PELÍCULA LIGERA DE POLIETILENO PARA APLICACIONES DE EMPACADO ASÉPTICO Y EL PRODUCTO QUE RESULTA DE LA MISMA Y EL PROCESO PARA FABRICAR LA MISMA

REFERENCIA CRUZADA CON SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reclama prioridad a la solicitud de patente provisional de E.U.A. No.: 62/849,329 que se presentó el 17 de mayo del 2019, que se incorpora a la presente por referencia en su totalidad.

CAMPO DE LA INVENCIÓN

Esta invención se refiere a una película de espuma de capas múltiples de polietileno de alta densidad (HDPE) que se puede utilizar para aplicaciones de reemplazo de papel en la industria de empacado aséptico.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

El consumo de cartones para aplicaciones de empacado representa casi un tercio del mercado total de empacado. Para el empacado en contacto directo con el alimento, los cartones trabajan de manera segura con un revestimiento de barrera de alguna forma. De manera convencional, para las aplicaciones de empacado de alimentos en donde son esenciales las propiedades de barrera, los cartones están recubiertos con cera de parafina o laminados con una película de polímero, que suele ser de polietileno. Para los productos no perecederos que se almacenan a temperatura ambiente, y el empacado se realiza de manera aséptica seguido por sellado hermético, la propiedad de barrera al oxígeno es esencial. La llegada de los contenedores laminados de papel-aluminio-plástico, por ejemplo, Tetrahedron en 1959, fue un punto de inflexión en las industrias de empacado en donde podrían ser reemplazados por latas de metal y contenedores de vidrio. De este modo, normalmente una capa de una película de polímero metalizado o película de aluminio se incorpora en la estructura del cartón. Esto puede provocar un problema de reciclaje importante porque la gran mayoría de los sitios de reciclaje son deficientes en infraestructura que puede proporcionar una cierta tecnología de reciclaje. Ha habido una popularidad e interés acumulados por los productos esterilizados y pasteurizados que se empacan asépticamente, lo que elimina la refrigeración y evita el deterioro sin usar conservadores, por ejemplo, leche, alimentos para bebés, productos de tomate, caldos, sopas, verduras, postres, huevo líquido, yogur, aderezos, etc. Por lo tanto, con el gran crecimiento de la demanda en el empacado de alimentos en

los mercados emergentes, sería deseable producir una película polimérica reciclable liviana que posea una calidad de superficie para la impresión y preimpresión, con valores de rigidez a la flexión comparables a los cartones utilizados en el empacado, y suficientes propiedades de barrera, todos los cuales pueden ser atributos esenciales para que un producto reemplace los tipos de cartón que se utilizan actualmente en las industrias del empacado. Además, el producto mencionado puede abordar los problemas de absorción de los cartones revestidos.

Para mejor conocimiento del solicitante, no se ha descrito una película ligera reciclable de polietileno en la técnica anterior para reemplazar cartones, cartones revestidos, o cartones laminados en la industria de empacado de alimentos, que pueda poseer todos los atributos antes mencionados tales como alta suavidad de la superficie, rigidez a la flexión lo suficientemente alta, propiedades de alta barrera contra el oxígeno y la humedad, coeficiente de fricción relativamente bajo en la capa de revestimiento y que puede abordar problemas de carga antiestática en el proceso de empacado industrial.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Una película de capas múltiples ligera y reciclable que se puede utilizar para aplicación de empacado aséptico se describe en la presente. La película puede tener una superficie muy suave que da como resultado una calidad de impresión superior y rigidez a la flexión lo suficientemente alta como para reemplazar los cartones.

En un aspecto, se proporciona una película termoplástica de capas múltiples ligera y coextruida. La película comprende por lo menos una capa de espuma que incluye una pluralidad de celdas en donde por lo menos el 10% de las celdas son celdas cerradas. La película comprende además dos capas sólidas de revestimiento que comprenden HDP. La película comprende además una o más capas sólidas, que comprenden alcohol etilen vinílico (EVOH), cada una entre la capa de espuma y capa sólida, o entre dos de las capas sólidas o entre dos de las capas de espuma. La película tiene un espesor total igual o mayor que 203 µm (8 mils), y un valor de rigidez a la flexión superior a 18 en la configuración de la unidad de rigidez Taber de acuerdo con TAPPI/ANSI T 489 om-15. La relación de la masa por unidad de área (la masa de una unidad de área de la película en gramo por metro cuadrado (g/m^2)) sobre el valor de rigidez en la configuración de la unidad de Taber es igual o menor que 13.

En otro aspecto, se proporciona una película termoplástica de capas múltiples ligera y coextruida. La película comprende por lo menos una capa de espuma que incluye una pluralidad de celdas en donde por lo menos el 10% de las celdas son celdas cerradas. La película comprende además capas sólidas de revestimiento que comprenden HDPE. La película comprende además una o

más capas sólidas, que comprenden alcohol etilen vinílico (EVOH), cada una entre la capa de espuma y capa sólida, o entre dos de las capas sólidas o entre dos de las capas de espuma. La película tiene un espesor total igual o mayor que 203 μm (8 mils). La película tiene una suavidad promedio de Sheffield de menos de 40, de acuerdo con TAPPI T 538. En algunas modalidades, más del 50% de las celdas son celdas cerradas.

La película puede tener un valor de rigidez a la flexión de más de 18, en la configuración de la unidad de rigidez de Taber de acuerdo con TAPPI/ANSI T 489 om-15, en donde la relación de la masa por unidad de área (la masa de una unidad de área de la película en gramo por metro cuadrado (g/m^2)) sobre el valor de rigidez en la configuración de la unidad de Taber es igual o menor que 13.

La película puede tener una superficie con una suavidad promedio de Sheffield, de acuerdo con TAPPI T 538, de menos de 25.

En algunas modalidades, la película puede tener una velocidad de transmisión de oxígeno de menos de 0.65 cc/645.16 cm^2/24hr, o 10 cc/m^2/24hr, de acuerdo con ASTM D3985.

En algunas modalidades, la película puede tener una velocidad de transmisión de vapor de agua de menos de 0.05 g/645.16 cm^2/24hr, de acuerdo con ASTM E398-13.

Otros aspectos, modalidades, ventajas y características serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Las formas singulares "un," "una," y "el, la" incluyen las referencias plurales a menos que el contexto dicte claramente lo contrario.

Todas las escalas descritas en la presente incluyen el punto extremo recitado y se pueden combinar de forma independiente (por ejemplo, la escala de rigidez a la flexión en la configuración de la unidad de Taber de 18 a 100 "incluye los puntos extremos, 18 y 100, y todos los valores intermedios. En el mismo contexto, por ejemplo, el espesor total de más de 203 μm (8 mils) incluye el punto extremo, 203 μm (8 mils).

Como se utiliza en la presente, se puede aplicar un lenguaje aproximado para modificar cualquier representación cuantitativa que pueda variar sin dar como resultado un cambio en la función básica a la que se relaciona. En consecuencia, un valor modificado por un término o términos, tales como "aproximadamente" y "sustancialmente," puede no estar limitado a ese valor preciso especificado. El modificador "aproximadamente" también deberá ser considerado como descriptivo de la escala definida por el valor absoluto de los dos puntos extremos. Por ejemplo, la expresión "de aproximadamente 0.05 a aproximadamente 15" también describe la escala "de 0.05 a

15”.

Como se utiliza en la presente, el término "ligero" se refiere a que el valor de densidad aparente de los productos descritos en la presente es menor o igual a la densidad de su contraparte sólida hecha de la resina virgen base asociada, o la densidad de la resina virgen base asociada . En un contexto similar, se refiere a un valor de densidad aparente de los productos descritos en la presente siendo menor o al menos igual a la densidad de los cartones con el mismo espesor o con los mismos valores de peso por unidad de área en g/m^2. Por ejemplo, los valores de densidad aparente de los productos de esta invención pueden ser menores que 0.962 g/cm^3 que es menor que el valor de densidad de la resina virgen de base asociada de 0.962 g/cm^3, o menor que el valor de densidad aparente de 0.962 g/cm^3 de su contraparte sólida hecha de la resina virgen de base asociada.

La presente descripción se refiere a una película de espuma de polietileno ligera de capas múltiples adecuada para usarse en todo tipo de empacado aséptico; empacado de todo tipo de productos sensibles al oxígeno, empacado de productos pasteurizados; empacado de productos alimenticios secos tales como panecillos, galletas, cereales, té, café, azúcar, harina, mezclas de alimentos secos, chocolates, dulces de azúcar, alimentos para mascotas; empacado de alimentos congelados como alimentos refrigerados y helados; empacado de productos y alimentos cocinados y precocinados; cartón de respaldo para productos frescos como verduras, frutas, carnes y pescados; empacado de alimentos para bebés; empacado de todo tipo de postres; empacado de alimentos líquidos y bebidas como caldos, sopas, jugos, leche y todo tipo de productos derivados de la leche, concentrados, todo tipo de aderezos, huevos líquidos, productos a base de tomate; y empacado de todo tipo de detergentes para ropa, champús y jabones corporales; hacer todo tipo de bolsas para incluir SUP, sobres y empacado de alimentos para mascotas.

Los ejemplos antes mencionados no ponen ninguna limitación en la aplicación de productos de esta descripción, y otras aplicaciones pueden ser posibles.

Una de las razones detrás de la producción de las películas sintéticas ligeras descritas en la presente y la selección del material para el reemplazo del cartón es abordar la reciclabilidad y evitar los inconvenientes de usar los cartones revestidos con cera, las películas metalizadas y las películas y hojas con un capa de aluminio, todas las cuales no son reciclables o no se pueden reciclar fácilmente; aunque en realidad la gran mayoría de los consumidores cree intuitivamente que los productos antes mencionados, como las cajas de leche empacadas asépticamente o las cajas de bebidas de larga duración, son reciclables.

En la presente una película de capas múltiples ligera y reciclable se describe, la cual, en algunas modalidades, comprende no menos de cinco capas, por ejemplo, siete capas, para reemplazar los cartones que se utilizan en las industrias de empacado, por ejemplo, para

aplicaciones de empacado aséptico, y para aplicación de empacado en contacto directo y no directo con alimentos. La película comprende polietileno de alta densidad (HDPE) en donde por lo menos una capa, excluyendo las capas sólidas de revestimiento, tiene una estructura celular. En algunas modalidades, por lo menos 10% de las celdas son celdas cerradas; en algunas modalidades, más del 50% de las celdas son celdas cerradas; y, en algunas modalidades, más del 75% de las celdas son celdas cerradas. Como se utiliza en la presente, una "celda cerrada" se refiere a una celda que tiene paredes de la celda que rodean por completo la celda sin aberturas de manera que no haya interconectividad con una celda adyacente. En algunas modalidades, la película comprende por lo menos una capa sólida que contiene EVOH, cada una de las cuales se encuentra en algún lugar entre la capa de espuma y la capa sólida, o entre dos de las capas sólidas.

En algunas modalidades, la concentración de masa del EVOH en cada unidad de área de la película de capas múltiples es menor al 5 por ciento de la masa de la unidad de área de la película. En algunas modalidades, la concentración de masa del EVOH en cada unidad de área de la película de capas múltiples es menor al 5 por ciento de la masa de la unidad de área de la película. En algunas otras modalidades, la concentración de masa del EVOH en cada unidad de área de la película de capas múltiples es menor al 2 por ciento de la masa de la unidad de área de la película.

Además, la rigidez a la flexión del producto de película de espuma de capas múltiples descrito podría mejorarse con respecto a sus contrapartes sólidas para cumplir con los requisitos de propiedad en las industrias de empacado. Esto podría hacerse ante todo por inclusión de una o más capas celulares en el núcleo de la película de capas múltiples o entre dos capas sólidas de revestimiento, un ajuste preciso y una alteración del espesor de la capa celular, así como un ajuste fino del espesor de las capas sólidas de la piel. Por lo general, al mismo espesor, una película sólida de polietileno difícilmente puede poseer los valores de rigidez a la flexión que los cartones pueden ofrecer. Esto se debe al alto grado de alineación de la fibra en cartón que puede mejorar de manera significativa la rigidez a la flexión. Además, esto se debe a la mayor rigidez inherente de las fibras individuales en el cartón en comparación con las cadenas de polímero en la película polimérica.

En general, HDPE posee una velocidad de transmisión de vapor de agua relativamente baja de aproximadamente 0.3 - 0.5 (g/645.16 cm^2/24 hr). Las modalidades de los productos de la película de espuma de capas múltiples en la presente descritos pueden exhibir propiedades de barrera a la humedad significativamente más altas en comparación con sus contrapartes sólidas con el mismo valor de masa por unidad de área (en gramos por centímetro cuadrado). También, las modalidades de los productos de la película de espuma de capas múltiples descritos en la presentes pueden exhibir una propiedad de barrera al oxígeno mejorada.

Además, uno de los problemas en el uso a escala industrial de los empaques poliméricos, que puede ser un factor crucial en el proceso de empacado eficiente y efectivo en

cuanto a costo, es la capacidad de los mismos para definirse rápida y libremente. Los problemas de eliminación de anidamiento se deben típicamente a la fricción y la carga estática. Las modalidades de las películas de espuma de capas múltiples descritas en la presente pueden exhibir un comportamiento antiestático y de baja fricción al manipular la estructura de la capa del revestimiento y mediante la inclusión de cantidades apropiadas de agentes deslizantes, agente antibloqueo y agente antiestático en la capa sólida de revestimiento.

Uno de los pasos para fabricar el producto descrito es cómo se puede controlar y mejorar la rigidez a la flexión mediante la inclusión y el control del espesor de la capa celular central, o las capas celulares entre las dos capas de revestimiento, y el ajuste fino de los revestimientos sólidos así como también cómo la suavidad de la superficie se ha mejorado significativamente al agregar una pequeña cantidad de agente de soplado supercrítico. Además, cómo la estructura única y la combinación de capas ha resultado en una alta propiedad de barrera sin la inclusión de una capa de barrera metalizada y de aluminio. Es decir, el producto de la película puede estar libre de cualquier capa de barrera de metal (por ejemplo, aluminio).

En algunas modalidades, un proceso de película de soplado se puede utilizar en donde la presión principal del extrusor puede ser alta debido a un espacio muy estrecho que beneficia la nucleación de las celdas en la capa de espuma. Al utilizar tal técnica, la fractura de fusión debe evitarse y la resina debe tener una excelente estabilidad térmica y una resistencia a la fusión lo suficientemente alta. Por lo general, los fabricantes de películas aprovechan una mezcla de polietileno de baja densidad (LDPE) y polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), mientras que la mezcla es una mezcla inmiscible en muchos casos, en donde el LDPE puede mejorar la capacidad de procesamiento y la ductilidad mientras que el LLDPE puede mejorar el módulo y la resistencia. En algunas modalidades, todas las capas de la película de capas múltiples descrita comprenden HDPE y, en algunos casos, el material polimérico en una o más de estas capas consiste esencialmente en HDPE y, en algunos casos, los materiales poliméricos en por lo menos una de las capas sólidas, excluyendo las capas sólidas de revestimiento, comprende EVOH. En una modalidad, por lo menos una capa de la película de capas múltiples puede comprender LDPE.

En algunas modalidades, la película de capas múltiples puede estar comprendida por nueve capas; en algunas modalidades, siete capas; y, en algunas modalidades, cinco capas. Por ejemplo, una película de cinco capas puede comprender una capa de núcleo de espuma (por ejemplo, que comprende HDPE) y por lo menos dos capas sólidas (por ejemplo, que comprende HDPE), cada una en lados opuestos respectivos de la capa de núcleo, y por lo menos una capa sólida (por ejemplo, que comprende EVOH), cada uno entre la capa de espuma y la capa sólida de revestimiento.

En un caso, una película de espuma de siete capas comprende una capa de núcleo

de espuma (por ejemplo, que comprende HDPE) en el medio con dos capas sólidas de revestimiento en cada lado opuesto de la capa del núcleo, y por lo menos una capa sólida (por ejemplo, que comprende EVOH), cada uno entre la capa de espuma y la capa sólida de revestimiento. En otro caso, una película de espuma de siete capas comprende una capa del núcleo sólido (por ejemplo, que comprende EVOH) en la parte media con dos capas sólidas de revestimiento en cada lado opuesto de la capa del núcleo, y por lo menos una capa de espuma (por ejemplo, que comprende HDPE), cada una entre la capa del núcleo sólido y la capa sólida de revestimiento.

En otra modalidad, una película de espuma de nueve capas comprende una capa del núcleo de espuma (por ejemplo, que comprende HDPE) en la parte media con dos capas sólidas de revestimiento en cada lado opuesto de la capa del núcleo y por lo menos una capa sólida (por ejemplo, que comprende EVOH), cada una entre la capa de espuma y la capa sólida de revestimiento. En otra modalidad, una película de espuma de nueve capas comprende una capa del núcleo sólido (por ejemplo, que comprende EVOH) en la parte media con dos capas sólidas de revestimiento en cada lado opuesto de la capa del núcleo, y por lo menos una capa de espuma (por ejemplo, que comprende HDPE), cada una entre la capa del núcleo sólido y la capa sólida de revestimiento.

En otra modalidad, la película de capas múltiples, que puede tener cinco, siete o nueve capas, comprende por lo menos una capa de espuma y dos capas sólidas de revestimiento y por lo menos una capa sólida (por ejemplo, que comprende EVOH). En otra modalidad, la película de capas múltiples, puede tener cinco, siete o nueve capas, comprende por lo menos una capa sólida, que comprende EVOH, cada una de las cuales se localiza entre la capa de espuma y la capa sólida, o entre las dos capas sólidas.

En algunas modalidades, la película de capas múltiples descrita en la presente comprende capas múltiples, por ejemplo, de 3 capas a 9 capas, que comprende por lo menos una capa de espuma y una o más capas sólidas que contienen EVOH. En algunas otras modalidades, la película de capas múltiples en la presente comprende múltiples capas, por ejemplo, de 3 capas a 9 capas, que comprende por lo menos una capa sólida que contiene EVOH.

Debe entenderse que pueden ser posibles otras configuraciones de capa.

En una modalidad, el proceso para producir las películas de capas múltiples descritas puede utilizar una cantidad muy pequeña y precisa de gas supercrítico, por ejemplo, por debajo del 0.1% en peso, como agente espumante y auxiliar de procesamiento. En algunas modalidades, otras concentraciones de gas, por ejemplo, más del 0.1 por ciento en peso, pueden ser posibles. Dicha gas supercrítico se puede inyectar en el polímero fundido a una presión alta, por ejemplo, mayor que 3400 kPa (34 bar), dentro de un mezclador eficiente y eficaz, por ejemplo, un mezclador de transferencia de cavidad, como una extensión del barril del extrusor. El agente de soplado

supercrítico utilizado en el proceso puede ser ya sea nitrógeno, dióxido de carbono o una mezcla de nitrógeno y dióxido de carbono. En algunas modalidades, el agente de soplado supercrítico se puede introducir en la sección de mezclado del extrusor a la presión de inyección mayor o igual a 3400 kPa (34 bar); en algunos casos, mayor o igual a 7000 kPa (70 bar); en algunos casos, mayor o igual a 24000 kPa (240 bar), y, en algunos casos, mayor o igual a 38000 kPa (380 bar). La temperatura del mezclador podría ser controlada con precisión dentro ±1ºC. La inclusión de una pequeña cantidad de gas puede ofrecer algunas ventajas importantes en el proceso y, por ejemplo, los procesos de extrusión de película espumante. Por ejemplo, el gas puede reducir la contrapresión que permite el procesamiento a un mayor rendimiento y puede retrasar cualquier inestabilidad de burbuja. Por lo tanto, la fractura por fusión podría reducirse significativamente. También, el gas puede mejorar la capacidad de procesamiento de HDPE, y servir como un agente de soplado físico con la presencia de un agente nucleante en la capa que tiene una estructura celular. La adición del agente de soplado físico puede reducir el desarrollo de la fractura en fundido debido a la manipulación de la viscosidad de la masa fundida que puede resultar en una alta suavidad de la superficie. Por lo tanto, la calidad de impresión en la película se puede mejorar significativamente.

En general, se puede utilizar equipo de procesamiento de polímero convencional para producir las películas descritas en la presente. En algunos casos, por ejemplo, la película se puede producir por el proceso de película soplada utilizando un troquel anular con un espacio del troquel de 0.45 a 1.3 mm y una relación de soplado que va desde 1.5:1 a 3.5:1. Las relaciones de soplado más altas pueden dar como resultado una orientación MD/TD (dirección de la máquina/dirección transversal) más equilibrada, lo que mejora la dureza general de la película. La geometría del troquel y la especificación se pueden fabricar de acuerdo con, por ejemplo, la solicitud de patente US 2012/0228793 A1, que se incorpora en la presente por referencia en su totalidad.

La mayoría de las películas sopladas de PE convencionales se procesan utilizando una mezcla de PE que comprende LDPE para mejorar la estabilidad de las burbujas. Casi todas las películas de HDPE están hechas en un proceso de película de soplado de grandes reservas; de lo contrario, la resistencia al desgarro de la película de HDPE se deteriora significativamente. Como se describió arriba, en las modalidades de los métodos se utilizan para producir las películas de capas múltiples, un gas supercrítico se puede inyectar en la fundición a una velocidad precisamente controlada, dentro de un mezclador de transferencia, antes de entrar al troquel anular. Esta unidad se puede controlar como una zona de temperatura separada con una precisión de ±1 ºC y una variación de presión de inyección de gas por debajo del 1%. El efecto de plastificación del gas puede dar como resultado un cambio de viscosidad de la resina fundida que puede mejorar la capacidad de procesamiento de la resina dentro del troquel anular a una menor temperatura en comparación con la temperatura de procesamiento que se utiliza convencionalmente. Por lo tanto, una burbuja

relativamente estable se puede hacer dentro de la bolsa. Luego, debido a toda la capacidad de calor específica alta de polietileno, el estiramiento transversal de la burbuja puede retrasarse hasta que la película se enfría, lo que puede mejorar más la estabilidad de la burbuja y la altura de la línea de escarcha. Esto también puede ser beneficioso en la manipulación de las cinéticas de cristalización de las capas de revestimiento para mejorar un poco otras propiedades fisiomecánicas. El grado más alto de cristalización en el revestimiento puede reducir el coeficiente de fricción en las capas de revestimiento.

En algunas modalidades, las películas de espuma de capas múltiples descritas en la presente pueden producirse por el proceso de película de soplado, proceso de película fundida u otros métodos adecuados.

En algunas modalidades, la composición de polímero de cada capa comprende algunas cantidades adecuadas de otros aditivos, como pigmentos, agentes deslizantes, agentes antiestáticos, estabilizadores UV, antioxidantes, agentes nucleantes, agentes clarificantes o anhídrido maleico. La capa de espuma opcionalmente puede contener 0.05 a 15 por ciento en peso de un aditivo inorgánico, un aditivo orgánico o una mezcla de un aditivo inorgánico y un aditivo orgánico como un agente nucleante. Por ejemplo, la capa de espuma puede contener hasta aproximadamente 15% en peso de talco como un agente nucleante. En algunas modalidades, por lo menos una capa puede incluir un agente clarificante en menos del 1 por ciento en peso, tal como menos del 0.5 por ciento en peso, tal como menos del 0.1 por ciento en peso, tal como menos del 0.05 por ciento en peso. En algunos casos, por lo menos una capa de la película puede contener hasta aproximadamente 35% en peso de carbonatos de calcio.

En algunas modalidades, por lo menos una capa de la película descrita en la presente comprende menos del 5 por ciento en peso de anhídrido maleico, por ejemplo, menos de aproximadamente 2 por ciento en peso.

En algunos casos, la película de espuma de capas múltiples puede estar comprendida por dos capas sólidas de revestimiento en donde una de las capas de revestimiento contiene una cantidad apropiada de pigmentos negros, por ejemplo, menos del 1 por ciento en peso y la otra capa sólida de revestimiento contiene cantidad apropiadas de pigmentos blancos, por ejemplo, menos del 1 por ciento en peso. En algunas otras modalidades, ambas capas sólidas de revestimiento comprenden una cantidad apropiada de pigmentos blancos.

En otro caso, las capas sólidas de revestimiento de la película de espuma de capas múltiples comprenden menos del 0.5 por ciento en peso de un agente anti-bloqueo y/o menos del 0.2 por ciento en peso de un agente anti-estático.

En una modalidad, la película de espuma de capas múltiples tiene por lo menos una capa sólida de revestimiento con un coeficiente estático de valor de fricción de menos del 0.4, tal

como menos de 0.38. En otra modalidad, la película tiene por lo menos una capa sólida de revestimiento con un coeficiente dinámico de valor de fricción de menos de 0.3.

La película de capas múltiples descrita, que comprende por lo menos una capa de espuma, puede tener conjuntos de propiedades fisiomecánicas significativamente mejoradas en comparación con los artículos de película de espuma conocidos como, en particular, el valor de rigidez a la flexión superior a 18, en algunos casos superior a 20, y en algunos casos, superior a 25, todo en configuración de unidad de rigidez de Taber, de acuerdo con TAPPI/ ANSI T 489 om-15, en donde la relación de la masa por unidad de área (la masa de una unidad de área de la película en gramos por metro cuadrado (g/m^2)) sobre el valor de rigidez en la configuración de la unidad de Taber es igual o menor que 13; en algunos casos, menor que 11 y, en algunos casos, menor que 10. En una modalidad, la película puede tener un valor de rigidez a la flexión de Taber menor que 280, de acuerdo con TAPPI/ANSI T 489 om-15.

Las películas descritas pueden tener una superficie con una suavidad promedio de Sheffield, de acuerdo con TAPPI T 538, de menos de 100. En algunas modalidades, la película puede tener una suavidad promedio de Sheffield de menos de 50; en algunos casos, menos de 40; en algunos casos, menos de 30; y, en algunos casos, menos de 15.

La película de espuma de capas múltiples puede tener un espesor total de más de 0.2 mm, en algunos casos, mayor que 0.25 mm, en algunos casos, mayor que 0.33 mm y en algunos casos mayor que 0.38 mm.

En algunas modalidades, la película ligera de esta invención tiene una densidad aparente menor que 1 g/cm^3; en algunos casos, menor que 0.962 g/cm^3; en algunos casos, menor que 0.94 g/cm^3; en algunos casos, menor que 0.9 g/cm^3; en algunos casos, menor que 0.85 g/cm^3; y en algunos casos, menor que 0.8 g/cm^3.

En algunas modalidades, la capa de espuma de la película descrita tiene una mucho mejor morfología celular en comparación con las películas conocidas. Por ejemplo, las capas de espuma de las películas descritas pueden tener celdas uniformemente distribuidas, por ejemplo, con una morfología de celda cerrada, un tamaño de celda promedio de aproximadamente 10 – 250 μm, una densidad de celda promedio con respecto al volumen de polímero sin espuma de aproximadamente 10^2 – 10^9 celdas/cm^3, y una relación de expansión de la capa de espuma de 1 a 9. En algunos casos, la capa de espuma comprende por lo menos 10% de celdas cerradas y en algunos casos, más del 50% de celdas cerradas. En una modalidad, la capa de espuma tiene una morfología de celdas sustancialmente completamente cerradas (por ejemplo, más del 95% de celdas cerradas).

En algunas modalidades, la película de espuma de capas múltiples comprende por lo menos una capa que contiene la mezcla de PE/EVOH. En algunas modalidades, la película de espuma de capas múltiples descrita en la presente comprende por lo menos una capa, excluyendo

las capas sólidas de revestimiento, que contienen de aproximadamente 30 a 50 por ciento en peso de EVOH, y menos del 5 por ciento en peso de anhídrido maleico, por ejemplo, 2 por ciento en peso. En algunas modalidades, la concentración de masa total del EVOH en una unidad de área de la película no excede el 5 por ciento de la masa de la unidad de área de la película.

Las películas descritas en la presente pueden tener una velocidad de transmisión de vapor de agua de menos de 0.05 g/645.16 cm^2/24hr, de acuerdo con ASTM E398-13. En un caso, la velocidad de transmisión de vapor de agua de la película es menor que 0.1 g/645.16 cm^2/24hr.

En algunas modalidades, la película descrita puede tener una velocidad de transmisión de oxígeno de menos de 0.65 cc/645.16 cm^2/24hr, o 10 cc/m^2/24hr, de acuerdo con ASTM D3985. En un caso, la película descrita puede tener una velocidad de transmisión de oxígeno de menos de 0.32 cc/645.16 cm^2/24hr, o 5 cc/m^2/24hr, de acuerdo con ASTM D3985.

En algunas modalidades, la película descrita comprende por lo menos una capa que contiene una resina con un valor de velocidad de transmisión de oxígeno de menos de 0.65 cc/645.16 cm^2/24hr, de acuerdo con ASTM D3985. En otra modalidad, la película descrita comprende por lo menos una capa, excluyendo las capas sólidas de revestimiento, que contienen alcohol etilen vinílico (EVOH).

En una modalidad ejemplar, la película de espuma de capas múltiples, por ejemplo, la película de espuma de cinco capas, tiene por lo menos una capa sólida de revestimiento con un coeficiente estático de valor de fricción de menos de 0.4, y/o menos de 0.38. En otra modalidad, la película, por ejemplo, una película de espuma de cinco capas, tiene por lo menos una capa sólida de revestimiento con un coeficiente dinámico de valor de fricción de menos de 0.3.

En algunas modalidades, se pueden utilizar varios termoplásticos en por lo menos una capa de la película de espuma de capas múltiples y en el proceso de película de soplado tal como polietileno (PE), polipropileno (PP), terftalato de polietileno (PET), Polietileno de metaloceno (mPE), acetato de etilen vinilo (EVA), alcohol etilen vinílico (EVOH), cloruro de polivinilo (PVC), cloruro de polivinilideno (PVDC), poliamida (PA), copolímero LLDPE que incluyen un comonómero de α-olefina tal como buteno, hexeno u octeno; cualquiera de las resinas conocidas como familia TPE tales como, pero sin limitarse a, copolímero de propileno-etileno, olefina termoplástica (TPO) y poliuretano termoplástico (TPU).

En otra modalidad, por lo menos una capa (por ejemplo, excluyendo las capas de revestimiento exterior), de la película puede comprender LDPE, PP, PA, EVOH, EVA, o PVOH.Los siguientes ejemplos demuestran el proceso de la presente descripción. Los ejemplos son solo demostrativos y están destinados a no poner límite a la descripción con respecto a los materiales, las condiciones o los parámetros de procesamiento establecidos en la presente.

EJEMPLOS

Todos los productos resultantes de los ejemplos a continuación se probaron y caracterizaron en términos de rigidez a la flexión, suavidad de la superficie, velocidad de transmisión de oxígeno, velocidad de transmisión de vapor de agua y densidad. Para caracterizar la rigidez a la flexión de la película, se utilizó un probador de rigidez TABER, modelo 150-E de Taber Industries. La suavidad de los productos se evaluó utilizando un Densómetro automático y Probador de suavidad Gurley™ 4340. La velocidad de transmisión de oxígeno (OTR) de los productos se midió utilizando el probador OX-TRAN 1/50 de AMETEK MOCON, de acuerdo con ASTM D3985. La velocidad de transmisión de vapor de agua (WVTR) de las muestras se midió utilizando un probador PERMATRAN-W Modelo 1/50 G+ de AMETEK MOCON, de acuerdo con ASTM E398-13.

EJEMPLO 1

Se produjeron muestras de película de HDPE de capas múltiples (siete capas) utilizando una línea de película soplada de 7 capas de Reifenhäuser Extrusion System equipada con un sistema de enfriamiento de burbujas interno, control de calibre, control de rendimiento de masa y control de espesor de capa, que consta de siete extrusores, que incluyen dos extrusores de 55 mm indicados como "A" y "G", para los revestimientos, dos extrusores de 65 mm indicados como "B" y "F", y tres extrusores de 35 mm indicados como "C", "D" y "E. Ambos extrusores de 65 mm estaban equipados con una unidad de inyección de gas supercrítico, capaz de inyectar nitrógeno, dióxido de carbono o una mezcla de ambos, así como dos mezcladores de transferencia MuCell (MTM) de 65 mm, todos de MuCell Extrusion LLC. Todas las películas fueron producidas por el proceso de película soplada utilizando un troquel anular con un espacio del troquel que oscila de 0.7 a 1.2 mm y una relación de soplado que oscila de 2.8:1 a 3.5:1. El borde del troquel anular estaba revestido con nitruro de boro.

El Cuadro 1 contiene los datos de procesamiento, así como los resultados de caracterización de los productos, que estaban hechos, como ejemplos no limitativos para dilucidar esta invención. Las muestras se produjeron con polietileno de alta densidad ELITE 5960 de Dow Chemical Company, con un índice de fusión de 0.85 dg/min y una densidad de 0.962 g/cm^3. En todas las muestras, cuando fue necesario, los aditivos, por ejemplo, pigmentos de color, se agregaron en forma de concentrados de color con portador de LDPE. Obviamente, los aditivos se pueden formar en compuestos en un portador de HDPE. En algunas muestras, una fracción menor de LDPE 132I de Dow Chemical Company con el índice de fusión de 0.25 dg/min y la densidad de

0.921 g/cm^3 se utilizaron. El carbonato de calcio y el talco se prepararon e introdujeron como un concentrado de color altamente llenado de, respectivamente, 80% en peso de carbonato de calcio lleno y 70% en peso de talco lleno dentro del HDPE como la resina portadora base. Todas las capas de unión comprenden resina adhesiva ADMER, que es poliolefina injertada con anhídrido. En este ejemplo, la capa media comprende alcohol etilen vinílico (EVOH) con contenido de etileno de 32%.

Todas las muestras se coextruyeron con un rendimiento total de 300 a 340 kg/h, como se indica en el cuadro 1. La temperatura de la sección de mezclado, en donde se inyectó el gas supercrítico, se mantuvo a 184 ^{o}C para todas las muestras. El nitrógeno supercrítico se utilizó como un agente de soplado físico y se inyectó en el mezclador de transferencia MuCell (MTM) a la concentración de 0.01% en peso a 0.07% en peso, con mucha precisión, en el polímero fundido. Las temperaturas de las zonas del extrusor se establecieron de acuerdo con el procesamiento convencional sugerido en la hoja de datos de los materiales.

Las muestras 2 y 3 son las versiones de espuma de la muestra sólida 1 con el mismo peso básico de 342 g/m^2, que tienen 40% y 45% menos densidad en comparación la muestra sólida 1, respectivamente.

Como se enumera en el cuadro 1, la muestra 3 muestra un valor de rigidez a la flexión un 190% más alto en comparación con su contraparte sólida. Las muestras 5 y 6 son las versiones de espuma de la muestra 4 con el mismo peso básico de aproximadamente 390 g/m^2, que tienen un 37% y un 39% menos de densidad en comparación con la muestra sólida 4. Las muestras 5 y 6 muestran valores de rigidez a la flexión 140% y 160% más altos en comparación con su contraparte sólida, respectivamente. La muestra 6 posee el valor de suavidad de la superficie de aproximadamente 17.5, en Sheffield, que es comparable con la muestra 4. Tanto la muestra 5 como la 6 muestran una velocidad de transmisión de oxígeno por debajo de 1.5 cc/m^2/día.

Las muestras 8, 9, 10, y 11 son la versión de espuma de la muestra 7 con un peso básico similar de aproximadamente 240 g/m^2, que tiene aproximadamente un 20% al 30% menos densidad. Las muestras 9 y 10 poseen un 140% y un 190% más de rigidez a la flexión en comparación con su contraparte sólida. Aunque las muestras 8 y 9 tienen una capa intermedia mucho más delgada (casi la mitad) en comparación con la muestra 10, muestran una velocidad de transmisión de oxígeno en la misma escala, todo menos que 3 cc/m^2/día. También, las muestras 8 y 9 tienen un valor de suavidad de superficie por debajo de 10, en Sheffield, y es comparable con su contraparte sólida.

Además, casi todas las muestras 1 a 11 poseen una velocidad de transmisión de vapor de agua de menos de 1 g/m^2/día.

CUADRO 1

Muestra				1							2							3			
Código				Sólido 330							#1-0.055N2-330							#2-0.065N2-330			
ID				C2-22-01							C2-22-02							C2-22-03			
Densidad (g/cm^3)				1.284							0.796							0.712			
Espesor (µm)				300							430							480			
Peso básico (g/m^2)				342.3							342.3							342.3			
Rendimiento total				300							300							300			
Capas	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
HDPE (% en peso)	70	50				50	70	70	50				50	70	70	50				50	70
80% PE relleno de CaCO3 (% en peso)		20				20			20				20			20				20	
mPE (% en peso)			70		70					70		70					70		70		
Adhesivo (% en peso)			30		30					30		30					30		30		
EVOH (% en peso)				100							100							100			
70% HDPE relleno de talco (% en peso)	25						25	25						25	25						25
64% PE relleno de talco (% en peso)		20				20			20				20			20				20	
LDPE (% en peso)	5	10				10	5	5	10				10	5	5	10				10	5
SC-N2 (%)									0.055				0.055			0.065				0.065	
Espesor de la capa (µm)	55	82	8	10	8	82	55	55	147	8	10	8	147	55	55	172	8	10	8	172	55
Rendimiento (kg/hr)	53.2	85.2	6.4	10.4	6.4	85.2	53.2	53.2	85.2	6.4	10.4	6.4	85.2	53.2	53.2	85.2	6.4	10.4	6.4	85.2	53.2
Rigidez a la flexión (Taber)				38.4														76.2			
Suavidad (Sheffield)				14.2														117.2			
OTR (cc/m2/día)				1.33														4.17 a 34.2			
WVTR (g/m2/día)				<1														0.93			

CUADRO 1 (continuación)

Muestra				4							5						6			
Código				Sólido 390							#4-0.065N@-390						#6			
ID				C2-22-04							C2-22-05						C2-22-06			
Densidad (g/cm³)				1.19							0.742						0.718			
Espesor (µm)				330							535						540			
Peso básico (g/m²)				392.6							369.7						387.9			
Rendimiento total				300							340						340			
Capas	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
HDPE (% en peso)								65	50				50	70	65						65
80% PE relleno de CaCO3 (% en peso)	65	50				50	70		30				30			20				20	
mPE (% en peso)		30				30				70		70					70		70		
Adhesivo (% en peso)			70		70					30		30					30		30		
EVOH (% en peso)			30		30						100							100			
70% HDPE relleno de talco (% en peso)				100				25						25	30						25
64% PE relleno de talco (% en peso)	25						25		20				20			20				20	
LDPE (% en peso)		20				20		10						5	5	60				60	5
SC-N2 (%)	10						5		0.065				0.065			0.065				0.65	
Espesor de la capa (µm)	55	90	15	10	15	90	55	55	193	15	10	15	193	55	55	97.5	15	10	15	97.5	55
Rendimiento (kg/hr)	47.8	87.8	10.5	9.1	10.5	87.8	46.4	53.6	100	11.8	10.2	11.8	100	52	54.4	98.3	12.1	10.4	12.1	98.3	54.4
Rigidez a la flexión (Taber)				50.5							70.5							80.5			
Suavidad (Sheffield)				16.6							26.7							17.5			
OTR (cc/m2/día)WVTR				1.18							1.45							<1.5			
WVTR (g/m2/día)				<1							<1							<1			

CUADRO 1 (continuación)

Muestra				7							8			
Código				Sólido 243							Espuma #1A-F			
ID				C2-18-01							C2-18-02			
Densidad (g/cm^3)				1.174							0.959			
Espesor (µm)				207							250			
Peso básico (g/m^2)				243.1							239.8			
Rendimiento total				340							343.5			
Capas	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
HDPE (% en peso)	65	30				30	65	65	20				20	65
80% PE relleno de CaCO3 (% en peso)		30				30			30				30	
mPE (% en peso)			70		70					70		70		
Adhesivo (% en peso)			30		30					30		30		
EVOH (% en peso)				100							100			
70% HDPE relleno de talco (% en peso)	30						30	30						30
64% PE relleno de talco (% en peso)		20				20			20				20	
LDPE (% en peso)	5	20				20	5	5	30				30	5
SC-N2 (%)													0.065	
Espesor de la capa (µm)	45	46.5	8	8	8	46.5	45	44.7	46.2	9.9	4	9.8	90.6	44.8
Rendimiento (kg/hr)	71.1	82	10.3	13.3	10.3	82	71.1	72.3	82.9	13	6.8	12.9	83.1	72.4
Rigidez a la flexión (Taber)				15.7							15.8			
Suavidad (Sheffield)				7							7.3			
OTR (cc/m2/día)WVTR				1.63							2.47			
WVTR (g/m2/día)				<1							0.694			

16

CUADRO 1 (continuación)

Muestra				9							10							11			
Código				Espuma #1B,F&B							#2							#3			
ID				C2-18-03							C2-18-04							C2-18-05			
Densidad (g/cm³)				0.856							0.842							0.81			
Espesor (µm)				280							300							300			
Peso básico (g/m²)				239.6							252.7							243.1			
Rendimiento total				342.8							340							340			
Capas	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
HDPE (% en peso)	65	20				20	65	65	50				50	65	65	50				50	65
80% PE relleno de CaCO3 (% en peso)		30				30			30				30			30				30	
mPE (% en peso)			70		70					70		70					70		70		
Adhesivo (% en peso)			30		30					30		30					30		30		
EVOH (% en peso)				100							100							100			
70% HDPE relleno de talco (% en peso)	30						30	30						30	30						30
64% PE relleno de talco (% en peso)		20				20			20				20			20				20	
LDPE (% en peso)	5	30				30	5	5						5	5						5
SC-N2 (%)		0.065				0.065			0.065				0.065			0.065				0.065	
Espesor de la capa (µm)	44.4	83.5	9.9	4.1	9.8	83.5	44.8	45	89.7	10.5	10	10.2	89.7	45	45	93	8	8	8	93	45
Rendimiento (kg/hr)	71.7	82.8	13	7	12.9	83	72.4	68.4	80.8	13	16	12.6	80.8	68.4	71.1	82	10.3	13.3	10.3	82	71.1
Rigidez a la flexión (Taber)				21.8							30.1										
Suavidad (Sheffield)				5.6							31.7										
OTR (cc/m2/día)WVTR				2.76							3.09										
WVTR (g/m2/día)				0.739							1.07										

EJEMPLO 2

Se produjeron muestras de película de HDPE de capas múltiples (tres capas) utilizando una línea de película soplada de Windmoeller & Hoelscher Corporation que comprende un extrusor principal de 105 mm y dos coextrusores idénticos de 75 mm. El extrusor de núcleo estaba equipado con una unidad de inyección de gas supercrítico, capaz de inyectar nitrógeno o dióxido de carbono, y un mezclador de transferencia MuCell de 120 mm, ambos de MuCell Extrusion LLC. Todas las películas fueron producidas por el proceso de película soplada utilizando un troquel anular con un espacio del troquel que oscila de 0.45 a 1.3 mm y una relación de soplado que oscila de 2.8:1 a 3.5:1. El borde del troquel anular estaba revestido con nitruro de boro.

El Cuadro 2 contiene los resultados de caracterización de los productos (muestras 12 a 15) como ejemplos no limitantes para dilucidar sobre algunas modalidades de esta invención. Las muestras se produjeron con polietileno de alta densidad ELITE 5960 de Dow Chemical Company, con un índice de fusión de 0.85 dg/min y una densidad de 0.962 g/cm^3. El carbonato de calcio y el talco se prepararon e introdujeron como un concentrado de color altamente llenado de, respectivamente, 80% en peso de carbonato de calcio lleno y 70% en peso de talco lleno dentro del HDPE como la resina portadora base. La capa del núcleo de espuma de todas las muestras contiene talco como el agente nucleante celular.

Todas las muestras se coextruyeron con el rendimiento total de aproximadamente 260 a 290 kg/h, como se indica en el cuadro 2. La temperatura de la sección de mezclado, en donde se inyectó el gas supercrítico, se mantuvo a 190 ^{o}C para todas las muestras 12 a 15. El nitrógeno supercrítico se utilizó como un agente de soplado físico y se inyectó en el mezclador de transferencia MuCell (MTM) a la concentración de 0.011% en peso a 0.02% en peso, con mucha precisión, en el polímero fundido.

La muestra 15 es la contraparte sólida de las muestras 12, 13, y 14 que tienen aproximadamente 18% a 25% menos densidad en comparación con la muestra 15. La muestra 15 mostró una velocidad de transmisión de oxígeno de menos de 1.4 cc/m^2/día. Todas las muestras exhiben una velocidad de transmisión de vapor de agua de menos de 1, así como un valor de suavidad de superficie de menos de 10, en Sheffield.

CUADRO 2

Muestra		12			13			14			15	
ID		C2-14-1			C2-14-2			C2-14-4			C2-14-5	
Densidad (g/cm^3)		0.9			0.88			0.826			1.104	
Espesor (µm)		121			125			155			104.5	
Peso básico (g/m^2)		110			110			128			110	
Rendimiento total		287.2			261			261			261	
Capas	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
HDPE (% en peso)	68	80	98	68	80	98	68	35	98	68	35	98
64% PE relleno de talco (% en peso)		18			18			18			18	
70% HDPE relleno de talco (% en peso)	30			30			30			30		
Anhídrido maleico (% en peso)		2			2			2			2	
EVOH (% en peso)								45			45	
LDPE (% en peso)	2		2	2		2	2		2	2		2
SC-N2 (%)		0.01			0.01			0.01			<<0.011	
Espesor de la capa (um)	31.5	49.1	40.4	24.7	37.2	44.5	29	73.7	52.3	24.9	34.7	44.9
Rendimiento (kg/hr)	91.5	92.2	104	65.3	92.2	104	65.3	92.2	104	65.3	92.2	104
Suavidad (Sheffield)		<10			<10			<10			<10	
OTR (cc/m2/día)		239			276			6.64			1.38	
WVTR (g/m2/día)		0.571			0.581			0.847			0.86	

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

Se describe una película de espuma de capas múltiples que comprende polietileno de alta densidad para contacto directo y no directo con alimentos y aplicación de empacado aséptico; en una modalidad, la película tiene una densidad aparente de menos de 0.962 g/cm^3 en donde más del 50% de las celdas en la capa de espuma son celdas cerradas; en una modalidad, las películas de espuma son espesas (generalmente más de 203 µm de espesor) y tienen un valor de rigidez a la flexión de más de 18, en la configuración de la unidad de rigidez de Taber de acuerdo con TAPPI/ANSI T 489 om-15, y la relación de la masa por unidad de área (la masa de una unidad de área de la película en gramo por metro cuadrado (g/m^2)) sobre el valor de rigidez en la configuración de la unidad de Taber es igual o menor que 13; en una modalidad, la película tiene una superficie muy lisa con un valor de suavidad de menos de 25 en la configuración de la unidad de suavidad de Sheffiled de acuerdo con TAPPI T 538; la película de espuma descrita puede tener un valor de velocidad de transmisión de vapor de agua inferior a 1 g/m^2/24hr, de acuerdo con ASTM E398-13; la película de espuma descrita puede tener un valor de velocidad de transmisión de oxígeno inferior a 10 cc/m^2/24hr, de acuerdo con ASTM D3985.