos, inhibidores de moho, y combinaciones de los mismos.

10. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el producto extrudido del paso (b) se acondiciona a una temperatura controlada de 15ºC a 40ºC y una humedad relativa de entre el 25% y el 80% para obtener un producto extrudido acondicionado con un contenido en humedad de entre el 12% y el 16%.

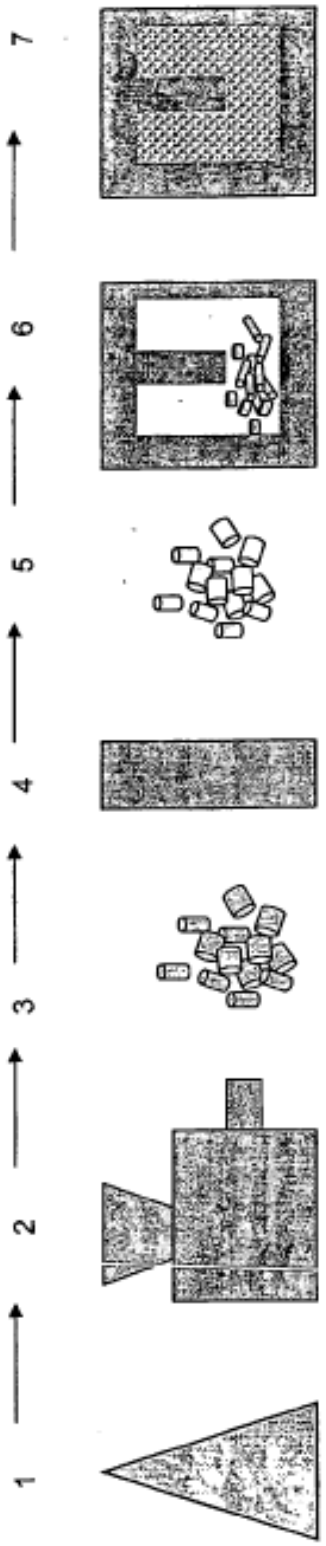

FIGURA 1

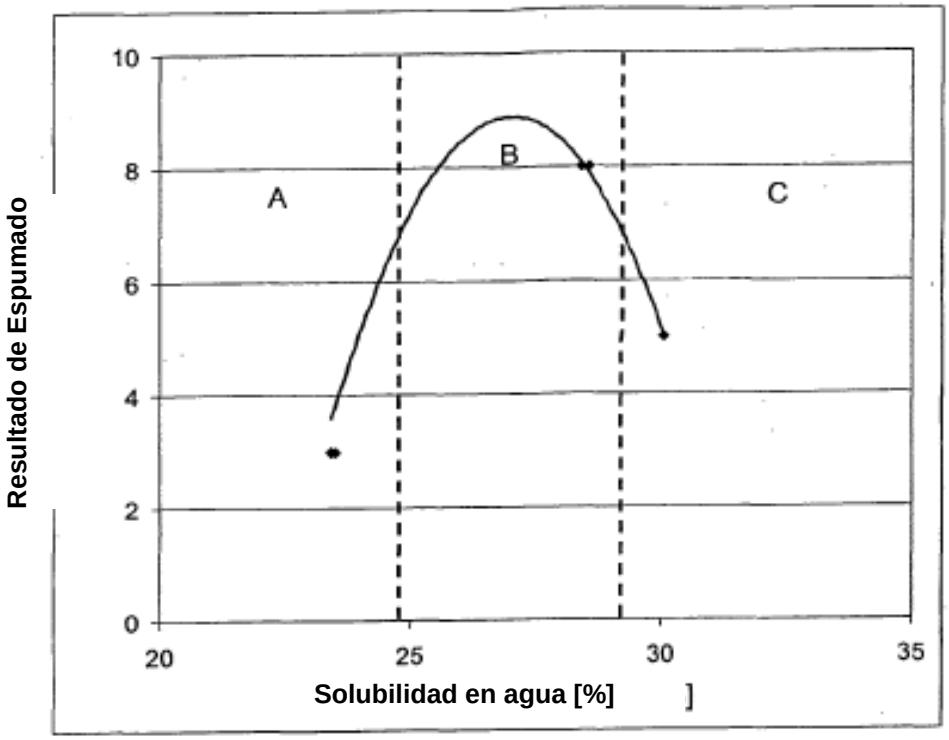

FIGURA 2

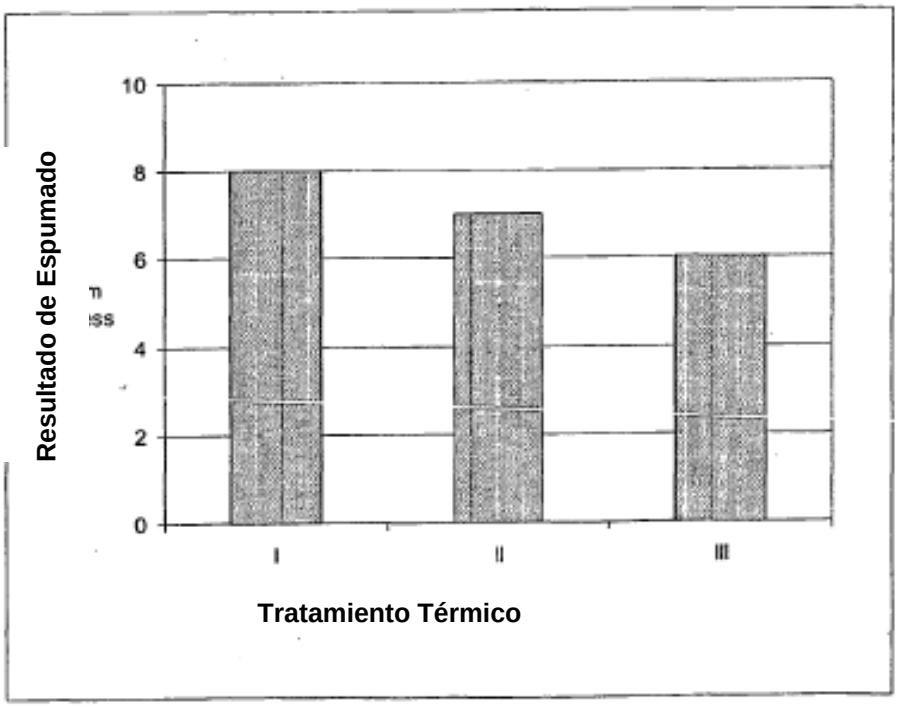

FIGURA 3

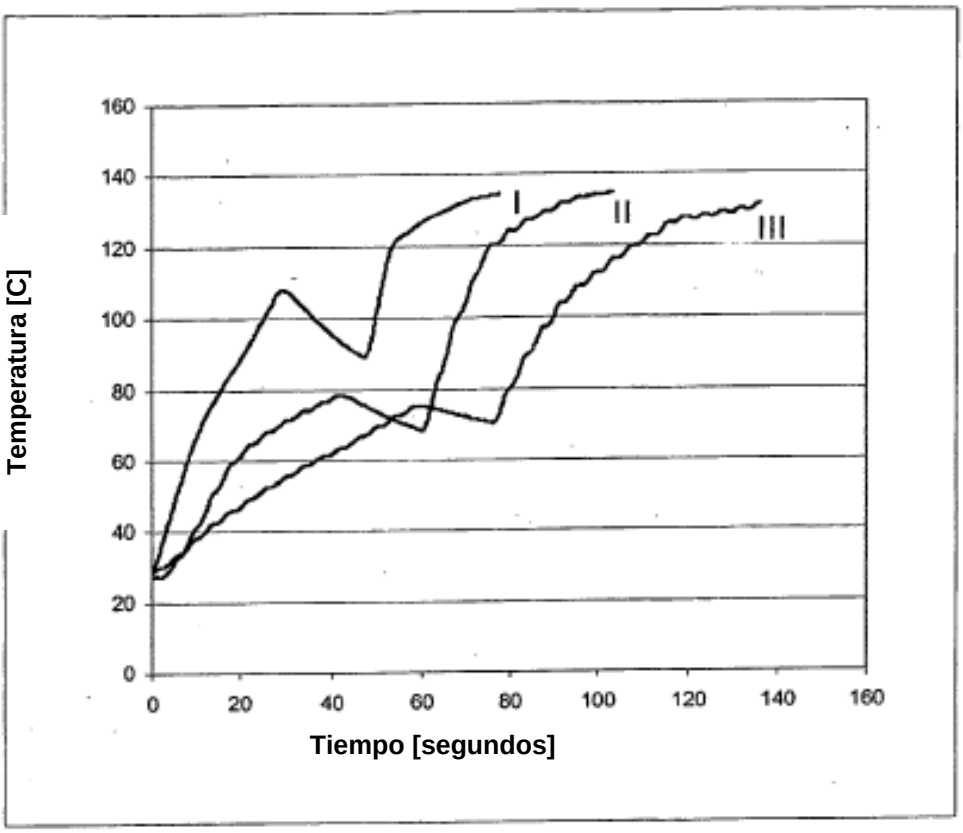

FIGURA 4

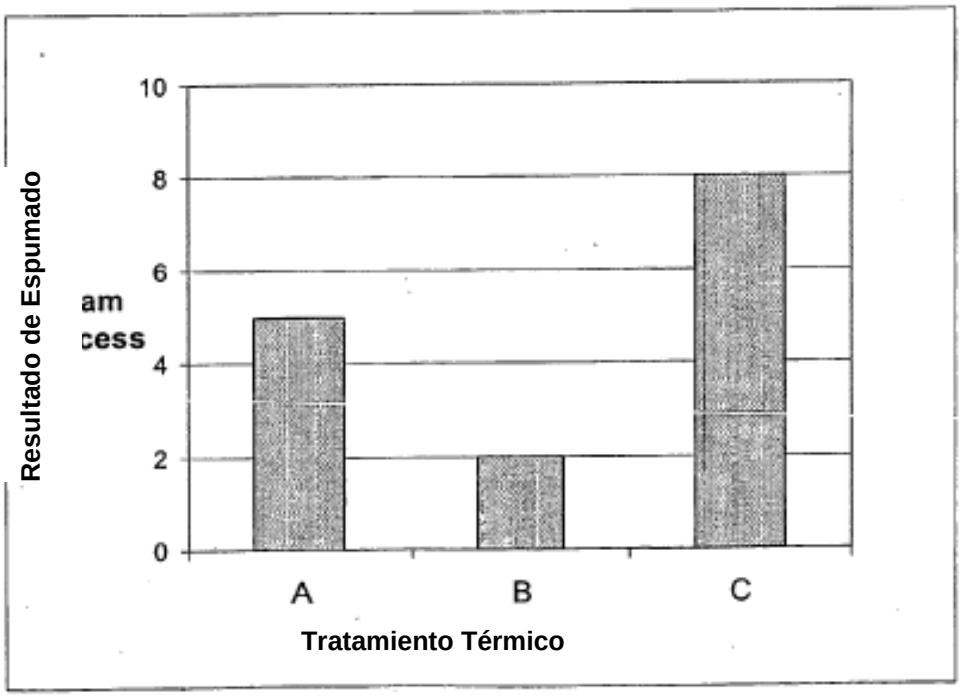

FIGURA 5