

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 981**

51 Int. Cl.:

C08J 5/18 (2006.01)

C08J 7/18 (2006.01)

B32B 27/08 (2006.01)

B65D 81/34 (2006.01)

H05B 6/64 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.2010 E 10805035 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.09.2015 EP 2459624**

54 Título: **Películas susceptibles de baja cristalinidad**

30 Prioridad:

30.07.2009 US 273090 P

26.08.2009 US 236925 P

22.02.2010 US 709628

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

30.09.2015

73 Titular/es:

GRAPHIC PACKAGING INTERNATIONAL, INC.
(100.0%)

814 Livingston Court
Marietta, GA 30067, US

72 Inventor/es:

MIDDLETON, SCOTT W.;
BOHRER, TIMOTHY H.;
SLOAT, JEFFREY T.;
GILPATRICK, WILLIAM y
SINCLAIR, MARK

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Luis Alfonso

ES 2 546 981 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

Películas susceptibles de baja cristalinidad

5 TÉCNICA ANTERIOR

Se conoce la utilización de un susceptible en envoltorios que se calientan por microondas para mejorar el dorado y/o efecto crujiente de un alimento adyacente. En una realización, un susceptible es una capa delgada de un material interactivo con la energía de microondas que tiende a absorber, como mínimo, una parte de la energía de microondas que incide y la convierte en energía térmica (es decir, calor) a través de pérdidas resistivas en la capa de material interactivo con la energía de microondas. El resto de la energía de microondas o bien se refleja por el susceptible o bien se transmite a través del mismo. Susceptores típicos comprenden aluminio, de forma general menos de, aproximadamente, 500 angstroms de espesor, por ejemplo, aproximadamente, de 60 a, aproximadamente, 100 angstroms de espesor, y que tiene una densidad óptica de, aproximadamente, 0,15 a, aproximadamente, 0,35, por ejemplo de, aproximadamente, 0,17 a, aproximadamente, 0,28.

La capa de material interactivo con la energía de microondas (es decir, el susceptible) está soportada típicamente por una película de polímero para definir una película susceptible. La película susceptible está unida típicamente (por ejemplo, laminada) a una capa de soporte, por ejemplo, papel o cartón, utilizando un adhesivo o de otro modo, para proporcionar estabilidad dimensional a la película susceptible y para proteger la capa de metal de ser dañada. La estructura resultante puede ser denominada como una "estructura susceptible".

Las primeras películas susceptibles de microondas comerciales y posteriormente los envases susceptibles introducidos se han basado en la utilización de películas altamente orientadas, altamente cristalizadas, biaxialmente orientadas y termoendurecidas producidas a partir de polímero de tereftalato de polietileno o PET. Típicamente, estas películas están altamente orientadas, es decir, el grado de estiramiento durante el proceso de orientación es, aproximadamente, desde 3,5:1 a, aproximadamente, 4:1 en la dirección de la máquina (MD) y, aproximadamente, de 3,5:1 a, aproximadamente, 4:1 en la dirección transversal a la máquina (CD). Películas de PET orientadas biaxialmente producidas a partir de este polímero se utilizan de forma común en una amplia variedad de envases y en utilidades no de envases en las que son útiles la combinación de todas o algunas de las propiedades de claridad, brillo, suavidad, una buena combinación de barrera de vapor de agua y al oxígeno, buena resistencia mecánica y modesta estabilidad térmica dimensional. Películas disponibles comercialmente que se utilizan en estructuras susceptibles habituales comprenden típicamente películas de esta descripción general, cuyas propiedades de forma general han sido optimizadas para aplicaciones de gran volumen diferentes de la utilización en susceptibles de microondas.

Existen varios elementos clave de esta construcción estándar que pueden limitar la eficacia de calentamiento de estas películas y, por lo tanto, de envases, componentes de envase susceptibles de microondas, o materiales compuestos susceptibles y envases o componentes de modificación del campo o de blindaje. Existe una amplia comprensión de los técnicos en la materia de producir envases susceptibles de microondas del fenómeno de calentamiento auto-limitante, referido de forma común como fisuración o "crazing". Durante el calentamiento inducido en la propia capa de susceptible, resultante de la interacción del material susceptible con uno o ambos de los componentes eléctrico o magnético de la energía electromagnética de microondas, la temperatura de la película de sustrato susceptible aumenta. Aunque no se desea quedar ligado por ninguna teoría, y para esta discusión, utilizando el ejemplo de un metal metalizado al vacío depositado sobre una película de orientación biaxial y que interactúa principalmente con el componente eléctrico de la energía de microondas, se cree que cuando las fuerzas de contracción residuales en la película de sustrato susceptible exceden la capacidad del sustrato adhesivo/soporte para sostener la película de sustrato susceptible en su configuración original y deseada, se producen fisuras en la película de sustrato susceptible, provocando discontinuidades en el material susceptible interactivo con las microondas que interrumpe el flujo de corriente eléctrica en la capa de metal. A medida que la fisuración progresa y las fisuras se cruzan entre sí, la red de líneas de intersección subdivide el plano del susceptible en islas conductoras progresivamente menores. Como resultado, disminuye la reflectancia total del susceptible, la transmisión global del susceptible aumenta, y disminuye la cantidad de energía convertida por el susceptible en calor sensible.

Cuando este comportamiento autolimitante se produce de forma prematura (es decir, demasiado pronto en el ciclo de calentamiento), el susceptible puede no ser capaz de generar la cantidad necesaria de calor para una aplicación en particular de calentamiento de alimentos. En contraste, en algunos casos, este comportamiento autolimitante puede ser ventajoso cuando el calentamiento del susceptible fuera de control (es decir, no controlado) de lo contrario podría causar carbonización o chamuscado excesivo del alimento adyacente y/o cualquier estructura o sustrato de soporte, por ejemplo, papel o cartón. De este modo, para cada aplicación, la necesidad de calentamiento suficiente debe equilibrarse con el deseo de evitar el recalentamiento indeseable. Desafortunadamente, con un susceptible de PET altamente orientado convencional, la temperatura a la que se produce la fisuración sólo puede ser controlada ligeramente, por ejemplo, modificando el espesor de la capa de metal, el tipo y la cantidad de adhesivo, y la uniformidad de la aplicación del adhesivo.

Retrasar la aparición de fisuras en estructuras susceptibles ha sido objeto de importantes esfuerzos, pero no se ha logrado ninguna mejora significativa o muy pocas utilizando el pensamiento tradicional. Sin embargo, los cambios significativos y no previstos previamente en los materiales poliméricos de base de utilizados y/o en la forma en que se procesan en las películas que se muestran en la presente invención dan lugar a temperaturas más elevadas o retraso en la aparición de la fisuración y un potencial controlable mayor de calentamiento por microondas.

Para entender la singularidad de los enfoques adoptados en la presente descripción, es instructivo en primer lugar revisar los intentos anteriores de crear mejores películas susceptibles de calentamiento a través de modificaciones en las formas en que se producen estas películas. Una discusión de la caracterización de las películas revela además una nueva comprensión que soporta la singularidad de los aspectos de la presente invención.

Dado que la maquinaria de orientación biaxial utilizada para producir películas de sustrato susceptibles de PET estándar proporcionan la capacidad para acondicionar térmicamente, o termoendurecer la película altamente orientada a temperatura controlada, ha sido un objetivo de algunos investigadores el aumentar las temperaturas de termoendurecimiento y los tiempos de permanencia para lograr películas con estabilidad dimensional a temperaturas más elevadas. Por ejemplo, las patentes de EE.UU. Nos. 4.851.632, 4.993.526, 5.003.142, y 5.177.332 y la solicitud de patente de EE.UU. No. de publicación 2007/0084860 A1, asignadas de forma común, dan a conocer la utilización de películas de "PET estabilizado al calor", que se define en la patente de EE.UU. No. 5.177.632 como "PET que se trata para que se contraiga menos de, aproximadamente, el 2% cuando se calienta a 150°C durante treinta minutos. Preferentemente, se contraerá menos de, aproximadamente, el 1,5% o el 1% cuando se calienta de este modo, y de la forma más preferente, aproximadamente, el 0,6% o menos". De acuerdo con la patente de EE.UU. No. 5.177.132, "PET estabilizado al calor se prepara a partir de un grado normal de película de PET mediante un proceso de estabilización que implica una serie de etapas de tratamiento térmico y relajación, y es bien conocido para los expertos en la técnica. Un proceso de estabilización frente al calor para el PET se describe con más detalle en el Boletín de E-50542, "Estabilización térmica de Mylar®," de E. I. Du Pont de Nemours and Company. A pesar de que este boletín no está públicamente disponible para su examen, resulta claro por el contexto de su descripción, en particular en la patente de EE.UU. número 5.177.332, que el proceso de estabilización frente al calor incluye tratamiento térmico suplementario más allá del que normalmente se proporciona en la producción de "películas de PET ordinarias", y que en todos los casos el PET o película de PET se refiere a película que está orientada biaxialmente.

Otros investigadores han intentado utilizar polímeros de punto de fusión más elevado (es decir, temperatura de fusión) para lograr un rendimiento de calentamiento más elevado (véase, por ejemplo, la patente de EE.UU. No. 5.571.627, que enseña la utilización de películas de sustrato susceptibles orientadas biaxialmente que tienen un inicio de la fusión en un intervalo de, aproximadamente, 260°C a 300°C, o en la patente de EE.UU. No. 5.126.519, que enseña la utilización de películas hechas de copoliéster PCTA con punto de fusión mayor que 500°C). Además, han sido descritos naftalato de polietileno y ciertos copoliésteres tales como policiclohexileno-dimetileno tereftalato (PCDMT), que tienen puntos de fusión inherentemente más elevados, (véase, por ejemplo, las patentes de EE.UU. Nos. 5.527.413 y 5.571.627). A pesar de las reivindicaciones de mejora del rendimiento de calentamiento, se cree que los susceptibles que utilizan estas películas no han demostrado ser adecuados para su utilización comercial. Entre las dificultades encontradas se incluyen el coste adicional excesivo, problemas de fabricación, y el calentamiento no controlado que conduce al chamuscado inaceptable o la quema de los alimentos, los componentes del envase o envases, o ambos. Por ejemplo, la patente de EE.UU. No. 5.527.413 da a conocer que el PCDMT se pone tan caliente que puede quemar o chamuscar el papel en la estructura del susceptible o quemar los alimentos en contacto con el susceptible. Por consiguiente, se cree que la utilización de copoliésteres punto de fusión elevado no ha demostrado ser satisfactoria en la creación de películas susceptibles comercialmente útiles.

De este modo, existe una necesidad de una estructura susceptible que sea capaz de lograr de forma controlable un mayor flujo de calor y/o temperatura más elevada que las estructuras susceptibles convencionales, permitiendo así un mejor efecto dorado y/o crujiente de un alimento sin el peligro de carbonización excesiva.

En la solicitud de patente de EE.UU. No. 12/709.628 relacionada, se reconoció que películas sin orientación, por ejemplo, películas de tereftalato de polietileno amorfo (APET), podrían ser utilizadas en las películas susceptibles que tienen propiedades de calentamiento que son superiores a las películas susceptibles de PET convencional, orientado biaxialmente. Sin embargo, también se reconoció que la película APET puede carecer de suficiente resistencia para su procesamiento. Por consiguiente, los presentes inventores proponen diferentes medios para aumentar la resistencia de la película de APET. Sin embargo, sigue existiendo una necesidad de películas de base susceptibles alternativas y estructuras susceptibles formadas por las mismas.

CARACTERÍSTICAS

La presente invención se refiere en general a una película de polímero (o película) para su utilización como una película de base o sustrato en una película susceptible, un método de fabricación de esta película de polímero, y una película susceptible que incluye la película de polímero. La película susceptible puede estar unida a una capa de soporte para formar una estructura susceptible. La película susceptible y/o la estructura susceptible se pueden utilizar

para formar innumerables estructuras interactivas con la energía de microondas, envases de calentamiento por microondas, u otras construcciones interactivas con la energía de microondas.

La estructura susceptible puede tener de forma general una velocidad de reacción de dorado que excede la velocidad de reacción de dorado de una estructura susceptible realizada a partir de una película de PET orientada biaxialmente convencional. Por consiguiente, la presente estructura susceptible puede proporcionar una mejora apreciable en el efecto dorado y/o crujiente de un alimento calentado utilizando la estructura susceptible.

La película de polímero puede estar no orientada u orientada en diferentes grados. En los casos en los que se orienta la película, las condiciones de orientación se pueden ajustar a medida para proporcionar un nivel deseado de cristalinidad, orientación residual, y por lo tanto, un rendimiento de calentamiento deseado para una aplicación de película susceptible particular. La película se puede caracterizar porque tiene uno o más de los siguientes: un índice de refracción (n_z) de menos de, aproximadamente, 1,64; una birrefringencia (n_z-n_x) de menos de, aproximadamente, 0,15; y una cristalinidad de menos de, aproximadamente, el 50%. Sin embargo, otras cristalinidades, índices de refracción, birrefringencias, e intervalos de cada uno pueden ser adecuadas en algunos casos. En comparación, las películas de homopolímero orientadas biaxialmente comerciales utilizadas típicamente en susceptores pueden tener un índice de refracción (n_z) de, aproximadamente, 1,6447 a, aproximadamente, 1,6639, y una birrefringencia (n_z-n_x) de, aproximadamente, 0,1500 a, aproximadamente, 0,1700.

Se ha descubierto que las películas de polímero que tienen una cristalinidad, orientación, y/o resistencias de contracción residuales relativamente bajas pueden ser utilizadas en las películas susceptibles y estructuras susceptibles para conseguir un mayor flujo de calor y/o temperatura más elevada que las estructuras susceptibles convencionales. Además, los presentes inventores han obtenido el conocimiento de la relación entre los diferentes materiales de base, las condiciones del proceso y la cristalinidad de la película resultante. Como resultado, los grados de libertad en el diseño de películas de base y las estructuras susceptibles resultantes se han incrementado dramáticamente.

En algunos ejemplos de realización, la película de polímero puede comprender tereftalato de polietileno amorfo (APET), nailon amorfo, diferentes copoliésteres, o cualquier combinación de los mismos. De forma general, el copoliéster puede tener una temperatura de fusión similar o menor que la de polímero de PET estándar, por ejemplo, menos de, aproximadamente, 250°C a 260°C. Sin embargo, se contemplan muchos otros polímeros.

Si se desea, uno o más aditivos (es decir, polímeros) se pueden incorporar en la película de polímero para mejorar la resistencia y/o capacidad de procesamiento de la película de polímero. De forma adicional o alternativa, la resistencia y/o capacidad de procesamiento de la película de polímero se pueden mejorar mediante la utilización de una película de polímero de varias capas, en las que una o más de estas capas proporciona el nivel deseado de robustez para la película de polímero. Por consiguiente, la película multicapa puede mostrar una resistencia a la rotura mejorada, dureza, y la mejora de la tolerancia dimensional de manera que la película puede ser procesada (por ejemplo, metalizada, grabada químicamente, laminada y/o impresa) y convertida en diferentes estructuras y/o envases susceptibles utilizando operaciones de conversión de velocidad elevada.

Si se desea, se pueden proporcionar características funcionales adicionales a la película de múltiples capas mediante la selección de polímeros que tienen los atributos deseados. Por ejemplo, la película multicapa puede tener características de barrera que pueden hacer que la película de polímero sea adecuada para numerosas aplicaciones, por ejemplo, para envases para artículos refrigerados de alimentos para microondas que requieren una vida útil más larga.

Otras características, aspectos y realizaciones de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción.

DESCRIPCIÓN BREVE DE LAS FIGURAS

La descripción se refiere a las figuras adjuntas en las que:

La **figura 1** presenta el índice de refracción (n_z) y el aumento de la temperatura (ΔT) en °C para varias películas de base susceptibles y estructuras susceptibles de ejemplo;

La **figura 2** presenta la velocidad relativa de la reacción de dorado y el número de píxeles dorados de pizza para diferentes estructuras susceptibles de ejemplo;

La **figura 3** presenta el índice de refracción (n_z) y el aumento de la temperatura (ΔT) en °C para varias películas de base susceptibles y estructuras susceptibles de ejemplo;

La **figura 4** presenta la velocidad relativa de la reacción de dorado y el número de píxeles dorados de pizza para diferentes estructuras susceptibles de ejemplo;

La **figura 5** presenta la respuesta dimensional dinámica a la temperatura para la película de base susceptible 6-2;

La **figura 6** presenta la respuesta dimensional dinámica a la temperatura para la película de base susceptible 1-6;

5 La **figura 7** presenta la respuesta dimensional dinámica a la temperatura para la película de base susceptible 7-1;

La **figura 8** presenta la respuesta dimensional dinámica a la temperatura para la película de base susceptible 6-9;

10 La **figura 9** presenta la respuesta dimensional dinámica a la temperatura para la película de base susceptible 6-11; y

La **figura 10** presenta la respuesta dimensional dinámica a la temperatura para la película de base susceptible 7-8.

DESCRIPCIÓN

15 La presente descripción se refiere de forma general a películas de polímero (o películas) para su utilización como una película de base o sustrato en películas susceptibles, un método de preparación de estas películas de polímero, y las películas y estructuras susceptibles, que incluyen la película de polímero.

20 En un aspecto, la película de base puede tener de forma general una cristalinidad de menos de, aproximadamente, el 50% antes del calentamiento en un horno microondas. En cada uno de diferentes ejemplos independientes, la película de polímero puede tener una cristalinidad de menos de, aproximadamente, el 40%, menos de, aproximadamente, el 37%, menos de, aproximadamente, el 30%, menos de, aproximadamente, el 25%, menos de, aproximadamente, el 20%, menos de, aproximadamente, el 15%, menos de, aproximadamente, el 10%, menos de, aproximadamente, el 7% o, aproximadamente, el 5%.

25 Los presentes inventores han determinado que las películas de baja cristalinidad producidas de una variedad de maneras pueden ser películas de base superiores en comparación con sus homólogas altamente cristalinas. Específicamente, se ha descubierto que una menor cristalinidad y niveles de orientación residuales más bajos corresponden en general a una capacidad de calentamiento más elevada en la película susceptible resultante y/o en la estructura susceptible, incluso cuando la película de base tiene un nivel de orientación absoluto elevado similar a una película de base convencional. Esto presenta una desviación significativa de la utilización convencional de las películas susceptibles altamente cristalinas y altamente orientadas. Aunque se han realizado algunos intentos para entender el comportamiento de los susceptores autolimitantes, se cree que, de forma general, la relación entre la cristalinidad y características de respuesta a la temperatura dimensional dinámica de películas orientadas utilizadas para las películas susceptibles de microondas y el rendimiento resultante susceptible no se ha explorado o apreciado por los demás.

30 En otro aspecto, se ha descubierto además que, en muchos casos, el índice de refracción y/o la birrefringencia de la película de polímero pueden ser más indicativos del rendimiento que los criterios establecidos en la técnica anterior. El índice de refracción de un material es la proporción entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en ese material. Mediante la polarización de la luz en una dirección particular de un material, se puede medir el índice de refracción en esa dirección. Para los materiales amorfos con ningún orden molecular, se puede utilizar un solo valor para definir ópticamente ese material. Para materiales capaces presentar orientación molecular, tales como polímeros semicristalinos, el valor absoluto del índice de refracción aumenta con el aumento de la cristalinidad y la orientación, y se pueden utilizar los diferentes valores de índices de refracción que se medirán en diferentes direcciones para caracterizar la anisotropía de una estructura tal como una película. La diferencia entre los índices de refracción en dos direcciones de una película de polímero se define como la birrefringencia entre esas dos direcciones y se puede utilizar para comprender las diferencias en la orientación entre estas direcciones. Dado que se define como una diferencia entre los valores de índice de refracción entre dos direcciones, la birrefringencia puede ser un número positivo o negativo dependiendo de la morfología de una muestra particular y las direcciones elegidas para los índices de refracción; está ampliamente reconocido que valores absolutos de birrefringencia mayores están asociados con mayores diferencias en la orientación en esas dos direcciones.

35 Algunas películas de polímeros útiles para formar estructuras susceptibles de acuerdo con la presente invención, de forma general, pueden tener un índice de refracción (n_z) (en el que n_z se refiere al índice de refracción en la dirección de la máquina de la película) de menos de, aproximadamente, 1,64, por ejemplo de, aproximadamente, 1,57 a, aproximadamente, 1,62. En cada uno de diferentes ejemplos independientes, la película de polímero puede tener un índice de refracción (n_z) de menos de, aproximadamente, 1,63, menos de, aproximadamente, 1,62, menos de, aproximadamente, 1,61, menos de, aproximadamente, 1,60, menos de, aproximadamente, 1,59 o menos de, aproximadamente, 1,58. De forma adicional o alternativa, las películas de polímero pueden tener de forma general una birrefringencia ($n_z - n_x$) (en la que n_x se refiere al índice de refracción en el espesor de la película) de menos de, aproximadamente, 0,15 (incluidos los valores de birrefringencia negativa). En cada uno de diferentes ejemplos independientes, la birrefringencia ($n_z - n_x$) puede ser menos de, aproximadamente, 0,14, menos de, aproximadamente, 0,13, menos de, aproximadamente, 0,12, menos de, aproximadamente, 0,11, menos de, aproximadamente, 0,10, menos de, aproximadamente, 0,090, menos de, aproximadamente, 0,080, menos de, aproximadamente, 0,070, menos de, aproximadamente, 0,060, menos de, aproximadamente, 0,050, menos de,

aproximadamente, 0,040, menos de, aproximadamente, 0,030, menos de, aproximadamente, 0,020, menos de, aproximadamente, 0,015, menos de, aproximadamente, 0,010, o menos de, aproximadamente, 0,0050. Sin embargo, se contemplan otros índices de refracción, valores de birrefringencia e intervalos de los mismos adecuados.

Tal como se ha discutido anteriormente, las películas de la técnica anterior se han caracterizado típicamente en base a sus propiedades de contracción estática (por ejemplo, '1% de contracción a 150°C durante 30 min'). Sin embargo, los presentes inventores han determinado que esta definición de rendimiento tradicional puede ser inadecuada y engañosa, y que la especificación y la producción de películas de sustrato susceptible utilizando esta definición como criterio principal para la selección de materiales y procesos posiblemente ha limitado el desarrollo de películas de sustrato susceptibles de microondas, componentes susceptibles, envases susceptibles y envases susceptibles de modificación de campo o envases y componentes de blindaje de rendimiento superior.

Los presentes inventores han descubierto que para caracterizar de manera realista el comportamiento de calentamiento por microondas de las estructuras susceptibles, hay que entender la respuesta dimensional de las películas de sustrato susceptible a la exposición dinámica a la temperatura, que es más representativa de las condiciones reales experimentadas durante el calentamiento por microondas utilizando estructuras susceptibles. Se ha descubierto que esta comprensión es particularmente útil para el diseño de películas de sustrato susceptibles superiores y estructuras de calentamiento por microondas útiles para aplicaciones de alimentos u otras utilidades industriales.

Para el calentamiento de los alimentos, esto puede ser de gran importancia, ya que los cambios de dorado y textura crujiente en la comida que va a ser calentada en microondas en estos envases susceptibles, y que son parámetros de calidad muy deseados por los consumidores, habitualmente se basan en gran medida en la reacción de dorado de Maillard para lograr el cambio natural y atractivo del color de la superficie, así como el desarrollo de aroma y sabor, y en los cambios en el contenido de humedad superficial para lograr una textura más crujiente y sensación en la boca. La progresión de la reacción de Maillard se asocia además con una actividad de agua inferior en la comida de la que está presente típicamente en el inicio de la cocción. Dado que la cinética de la reacción de Maillard comienzan a alcanzar velocidades de reacción útiles para lograr dorado en periodos de tiempo de interés para los envases susceptibles por encima de 155°C y aumenta como una función exponencial al aumentar la temperatura, para los tiempos de cocción cortos deseados en el horno de microondas, aumentar la temperatura es altamente beneficioso para ambos aspectos de la reacción de Maillard, actividad de agua inferior y aumento de la cinética.

Cabe destacar que, tal como se discutirá a continuación en relación con los ejemplos, muchas de las películas descritas en la técnica anterior como superiores (por ejemplo, que cumplen la definición de "PET estabilizado al calor" en la patente de EE.UU. No. 5.177.132) muestran poca o ninguna mejora sobre las estructuras susceptibles estándar que utilizan película de PET orientada biaxialmente estándar, y son eclipsados por el rendimiento de las estructuras susceptibles producidas a partir de las películas de base de la presente invención. Por ejemplo, las películas que muestran una contracción en el orden del 1% a 150°C durante 30 minutos proporcionan películas susceptibles que muestran un comportamiento limitante y de fisuración típico que las presentes películas superan. Los presentes inventores han medido la respuesta dimensional dinámica frente a la temperatura de estructuras susceptibles de ejemplo producidas a partir de "PET estabilizado al calor" reivindicado como que ofrece un mejor rendimiento susceptible y se ha mostrado inferior en estabilidad en condiciones útiles de calentamiento de microondas en comparación con los de la presente descripción. De este modo, el método típico para caracterizar el potencial de calentamiento mediante a la exposición a largo plazo a una temperatura que está en el mejor de los casos, en la parte baja de las temperaturas de interés para el calentamiento de susceptibles de microondas, es inconsistente con el desarrollo de la comprensión del funcionamiento del calentamiento real alcanzado durante el evento real de interés, el calentamiento de los alimentos de microondas en hornos de microondas, que es un proceso dinámico en el que habitualmente se desea que los componentes del envase susceptible alcancen temperaturas significativamente por encima de las condiciones de 150°C de la prueba estática típica.

En vista de los descubrimientos anteriores, los presentes inventores han determinado que una amplia gama de materiales y procesos se pueden utilizar para formar películas de base susceptibles que tienen propiedades que dan como resultado un rendimiento de calentamiento superior en condiciones de calentamiento de microondas. Por ejemplo, las estructuras de susceptible formadas a partir de las películas de base pueden tener de forma general una velocidad de reacción de dorado que excede la velocidad de reacción de dorado de una estructura susceptible producida a partir de una película de PET orientada biaxialmente convencional, por ejemplo, de modo que se puede observar una diferencia discernible en el dorado y/o la textura crujiente de los alimentos.

En un aspecto, la película susceptible puede comprender una película mínimamente orientada. Películas mínimamente orientadas pueden ser sin orientación (es decir, no orientadas) o ligeramente orientadas (es decir, de mayor que el 0% a una orientación de, aproximadamente, el 20%, tal como se discutirá más adelante). Películas de polímero sin orientación son películas que no se someten a estiramiento en una o ambas de la dirección de máquina (MD) y dirección transversal (CD) a temperaturas inferiores al punto de fusión del polímero. Las películas de polímero sin orientación se pueden enfriar rápidamente, lo que da como resultado una baja cristalinidad, por ejemplo, menos de, aproximadamente, el 25%, que en general puede atribuirse a la orientación de fusión asociada

con el estiramiento hacia abajo de la masa fundida hasta el espesor de la película final deseada. En contraste, las películas altamente orientadas del tipo utilizado en películas y estructuras susceptibles convencionales tienen elevados niveles de orientación y/o cristalinidad inducida por estiramiento y poseen niveles elevados de resistencias residuales de contracción.

5 En cada uno de los diferentes ejemplos, películas mínimamente orientadas de acuerdo con la presente descripción se pueden caracterizar por tener uno o más de los siguientes:

10 un índice de refracción (n_z) de menos de, aproximadamente, 1,59, por ejemplo de, aproximadamente, 1,57 a, aproximadamente, 1,58, o de, aproximadamente, 1,5727 a, aproximadamente, 1,58, por ejemplo, aproximadamente, 1,575 (véase, por ejemplo, Polymer Handbook, J. Brandrup, E. H. Immergut, y E. A. Grulke, cuarta edición, John Wiley & Sons, Inc., 1999, ISBN 0-471-16628-6) o de, aproximadamente, 1,5723 a, aproximadamente, 1,5727, por ejemplo, aproximadamente de 1,5725;

15 una birrefringencia ($n_z - n_x$) de menos de, aproximadamente, 0,005, menos de, aproximadamente, 0,004, menos de, aproximadamente, 0,0035, o menos de, aproximadamente, 0,0028, por ejemplo de, aproximadamente, 0,0012 a, aproximadamente, 0,0022, por ejemplo, aproximadamente, 0,0016; y

20 una cristalinidad de menos de, aproximadamente, el 25%, menos de, aproximadamente, el 20%, menos de, aproximadamente, 15%, menos de, aproximadamente, el 10%, o menos de, aproximadamente, 7%. En una realización particular, la película puede tener una cristalinidad de, aproximadamente, el 5%. Sin embargo, pueden ser adecuados otras cristalinidades, índices de refracción, birrefringencias e intervalos de cada uno.

25 Cualquier polímero adecuado se puede utilizar para formar la película de base o sustrato susceptible. En un ejemplo, la película puede comprender PET amorfo (APET), por ejemplo, película de APET disponible comercialmente de Pure-Stat Technologies, Inc. (Lewiston, Maine). Sin embargo, se pueden utilizar otras películas de APET adecuado y/o otras películas de polímero.

30 Los presentes inventores han descubierto que las películas susceptibles que incluyen niveles de orientación inferiores pueden tender a resistir la fisuración en un mayor grado que películas de PET convencionales altamente orientadas, altamente cristalinas, orientadas biaxialmente. Si bien no se desea quedar ligado por ninguna teoría, se cree que las elevadas resistencias de contracción residuales pueden tener un papel importante en la aparición y propagación de la fisuración de las estructuras susceptibles. Dado que películas menos orientadas muestran fuerzas de contracción dimensional inducidas por el calor mucho más bajas que las películas altamente orientadas, las películas orientadas mínimamente pueden tender a resistir más la fisuración que las películas de polímero altamente orientadas. De este modo, una película orientada mínimamente con resistencias de contracción inherentemente bajas, muy bajas o incluso sin las mismas, por ejemplo, APET, puede tender a resistir la fisuración en mayor medida que una película convencional, altamente orientada con resistencias de contracción inherentemente elevadas, por ejemplo, un PET altamente orientado. Esto se cree que es una separación clara desde el enfoque convencional para el diseño de películas susceptibles tal como se enseña en la técnica.

45 De forma alternativa o adicional, y aunque no se desea quedar ligado por ninguna teoría, se cree además que la cristalinidad de la película polimérica orientada mínimamente puede aumentar durante el ciclo de calentamiento, haciendo de este modo al polímero más resistente al calor, y por lo tanto, más estable al calor. Como resultado, la estabilidad de la película susceptible puede aumentar durante el ciclo de calentamiento.

50 En otro aspecto, la película susceptible puede comprender una película de polímero moderadamente orientado, es decir, una película de polímero que ha sido sometido a un proceso de orientación mediante el cual, como mínimo, una dimensión de la película se aumenta del 20% a, aproximadamente, el 200%, por ejemplo de, aproximadamente, el 20% a, aproximadamente, el 150%, por ejemplo de, aproximadamente, el 30% a, aproximadamente, el 70%, por ejemplo de, aproximadamente, el 50%. Esto corresponde a las respectivas relaciones de estiramiento de, aproximadamente, 1,2:1 a, aproximadamente, 3:1, por ejemplo, desde, aproximadamente, 1,2:1 a, aproximadamente, 2,5:1, por ejemplo, desde, aproximadamente, 1,3:1 a, aproximadamente, 1,7:1, por ejemplo, aproximadamente 1,5:1 (en el que la relación de estiramiento es igual al porcentaje de estiramiento dividido por 100, más 1). Un proceso de orientación como este puede ser útil en los casos en los que la película no orientada carece de suficiente resistencia para una aplicación particular.

60 En cada uno de diferentes ejemplos, películas moderadamente orientadas de acuerdo con la presente invención se pueden caracterizar por tener uno o más de los siguientes:

un índice de refracción (n_z) de menos de, aproximadamente, 1,62, menos de, aproximadamente, 1,61, menos de, aproximadamente, 1,60, o menos de, aproximadamente, 1,59, por ejemplo de, aproximadamente, 1,57 a, aproximadamente, 1,59, por ejemplo de, aproximadamente, 1,5733 a, aproximadamente, 1,5848, por ejemplo de, aproximadamente, 1,5791;

65

una birrefringencia ($n_z - n_x$) de menos de, aproximadamente, 0,05, menos de, aproximadamente, 0,035, menos de, aproximadamente, 0,01, o menos de, aproximadamente, 0,0024, por ejemplo, desde, aproximadamente, -0,013 a, aproximadamente, 0,0024, por ejemplo, aproximadamente, -0,0029; y

una cristalinidad de menos de, aproximadamente, el 50%, menos de, aproximadamente, el 40%, menos de, aproximadamente, el 30%, menos de, aproximadamente, el 20%, menos de, aproximadamente, el 15%, menos de, aproximadamente, el 12%, menos de, aproximadamente, el 10% o menos de, aproximadamente, el 7%. En un ejemplo específico, la cristalinidad de la película puede ser de, aproximadamente, 5%. Sin embargo, pueden ser adecuados otras cristalinidades, índices de refracción, birrefringencias e intervalos de cada uno.

La orientación puede ser biaxial o bidireccional (es decir, tanto en la dirección de la máquina (MD) como en la dirección transversal a la máquina (CD)), o puede ser uniaxial o unidireccional (es decir, bien en la MD o bien en la CD). Sorprendentemente, los presentes inventores han determinado que bajo ciertas condiciones de proceso, la resistencia se puede proporcionar a la película sin conducir el nivel de cristalinidad a los niveles observados en el PET orientado biaxialmente convencional. Específicamente, las condiciones se pueden seleccionar para minimizar la cristalización inducida por estiramiento y la cristalización inducida térmicamente asociadas de forma común con los procesos típicos de orientación. Por consiguiente, las condiciones del proceso de orientación se pueden personalizar para proporcionar un nivel deseado de cristalinidad y, por lo tanto, el rendimiento de calentamiento deseado para una aplicación de película susceptible particular.

Tal como se entenderá por aquellos familiarizados con los procesos de orientación, siendo todo lo demás igual, la extensión cerca de T_g (aproximadamente 80°C para tereftalato de polietileno) requiere ejercer más fuerza para llevar a cabo una proporción de estiramiento dada y se proporciona mayor tensión al polímero; esta es la ruta típica perseguida para el desarrollo de elevada cristalinidad, elevada orientación residual y elevadas propiedades de resistencia mecánica para películas estándar de polímero de PET altamente orientadas biaxialmente. Las películas resultantes a menudo tienen una cristalinidad de más del 50%. Sin embargo, los presentes inventores han descubierto que puede ser útil el apartarse de la práctica convencional de búsqueda de niveles de cristalinidad y orientación residual elevados. En lugar de esto, las películas de la presente invención pueden ser estiradas de forma general a temperaturas muy por encima de la T_g para minimizar la tensión de cristalización inducida. A modo de ejemplo, en pruebas de laboratorio, películas que se estiraron a temperaturas de, como mínimo, aproximadamente, 105°C y se recoció a una temperatura de, como mínimo, aproximadamente, 170°C lograron una mejora significativa en la resistencia sin sacrificar el rendimiento de calentamiento de una película no orientada, tal como se discutirá a continuación en relación con los ejemplos. Se observará que estas temperaturas son solamente de ejemplo y se obtuvieron en un equipo a escala de laboratorio (véase los ejemplos), y estas temperaturas pueden o pueden no aplicarse en equipos a escala comercial para un sistema de polímero dado.

En otro aspecto, los presentes inventores han descubierto además que si el polímero se elige adecuadamente, niveles más elevados de orientación pueden dar lugar aún a una cristalinidad relativamente baja y, por lo tanto, pueden producir películas susceptibles que tienen un potencial de calentamiento más elevado que las películas convencionales. A modo de ejemplo, se ha descubierto que los copoliésteres que tienen un punto de fusión en el del homopolímero de PET estándar o por debajo del mismo, pueden producir películas susceptibles que tienen excelentes características de calentamiento. Si bien no se desea quedar ligado por ninguna teoría, se cree que las consideraciones de impedimento estérico de copoliésteres de interés en la presente memoria descriptiva, retrasan el desarrollo de la cristalinidad e incluso películas altamente orientadas de estas materias son típicamente incapaces de alcanzar los niveles absolutos de cristalinidad que se logran de forma común con homopolímeros de PET. A pesar de que estas películas pueden lograr cerca de su máximo potencial de cristalinidad de orientación durante el procesamiento, el copolímero no es capaz de alcanzar el nivel de cristalinidad absoluta posible con homopolímeros. Por consiguiente, las películas producidas a partir de copoliésteres del tipo descrito en la presente memoria descriptiva, bien sean sin orientación, ligeramente orientadas, moderadamente orientadas, o bien altamente orientadas tienen menores índices de refracción y valores de birrefringencia que los típicos en las películas de PET estándar orientadas biaxialmente y estabilizadas al calor.

Más particularmente, en cada uno de diferentes ejemplos, películas altamente orientadas de acuerdo con la presente invención se pueden caracterizar por tener uno o más de los siguientes:

un índice de refracción (n_z) de menos de, aproximadamente, 1,64, por ejemplo, de 1,56 a, aproximadamente, 1,63, por ejemplo de, aproximadamente, 1,58 a, aproximadamente, 1,61, por ejemplo de, aproximadamente, 1,5769 a, aproximadamente, 1,6124, por ejemplo, aproximadamente, 1,5920;

una birrefringencia ($n_z - n_x$) de menos de, aproximadamente, 0,15, menos de, aproximadamente, 0,14, menos de, aproximadamente, 0,125, o menos de, aproximadamente, 0,11, por ejemplo de, aproximadamente, 0,0030 a, aproximadamente, 0,10, por ejemplo de, aproximadamente, 0,0029 a, aproximadamente, 0,1022, por ejemplo, aproximadamente, 0,0437; y

una cristalinidad de menos de, aproximadamente, el 50%, menos de, aproximadamente, el 40%, menos de, aproximadamente, el 30%, menos de, aproximadamente, el 26%, menos de, aproximadamente, el 20%, o menos de,

aproximadamente, el 15%. En un ejemplo particular, la cristalinidad puede ser de, aproximadamente, el 7%. Sin embargo, pueden ser adecuadas otras cristalinidades, índices de refracción, birrefringencias e intervalos de cada uno. Estos valores reflejan la ausencia de cantidades significativas de cristalinidad inducida por deformación o inducida térmicamente en las películas durante el proceso de orientación. Por consiguiente, se ha demostrado que las películas y estructurasceptoras altamente orientadas, que incluyen películas de base que comprenden un copoliéster tienen excelentes propiedades de calentamiento, comparables a las películas de base sin orientación, orientadas ligeramente, y/o orientadas moderadamente descritas anteriormente.

Estos resultados son inesperados y están en agudo contraste con la técnica anterior, en la que se utilizaron copoliésteres con puntos de fusión más elevados que el homopolímero de PET en un intento de crear una mayor resistencia a la temperatura. Otros han intentado crear películas de base receptoras con capacidades caloríficas más elevadas mediante el termoendurecimiento de las películas orientadas biaxialmente a temperaturas más elevadas durante tiempos más largos. Esto ha generado resultados mixtos. Los presentes inventores han descubierto que un ligero aumento en la temperatura de inicio de la liberación de las resistencias de contracción significativas presentes en las películas de homopolímero de PET altamente orientadas hacen poco para aumentar la resistencia al fisuración y deterioro resultante en el calentamiento y la capacidad de generación de calor limitada. Sin embargo, los presentes inventores han aprendido que al minimizar la cristalinidad y la orientación residual, incluso en las películas altamente orientadas, es posible crear películas delgadas mecánicamente fuertes, que tienen un rendimiento de calentamiento superior a las películas receptoras utilizadas convencionalmente.

Cualquier copoliéster adecuado se puede utilizar. El copoliéster puede tener de forma general un punto de fusión de menos de, aproximadamente, 260°C, por ejemplo de, aproximadamente, 200°C a, aproximadamente, 260°C, por ejemplo de, aproximadamente, 220°C a, aproximadamente, 260°C. En algunos ejemplos, el copoliéster puede tener un punto de fusión de menos de, aproximadamente, 250°C, por ejemplo de, aproximadamente, 200°C a, aproximadamente, 250°C, por ejemplo de, aproximadamente, 220°C a 250°C. El punto de fusión puede ser similar al punto de fusión de polímeros de PET estándar o menor que los mismos, que tienen picos de puntos de fusión cristalina cuando se determinan mediante el segundo calentamiento de DSC en el intervalo de 250°C a 260°C, aunque algunas referencias informan que el homopolímero de PET funden en puntos tan elevados como 265°C (véase "Química de Polímeros, Introducción 3ª Edición" por Malcolm Stevens publicado en 1999 por Oxford University Press, pág. 344).

Además, el copoliéster puede ser resistente de forma general al desarrollo de niveles de cristalinidad muy elevada (>50%) asociados de forma común con películas de PET orientadas biaxialmente estándar o PET estabilizado al calor. En algunos ejemplos, la película de base puede tener una cristalinidad de menos de, aproximadamente, el 37%, a pesar de haber sido sometida a un elevado grado de orientación biaxial (similar a relaciones de estiramiento comunes para películas de polímero de PET orientadas biaxialmente estándar o estabilizadas al calor). Se prevé que se observarán valores de cristalinidad similarmente bajos o incluso más bajos para películas sin orientación, ligeramente orientadas, o moderadamente orientadas producidas a partir de copoliésteres.

Un ejemplo específico de un copolímero que puede ser adecuado para su utilización en una película de base receptora es SKYPET-BR (SK Chemicals de Seúl, Corea), que se encuentra dentro de la clasificación amplia de las sustancias descritas por el nombre de Índice CA 1,4-bencenodicarboxílico, dimetil éster, polímero con 1,4-ciclohexanodimetanol y 1,2-etanodiol con el número de registro CAS 25640-14-6. SKYPET-BR tiene un punto de fusión de 236 +/- 2°C, muy por debajo del punto de fusión típico del polímero de PET estándar. Un polímero alternativo con propiedades similares es Eastman PET 9921 producido por Eastman Chemical Company, Kingsport, TN. Estos materiales son parte de una amplia clase de materiales de copoliéster basados en 1,4-ciclohexanodimetanol (abreviado de forma común como CHDM), que puede estar formado a través de la modificación de poli (tereftalato de etileno) con 1,4-ciclohexanodimetanol o la modificación de poli (tereftalato de 1,4-ciclohexilendimetileno) con etilenglicol o ácido isoftálico.

Otros materiales potencialmente adecuados incluyen copoliésteres de tereftalato de polietileno (modificado con dietilenglicol-isoftalato) preparados mediante la condensación de tereftalato de dimetilo o ácido tereftálico y etilenglicol con uno o más de los siguientes: isoftalato de dimetilo, ácido isoftálico, y dietilenglicol. Los polímeros resultantes pueden variar en términos de niveles de modificación o copolimerización, produciendo diferentes propiedades, que pueden ser explotadas en el contexto de modificar el rendimiento de las películas receptoras de sustrato producidas a partir de estos polímeros.

Se apreciará que aunque se proporcionan varios ejemplos en la presente memoria descriptiva, se contemplan una gran cantidad de otras posibilidades y combinaciones de los mismos, incluyendo copoliésteres que se desarrollen después de la fecha de la presente invención.

Aún en otro aspecto, los presentes inventores han observado que temperaturas de orientación más elevadas (en igualdad de condiciones) pueden dar lugar a capacidades de calentamiento superior. Si bien no se desea quedar ligado por ninguna teoría, se cree que este es el resultado de una mayor movilidad de la cadena de polímero a temperaturas más elevadas y mayor facilidad resultante de las cadenas para deslizarse una sobre otra durante la orientación. Esto reduce la tensión requerida para lograr un grado de estiramiento dado, y puede actuar para reducir

la cristalinidad inducida por deformación, la minimización de la cual se cree que es ventajosa. Existen dos isómeros rotacionales de poliéster, gauche y trans. Los isómeros gauche se pueden caracterizar de forma general como en un estado relajado, mientras que los isómeros trans están en un estado extendido de energía más elevada. De forma significativa, el isómero gauche sólo se encuentra en los dominios o regiones de la estructura amorfa, mientras que el trans puede existir tanto en regiones cristalinas como amorfas. Sólo el trans existe en las regiones cristalinas.

Durante la cristalización inducida por deformación, una parte del contenido de isómero gauche se entiende que se convierte a trans en las regiones amorfas, aumentando aún más la cristalinidad total, así como la orientación residual. En algunas situaciones del proceso, por ejemplo, termoendurecimiento que no induce cristalización adicional, puede ser posible revertir parte de la conversión, reduciendo como resultado la cristalinidad en formas potencialmente ventajosas. Aunque no se desea quedar ligado por ninguna teoría, se cree que minimizar (o incluso una modesta inversión de) la conversión gauche-trans contribuye al rendimiento de las películas y estructuras susceptibles de la presente invención, y aunque el contenido trans y gauche de los dominios amorfa y cristalinos de películas de la presente invención no han sido medidos directamente, se pueden inferir a partir de la capacidad de los materiales y las elecciones de proceso descritos en la presente memoria descriptiva para reducir al mínimo el nivel de cristalinidad global de las películas de sustrato susceptible resultantes, en comparación con los niveles de cristalinidad típicamente de >50% que caracterizan a las películas que representan la práctica anterior estándares y estabilizadas al calor. Un contenido de isómero gauche superior en las películas de la presente invención es consistente además con los índices de refracción y los valores de birrefringencia más bajos descritos en la presente memoria descriptiva.

Aún en otro aspecto, dependiendo de la película, puede también ser ventajoso, más allá de lo que puede lograrse con películas de homopolímero, ganar algo de capacidad de calentamiento adicional mediante un recocido a temperaturas más elevadas, tal como se discute en relación con los ejemplos.

Se apreciará que los copoliésteres descritos anteriormente se pueden utilizar del mismo modo para producir películas sin orientación, películas ligeramente orientadas, y películas moderadamente orientadas. En cualquiera de estos casos, y para las películas altamente orientadas, el copoliéster se puede utilizar ya sea en películas de estructura homogénea realizadas únicamente a partir de los copolímeros o en coextrusiones combinando capas discretas de copolímero y homopolímero. Las mezclas de copolímero y homopolímero de poliéster se pueden utilizar además ventajosamente en comparación con estructuras 100% de homopolímero. La incorporación de copoliéster, incluso con homopolímero presente, sirve para dar como resultado películas con propiedades como películas de base susceptibles superiores a las películas de base compuestas de 100% de homopolímero. Se observará que, en los casos en los que se utiliza copoliéster en una película orientada moderadamente, solo o en combinación con uno o más de otros polímeros, se puede utilizar un mayor grado de orientación sin conducir el nivel de cristalinidad por encima del 50%, en comparación con películas de base susceptibles que comprenden solamente homopolímero de PET. En cada uno de diferentes ejemplos, las películas que incluyen copoliéster y homopolímero de PET se pueden caracterizar porque tienen uno o más de los siguientes:

un índice de refracción (n_z) de menos de, aproximadamente, 1,64, por ejemplo de, aproximadamente, 1,60 a, aproximadamente, 1,63 o de, aproximadamente, 1,5975 a, aproximadamente, 1,6280, por ejemplo, aproximadamente, 1,6123;

una birrefringencia ($n_z - n_x$) de menos de, aproximadamente, 0,15, menos de, aproximadamente, 0,14, menos de, aproximadamente, 0,125, o menos de, aproximadamente, 0,11, por ejemplo de, aproximadamente, 0,065 a, aproximadamente, 0,14, por ejemplo de, aproximadamente, 0,0654 a, aproximadamente, 0,1355, por ejemplo, aproximadamente, 0,1031; y

una cristalinidad de menos de, aproximadamente, el 50%, menos de, aproximadamente, el 40%, menos de, aproximadamente, el 30%, menos de, aproximadamente, el 20%, o menos de, aproximadamente, el 10%. Sin embargo, pueden ser adecuados otras cristalinidades, índices de refracción, birrefringencias e intervalos de cada uno. Se contempla además que otros polímeros se puedan utilizar solos o en cualquier combinación para formar diferentes películas de base susceptibles que tienen las propiedades descritas en la presente memoria descriptiva en relación con las presentes películas de base.

Para cualquiera de las películas de base susceptible descritas en la presente memoria descriptiva o contempladas por la misma, la cinética de cristalización de la película de polímero puede ser manipulada para lograr el nivel deseado de cristalinidad en varios puntos en el ciclo de calentamiento, siendo el tiempo, la temperatura, y la utilización de agentes de nucleación las variables que se pueden ajustar según sea necesario para alcanzar el rendimiento deseado de la película susceptible. Además, dado que los distintos alimentos requieren diferentes ciclos de calentamiento para su preparación óptima, se prevé que los grados de libertad adicionales asociados con el control de los niveles de cristalinidad iniciales y la cinética de los aumentos de cristalinidad posteriores durante el calentamiento permitirán expandir las capacidades de personalización, lo que puede mejorar aún más la utilidad y la singularidad de las películas susceptibles que se describen en la presente memoria descriptiva.

Se contempla además que en algunos casos, la película susceptible se puede destinar a utilizarse más de una vez. En estos casos, la cristalinidad de la película de polímero puede ser más elevada en la segunda utilización y cualquier utilización posterior.

La película de polímero se puede conformar de cualquier manera adecuada. En un ejemplo, el sustrato de película de polímero puede ser una película templada en agua, una película fundida, o cualquier otro tipo de película de polímero que se forma utilizando un proceso de enfriamiento rápido. Sin embargo, se pueden utilizar otros muchos procesos y sistemas. Cuando estas películas no se someten a un proceso de orientación post-extrusión convencional, se apreciará que, en algunos casos, la película puede ser difícil de manejar y/o convertir en una estructura susceptible. De este modo, se contempla que la película pueda estar sujeta a un proceso de orientación mínimo para orientar (es decir, estirar) la película ligeramente (por ejemplo, hasta el 20%, por ejemplo, aproximadamente, del 5% al 20%) para mejorar la capacidad de procesamiento de la película. Dado que esta orientación es relativamente menor en comparación con las películas estándar altamente orientadas que se estiran, aproximadamente, el 350-450% en cada dirección, en la presente memoria descriptiva estas películas ligeramente orientadas pueden ser consideradas como sustancialmente sin orientación.

Si se desea, la cristalinidad de las películas mínimamente orientadas puede aumentarse de manera controlable a través de un tratamiento o acondicionamiento térmico post-extrusión. Se pueden utilizar además aditivos modificadores de la cinética cristalización, tal como se ha descrito anteriormente.

De forma adicional o alternativa, se pueden incorporar aditivos en la película para modificar sus propiedades para facilitar el procesamiento o para proporcionar un rendimiento de calentamiento por microondas más robusto. Tal como un ejemplo, se puede utilizar un aditivo potenciador de resistencia (por ejemplo, un polímero) para hacer más robusta, la de otra manera algo frágil, película conformada de APET de gauge bajo. Entre los ejemplos de aditivos que pueden ser adecuados se incluyen un copolímero de etileno acrilato de metilo, un copolímero de etileno-octeno, o cualquier otro polímero o material adecuado que mejore la resistencia y/o la capacidad de procesamiento de la película de polímero. Otros aditivos que proporcionan diferentes funciones o beneficios también se pueden utilizar. Cualquiera de estos aditivos se puede añadir en cualquier cantidad adecuada, por ejemplo, hasta, aproximadamente, el 15% en peso de la película de polímero, hasta, aproximadamente, el 10% en peso de la película de polímero, hasta, aproximadamente, el 5% en peso de la película de polímero, o en cualquier otra cantidad adecuada. En otros ejemplos, los aditivos se pueden utilizar en una cantidad de, aproximadamente, el 1% a, aproximadamente, el 10%, de, aproximadamente, el 2% a, aproximadamente, el 8%, del 3% a, aproximadamente, el 5% en peso de la película de polímero, o en cualquier cantidad o intervalo de cantidades adecuados.

Cualquiera de las películas de base susceptible puede comprender una película multicapa que incluye, como mínimo, dos capas distintas, cada una de las cuales puede comprender uno o más polímeros y, opcionalmente, uno o más aditivos. Las capas se pueden coextruir o se pueden formar por separado y unirse entre sí utilizando un adhesivo, una capa de unión, unión térmica, o utilizando cualquier otra técnica adecuada. Otras técnicas adecuadas pueden incluir el revestimiento por extrusión y recubrimiento por coextrusión.

Si se desea, cada capa de la película multicapa puede ser una película de enfriamiento rápido, es decir, una película formada bajo condiciones que proporcionan la congelación muy rápida de la masa fundida de polímero después de que haya salido de la abertura de la boquilla de extrusión. Esta congelación rápida y la reducción adicional de la temperatura de la película de polímero solidificada minimizan el desarrollo de estructuras micro o macrocristalinas. Tal como se ha indicado anteriormente, se cree que cuando se utilizan películas con baja cristalinidad para formar una película susceptible, la película susceptible es capaz de alcanzar temperaturas y flujos de calor más elevados durante el calentamiento por microondas, en comparación con susceptores convencionales producidos de tereftalato de polietileno orientado biaxialmente.

Si se desea, se pueden proporcionar características funcionales adicionales a la película de múltiples capas mediante la selección de polímeros que tienen los atributos deseados. Por ejemplo, se puede utilizar etileno y alcohol vinílico (EVOH) para proporcionar propiedades de barrera de oxígeno. Se puede utilizar polipropileno (PP) para proporcionar propiedades de barrera de vapor de agua. Estas propiedades pueden hacer que la película sea útil para el envasado en atmósfera controlada o modificada y, en particular, para los alimentos refrigerados o estables en lineal, en los que típicamente se requieren barreras de oxígeno y de humedad más elevadas que para los alimentos congelados. Se contemplan muchas otras posibilidades.

Se contemplan muchas películas multicapa por la presente invención. A modo de ilustración y sin que constituyan limitación, algunas estructuras de ejemplo incluyen: (a) APET/olefina; (b) APET/capa de unión/olefina; (c) APET/capa de unión/olefina/capa de unión/APET; (d) APET/capa de unión/PP/capa de unión/APET; (e) APET/capa de unión/PP/capa de unión/nailon amorfo 6 o nailon 6,6; (f) APET/capa de unión/APET; (g) APET/capa de unión/EVOH/capa de unión/APET; (h) APET/capa de unión; (i) APET/capa de unión/remolido de todas las capas/capa de unión/EVOH/capa de unión/APET; (j) APET/capa de unión/EVOH/capa de unión/nailon amorfo 6 o nailon 6,6; (K) APET/capa de unión/olefina/capa de unión/EVOH/capa de unión/APET; (l) APET/capa de unión/olefina/capa de unión/EVOH/capa de unión/capa de nailon 6,6; (m) homopolímero de PET/copolíéster/homopolímero de PET; y (n) copolíéster/homopolímero de PET/copolíéster.

En los ejemplos de *a-c* y *k-l* y en cualquier otra película multicapa contemplada por la presente invención, la capa de olefina puede comprender cualquier poliolefina adecuada, por ejemplo, polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de densidad media (MDPE), polietileno de elevada densidad (HDPE), polipropileno (PP), copolímeros de cualquiera de estos polímeros, y/o versiones catalizadas con metaloceno de estos polímeros o copolímeros.

En el ejemplo *i* y en cualquier otra película multicapa contemplada por la presente invención, la capa de material remolido puede incluir la rebaba del borde de la película y de cualquier otro material reciclable, de acuerdo con la práctica convencional. Cualquiera de los otros diferentes ejemplos (ejemplos *a-h* o *j-l*) u otras películas contempladas por la presente invención pueden contener una capa de este material remolido. En algunos casos, las capas de remolido pueden requerir de una capa de unión para unirse de manera satisfactoria a las capas de película adyacentes.

En los ejemplos *b-j*, y en cualquier otra película multicapa contemplada por la presente invención, la capa de unión puede comprender cualquier material adecuado que proporcione el nivel deseado de adhesión entre las capas adyacentes. En algunos ejemplos de realización, la capa de unión puede comprender Bynel® de DuPont, Plexar® de Equistar, una empresa de LyondellBasell, o Exxlor™ de Exxon. La selección precisa de la capa de unión depende de los polímeros adyacentes que se pretenden unir y las propiedades reológicas que aseguran una distribución uniforme de las capas en el proceso de coextrusión. Por ejemplo, DuPont Bynel 21E781 es parte de la Serie Bynel 2100 de resinas de acrilato de etileno modificadas con anhídrido que se utilizan con mayor frecuencia para unir PET, nailon, EVOH, polietileno (PE), PP, y copolímeros de etileno. Plexar® PX 1007 es uno de una clase de copolímeros de etileno acetato de vinilo que se puede utilizar para unir una gama similar de materiales como la resina Bynel mencionada anteriormente. Las calidades Exxlor® se pueden utilizar para mejorar el rendimiento de impacto de diferentes polímeros de nailon. Además, las capas de unión y otras resinas se pueden seleccionar por su previa aprobación para su utilización en películas de elevada temperatura para aplicaciones tales como envases flexibles herméticos, en los que están permitidos extraíbles mínimos de resina hacia los alimentos.

Se contempla que bien nailon amorfo 6 o nailon 6,6 se podría sustituir por APET en cualquiera de las estructuras de película multicapa anteriores o cualquier otra estructura dentro del alcance de la presente invención. Otras innumerables estructuras se contemplan.

El peso de base y/o calibre de la película de polímero, ya sea de una sola capa o de múltiples capas, pueden variar para cada aplicación. En algunas realizaciones, la película puede ser de, aproximadamente, 12 a, aproximadamente, 50 micras de espesor, por ejemplo de, aproximadamente, 12 a, aproximadamente, 35 micras de espesor, por ejemplo, aproximadamente, de 12 a 20 micras de espesor. Sin embargo, se contemplan otros calibres.

Se puede depositar una capa de material interactivo con la energía de microondas (es decir, un susceptor o recubrimiento susceptible a microondas) sobre uno o ambos lados de la película de polímero para formar una película susceptora. El material interactivo con la energía de microondas puede comprender un material electroconductor o semiconductor, por ejemplo, un metal o aleación de metal depositado al vacío, o una tinta metálica, una tinta orgánica, una tinta inorgánica, una pasta metálica, una pasta orgánica, una pasta inorgánica, o cualquier combinación de los mismos. Entre los ejemplos de metales y aleaciones metálicas que pueden ser adecuados se incluyen, sin que constituyan limitación, aluminio, cromo, cobre, aleaciones de inconel (aleación de níquel-cromo-molibdeno con niobio), hierro, magnesio, níquel, acero inoxidable, estaño, titanio, tungsteno, y cualquier combinación o aleación de los mismos.

Alternativamente, el material interactivo con la energía de microondas puede comprender un óxido metálico, por ejemplo, óxidos de aluminio, hierro y estaño, utilizados opcionalmente en conjunción con un material eléctricamente conductor. Otro óxido metálico que puede ser adecuado es el óxido de indio y estaño (ITO). El ITO tiene una estructura cristalina más uniforme y, por lo tanto, es claro en la mayoría de los espesores de revestimiento.

Aún alternativamente, el material interactivo con la energía de microondas puede comprender un dieléctrico o ferroeléctrico artificial electroconductor, semiconductor, o no conductor adecuado. Dieléctricos artificiales comprenden material conductor, subdividido en una matriz o aglutinante polimérico o de otro tipo adecuado, y pueden incluir copos de un metal electroconductor, por ejemplo, de aluminio.

En otras realizaciones, el material interactivo con la energía de microondas puede ser a base de carbono, por ejemplo, tal como se da a conocer en las patentes de EE.UU. Nos. 4.943.456, 5.002.826, 5.118.747, y 5.410.135.

En aún otras realizaciones, el material interactivo con la energía de microondas puede interactuar con la parte magnética de la energía electromagnética en el horno de microondas. Materiales elegidos correctamente de este tipo pueden auto limitarse en base a la pérdida de la interacción cuando se alcanza la temperatura de Curie del material. Un ejemplo de un recubrimiento interactivo de este tipo se describe en la patente de EE.UU. No. 4.283.427.

A continuación, la película susceptible se puede laminar o unir de otra manera a otro material para producir una estructura o envase susceptible. En un ejemplo, la película susceptible se puede laminar o unir de otra manera a papel o cartón para hacer una estructura susceptible que tiene una salida de flujo térmico más elevada que el papel convencional o estructuras susceptibles a base de cartón. El papel puede tener un peso base desde, aproximadamente, 24,41 g/m² a aproximadamente 97,65 g/m² (aproximadamente 15 a, aproximadamente, 60 libras/resma (libras/3000 pies cuadrados), por ejemplo de, aproximadamente, 32,55 g/m² a aproximadamente 65,1 g/m² (aproximadamente, 20 a, aproximadamente, 40 libras/resma), por ejemplo, aproximadamente, 40,69 g/m² (25 libras/resma).

El cartón puede tener un peso base de desde, aproximadamente, 97,65 g/m² a aproximadamente 537,08 g/m² (aproximadamente, 60 a, aproximadamente, 330 libras/resma), por ejemplo de, aproximadamente, 130,2 g/m² a aproximadamente 227,85 g/m² (aproximadamente, 80 a, aproximadamente, 140 libras/resma).

De forma general, el cartón puede tener un espesor de, aproximadamente, 0,1524 a aproximadamente 0,762 mm (aproximadamente 6 a, aproximadamente, 30 milésimas de pulgada), por ejemplo de, aproximadamente, 0,3048 a aproximadamente 0,7112 mm (aproximadamente, 12 a, aproximadamente, 28 milésimas de pulgada). En un ejemplo particular, el cartón tiene un espesor de, aproximadamente, 0,3556 mm (14 milésimas de pulgada o 0,014 pulgadas).

Se puede utilizar cualquier cartón adecuado, por ejemplo, un cartón sólido al sulfato blanqueado, por ejemplo, cartón Fortress®, disponible comercialmente de International Paper Company, Memphis, Tennessee, o cartón sólido al sulfato sin blanquear, tal como cartón SUS®, disponible comercialmente de Graphic Packaging International.

Alternativamente, la película susceptible se puede laminar o unir de otra manera a otra película de polímero. Se contempla que la película de polímero mostrará poca o ninguna contracción, similar a su contraparte de película de base, de manera que los atributos de rendimiento de la película susceptible no se vean afectados adversamente. Se contempla además que estas películas de polímero pueden ser claras, translúcidas, u opacas, según sea necesario para una aplicación particular. Se contempla además que las estructuras laminadas (o unidas de otra manera) pueden ser capaces de ser termoconformables. Se prevé que las formas superficiales de estiramiento podrán preservar la funcionalidad susceptible en todas menos en las zonas de estiramiento más intenso durante la termoconformación, y se podría utilizar ventajosamente el diseño de matrices y o acoples para adaptar proporciones locales de estiramiento para personalizar el grado de funcionalidad susceptible. La cristalinidad inherentemente inferior de las películas de la presente invención se presta ventajosamente para la conformabilidad, dado que no se forman fácilmente materiales de elevada cristalinidad, particularmente en maquinaria de envasado de conformado-llenado-sellado en línea. La post-cristalización de estructuras conformadas puede ser inducida a través de métodos comunes para los expertos en la técnica.

Si se desea, la película de base susceptible se puede someter a uno o más tratamientos para modificar la superficie antes de depositar el material interactivo con la energía de microondas sobre la película de polímero. A modo de ejemplo, sin que constituya limitación, la película de polímero puede someterse a un tratamiento de plasma para modificar la rugosidad de la superficie de la película de polímero. Si bien no se desea quedar ligado por ninguna teoría, se cree que estos tratamientos de superficie pueden proporcionar una superficie más uniforme para recibir el material interactivo con la energía de microondas, que a su vez, puede aumentar el flujo de calor y la temperatura máxima de la estructura susceptible resultante. Estos tratamientos se discuten en la solicitud de patente de EE.UU. No. 12/709. 578, presentada el 22 de febrero del 2010.

Además, si se desea, la película susceptible se puede utilizar en conjunción con otros elementos y/o estructuras interactivos con la energía de microondas. Las estructuras que incluyen múltiples capas de susceptible también se contemplan. Se apreciará que la utilización de la presente película y/o estructura susceptible con tales elementos y/o estructuras pueden proporcionar unos resultados mejorados en comparación con un susceptible convencional.

A modo de ejemplo, la película susceptible se puede utilizar con un papel de aluminio o material evaporado de elevada densidad óptica que tiene un espesor suficiente para reflejar una parte sustancial de la energía de microondas que incide. Estos elementos se forman típicamente a partir de un metal o aleación de metal conductor reflectante, por ejemplo, aluminio, cobre, o acero inoxidable, en la forma de un parche sólido que de forma general tiene un espesor de, aproximadamente, 0,07239 mm (0,00285 pulgadas) a, aproximadamente, 0,127 mm (0,005 pulgadas), por ejemplo, desde, aproximadamente, 0,00762 mm (0,003 pulgadas) hasta, aproximadamente, 0,0762 mm (0,003 pulgadas). Otros elementos de este tipo pueden tener un espesor de, aproximadamente, 0,00889 mm (0,00035 pulgadas) hasta, aproximadamente, 0,0508 mm (0,002 pulgadas), por ejemplo, 0,0406 mm (0,0016 pulgadas).

En algunos casos, los elementos que reflejan la energía de microondas (o reflectivos) se pueden utilizar como elementos de blindaje en los casos en los que el alimento es propenso al chamuscado o la desecación durante el calentamiento. En otros casos, elementos más pequeños que reflejan la energía de microondas se pueden utilizar para difundir o disminuir la intensidad de la energía de microondas. Un ejemplo de un material que utiliza estos elementos reflectantes de energía de microondas está comercialmente disponible de Graphic Packaging International, Inc. (Marietta, GA) con el nombre comercial de material de envase MicroRite®. En otros ejemplos, se

puede disponer una pluralidad de elementos que reflejan la energía de microondas para formar un elemento de distribución de energía de microondas para dirigir la energía de microondas a áreas específicas del alimento. Si se desea, los bucles pueden ser de una longitud que hace que la energía de microondas resuene, mejorando de este modo el efecto de distribución. Ejemplos de elementos de distribución de energía de microondas se describen en las

En aún otro ejemplo, la película y/o estructura susceptible se pueden utilizar conjuntamente con un material aislante interactivo con la energía de microondas o se puede utilizar para formar uno. Ejemplos de estos materiales se dan a conocer en la patente de EE.UU. No. 7.019.271, patente de EE.UU. No. 7.351.942, y la solicitud de patente de EE.UU. No. de publicación 2008/0078759 A1, publicada el 3 de abril de 2008.

Si se desea, cualquiera de los numerosos elementos interactivos con la energía de microondas descritos en la presente memoria descriptiva o contemplados por la presente memoria descriptiva pueden ser sustancialmente continuos, es decir, sin roturas o interrupciones sustanciales, o pueden ser discontinuos, por ejemplo, mediante la inclusión de una o más roturas o aberturas que transmiten la energía de microondas. Las roturas o aberturas pueden extenderse a través de toda la estructura, o sólo a través de una o más capas. El número, forma, tamaño, y el posicionamiento de dichas roturas o aberturas puede variar para una aplicación particular dependiendo del tipo de construcción que se forme, el alimento a calentar en la misma o sobre la misma, el grado de calentamiento, dorado y/o efecto crujiente deseados, si se necesita o se desea la exposición directa a la energía de microondas para lograr un calentamiento uniforme del alimento, la necesidad de regular el cambio en la temperatura del alimento a través de calentamiento directo, si es necesaria la ventilación y en qué medida.

A modo de ilustración, un elemento interactivo con la energía de microondas puede incluir una o más áreas transparentes para efectuar el calentamiento dieléctrico del alimento. Sin embargo, en los casos en los que el elemento interactivo con la energía de microondas comprende un susceptor, estas aberturas disminuyen el área total interactivo con la energía de microondas y, por lo tanto, disminuyen la cantidad de material interactivo con la energía de microondas disponible para el calentamiento, dorado y/o efecto crujiente de la superficie del alimento. De este modo, la cantidad relativa de áreas interactivas con la energía de microondas y áreas transparentes a la energía de microondas se deben equilibrar para alcanzar las características de calentamiento global deseadas para el alimento en particular.

Tal como otro ejemplo, una o más partes de un susceptor se pueden diseñar para que sean inactivas a la energía de microondas, para asegurar que la energía de microondas está enfocada de manera eficiente en las zonas a calentar, dorar y/o generar un efecto crujiente, en lugar de perderse a partes del alimento no destinadas a que se doren y/o estén crujientes o para calentar el ambiente. De forma adicional o alternativa, puede ser beneficioso crear una o más discontinuidades o regiones inactivas para evitar el sobrecalentamiento o carbonización del alimento y/o la construcción que incluye el susceptor.

Tal como aún otro ejemplo, un susceptor puede incorporar uno o más elementos "fusibles" que limitan la propagación de fisuraciones en el susceptor, y de este modo controlar el sobrecalentamiento, en áreas del susceptor, en las que la transferencia de calor a los alimentos es baja y el susceptor puede tender a estar demasiado caliente. El tamaño y forma de los fusibles se puede variar según sea necesario. Los ejemplos de susceptores que incluyen estos fusibles se dan a conocer, por ejemplo, en la patente de EE.UU. No. 5.412.187, Patente de EE.UU. No. 5.530.231, la publicación de la solicitud de patente de EE.UU. No. 2008/0035634A1, publicada el 14 de febrero de 2008, y la solicitud PCT No. de publicación WO 2007/127.371, publicada el 8 de noviembre de 2007.

Se observará que cualquiera de estas discontinuidades o aberturas en un susceptor pueden comprender una abertura física o vacía en una o más capas o materiales utilizados para formar la estructura o construcción, o puede ser una "abertura" no física. Una abertura no física es una zona transparente a la energía de microondas que permite que la energía de microondas pase a través de la estructura sin un vacío o agujero real que corta a través de la estructura. Estas áreas se pueden formar simplemente no aplicando material interactivo con la energía de microondas a la zona particular, mediante la eliminación de material interactivo con la energía de microondas de la zona particular, o desactivando mecánicamente el área particular (haciendo al área eléctricamente discontinua). Alternativamente, las áreas se pueden formar mediante la desactivación química del material interactivo con la energía de microondas en el área particular, transformando de este modo el material interactivo con la energía de microondas en la zona en una sustancia que es transparente a la energía de microondas (es decir, inactiva a la energía de microondas). Si bien ambas aberturas físicas y no físicas permiten que el alimento se caliente directamente mediante la energía de microondas, una abertura física proporciona además una función de ventilación para permitir que el vapor u otros vapores o el líquido liberado del alimento se conduzcan lejos del alimento.

La presente invención puede entenderse además a la vista de los siguientes ejemplos, que no pretenden constituir limitación de ninguna manera. Toda la información proporcionada representa valores aproximados, a menos que se especifique lo contrario.

EJEMPLO 1

Se llevó a cabo un ensayo de calorimetría para determinar el flujo térmico producido por varias estructuras susceptibles y la temperatura máxima alcanzada por las mismas. Varias películas de polímero se utilizaron para formar las estructuras susceptibles, tal como se expone en la **tabla 1**. Las películas de polímero incluyen PET orientado biaxialmente DuPont Mylar® 800C (DuPont Teijin Films™, Hopewell, Virginia), APET Pure-Stat (Pure-Stat Technologies, Inc., Lewiston, Maine), PET orientado biaxialmente DuPont HS2 (DuPont Teijin Films™, Hopewell, VA), y PET orientado biaxialmente Toray Lumirror® F65 (Toray Films Europa). Cada estructura susceptible se preparó uniendo una película susceptible a una capa de soporte de cartón utilizando de, aproximadamente, 1,5 a, aproximadamente, 2,0 libras/resma de uno de los siguientes adhesivos: Royal 20469 (Royal Adhesives & Sealants, South Bend, Indiana), Royal 20123 (Royal Adhesives & Sealants, South Bend, Indiana), o Henkel 5T-5380M5 (Henkel Adhesives, Elgin, Illinois). Sin embargo, se pueden utilizar otros adhesivos adecuados.

Se tomaron mediciones del índice de refracción utilizando un Metricon 2010 Prism Coupler (Metricon Corporation, Pennington, Nueva Jersey) a 633 nm. Los resultados para las películas se muestran como direcciones (n_z) (dirección de la máquina, MD), (n_y) (dirección cruzada o transversal, CD), y (n_x) (grosor). La birrefringencia ($n_z - n_x$) se calculó a partir de los índices de refracción y, en toda la presente memoria descriptiva, representa la diferencia entre los índices de refracción en la MD y en el espesor de las películas. Todas estas películas fueron sin colorantes ni pigmentación añadida y, por lo tanto eran claras.

Las muestras 1-1 y 1-6, preparadas con películas de homopolímero de PET estándar comercial y estabilizada al calor, respectivamente, muestran elevados índices de refracción tanto en MD y CD (n_z y n_y , respectivamente) que son característicos de películas altamente orientadas, altamente cristalinas de la técnica anterior. Las muestras 1-3 y 1-4 de estructuras basadas en películas laminadas de rendimiento superior muestran valores (n_z) y (n_y) mucho más bajos que, de hecho, están bastante cerca de los valores descritos para el polímero de PET homopolímero amorfo. Combinando estos datos con una cristalinidad >50% para las muestras 1-1 y 1-6 y sólo aproximadamente del 5% para las muestras 1-3 y 1-4, se confirma que estas muestras representan películas en gran parte amorfas con poca o ninguna orientación residual. Las diferencias entre los valores (n_y) y (n_z) en las muestras 1-1 y 1-6 y representan pequeñas diferencias en la orientación MD y CD o en el termoendurecimiento, pero estos están dentro del intervalo de lo que se podría esperar encontrar en películas que poseen orientación MD/CD razonablemente equilibrada.

Los datos de calorimetría se recogieron utilizando un dispositivo de detección de temperatura de fibra óptica FISO MWS Microwave Work Station (FISO, Quebec, Canadá) con ocho (8) canales montados en un horno de microondas de consumo Panasonic de 1.300 vatios modelo NN S760WA. Una muestra que tenía un diámetro de, aproximadamente, 5 pulgadas se posicionó entre dos placas Pyrex® circulares, teniendo cada una un espesor de, aproximadamente, 0,25 pulgadas y un diámetro de, aproximadamente, 5 pulgadas. Una carga de agua de aproximadamente 250 g en un recipiente de plástico que descansa sobre una lámina aislante de poliestireno expandido de aproximadamente 1 pulgada de espesor se colocó encima de las placas (de modo que el calor radiante del agua no afectó a las placas). La placa inferior se elevó aproximadamente 1 pulgada por encima de la bandeja giratoria con tres apoyos cerámicos sustancialmente triangulares. Se fijaron sondas termópticas a la superficie superior de la placa superior para medir la temperatura de la superficie de la placa. Después de calentar la muestra a plena potencia durante, aproximadamente, 5 minutos en un horno de microondas de aproximadamente 1300 W, se registró el aumento promedio de temperatura máxima desde la temperatura ambiente inicial en grados C de la superficie de la placa superior. (El modelo de análisis de elementos finitos del método de ensayo de calorimetría ha demostrado que el aumento promedio de la temperatura máxima es proporcional al flujo térmico generado por la estructura susceptible). La conductividad σ (mmho/m²) de cada muestra se midió utilizando un monitor de conductancia Delcom 717 (DELCOM Instruments, Inc., Prescott, Wiasconsin) antes de realizar la prueba de calorimetría, con cinco puntos de datos que se recogen y se promedian. Los resultados se presentan en la tabla 1, en la que ΔT es el aumento de la temperatura para la muestra, y en la que $\Delta \Delta T$ es la diferencia entre el aumento de la temperatura de la muestra y el aumento de la temperatura para la muestra de control (estructura 1-1, película de PET estándar orientada biaxialmente, termoendurecida). Se observará que la temperatura absoluta alcanzada para cada muestra fue, aproximadamente, 22°C más elevada que la ΔT descrita, dado que todas las muestras tenían una temperatura inicial de, aproximadamente, 22°C (temperatura ambiente).

En general, las estructuras susceptibles 1-3 y 1-4 proporcionaron la mayor energía de calentamiento y la menor cantidad de fisuración, mientras que la estructura 1-1 mostró una potencia de calentamiento menor que las estructuras 1-3 y 1-4 y una mayor cantidad de fisuración. La estructura 1-6 tenía menos fisuración que la estructura 1-1 y proporcionó una potencia de calentamiento moderado.

De forma remarcable, la estructura 1-5, que ya se había calentado una vez, mostró una salida calorífica mayor que la estructura 1-1. Aunque no se observaron fisuras visibles, la muestra mostró todavía algún grado de comportamiento autolimitante (tal como lo demuestra $\Delta T_{\text{máx}}$). Si bien no se desea quedar ligado por ninguna teoría, se cree que este comportamiento autolimitante es como mínimo parcialmente el resultado de un cambio en la densidad de la película de polímero durante el ciclo de calentamiento por microondas. Específicamente, se sabe que la densidad de una película de polímero puede disminuir a medida que la película de polímero se calienta. Sin embargo, a medida que la película de polímero se calienta, también hay un aumento de la cristalinidad y el

consiguiente aumento en la densidad. Se cree que la magnitud de este aumento en la densidad excede la magnitud de la disminución inicial de la densidad, de tal manera que hay un aumento general en la densidad durante el ciclo de calentamiento. Se cree además que este aumento en la densidad puede causar interrupciones o microfisuración en la estructura susceptible que crean discontinuidades eléctricas a una escala atómica.

5

Tabla 1

Muestra/ estructura	Película de polímero (0.5 mil)	Cartón (pto.)	% Cristalinidad (inicial)	Grado de orientación post- extrusión	n_z (MD) n_y (CD)	n_z-n_x	Grado de termo- endurecido	ΔT máx. (°C)	$\Delta \Delta T$ (°C)	σ , antes (mmho/m ²)	σ , después (mmho/m ²)	Fisuración visible
1-1	PET Dupont Mylar 800C	18	53	Elevado	1,6644 1,6488	0,1707	Medio	142,9 ± 4,5	0	20	0	Si
1-2	PET Dupont Mylar 800C segundo calentamiento	18	-	Elevado	-	-	Medio	111,0 ± 18	-31,9	0	0	Si
1-3	APET Pure-Stat, metalizado sobre la primera cara	12	5	Ninguno	1,5734 1,5735	0,0014	Ninguno	164,7	21,8	13 ± 1	1 ± 0	No
1-4	APET Pure-Stat, metalizado sobre la segunda cara	12	5	Ninguno	1,5733 1,5737	0,0012	Ninguno	166,8	23,9	14 ± 1	1 ± 0	No
1-5	APET Pure-Stat, segundo calentamiento sobre la primera cara	12	5	Ninguno	-	-	Ninguno	149,0	6,1	1	0	No
1-6	DuPont HS2	14	55	Elevado	1,6587 1,6568	0,1662	Elevado	152,0	9,2	5	0	Si
1-7	Toray F65	12	55	Elevado	-	-	Elevado	149,6 ± 3,8	6,7	8	0	Si

EJEMPLO 2

Las propiedades de reflexión, absorción y transmisión (RAT) de microondas de una estructura susceptible convencional (estructura 1-1) se compararon con una estructura susceptible experimental (estructura 1-3) mediante el ensayo de calorimetría descrito en el ejemplo 1 con diferentes tiempos de calentamiento. Además, se determinó un nuevo parámetro, perímetro de fisura dividido por el área de campo (P/A, mm/mm²), para algunos tiempos de calentamiento de la estructura de 1-1 utilizando análisis de imagen para examinar las respectivas muestras después del calentamiento. Se calculó además un factor de mérito en cada tiempo de calentamiento, en el que:

$$\text{Factor de Mérito} = \text{Absorbancia (A)} / (1 - \text{Reflectancia (R)}).$$

Los resultados se presentan en las **tablas 2 y 3**. Dado que se observó poca o ninguna fisuración para la estructura 1-3, no se presentan datos de P/A en la **tabla 3**.

Cabe destacar que, en tiempos de calentamiento más largos, la estructura 1-3 proporcionó un mayor calentamiento que la estructura 1-1. Estructuras susceptibles con factores de mérito más grandes de forma general muestran mayor dorado y efecto crujiente en la superficie de los alimentos porque limitan la cantidad de calentamiento directo por microondas de la comida mientras se maximiza la absorbancia susceptible. Por lo tanto, como una cuestión práctica, una estructura que utiliza una película de polímero de baja cristalinidad puede ser capaz de proporcionar ventajosamente un mayor nivel de dorado superficial y/o efecto crujiente al tiempo que minimiza el calentamiento dieléctrico del alimento.

Tabla 2: Estructura 1-1

Tiempo de calentamiento (s)	R	A	T	Factor de mérito A/(1-R)	Delta T Max (°C)	P/A (mm/mm ²)
1	0,43	0,47	0,10	0,82	-	-
2	0,42	0,47	0,11	0,81	0	-
5	0,43	0,46	0,10	0,81	-	-
10	0,41	0,48	0,12	0,81	5	-
20	0,33	0,46	0,21	0,69	16	-
40	0,28	0,44	0,28	0,61	32	1,32
60	0,26	0,37	0,37	0,50	51	1,00
80	n/a	n/a	n/a	n/a	64	-
100	0,27	0,38	0,35	0,52	67	-
140	0,20	0,23	0,57	0,29	91	1,03
160	0,24	0,28	0,48	0,37	93	-
180	0,18	0,19	0,63	0,23	111	-
180	0,18	0,18	0,64	0,22	110	1,97
200	0,18	0,20	0,62	0,24	120	-
220	0,22	0,21	0,57	0,27	118	-
240	0,20	0,24	0,56	0,30	114	-
260	0,17	0,16	0,67	0,19	127	1,64
280	0,16	0,15	0,69	0,18	133	-
300	n/a	n/a	n/a	n/a	141	2,77

Tabla 3: Estructura 1-3

Tiempo de calentamiento (s)	R	A	T	Factor de mérito $A/(1-R)$	Delta T Max (°C)
0	0,42	0,47	0,11	0,81	0
5	0,43	0,46	0,11	0,81	1,0
10	0,41	0,46	0,13	0,78	5,2
20	0,42	0,46	0,11	0,79	17,6
40	0,40	0,43	0,17	0,72	34,4
80	0,40	0,47	0,13	0,78	64,9
160	0,30	0,49	0,20	0,70	120,7
320	0,12	0,48	0,40	0,55	178,8

EJEMPLO 3

- 5 Se utilizó el análisis de imagen para determinar el grado de dorado de un alimento utilizando diferentes estructuras susceptibles. En cada ejemplo, una masa fundida de un pan tipo chapata Stouffer para microondas se calentó en la estructura susceptible durante, aproximadamente, 2,5 minutos en un horno de microondas a 1000 W. Cuando el ciclo de calentamiento se completó, el alimento se invirtió y se fotografió la cara del alimento calentado adyacente al susceptible. Se utilizó Adobe Photoshop para evaluar las imágenes. Para ello, se seleccionaron varios puntos de
10 ajuste RGB (rojo/azul/verde) que correspondían a varios tonos de marrón, con puntos de ajuste más elevados que correspondían a los tonos más claros. En cada punto de ajuste RGB, se contó el número de píxeles que tenía ese tono. Se utilizó una tolerancia de 20. Los resultados se presentan en la **tabla 4**. Aunque ambas estructuras proporcionaron un cierto grado de dorado y/o efecto crujiente, la estructura 1-3 proporcionó el mayor grado de dorado y efecto crujiente sin quemar el artículo de comida o la estructura susceptible. El replicado de las pruebas de
15 la estructura 1-3 confirmó el rendimiento de dorado superior de la estructura.

Tabla 4

Ensayo	Estructura	No. de píxeles RGB = 33	No. de píxeles RGB = 85	No. de píxeles RGB = 109
4-1	Estructura 1-1 (Película susceptible de DuPont 800C 0,5 mil. unida a cartón de 18 pts.)	984	3619	6330
4-2	Estructura 1-3 (replicado 1) (Película susceptible de APET Pure-Stat 0,5 mil. unida a cartón de 12 pts.)	8591	10976 RGB = 82	1764
4-3	Estructura 1-3 (replicado 2) (Película susceptible de APET Pure-Stat 0,5 mil. unida a cartón de 12 pts.)	9023	7099 RGB = 82	1907

EJEMPLO 4

- 20 Se prepararon varias películas y estructuras susceptibles para su evaluación. Dos productores de película se utilizaron para preparar películas de APET: SML Maschinengesellschaft mbH (Lenzing, Austria) ("SML") (muestra 5-3) y Pure-Stat Technologies, Inc. (Lewiston, Maine) ("Pure-Stat") (muestras 5-4 a 5-15). Además, se evaluó nailon 6,6 Dartek® N201 (Liqui-box Canadá, Whitby, Ontario, Canadá) (muestra 5-2). Se evaluó como un material de
25 control Mylar® 800 PET orientado biaxialmente ("BOPET") (DuPont Teijian™ Films, Hopewell, Virginia) (muestra 5-1). A continuación, las películas se metalizaron con aluminio y se unieron a cartón Fortress® de 14 pts. (0,014 pulgadas de espesor) (International Paper Company, Memphis, Tennessee) utilizando una capa sustancialmente continua de, aproximadamente, 1 a, aproximadamente, 2 libras/resma (según sea necesario) de adhesivo Royal Hydra Fast-en® 20123 (Real Adhesives, South Bend, Indiana) para formar diferentes estructuras susceptibles.

Se evaluaron además varios aditivos potenciadores de resistencia, entre los que se incluyen Optema™ TC 120 y Optema™ TC 220 ExCo (resinas de copolímero de etileno acrilato de metilo, ExxonMobil Chemical), Sukano im F535 (resina de copolímero de etileno acrilato de metilo, Sukano Polymers Corporation, Duncan, Carolina del Sur), Engage™ 8401 (copolímero de etileno-octeno, Dow Plastics), y Americhem 60461-CDI (composición desconocida) (Americhem Cuyahoga Falls, Ohio).

El proceso para formar la película de APET utilizado por Pure-Stat Technologies, Inc. fue tal como sigue. Gránulos de resina de PET Traytuf® 9506 (M&G Polymers USA, LLC, Houston, Texas) se secaron con desecante y se condujeron a una tolva de extrusor en línea de película fundida. Los gránulos de aditivos se dosificaron en la garganta extrusora, se combinaron con los gránulos de PET seco, se fundieron, se mezclaron, y se extruyeron a través de una boquilla de ranura para formar una película fundida plana. La película fundida se laminó sobre un tambor de enfriamiento, se enfrió rápidamente a un estado sólido en gran medida amorfo, y se transportó sobre los rodillos a una bobina, en la que la película se enrolló en un rollo para su posterior procesamiento. La película fue de aproximadamente 0,0203 mm (0,0008 pulgadas) o aproximadamente del calibre 80 de espesor. Se observará que las películas más gruesas o más delgadas se pueden producir por la variación de la salida del extrusor y la velocidad de superficie del tambor de enfriamiento. El proceso utilizado por SML Maschinengesellschaft mbH fue similar.

Se obtuvieron datos de DSC para cada muestra de película mediante calentamiento de la muestra en un calorímetro de barrido diferencial Perkin-Elmer (DSC-7) (Perkin-Elmer, Inc., Waltham, Massachusetts) a 10°C/minuto, con una purga de nitrógeno para evitar degradación. Los valores se midieron para las muestras calentadas a 300°C y se enfriaron a 40°C. Los resultados se presentan en la **tabla 5**. Es importante tener en cuenta que los datos de DSC se tomaron a partir de un calentamiento inicial de las muestras de ensayo. Por lo tanto, los valores reflejan el impacto de cualquier orientación postextrusión y de la historia térmica específica experimentada por cada espécimen, debido al procesamiento, en la cristalinidad de la muestra. El cambio de entalpía negativa asociada con la cristalización es proporcional a la cantidad de polímero no cristalino presente en la muestra. El cambio positivo en la entalpía asociada con la fusión es una medida del grado de cristalinidad obtenido por la muestra durante la medición de DSC. Cuanto más iguales sean los valores absolutos de estos valores de entalpía más amorfo es el espécimen. Por lo tanto, los valores confirman que la película altamente orientada, la muestra 5-1, poseía niveles muy elevados de orientación y cristalinidad y las películas de APET conformadas 5-3 a 5-15, poseían bajos niveles de cristalinidad. Las diferencias algo más grandes en la entalpía observadas para las muestras 5-6 a 5-15 reflejan el impacto del fortalecimiento de los aditivos no-PET presentes, pero todavía son indicativos de los bajos niveles de cristalinidad en estas películas.

La aspereza aparente de la superficie (PEL) de cada película se evaluó antes y después del tratamiento. Se tomaron imágenes de la superficie de la película utilizando microscopía de fuerza atómica (AFM) a escala completa de 0 a 100 nm. Se generó un histograma de niveles de gris utilizando una escala de grises de 0 a 256 unidades de escala completa de claro a oscuro utilizando un sistema de análisis de imagen desarrollado por Integrated Paper Services (IPS), Appleton, Wisconsin. Se produjo una imagen binaria en una escala de grises de 120, que es equivalente a un plano que intersecta la dirección Z de la imagen de AFM a 120/256*100 nm = 46,9 nm o 469 angstroms de altura. El perímetro de la región detectada se midió y se normalizó al tamaño lineal de la imagen para formar una relación adimensional, el perímetro dividido por la longitud del borde, o PEL, con valores de PEL mayores que indican una superficie más rugosa. En general, los datos de PEL indican que los niveles de PEL inferiores (superficie de la película más suave) se asocian a resultados de calorimetría y dorado más elevados.

Se midió la carga máxima antes de la rotura según la norma TAPPI T-494 om-01. Los valores indican que los aditivos de refuerzo en las muestras 5-6 a 5-15 tuvieron éxito en el aumento de la robustez de las películas. Esto se confirma en los ensayos en el equipo de producción comercial, en el que las películas modificadas con aditivos de fortalecimiento se procesaron sin dificultades, mientras que las películas no modificadas del tipo representado por las muestras 5-3 a 5-5 eran más frágiles en las operaciones de conversión, y requirieron de ajustes a los parámetros normales de proceso tales como la tensión, y se convirtieron con menos eficiencia.

La turbidez de cada película de polímero se midió según la norma ASTM D 1003 utilizando un medidor de turbidez BYK Gardner Haze-Gard plus 4725 (BYK-Gardner, EE. UU., Columbia, Maryland). En todos los casos, la incorporación de aditivos de fortalecimiento aumentó la turbidez de las películas. En algunos casos, los aditivos más preferentes pueden ser aquellos que presenten niveles más bajos de turbidez a la vez que proporcionan el aumento deseado de resistencia para el procesamiento, y den como resultado un aumento beneficioso en el rendimiento de calentamiento cuando se transforman en películas y estructuras susceptibles.

A continuación, cada estructura susceptible se evaluó mediante la prueba de calorimetría descrita en el ejemplo 1. Los resultados se presentan en la tabla 5, en la que ΔT es el aumento de la temperatura para la muestra, y en la que $\Delta\Delta T$ es la diferencia entre el aumento de la temperatura de la muestra y el aumento de la temperatura para la muestra de control (estructura 5-1, película de PET estándar orientada biaxialmente, termoendurecida).

Además, se evaluó cada estructura mediante la prueba de dorado de pizza descrita en el ejemplo 1, excepto porque sólo se utilizó un punto de ajuste RGB (rojo azul/verde) de 104 (RGB = 104 corresponde de forma general a un tono de color marrón asociado generalmente con un alimento dorado, crujiente). Se utilizó una tolerancia de 100.

Además, se utilizó una pizza apta para microondas DiGiorno Kraft. El número de píxeles que tienen aquel matiz se registró, de manera que un mayor número de píxeles indicó que se había producido más dorado.

5 Se observará que, antes de la evaluación de la estructura de 5-1 (control), la corteza de pizza sin calentamiento se examinó para determinar un conteo de píxeles de línea de base de 24.313 píxeles, que tienen el color asociado con el valor RGB 104. Se utilizó este valor de línea base para el cálculo de los resultados presentados en la **tabla 1**, en la que:

10 ΔUB es el número de píxeles para una muestra dada menos el valor de línea de base para una corteza sin dorar (24313); y
 $\Delta\%$ mejora es el porcentaje de mejora en los resultados obtenidos por la muestra de control (estructura 5-1).

15 Tanto los resultados de calorimetría como los resultados de dorado de pizza muestran aumentos significativos sobre el control de todas las películas sin orientación, de baja cristalinidad, ya sea incorporando aditivos o no. Las observaciones visuales de las cortezas de pizza cocidas confirmaron niveles mucho más deseables de dorado que los que se lograron con la muestra de control estándar a partir de la película altamente orientada biaxialmente, de elevada de cristalinidad. De este modo, los aditivos de fortalecimiento pueden mejorar la robustez de las películas sin detrimento de su rendimiento cuando se incorporen a las películas y estructuras susceptibles de microondas.

20 A continuación se calculó la velocidad relativa de reacción de dorado (RBRR) utilizando una relación simplificada de la ecuación de Arrhenius para la cinética de dorado, de una duplicación aproximada de la velocidad de reacción de dorado para cada incremento de temperatura de 10°C, tal como sigue:

25
$$\text{Velocidad relativa de la reacción dorado} = 2^{\Delta T/10}$$

Tabla 5

Muestra/ Estructura	Película	Grosor (micras)	Peso (libras/ resma)	Aditivo	Tg (°C)	Exoterma de cristalización		Endoterma de fusión		Carga máxima MD/CD (lbf/pulg)	Turbidez	PEL 120	ΔT (°C)	Píxeles	$\Delta U B$	% Δ de mejora	RBRR
						Pico T (°C)	ΔH (J/g)	Pico T (°C)	ΔH (J/g)								
5-1	BOPET	12	10,4	Ninguno	75	Ninguno	Ninguno	252	41	3,97 4,19	3,6	16,9	0,0	43577	19264	n/a	1,0
5-2	Nylon 6,6	25	17,6	Ninguno	-	-	-	261	70	9,50 9,00	<8,0	-	16,2	60798	36485	89,4	3,1
5-3	APET	13	11,2	Ninguno	74	135	-37	247	37	-	-	-	-	-	-	-	-
5-4	APET	25	22,4	Ninguno	78	141	-36	250	36	3,97 4,19	2,0	9,0	24,8	56248	31935	65,8	5,6
5-5	APET	12	10,4	Ninguno	77	130,136	-36	251	36	-	-	-	-	-	-	-	-
5-6	APET	20	17,0	3% Optema TC120	78	129	-28	251	34	5,61 5,45	13,1	17,5	16,7	56958	32645	69,5	3,2
5-7	APET	20	18,9	5% Optema TC120	63,79	129	-28	251	36	6,30 5,77	15,0	11,9	20,3	69477	45164	134,4	4,1
5-8	APET	20	14,0	3% Optema TC220	63,79	130	-32	251	33	5,56 5,06	6,7	18,0	16,7	65890	41577	115,8	3,2
5-9	APET	20	16,7	5% Optema TC220	-	-	-	-	-	5,39 4,74	14,8	13,5	25,8	62745	38432	99,5	6,0
5-10	APET	20	19,2	3% Engage 8401	62,79	131	-28	252	36	5,96 5,34	11,2	20,5	17,9	78926	54613	183,5	3,5
5-11	APET	20	17,8	5% Engage 8401	-	-	-	-	-	5,83 4,73	21,7	3,6	29,3	66470	42157	118,8	7,6
5-12	APET	20	16,2	3% Sukano F35	60,78	127	-26	252	35	5,24 4,79	7,7	10,1	35,8	79637	55324	187,2	12,0
5-13	APET	20	15,7	5% Sukano F35	-	-	-	-	-	5,27 4,21	10,9	8,6	30,4	62952	38639	100,6	8,2
5-14	APET	20	17,8	3% Americhem	64,80	134	-28	252	34	5,41 5,16	7,3	3,7	26,8	85485	61172	217,5	6,4
5-15	APET	20	15,9	5% Americhem	-	-	-	-	-	5,16 4,48	12,8	6,0	21,8	75940	51627	168,0	4,5

EJEMPLO 5

Se orientaron uniaxialmente varias películas de base de APET Pure-Stat y se utilizaron para preparar estructuras susceptibles para su evaluación. Se evaluó además Mylar® 800 PET orientado biaxialmente (DuPont Teijian™ Films, Hopewell, VA) como un material de control.

La estructura 6-1 era una estructura susceptible producida comercialmente que comprende PET orientado biaxialmente estándar de calibre 48, metalizado y laminado a cartón comercial, tal como se describe en el ejemplo 4. La estructura 6-2 era la misma que la estructura de 6-1, excepto en que la estructura 6-2 se laminó a mano.

Las muestras 6-3 a 6-17 se orientaron uniaxialmente en la dirección de la máquina en una máquina de estiramiento de laboratorio de Brückner Karo IV (extensor de laboratorio) (Brückner Maschinenbau GmbH & Co. KG, Siegsdorf, Alemania), utilizando la orientación y las temperaturas de termoendurecimiento que se exponen en la **tabla 6** y una relación de estiramiento de, aproximadamente, 1,5:1. A continuación, se evaluaron varias propiedades de las películas orientadas, tal como se indica en la **tabla 6**.

Tal como se muestra en la **figura 1**, la orientación uniaxial moderada fue capaz de crear películas con un rendimiento de calentamiento susceptible mejorado en comparación con las películas susceptibles de control. Los valores de índice de refracción (n_z) para estas muestras indican que son de naturaleza en gran parte amorfa, incluso después de la orientación moderada, con un modesto aumento en la cristalinidad para varias de las muestras. El valor mucho más elevado de (n_z) para el control es consistente con la película altamente cristalina con elevada orientación residual.

A continuación, las películas se metalizaron y se laminaron manualmente a un cartón de 14 ptos., tal como se describe en relación con el ejemplo 4 para formar diferentes estructuras susceptibles. A continuación, cada estructura susceptible se evaluó mediante la prueba de calorimetría descrita en el ejemplo 1. Los resultados se presentan en la **tabla 6**, en la que ΔT es el aumento de la temperatura para la muestra, y en la que $\Delta\Delta T$ es la diferencia entre el aumento de la temperatura de la muestra y el aumento de la temperatura para la muestra de control (estructura 6-2, película de PET estándar orientada biaxialmente, termoendurecida).

La estructura 6-2 mostró un aumento de la temperatura muy similar a la de la estructura comercial de control 6-1. Por consiguiente, la estructura 6-2 se puede considerar que es una representación razonable de las estructuras susceptibles disponibles comercialmente. Varias muestras susceptibles laminadas orientadas uniaxialmente (6-13 y 6-15) demostraron un rendimiento calorífico inferior en comparación con la muestra de control. Tal como se observará en la **tabla 6**, estas muestras se orientaron a las temperaturas más bajas, lo que da como resultado la tensión de estiramiento más elevada, y recibieron la exposición a una temperatura de recocido más baja, minimizando la relajación a esa tensión. Las muestras 6-14 y 6-16 correspondientes, respectivamente, aunque se orientaron a las mismas temperaturas que las 6-13 y 6-15, recibieron una exposición a una temperatura de recocido mayor y demostraron una capacidad de calentamiento aumentada de manera significativa en comparación con la muestra de control. Estas comparaciones demuestran que, si bien esta revelación demuestra claramente el potencial de crear estructuras susceptibles superiores a partir de una gama más amplia de materiales y regímenes de tratamiento, no todas las combinaciones producirán estructuras iguales en rendimiento y se debe tener cuidado en la elección de las condiciones de proceso específicas. Una ventaja de esta realización es la capacidad de ajustar la capacidad de calentamiento de la estructura susceptible resultante a través de la modificación relativamente simple de las condiciones de orientación para la orientación uniaxial.

Tal como se ha indicado anteriormente (ejemplo 1), la temperatura absoluta alcanzada para cada muestra fue, aproximadamente, 22°C más elevada que la ΔT reportada, dado que todas las muestras tenían una temperatura inicial de, aproximadamente, 22°C. De forma particular, cada una de las muestras (incluso las que tuvieron unas prestaciones relativamente malas) mostró aumentos de temperaturas a temperaturas absolutas que superaron los 150°C de especificación de rendimiento de contracción de utilización común para las películas. Además, se observó que 150°C está por debajo de la temperatura que se podría esperar razonablemente para que tuvieran lugar las reacciones de dorado de Maillard de interés para los alimentos de calentamiento en microondas. Esto refuerza además, que el medio convencional de caracterización de películas para su utilización como películas de base susceptible es inadecuado.

Se calculó a continuación la velocidad relativa de reacción de dorado (RBRR), tal como se ha descrito en el ejemplo 4. Además, cada estructura se evaluó mediante la prueba de dorado de pizza descrita en el ejemplo 4. Los resultados de la prueba de dorado se presentan en la **figura 2**. Teniendo en cuenta la variación en la formulación de pizza y las diferentes dinámicas de aumento de la temperatura resultantes, la velocidad de dorado relativa basada en la calorimetría $\Delta\Delta T$ normalizada a la ΔT de los materiales de control proporcionó una predicción razonable de número de píxeles de dorado y se confirmó mediante el examen visual de las pizzas.

Tabla 6

Muestra/ Estructura	Película	Grosor inicial (micras)	Temperatura de oxidación (°C)	Temperatura de templeo (°C)	Grosor final (micras)	% Cristalinidad mediana densidad	Tg (°C)	Exoterma de cristalización		Endoterma de fusión		n _z (MD)	n _z -n _x	Tensión máxima MD (lb _f /pulg)	Tensión máxima CD (lb _f /pulg)	ΔT (°C)	ΔΔT (°C)	RBRR	Número de píxeles
								Pico T (°C)	ΔH (J/g)	Pico T (°C)	ΔH (J/g)								
6-1	Clara	-	-	-	12	53	-	-	-	-	-	1,6644	0,1707	-	-	148,2	1,5	1,1	38.665
6-2	Clara	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	1,6639	0,1704	17.759	18.536	146,7	0,0	1,0	39.381
6-3	Blanca	28	120	140	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	155,1	8,4	1,8	-
6-4	Blanca	28	120	170	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	161,3	14,6	2,7	-
6-5	Blanca	28	120	220	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	167,1	20,4	4,1	70.768
6-6	Clara	20	120	140	12	5,4	81	135	-32	251	34	1,5741	0,0010	-	-	149,2	2,5	1,2	-
6-7	Blanca	20	120	140	12	-	80	132	-29	251	32	-	-	-	-	154,4	7,7	1,7	-
6-8	Clara	20	120	170	12	12,1	80	125	-23	251	33	1,5845	-0,0044	-	-	154,3	7,6	1,7	-
6-9	Clara	20	120	200	12	29,9	80	122	-7	239,251	28	1,5848	-0,0130	-	-	156,6	9,9	2,0	84.043
6-10	Blanca	20	120	200	12	-	82	124	-5	238,251	29	-	-	-	-	167,8	21,1	4,3	92.318
6-11	Clara	20	120	230	12	7,3	80	126	-26	251	33	1,5739	0,0003	-	-	170,0	23,3	5,0	94.175
6-12	Clara	20	120	220	12	-	-	-	-	-	-	-	-	7.237	7.940	163,4	16,7	3,2	-
6-13	Clara	28	95	140	19	5,3	-	130	-30	251	35	1,5739	0,0022	6.961	6.903	136,4	-10,3	0,5	-
6-14	Clara	28	95	200	19	-	-	123	-6	251	29	1,5845	-0,0013	7.419	10.057	156,8	10,1	2,0	74.844
6-15	Clara	28	105	140	19	5,4	-	132	-28	251	34	1,5733	0,0024	7.315	7.433	143,7	-3,0	0,8	-
6-16	Clara	28	105	200	19	-	-	122	-6	252	32	1,5844	-0,0045	7.142	9.259	158,9	12,2	2,3	75.434
6-17	Clara	28	120	230	19	-	-	123	-12	251	34	1,5786	-0,0090	8.158	7.989	158,1	11,4	2,2	44.611

EJEMPLO 6

Se orientaron biaxialmente varias películas y se utilizaron para preparar estructuras susceptibles para su evaluación. Se evaluaron películas de homopolímero (HP), películas de copolímero (CP) y películas coextruidas (CX). Las películas para orientación se produjeron mediante Pacur (PACUR, Oshkosh, Wisconsin) en equipos estándar de extrusión de láminas. Las películas de homopolímero se produjeron a partir de resina de homopolímero de PET PQB15-093 suministrada por Polyquest (Polyquest, Inc., Wilmington, Carolina del Norte), las películas de copolímero se produjeron a partir de copoliéster SKYPET-BR 8040 (SKC Chemicals, Seúl, Corea del Sur), y las películas coextruidas fueron una estructura coextruida A/B/A de tres capas con capas del 2-15% de piel (A) de copoliéster que encapsulan una capa de núcleo (B) del 70% de homopolímero utilizando las resinas descritas anteriormente.

Las películas se orientaron utilizando una máquina de estiramiento de laboratorio de la serie Karo con las condiciones que se establecen en la **tabla 7**. A continuación, las películas se metalizaron acoplando las láminas de las muestras orientadas en la máquina de estiramiento de laboratorio a un rollo de tamaño completo de PET orientado biaxialmente de calibre 48 y haciendo discurrir el rollo a través del metalizador en condiciones comerciales (con un intervalo de parámetros normal). Las muestras de hojas metalizadas se retiraron y, a continuación, se laminaron manualmente para formar estructuras susceptibles. Las muestras de película laminada manualmente se laminaron a 0,305 mm (0,012") a cartones SBS (International Paper, Memphis, Tennessee) sin revestir utilizando una varilla de Mayer No. 10 para aplicar adhesivo Real Hydra Fast-en-Bond Plus 20123 (Royal Adhesives and Sealants, South Bend, Indiana) y se laminaron con un laminador de laboratorio Cheminstruments (Cheminstruments, Inc., Fairfield, Ohio) fijado en 344,7 KPa (50 psi) de carga de compresión y velocidad 4.

Se obtuvo el índice de refracción y la birrefringencia para diferentes muestras. Tal como se muestra en la **figura 3**, una orientación y cristalinidad residuales bajas ofrecen la posibilidad de entrar en un nuevo y superior régimen calentamiento susceptible en comparación con las películas de homopolímero de PET altamente orientadas comerciales estándar.

Cada estructura susceptible se evaluó mediante la prueba de calorimetría descrita en el ejemplo 1 y la prueba de dorado de pizza descrita en el ejemplo 4, y se calculó una velocidad relativa de reacción de dorado (RBRR) tal como se describe en el ejemplo 5. Los resultados se presentan en la **tabla 7** y la **figura 4**, en la que se incluyen las muestras/estructuras susceptibles 6-1 y 6-2 (del ejemplo 6) para comparación.

La estructura 6-2 (el control comercial laminado a mano del ejemplo 6) mostró un aumento de temperatura de 146,7°C. Esto corresponde estrechamente a la estructura 7-1 (que se orientó en la máquina de estiramiento de escala de laboratorio), que mostró un aumento de temperatura de 145,5°C. Por consiguiente, a los propósitos de la presente discusión, la estructura 7-1 representa una simulación razonable de un material de película susceptible comercial. La estructura 7-2, que era similar a la estructura 7-1 (excepto en que el nivel de orientación fue de 3,8 x 3,8), mostró un aumento de temperatura de sólo 134,7°C. De este modo, hubo una disminución en el rendimiento en el nivel de orientación inferior para este susceptible basado en película de homopolímero de PET estirado en laboratorio.

La estructura 7-17, que comprendía el copoliéster de punto de fusión inferior (siendo todas las demás condiciones las mismas que para la estructura 7-2), mostró un aumento de la temperatura de 154,9°C, que fue mayor que cualquiera de las estructuras preparadas a partir de una película de base de homopolímero, incluyendo el control comercial (estructura 6-2). La estructura 7-18, que tenía un mayor grado de orientación, mostró un aumento de la temperatura de 158,8°C. En contraste, la estructura 7-21, que tenía una temperatura de orientación más baja y un menor grado de orientación, mostró sólo un aumento de temperatura de 125,4°C. Se observará que si bien este rendimiento puede no ser aceptable para la mayoría de aplicaciones de calentamiento de microondas, hay otras aplicaciones en las que puede ser deseable una menor capacidad de calentamiento. Por último, en la estructura 7-19, que se preparó con una temperatura de recocido mayor (es decir, se termoendureció) que la estructura 7-21, el aumento de la temperatura fue de 144,2°C. Se observará que el valor correspondiente para una película de base susceptible de homopolímero producido en las mismas condiciones fue de 138,2°C (estructura 7-6).

Además, se observará que un aumento en la temperatura de orientación de 120°C a 125°C dio como resultado un aumento de casi 4°C en la ΔT (véase las estructuras 7-17 y 7-18) con copolímero (también pasó de 3,8 x 3,8 a 4x4), mientras que el mismo incremento en la temperatura de orientación dio como resultado sólo un aumento, aproximadamente, de 2,3°C en ΔT con homopolímero (véanse las estructuras 7-1 y 7-3 con homopolímero (en 4x4 para ambas temperaturas)).

Las estructuras coextruidas parecen ser algo más sensibles a las condiciones del proceso, pero aún son capaces de proporcionar resultados superiores de calorimetría y dorado de pizza cuando se utilizan temperaturas de estiramiento más elevadas y temperaturas de recocido más elevadas. De hecho, el mejor dorado de pizza de este conjunto de muestras se logró mediante la muestra coextruida 7-26. Sin desear quedar limitado por ninguna teoría, se cree que la presencia tanto de capas de homopolímero de PET y de copoliéster de la estructura da como resultado una especie de "modo mixto" para la orientación, la cristalización y la relajación y puede dar como

5 resultado una ventana algo más estrecha de las condiciones de operación del proceso. Sin embargo, dado que se ha demostrado posible crear susceptores de calentamiento superior utilizando esta película, estos son comercialmente útiles como posibles reducciones de costes en comparación con películas de 100% de copoliéster y pueden proporcionar otra funcionalidad útil, tal como cuando una capa superficial de copoliéster se utiliza como material de sellado con calor.

10 La **figura 4** representa la velocidad de dorado relativa basada en la calorimetría frente al número de píxeles de pruebas reales de cocinado de pizza; estos datos confirman que dentro de las limitaciones de la variabilidad de las pizzas y las dinámicas de cocinado existe una clara correlación positiva entre los resultados de la calorimetría y los resultados reales de dorado de los alimentos.

Tabla 7

Muestra/ Estructura	Material	Grosor inicial (micras)	Temperatura de orientación (°C)	Temperatura de temperando recimiento (°C)	Proporción de estiramiento	Grosor final (micras)	% Cristalinidad mediante densidad	Tg (°C)	Exoterma de cristalización		n _z (MD)	n _z -n _x	Tensión máxima MD (lb/pulg)	Tensión máxima CD (lb/pulg)	ΔT (°C)	ΔΔT (°C)	RBRR	Número de píxeles
									Pico T (°C)	ΔH (J/g)								
6-1	HP	-	-	-	-	-	53	-	-	-	1,6644	0,1707	-	-	148,2	1,5	1,1	38.665
6-2	HP	-	-	-	-	12	-	-	-	-	1,6639	0,1704	17.759	18.536	146,7	0,0	1,0	39.381
7-1	HP	200	120	140	4 x 4	12,5	36,4	-	-	44	1,6037	0,1015	12.069	18.651	145,5	-1,2	0,9	-
7-2	HP	200	120	140	3,8x3,8	13,9	34,6	-	-	252	1,5957	0,0770	10.475	15.675	134,7	-12,0	0,4	-
7-3	HP	200	125	140	4 x 4	12,5	-	-	118	4	1,5920	0,0356	6.908	8.249	147,8	1,1	1,1	-
7-4	HP	200	115	140	3,8x3,8	13,9	36,8	-	-	253	1,6104	0,1055	11.146	20.471	135,6	-11,1	0,5	-
7-5	HP	200	115	140	3,5x3,5	16,3	37,6	-	137	-1	1,6099	0,1038	10.534	15.586	144,5	-2,2	0,9	57.812
7-6	HP	200	115	200	3,5x3,5	16,3	40,5	-	-	179, 253	1,6307	0,1253	15.779	25.987	138,2	-8,5	0,6	-
7-7	HP	200	125	200	4 x 4	12,5	40,2	-	-	210, 252	1,5931	0,0551	7.280	9.698	134,3	-12,4	0,4	-
7-8	CP	200	120	140	4 x 4	12,5	25,8	87	147	-1	1,5956	0,0480	-	-	158,1	11,4	2,2	59.071
7-9	CP	200	120	200	4 x 4	12,5	15,1	77	124	-11	1,5890	0,0306	-	-	149,7	3,0	1,2	-
7-10	CP	200	120	220	4 x 4	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	152,2	5,5	1,5	71.018
7-11	CP	172	120	140	3 x 3	19,1	-	-	-	-	-	-	-	-	124,1	-22,6	0,2	-
7-12	CP	172	120	200	3 x 3	19,1	-	-	-	-	-	-	-	-	130,0	-16,7	0,3	-
7-13	CP	172	120	220	3 x 3	19,1	-	-	-	-	-	-	-	-	149,9	3,2	1,2	-
7-14	CP	127	120	140	3 x 3	14,1	-	-	-	-	-	-	-	-	147,4	0,7	1,0	-
7-15	CP	127	120	200	3 x 3	14,1	6,7	66,77	124	-18	1,5833	0,0028	-	-	134,5	-12,2	0,4	-
7-16	CP	127	120	140	2 x 2	31,8	-	-	-	-	1,5868	0,0575	8.317	10.300	128,9	-17,8	0,3	-
7-17	CP	200	120	140	3,8x3,8	13,9	-	-	-	235	1,5769	0,0086	4.841	-	154,9	8,2	1,8	-
7-18	CP	200	125	140	4 x 4	12,5	-	78	124	-26	1,6088	0,0849	10.461	17.744	158,8	12,1	2,3	77.367
7-19	CP	200	115	200	3,5x3,5	16,3	-	-	-	205, 236	1,5836	0,0152	4.389	4.536	144,2	-2,5	0,8	-
7-20	CP	200	125	200	4 x 4	12,5	-	78	122	-14	1,6124	0,1022	15.849	25.161	158,3	11,6	2,2	80.221
7-21	CP	200	115	140	3,5x3,5	16,3	-	-	-	238	1,6135	0,1181	10.541	14.085	127,9	-18,8	0,3	-
7-22	CX	200	115	140	3,5x3,5	16,3	-	-	120	-2	1,6050	0,1097	9.425	10.778	133,0	-13,7	0,4	-
7-23	CX	200	120	140	3,5x3,5	16,3	-	79	122	-20	1,6175	0,0869	8.604	8.770	138,6	-8,1	0,6	-
7-24	CX	200	125	140	3,5x3,5	16,3	-	78	129	-23	1,6280	0,1355	9.261	13.260	140,7	-6,0	0,7	-
7-25	CX	200	115	200	3,5x3,5	16,3	-	-	-	183, 241, 253	1,5975	0,0654	7.494	7.765	148,7	2,0	1,1	-
7-26	CX	200	125	200	3,5x3,5	16,3	-	78	127	-24	1,5975	0,0654	7.494	7.765	157,7	11,0	2,1	82.757

EJEMPLO 7

Para demostrar las respuestas dimensionales dinámicas a la temperatura significativamente diferentes de las películas de la presente invención en comparación con las películas susceptibles estándar de la técnica anterior, se monitorizaron los cambios en las longitudes de la muestra como función de la temperatura utilizando un DMA 7e de Perkin-Elmer (Perkin-Elmer Inc., Waltham, Massachusetts). El instrumento se utilizó en el modo de análisis mecánico térmico de fuerza constante. Las muestras se calentaron de 40 a 220°C a 2,5°C por minuto bajo una purga de helio, con una resistencia estática constante de 10 mN. Se utilizó un sistema de análisis de medición de extensión con muestras cortadas a 3,2 mm de ancho, con un espesor dependiente de las películas a medir y con longitudes de calibre de, aproximadamente, 10 mm. Un baño de hielo/agua se utilizó para ayudar con el control de temperatura del horno. Se realizaron mediciones en tiras de película cortadas en la dirección de la máquina (MD) o en la dirección transversal/cruzada (CD). Ejemplos de los cambios dimensionales, registrados mientras se calentaban las muestras de película, se dan en las **figuras 5-10**. Los valores se calculan en términos de cambio porcentual en comparación con la longitud original de la muestra antes del calentamiento de la siguiente manera:

% de cambio en la longitud de la muestra = (longitud instantánea durante el calentamiento/longitud original) x (100).

Es importante aclarar una característica de este método de ensayo que afecta a los resultados mostrados para que la interpretación de datos sea correcta. Se aplica una muy ligera tensión a los extremos de la muestra para asegurar la precisión en la medición de la longitud instantánea utilizada para calcular el % de cambio en la longitud de la muestra. Las muestras presentan valores de % de cambio menores de 100 (encogimiento) superando esta fuerza tensional ligera y se vuelven más cortas (se contraen) cuando se alcanzan temperaturas a las que se libera energía de contracción residual. Las muestras que indican expansión (valores superiores a 100%) en las curvas generadas por este ensayo, no se debe considerar que tienen un crecimiento intrínseco o característica de expansión a temperaturas crecientes. Por encima de la Tg, las películas con poca o ninguna tendencia a cambio dimensional a una temperatura particular tenderán a ser susceptibles al estiramiento ligero por la tensión de sostenimiento de la muestra a esa temperatura y la curva implicará erróneamente que se produciría crecimiento o expansión en condiciones de ausencia de carga tensional. Las películas que están más altamente orientadas y/o son más cristalinas poseen menos capacidad de alargamiento restante en el estado gomoso y se espera que sean más resistentes a este estiramiento y a la falsa indicación de expansión que la que tendrán películas con menores niveles de orientación y cristalinidad.

La tabla 8 identifica las películas para las que se muestran las curvas de respuesta dimensional dinámicas a la temperatura; tres películas que representan películas convencionales de homopolímero de PET estándar altamente orientado, altamente cristalino, de elevado índice de refracción y birrefringencia se comparan con tres películas que representan varias realizaciones de la presente invención, todas las cuales demuestran rendimiento susceptor superior.

Tabla 8

Estructura	Descripción	n_z	$n_z - n_x$	ΔT (°C)	$\Delta \Delta T$ (°C)	RBRR
6-2	DuPont Mylar® 800C	1,6639	0,1704	146,7	0	1,0
1-6	DuPont HS2	1,6587	0,1662	152,0	9,2	-
7-1	Homopolímero, orientado biaxialmente (simulación comercial)	1,6037	0,1015	145,5	-1,2	0,9
6-9	Homopolímero, orientado biaxialmente	1,5848	-0,0130	156,6	9,9	2,0
6-11	Homopolímero, orientado uniaxialmente	1,5739	0,0003	170,0	23,3	5,0
7-8	Copolímero, orientado biaxialmente	1,5956	0,0480	158,1	11,4	2,2

Las muestras 6-2, 1-6, y 7-1 son todas películas de homopolímero de PET altamente orientadas que representan una película de base susceptible comercial común (muestra 6-2), una película estabilizada al calor de la técnica anterior (1-6) y una película estirada en el laboratorio dirigida a simular las propiedades y el rendimiento de una película similar a la muestra 6-2 (muestra 7-1). Las muestras 6-9, 6-11, 7-8 y son todas muestras de la presente invención orientadas mediante la máquina de estiramiento de laboratorio. Las muestras 6-9 y 6-11 son películas de

la presente invención de homopolímero de PET moderadamente orientado uniaxialmente, estando la muestra 6-11 expuesta a una temperatura de termoendurecimiento más elevada que la muestra 6-9; la muestra 7-8 es una película de la presente invención altamente orientada preparada a partir de un copoliéster con un punto de fusión por debajo del típico del homopolímero de PET.

Las **figuras 5-10** muestran las respuestas dimensionales dinámicas a la temperatura de estas películas. Se muestran en cada figura experimentos duplicados para cada película en MD y CD. Se observa inmediatamente que las 6 muestras comienzan con algún tipo de respuesta a un aumento de temperatura a, aproximadamente, 80°C, la T_g aproximada del PET. Esto es esperable dado que el polímero transiciona desde el estado vítreo al estado gomoso. Cabe destacar que, cuando en las muestras 6-2, 1-6, 7-1 se sigue aumentando la temperatura, se produce contracción significativa en la MD para todas las muestras y en la CD para todas, excepto en la muestra 1-6, y sigue aumentando con el aumento de temperatura, sobre todo a temperaturas superiores a 150°C, la temperatura de exposición estática para mediciones de contracción referenciada típicamente como la representación de un buen predictor de rendimiento susceptor.

La respuesta dimensional dinámica a la temperatura de estas películas representa el comportamiento de contracción que conduce la fisuración típica en una estructura susceptible laminada y de capacidad de calentamiento limitada; los datos de calorimetría de estas tres muestras indican esta limitación en el calentamiento. La muestra 1-6 parece crecer ligeramente en la CD, lo que probablemente es el resultado de una estabilidad térmica algo mejorada en esa dirección en comparación con la MD y la indicación de falsa de expansión que se ha discutido anteriormente, pero se contrae significativamente en la MD a las temperaturas encontradas y deseadas de forma común en el calentamiento susceptor. Aunque la muestra 1-6 muestra algo de mayor capacidad de calentamiento en comparación con las muestras 6-2 y 7-1, todavía es inferior a los susceptores preparados según la presente invención. Se espera que la mayor magnitud de la contracción observada en la muestra 7-1 en comparación con la muestra 6-2 sea el resultado de las diferencias entre la máquina comercial y el equipo de estiramiento laboratorio, pero de forma significativa, los susceptores elaborados a partir de las dos películas rindieron de manera bastante similar en las pruebas de calentamiento y cocinado. Esto confirma que por encima de un umbral de iniciación de fisuras, el rendimiento susceptor se pierde de una manera esencialmente irrecuperable.

Las muestras 6-9, 6-11 y 7-8, todas las cuales son películas experimentales de la presente invención que proporcionan calentamiento superior a las tres películas de tipo estándar, reaccionaron de manera muy diferente a un aumento de temperatura, sin evidenciar ninguna contracción, ya sea en MD o CD durante el mismo intervalo de temperatura en el que se contraen las películas estándar. Asimismo, todos los susceptores de la presente invención de rendimiento superior que se probaron de acuerdo con este método (incluyendo, por ejemplo, las muestras 5-6, 5-7, 5-8, 5-10, 5-12, y 5-14), mostraron un comportamiento similar. Teniendo en cuenta la indicación falsa de expansión del método de ensayo, para una utilización como susceptor, se puede considerar que estas películas son dimensionalmente estables y que deben resistir la aparición de fisuración de una manera superior; los ensayos de calorimetría y dorado confirman un rendimiento superior.

La diferencia dramática en la respuesta dimensional dinámica a la temperatura es coherente con el mantenimiento de una orientación residual baja tal como se evidencia por los niveles reducidos de índice de refracción y birrefringencia, así como la reducción de la cristalinidad en películas de base susceptibles y representa una fuerte evidencia de la novedad de los diferentes aspectos de la presente invención y su reducción a la práctica de manera muy útil.

Aunque la presente invención se describe en la presente memoria descriptiva en detalle en relación con aspectos y formas de realización específicas, debe entenderse que esta descripción detallada es solamente ilustrativa y de ejemplo de la presente invención y se hace meramente para el propósito de proporcionar una divulgación completa y habilitante de la presente invención y para exponer el mejor modo de llevar a la práctica la presente invención conocido por los inventores en el momento en el que se realizó la presente invención. La descripción detallada expuesta en la presente memoria descriptiva es sólo ilustrativa y no pretende, ni debe interpretarse, como limitante de la presente invención o que de otra manera excluya cualquiera tipo de otras realizaciones, adaptaciones, variaciones, modificaciones y disposiciones equivalentes de la presente invención. Todas las referencias de dirección (por ejemplo, superior, inferior, hacia arriba, hacia abajo, izquierda, derecha, hacia la izquierda, hacia la derecha, arriba, abajo, por encima, por debajo, vertical, horizontal, hacia la derecha y hacia la izquierda) sólo se utilizan para el propósito de identificación para facilitar la comprensión del lector de las diferentes realizaciones de la presente invención, y no para crear limitaciones, particularmente en cuanto a la posición, orientación, o la utilización de la presente invención a menos que expresamente señalado en las reivindicaciones. Referencias de acumulación (por ejemplo, unida, adjunta, acoplada, conectada, y similares) deben interpretarse en sentido amplio y pueden incluir elementos intermedios entre una conexión de elementos y el movimiento relativo entre los elementos. Como tales, las referencias de acumulación de acciones no implican necesariamente que dos elementos estén conectados directamente y en relación fija entre sí. Además, varios elementos discutidos con referencia a las diferentes realizaciones pueden intercambiarse para crear realizaciones completamente nuevas que entran dentro del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Estructura interactiva con la energía de microondas, que comprende:
 - 5 una película de polímero que tiene una birrefringencia (n_z-n_x) de menos de, aproximadamente, 0,15; y una capa de material interactivo con la energía de microondas sobre la película de polímero, siendo la capa de material interactivo con la energía de microondas operativa para convertir, como mínimo, una parte de la energía de microondas incidente en energía térmica.
 - 10 2. Estructura, según la reivindicación 1, en la que la película de polímero tiene una birrefringencia (n_z-n_x) de menos de, aproximadamente, 0,14.
 3. Estructura, según la reivindicación 1, en la que la película de polímero tiene una birrefringencia (n_z-n_x) de menos de, aproximadamente, 0,10.
 - 15 4. Estructura, según la reivindicación 1, en la que la película de polímero tiene una birrefringencia (n_z-n_x) de menos de, aproximadamente, 0,015.
 5. Estructura, según la reivindicación 1, en la que
 - 20 (a) la película de polímero comprende tereftalato de polietileno amorfo, y la película de polímero tiene una birrefringencia (n_z-n_x) de menos de, aproximadamente, 0,005;
 - (b) la película de polímero comprende tereftalato de polietileno orientado uniaxialmente, y
 - 25 la película de polímero tiene una birrefringencia (n_z-n_x) de menos de, aproximadamente, 0,05; o
 - (c) la película de polímero comprende un copoliéster que tiene un punto de fusión de menos de, aproximadamente, 260°C, y
 - 30 la película de polímero tiene una birrefringencia (n_z-n_x) de menos de, aproximadamente, 0,15.
 6. Estructura, según la reivindicación 1, en la que la película de polímero comprende homopolímero de tereftalato de polietileno y un copoliéster, teniendo el copoliéster un punto de fusión de menos de, aproximadamente, 260°C, y teniendo la película de polímero una birrefringencia (n_z-n_x) de menos de, aproximadamente, 0,15.
 - 35 7. Estructura, según la reivindicación 6, en la que la película de polímero comprende una pluralidad de capas, que incluyen
 - 40 (a) como mínimo, una capa que comprende un homopolímero de tereftalato de polietileno, y como mínimo, otra capa que comprende un copoliéster;
 - (b) una primera capa que comprende homopolímero de tereftalato de polietileno,
 - 45 una segunda capa que comprende copoliéster, y una tercera capa que comprende homopolímero de tereftalato de polietileno, estando la segunda capa dispuesta entre la primera capa y la segunda capa; o
 - (c) una primera capa que comprende un copoliéster,
 - 50 una segunda capa que comprende homopolímero de tereftalato de polietileno, y una tercera capa que comprende un copoliéster, estando la segunda capa dispuesta entre la primera capa y la segunda capa.
 8. Estructura, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la película de polímero tiene una cristalinidad de menos de, aproximadamente, el 50%.
 - 55 9. Estructura, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la película de polímero tiene una cristalinidad de menos de, aproximadamente, el 25%.
 10. Estructura, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la película de polímero tiene una cristalinidad de menos de, aproximadamente, el 10%.
 - 60 11. Estructura, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la película de polímero tiene una cristalinidad de, aproximadamente, el 5%.
 - 65

12. Estructura, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que la película de polímero tiene un índice de refracción (n_z) de menos de aproximadamente, 1,64.

5 13. Estructura, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que la película de polímero tiene un índice de refracción (n_z) de, aproximadamente, 1,57 a, aproximadamente, 1,62.

10 14. Estructura, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende además una capa de soporte unida a la capa de material interactivo con la energía de microondas de tal manera que la capa de material interactivo con la energía de microondas está dispuesta entre la película de polímero y la capa de soporte, en la que la capa de soporte comprende papel, cartón, una película de polímero, o cualquier combinación de los mismos.

15 15. Estructura, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, que comprende, como mínimo, una parte de una construcción de calentamiento por microondas para calentar, dorar y/o volver crujiente un alimento en un horno de microondas.

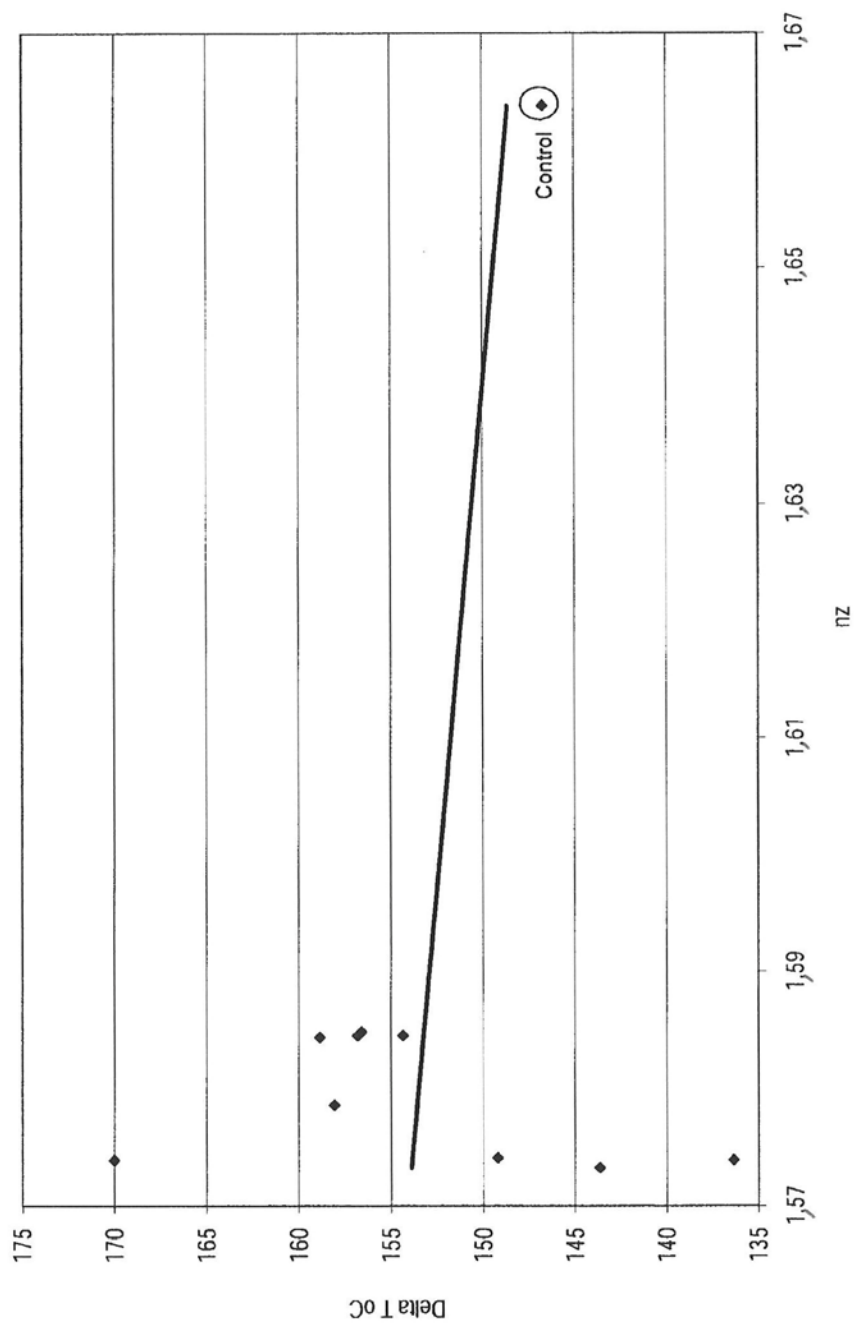


FIG. 1

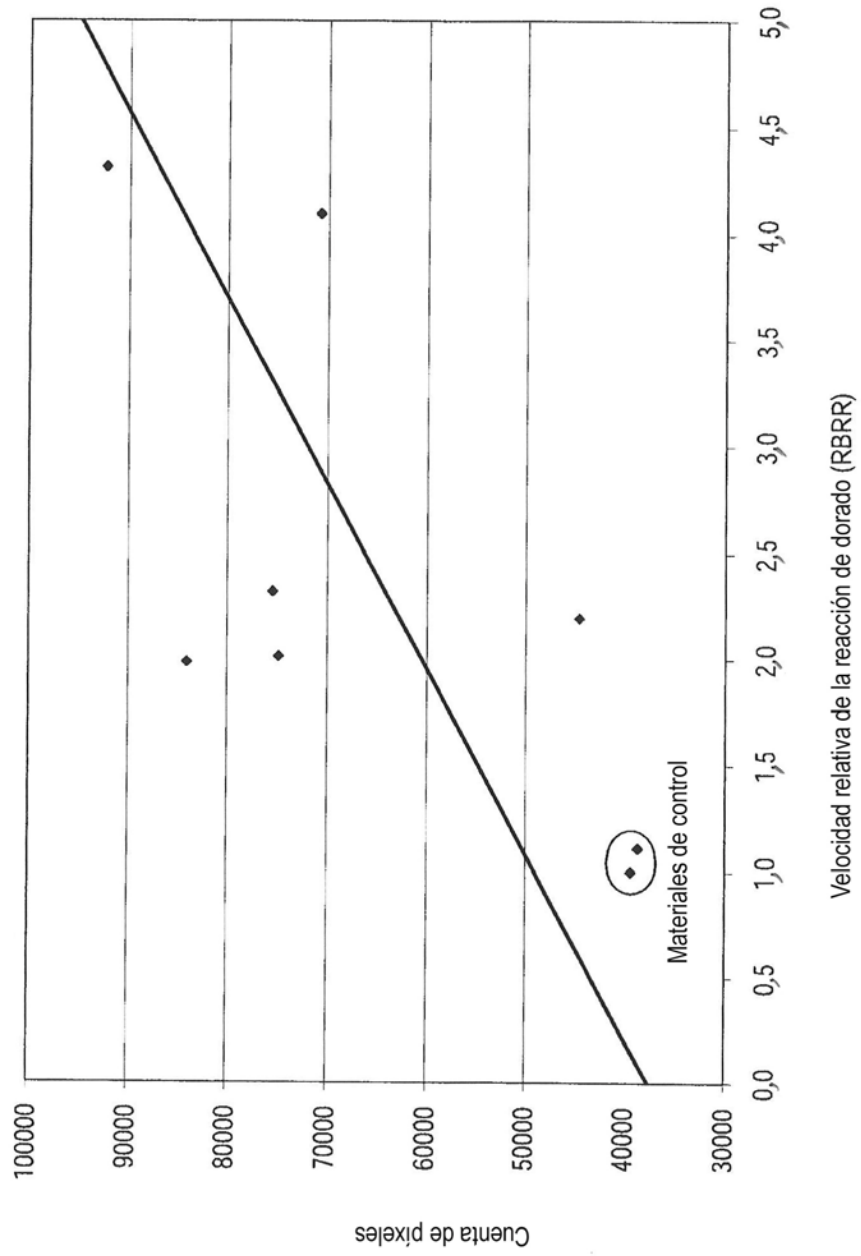


FIG. 2

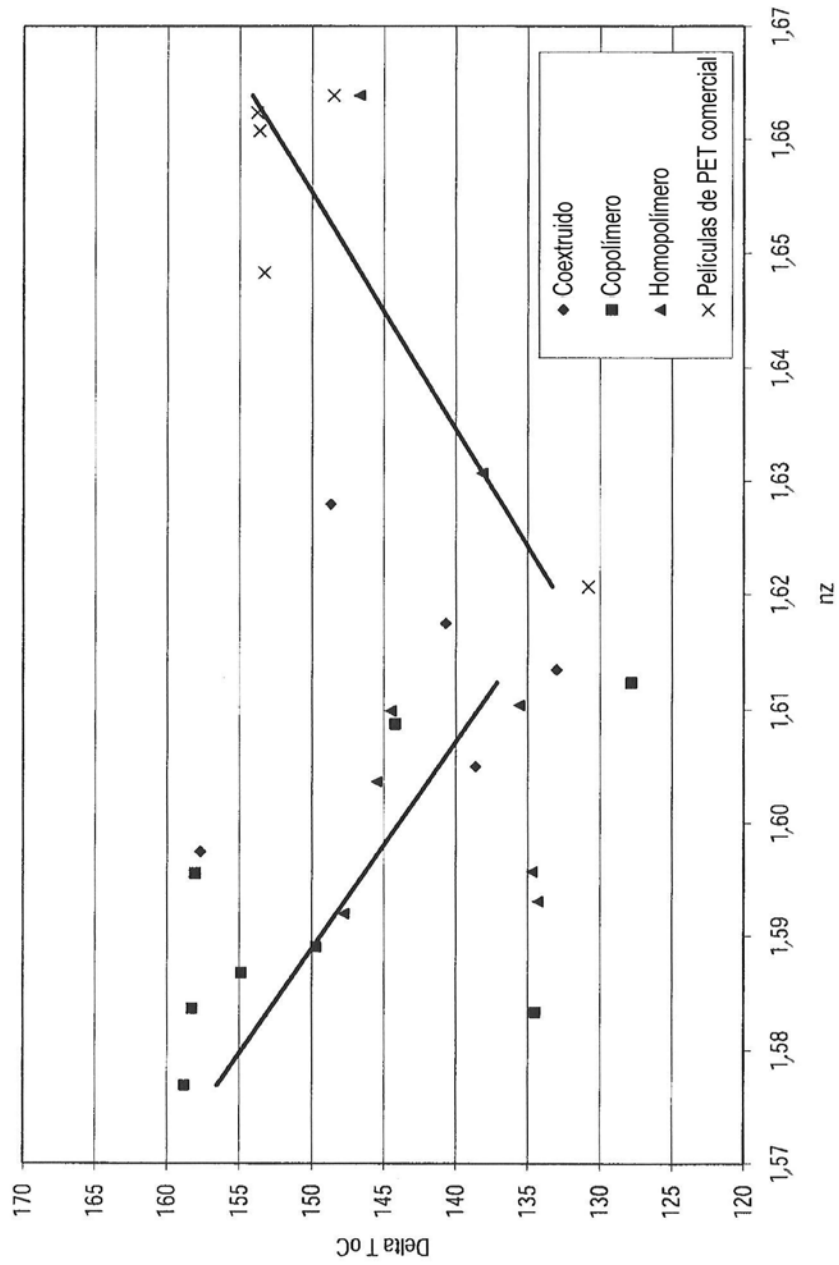


FIG. 3

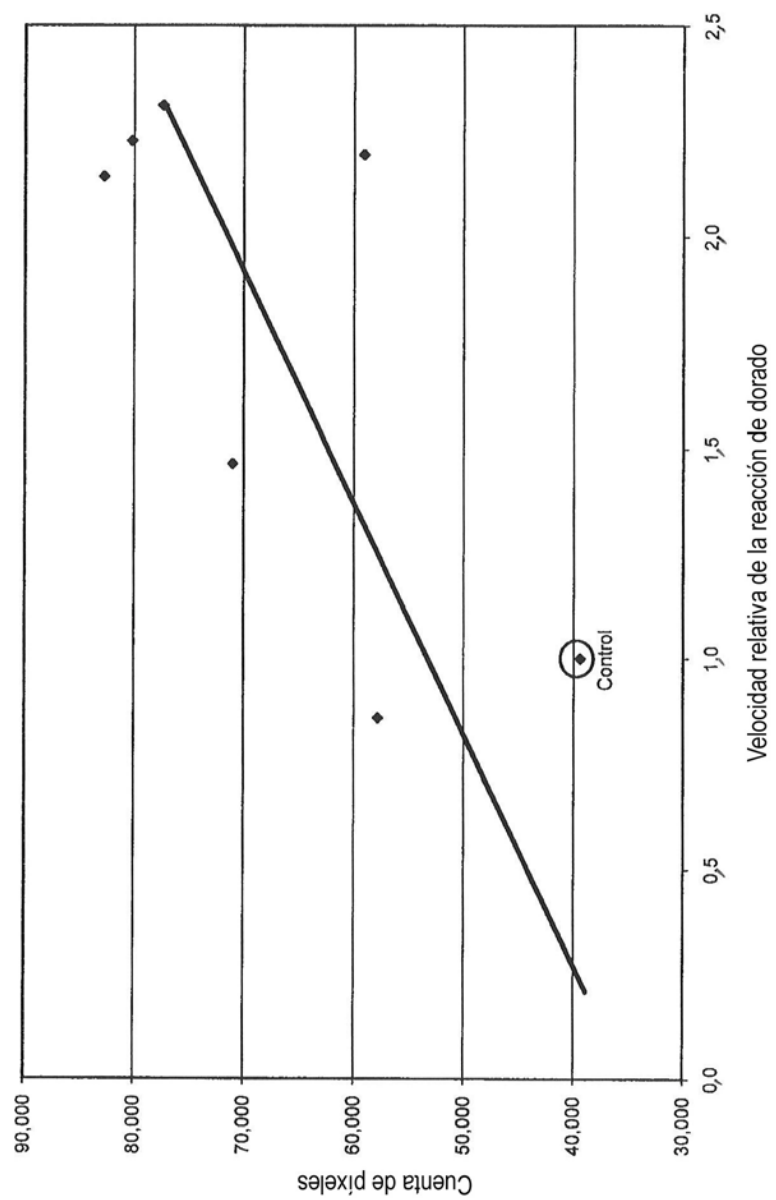


FIG. 4

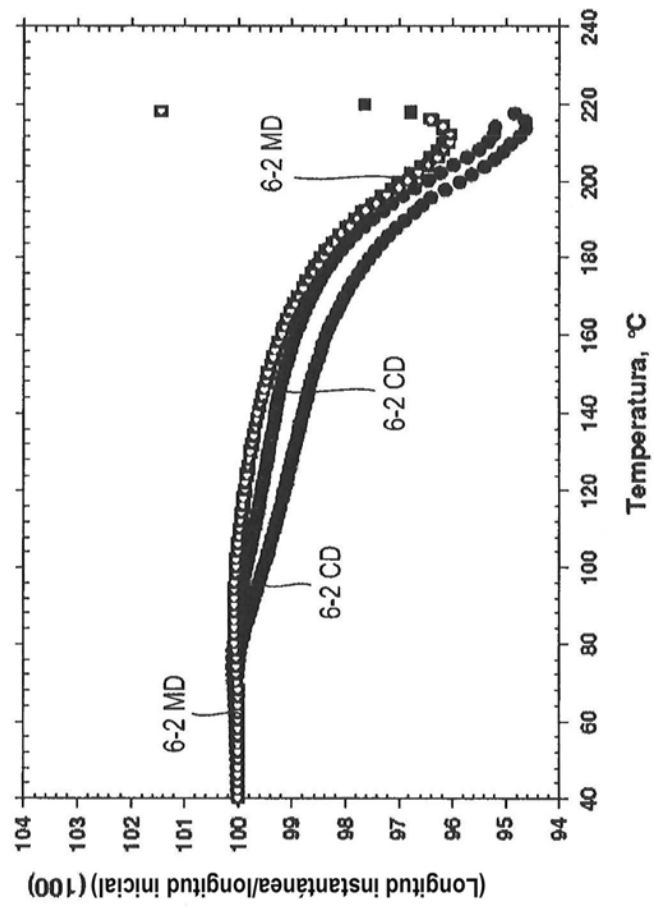


FIG. 5

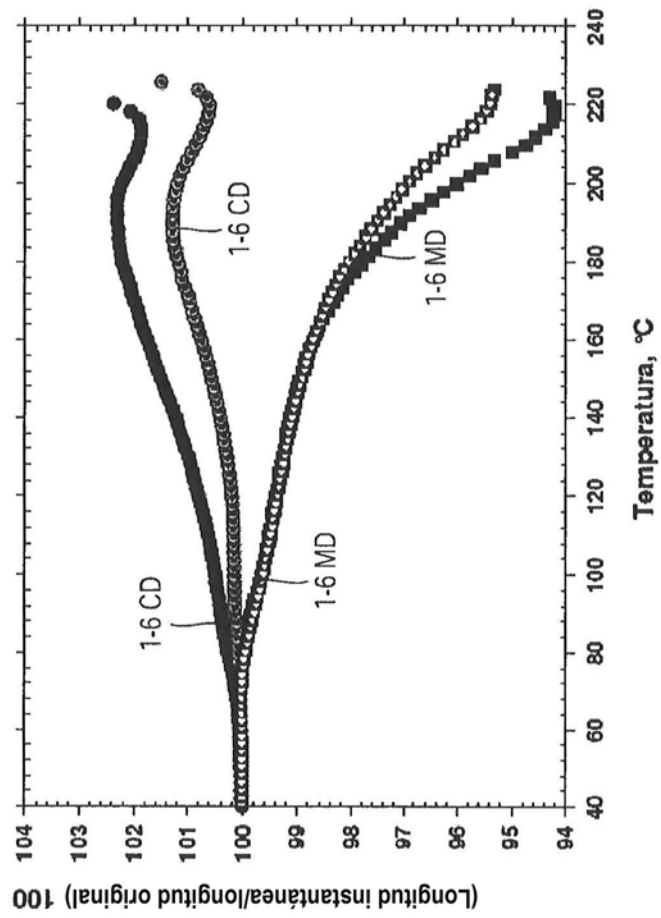


FIG. 6

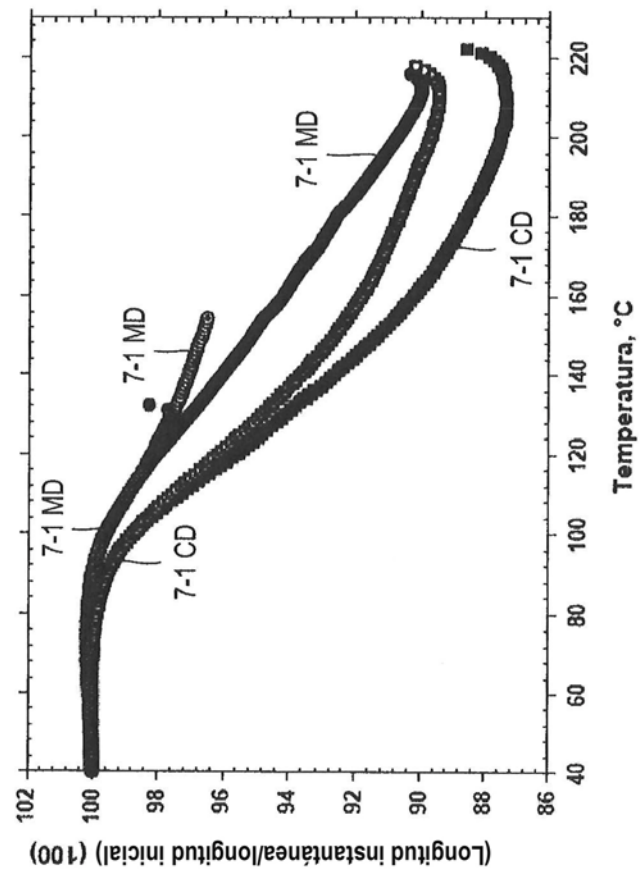


FIG. 7

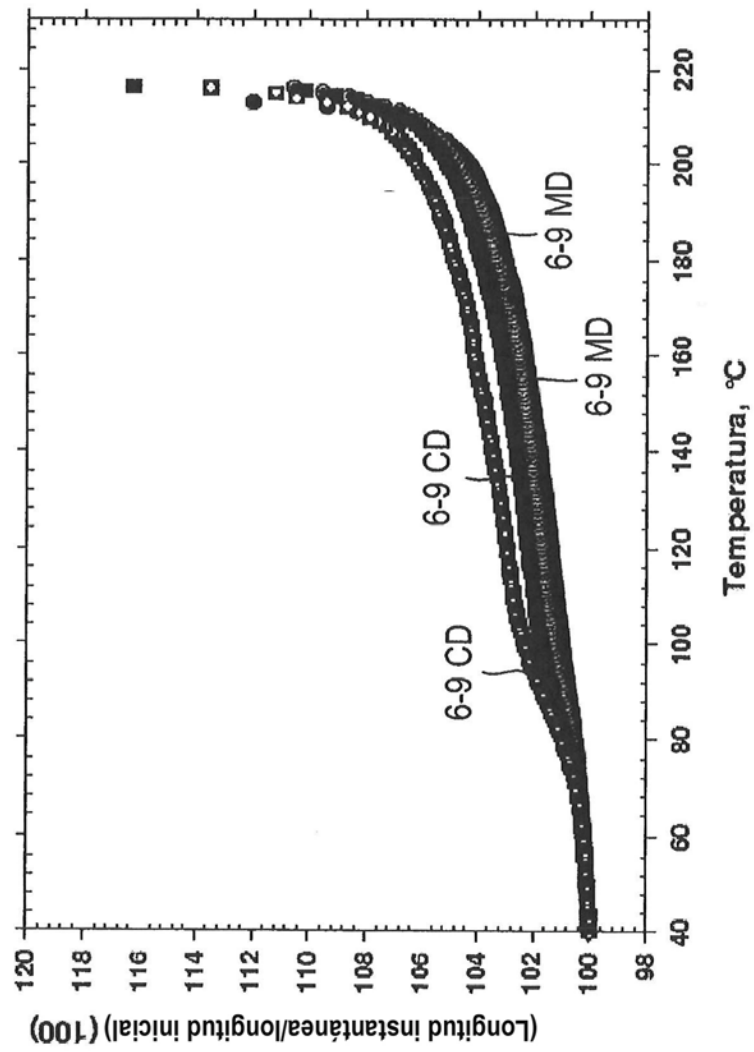


FIG. 8

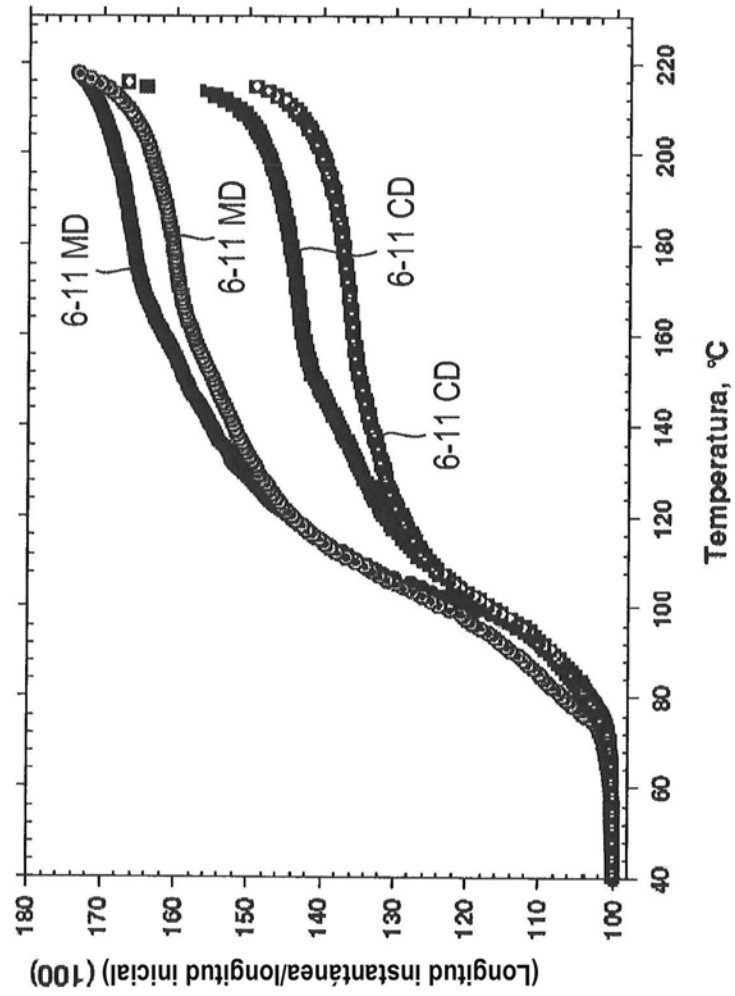


FIG. 9

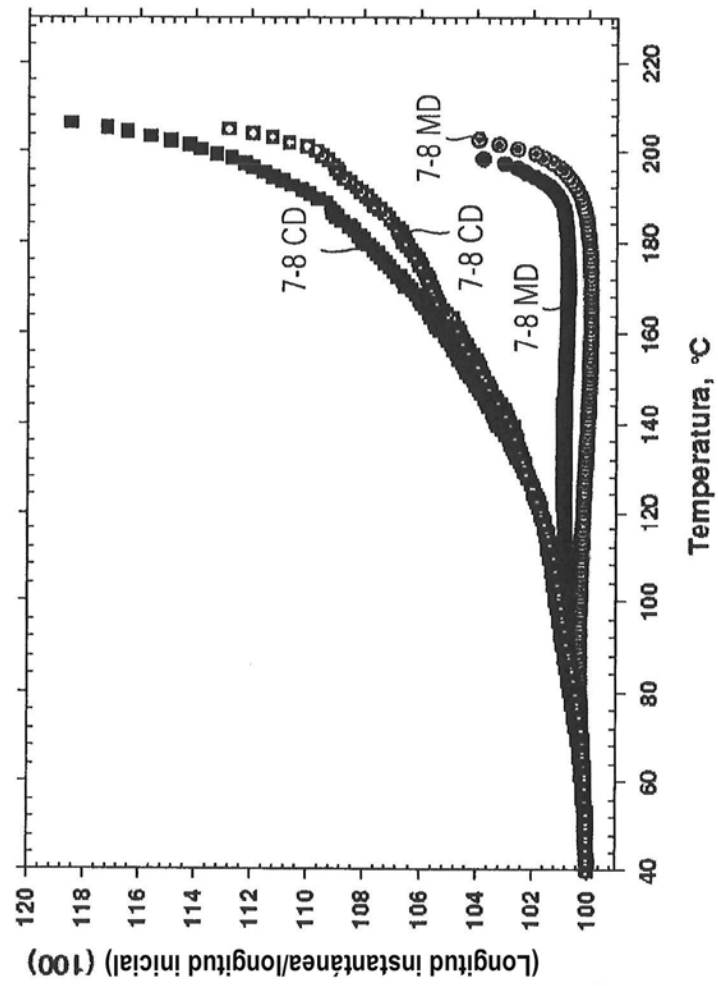


FIG. 10