

**USO DE MATERIALES Y EMPAQUES EN ALTAS PRESIONES APLICADAS
A LOS ALIMENTOS**



YELENIS KARINA URANGO HOYOS

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

BERÁSTEGUI

2015

**USO DE MATERIALES Y EMPAQUES EN ALTAS PRESIONES APLICADAS
A LOS ALIMENTOS.**

Proyecto de grado para obtener el título de Ingeniero de Alimentos

YELENIS KARINA URANGO HOYOS

DIRECTOR

M. Sc. ABRIEL IGNACIO VÉLEZ HERNÁNDEZ

Magister Tecnología De Alimentos

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

BERÁSTEGUI

2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me ha dado vida para disfrutar de sus bendiciones, de mis padres que han sido mi mayor apoyo y han depositado su confianza en mí, de mi hermano que es el mayor ejemplo de constancia y fortaleza, de toda mi familia que se alegra de mis logros. De mis amigos que han alegrado mis días y por hacer cada carga más liviana (Ellos son mi segunda familia). A Galo y Brigitt por sus oraciones.

Al profesor Gabriel por la oportunidad brindada, por la enseñanza y la confianza en este proyecto. Gracias al cuerpo de profesores por el aprendizaje brindado, aunque ha sido un camino largo tengo la certeza que va a dar muchos frutos.

A Todos Mil Gracias

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	3
1.1. Objetivo general.....	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
2. USO DE MATERIALES Y EMPAQUES EN ALTAS PRESIONES APLICADAS A LOS ALIMENTOS.	4
2.1. MATERIALES Y EMPAQUES.....	4
2.1.1. Generalidades.....	4
2.2. ALTAS PRESIONES.....	6
2.2.1. Generalidades.....	6
2.2.2. El proceso de presurización a altas presiones hidrostáticas.....	7
2.2.3. Técnica de envasado de alimentos tratados a APH.....	9
2.2.4. Efecto de las altas presiones en los alimentos.....	11
2.3. EMPAQUES UTILIZADOS EN LA APLICACIÓN DE ALTAS PRESIONES.	12
2.3.1. Materiales de embalaje de los alimentos.....	12
2.3.2. Condiciones de los materiales utilizados en altas presiones.....	14

2.3.2.1.1. Flexibilidad -----	16
2.3.2.1.2. Diseño del paquete -----	16
2.3.2.1.3. Integridad física. -----	16
2.3.2.1.4. Propiedades de barrera. -----	17
2.3.2.1.5. Migración. -----	19
2.3.2.1.6. Espacio de cabeza mínimo. -----	19
2.3.2.2. Tipos de materiales y empaques utilizados en altas presiones. -----	20
2.3.2.3. Envases activo. -----	211
2.3.3. Integridad general de los envases después de APH. -----	24
CONCLUSIONES -----	33
BIBLIOGRAFÍA -----	35

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Requisitos generales para bolsas aceptables para APH y bolsas esterilizables -----15

**TABLA 2. Permeabilidad de los polímeros comúnmente usados para el envasado ---
-----19**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tratamiento de alta presión de productos envasados-----8

RESUMEN

Con las altas presiones se obtienen productos más estables y adecuados a los requerimientos de los consumidores. Su aplicación en conjunto con otras tecnologías así como la selección del envase apropiado permite potenciar aún más sus beneficios, y obtener productos con una vida útil más larga. En los sistemas discontinuos, el envase es una parte importante para el procesamiento de los alimentos a altas presiones que requiere el uso de materiales de empaques que cumplan con ciertas características, debido a las condiciones severas a los que son sometidos con el producto. Por tanto se describen los materiales y empaques utilizados para el procesamiento a altas presiones y sus criterios de selección.

Palabras claves: altas presiones, materiales y empaques, conservación.

ABSTRACT

With high pressure more stable and suitable to the requirements of consumer products are obtained. Its application in conjunction with other technologies and the selection of suitable container allows further boost their profits, and get products with a longer shelf life. In batch systems, the packaging is an important part of the food processing at high pressures requires the use of packaging materials that meet certain characteristics, due to the severe conditions to which they are subjected to the product. For both materials and packaging used for processing at high pressures and selection criteria are described.

Keywords: high pressures, materials and packaging, conservation.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día los consumidores buscan productos alimenticios saludables (es decir, que sean nutritivos) y con características organolépticas similares a los productos frescos, lo anterior desarrolla la necesidad de generar técnicas de procesamiento y conservación que permitan satisfacer las exigencias de los consumidores y obtener productos seguros desde el punto de vista higiénico y una vida útil más larga, ya sean listos para consumir o fáciles de preparar.

La alta presión hidrostática es una tecnología emergente, quizás la más desarrollada e implementada a nivel industrial en comparación con otras tecnologías de este tipo. Ha demostrado su capacidad de conservar las características sensoriales y nutricionales de los alimentos, así como para la inhibición o destrucción de los microorganismos y enzimas que causan deterioro en los alimentos (Torres et al. 2014).

El envase, en un componente primordial en el desarrollo e implementación de las altas presiones como una tecnología emergente de conservación; "el material alimenticio se envasa al vacío en un material de embalaje flexible y se procesa en una cámara de alta presión". De acuerdo con las características del material del envase, no todos los materiales de embalaje de alimentos pueden ser utilizados (Ayvaz et al. 2012)

Combinaciones individuales y de las películas de PET, PE, PP, y EVOH, son algunos de los utilizados comúnmente (Juliano et al. 2010). También se utilizan películas coextruidas con capas de barrera poliméricos, películas laminadas adhesivas en una base de polímero o capas inorgánicas, tales como papel de aluminio o revestimiento depositado vacío (Ayvaz et al. 2012).

Por consiguiente, a lo largo de esta revisión bibliográfica se estudiara la selección de materiales y empaques que cumplan con las exigencias para ser empleados en tratamientos por alta presión, de manera que garantice un excelente método de conservación de los alimentos conservando todas las características sensoriales de los mismos.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Describir las características de los materiales y empaques que se utilizan en la aplicación de altas presiones en alimentos.

1.2. Objetivos específicos

- Evidenciar las funciones de los empaques en el proceso de conservación no térmica de las altas presiones hidrostáticas (APH).
- Identificar las características de los materiales y empaques utilizados en la aplicación de altas presiones.
- Analizar la integridad general de los envases después de las altas presiones hidrostáticas (APH).

2. USO DE MATERIALES Y EMPAQUES EN ALTAS PRESIONES APLICADAS A LOS ALIMENTOS.

2.1. MATERIALES Y EMPAQUES.

2.1.1. Generalidades.

El termino empaque se puede definir como todo recipiente destinado a proteger los productos alimenticios de las influencias y los daños externos, contener el alimento y brindar a los consumidores información (Coles et al. 2003; Marsh and Bugusu 2007).

El objetivo de envasado de alimentos es contener los alimentos de una manera costo-efectiva que satisfaga los requisitos de la industria y los deseos de los consumidores, manteniendo la seguridad alimentaria, y minimizando el impacto ambiental (Marsh and Bugusu 2007).

De acuerdo con esta definición, se puede establecer que la finalidad del empaque es proteger el alimento de cualquier deterioro, ya sea por acción química, física o microbiológica, desde el envasado hasta el consumo final, manteniendo las características de los productos, después de su procesamiento.

Los envases son una parte integral de la cadena de procesamiento de alimentos, ayuda al transporte, almacenamiento y comercialización. Esencialmente, un envase protege el

producto ante todo tipo de efectos externos y es una forma de hacer los alimentos más llamativos al ojo del consumidor, con la finalidad de promover su uso e incrementar las ventas, proporcionando información a los consumidores acerca del tipo de alimento que se está consumiendo (Neuza 2013).

Por otra parte, el proceso de envasado equivale a la conservación de alimentos, debido a la combinación de sellado hermético, la aplicación de calor para destruir microorganismos que deterioran al alimento o patógenos que causaran enfermedades al consumidor, así como para inactivar enzimas, se prolonga la vida útil de producto (Aguilar 2012).

Robertson (2014), explica que “las sociedades industriales han provocado enormes cambios en los estilos de vida y ha creado una demanda de productos listos para el consumo”; la industria del envasado ha tenido que responder a esos cambios, diseñando empaques con características de conveniencia que faciliten el uso de estos.

Hay que mencionar además, el interés de los consumidores por la seguridad alimentaria, y la búsqueda de envases que permitan ofertar productos más naturales, lo más semejantes posibles desde el punto de vista organoléptico y nutritivo a los productos frescos, sin que hayan sufrido un proceso severo y que a la vez, sean seguros desde el punto de vista higiénico y que posean una vida útil más larga, lo cual ha llevado a la diversificación de los métodos de envasado, los materiales y los tipos de tratamientos de conservación (López et al. 2004).

“El envase es una parte importante en el desarrollo y aplicación industrial de altas presiones como una tecnología de preservación” (Torres et al. 2014). Los productos alimenticios se envasan antes de la aplicación de alta presión, y estos son a la vez

expuestos a las condiciones de procesamiento, por lo que todo el envase, constituye una "unidad de seguridad" hasta que el consumidor lo abre (Koutchma 2014).

El envasado es un factor vital para que cualquier método de conservación tenga éxito.

2.2. ALTAS PRESIONES.

2.2.1. Generalidades.

Se define por altas presiones (AP) la tecnología con la que se tratan los materiales a presiones entre los 100 y los 1000 Mpa. Debido a que el medio utilizado para transmitir la presión es agua, el tratamiento de altas presiones también suele llamarse alta presión hidrostática (APH) (Reventos 2010).

Las altas presiones hidrostáticas (APH), también denominadas Pascalización, presurización o simplemente alta presión, es una tecnología de gran utilidad en la industria de los alimentos. Puesto que, al realizar el tratamiento a temperatura ambiente se conservan los parámetros de calidad del producto original, siendo dicha característica lo más llamativo de esta técnica (Reventos 2010).

Se debe resaltar que la presión aplicada se transmite de manera uniforme y casi instantánea a todos los puntos del alimento, sin importar su tamaño, forma y composición, evitando así la deformación del producto. El comportamiento de los sistemas bioquímicos bajo presión está regido por el principio de Le Chatelier, que postula que la alta presión favorece las reacciones que implican una disminución de volumen y retardan aquellas en las que el volumen aumenta (Reventos 2010).

Actualmente, esta tecnología emergente está incursionando en muchas organizaciones como una alternativa o sustituto a los procedimientos de tratamiento por calor comúnmente usados. Las aplicaciones incluyen la conservación de productos cárnicos, ostras, mermeladas de frutas, zumos de frutas, aderezos para ensaladas, calamares frescos, pastel de arroz, hígado de pato, mermelada, guacamole, y muchos alimentos listos para el consumo (Hiperbaric 2015).

El porcentaje total de equipos de APH utilizados se describe de la siguiente manera, los productos vegetales representan el 28%, los productos cárnicos 26%, productos de mar y peces 15%, zumos y bebidas 14%, y otros productos el 17%. (Hiperbaric 2015).

Como resultado de los anteriores análisis, los autores coinciden en que la principal ventaja del tratamiento por alta presión es su utilidad como sustituto parcial o total del tratamiento térmico cuando el objetivo es la destrucción de los microorganismos. También, en que es una técnica que trata de mantener las características fisicoquímicas de cada producto, conservando así la calidad. Es una tecnología que va adquiriendo mayor importancia en la industria alimentaria por su funcionalidad.

2.2.2. El proceso de presurización a altas presiones hidrostáticas.

El procedimiento por alta presión se realiza en dos tipos de equipos, en función del producto a tratar; para productos sólidos o líquidos ya envasados se utiliza normalmente el sistema discontinuo, y el sistema semicontinuo para líquidos no envasados (Daoudi 2004).

Referenciando el sistema discontinuo, en el cual el envase es sometido junto con el producto al tratamiento de alta presión, “el equipo consiste en un cilindro que contiene en

su interior agua potable dentro del cilindro el producto ya envasado (figura 1), un par de bombas se encargan de inyectar agua dentro del cilindro hasta alcanzar la presión adecuada, manteniendo la presión durante unos minutos (de 5 a 30), para pasar finalmente a la descompresión (Este cilindro puede tener un sistema para regular la temperatura durante el tratamiento)” (Reventós 2010).

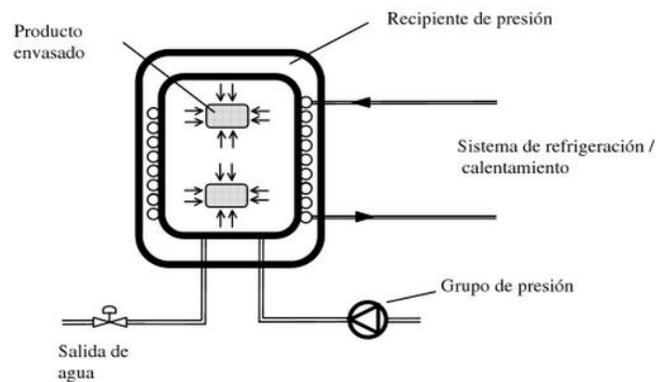


Figura 1. Tratamiento de alta presión de productos envasados (Reventós 2010).

El proceso descrito anteriormente se aplica para pasteurización o esterilización ya que tecnología de alta presión proporciona un equivalente térmico de estos tratamientos.

En la pasteurización a AP el alimento se somete a presiones de 400 a 600 MPa a temperatura ambiente o temperatura de refrigeración durante 1 a 15 min, permitiendo, la inactivación de microorganismos vegetativos, y de esta forma proporciona seguridad y la prolongación de la vida útil a los alimentos refrigerados (Fraldi et al. 2014).

Por otro lado la combinación de alta presión con temperaturas elevadas se conoce como tratamiento de esterilización a AP. En este proceso se utilizan presiones por encima de 600 MPa y temperaturas que pueden alcanzar de 90 °C a 130 °C (Stoica et al. 2013).

2.2.3. Técnica de envasado de alimentos tratados a APH.

Según Reventós (2010), los envases utilizados para APH no pueden contener aire en su interior, porque este puede extender drásticamente el tiempo para completar la presurización, así como el riesgo de ruptura del envase durante el tratamiento, por tanto se requiere que el llenado de los envases sea óptimo, es decir que el producto debe ocupar todo el envase.

Para conseguir un coeficiente de llenado óptimo, el diseño del envase es muy importante, para tratar el máximo de número de unidades posibles en cada ciclo de compresión, al igual que la forma y el tamaño; una forma hexagonal y un tamaño adaptado a las dimensiones de la cámara puede dar como resultado un coeficiente de llenado del 75% (Reventós 2010).

Una de las técnicas de envasado es en atmósfera modificada (EAM), que consiste en extraer el aire del envase e introducir, a continuación, una atmósfera creada artificialmente cuya composición no puede controlarse a lo largo del tiempo. El aire se sustituye con otros gases tales como nitrógeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono, o mezclas de estos (García et al. 2006).

Hiperbaric (2015), sostiene que la sinergia entre el EAM y APH no es completamente clara, y depende estrictamente del tipo de producto. No obstante, en el mercado, hay productos disponibles EAM procesados por APH, principalmente productos cárnicos, por decisiones de presentación y marketing.

El envasado al vacío, ha demostrado ser especialmente adecuado para productos donde el oxígeno puede provocar alteraciones químicas o bioquímicas. Por ejemplo, las frutas

recién cortadas pueden beneficiarse de esta tecnología, teniendo en cuenta que el oxígeno es uno de los sustratos de las reacciones de pardeamiento. Sin embargo, las frutas empacadas bajo vacío debe ser rigurosamente controladas, y se debe tener en cuenta que los bajos niveles de oxígeno alcanzados podrían inducir un metabolismo fermentativo (Denoya et al. 2014).

El desarrollo de la fermentación se puede evitar mediante la aplicación de APH. Por ejemplo, Woolf et al. (2013) observó una reducción significativa en la tasa de respiración de rebanadas de aguacate a presión.

Denoya et al. (2014) evaluó los efectos de la APH en la textura y el color de los melocotones recién cortados, en combinación con otras estrategias (ácidos orgánicos, envasado al vacío y almacenamiento refrigerado), para preservar el producto con una vida útil más larga.

En lo referente al envasado al vacío, este contribuyó a la preservación del color mediante la inhibición de la oxidación enzimática en el envase. Al abrir el empaque y re-exponer los melocotones cortados a la concentración normal de oxígeno, se impidió el pardeamiento debido a la inhibición parcial de la polifenoloxidasas provocada por el efecto del ácido orgánico y el tratamiento de APH. De igual forma se demostró la eficiencia de las APH para controlar el metabolismo fermentativo que habría sido inducida de otra manera por vacío, este efecto se comprobó por el bajo contenido de etanol encontrado en las muestras presurizadas durante todo el tiempo de almacenamiento (Denoya et al. 2014).

De acuerdo a lo anterior, se destaca que la principal técnica utilizada para el envasado de los productos presurizados es el vacío, ya que al eliminar el aire interior del envase se

facilita la compresión durante el tratamiento, además que al eliminar el oxígeno se evita la fermentación y favorece a la preservación del color del alimento.

2.2.4. Efecto de las altas presiones en los alimentos.

El objetivo de cualquier proceso de conservación es la inactivación de microorganismos que pueden deteriorar el alimento y/o producir enfermedad en el consumidor (microorganismos patógenos). La respuesta de los microorganismos a APH ha sido ampliamente estudiada puesto que varía de acuerdo al número y tipo de microorganismos (Torres y Velázquez 2005).

Los mohos y levaduras son los microorganismos más sensibles; las Bacterias Gram-negativas tienen sensibilidad media, mientras que las bacterias Gram-positivas son las más resistentes entre las células vegetativas y sus esporas necesitan presiones muy altas para ser inactivados (Torres et al. 2014).

Los distintos efectos que tienen lugar en los microorganismos dependen de su estado fisiológico, los microorganismos en la fase de registro son más sensibles a APH que los de la fase estacionaria. Este comportamiento podría explicarse por el hecho de que en la fase de registro el microorganismo se encuentra en proceso de la división celular y la membrana es más sensible a las tensiones ambientales (Ayvaz et al. 2012).

2.3. EMPAQUES UTILIZADOS EN LA APLICACIÓN DE ALTAS PRESIONES.

2.3.1. Materiales de embalaje de los alimentos.

Una de las funciones primarias que se ha identificado de los envases, es la de protección; para proteger su contenido de influencias externas ambientales como el agua, el vapor de agua, gases, olores, microorganismos, polvo, choques, vibraciones y fuerzas de compresión (Robertson 2014).

Para todos los alimentos la protección que ofrece el envase es una parte esencial de la seguridad de cualquier producto, ya que este contiene, protege y conserva los productos alimenticios, según las características requeridas. Por ejemplo, la carne envasada al vacío no logrará su vida útil deseada si el paquete permite la entrada de oxígeno, y los alimentos secos se deterioran si el paquete permite la entrada de humedad.

La protección ofrecida por un envase está determinada por la naturaleza del material de envasado y el formato o tipo de construcción del paquete. Una amplia variedad de materiales se utiliza en el embalaje de alimentos y consiste de uno o más de los siguientes materiales: vidrio, metales, papel, y polímeros plásticos (Robertson 2014).

Es importante resaltar que no todos los materiales mencionados se pueden usar en la aplicación de APH, los metales, el vidrio y papel no son adecuados para este proceso, ya que no tienen la capacidad de recuperar la forma y el tamaño después de las APH y debido a su falta de resistencia al agua y a la presión (Hiperbaric 2015).

Las condiciones de procesamiento severas utilizados en aplicaciones de alta presión puede causar cambios en la estructura de los materiales de envasado y por lo tanto la barrera y las propiedades mecánicas del paquete pueden ser alterados. Cuando se utilizan alta presión y combinaciones con temperatura a fin de lograr el efecto de la esterilización, los productos alimenticios pre-ensados necesitan ser precalentados a una temperatura específica antes de la aplicación de alta presión. Este proceso de precalentamiento razonablemente también tiene el potencial de afectar aún más las propiedades del material de envasado utilizado (Koutchma et al. 2010).

La mayoría de los materiales de embalaje flexibles utilizados en la industria alimentaria muestran razonablemente buena compatibilidad con el procesamiento de alta presión cuando no hay aporte de calor severa. Como se mencionó anteriormente, el producto alimenticio y el envase son a la vez expuestos a las condiciones de procesamiento, lo cual constituye la producción de alimentos más seguros (Juliano and Koutchma 2010).

El embalaje previo ayuda a evitar la contaminación del medio de presión y mejora la eficiencia de las APH. Sin embargo, cualquier daño o alteración en los materiales de envase y embalaje potencialmente pueden causar la pérdida de sus propiedades herméticas (Koutchma 2014).

Cuando se presentan daños o alteraciones en los materiales de envase, se ve afectada tanto, la calidad, la seguridad y vida de almacenamiento del producto alimenticio de manera adversa, de allí la importancia que tienen los envases utilizados en las altas presiones al ser estos expuestos, junto con el alimento al tratamiento.

2.3.2. Condiciones de los materiales utilizados en altas presiones.

El agua es el medio utilizado como fluido de presurización y los materiales de envasado deben ser resistentes a este. Por otro lado, durante la presurización, el agua reduce de un 15% al 18% del volumen (del empaque) que se recupera cuando se termina el ciclo APH, por lo tanto, la respuesta reversible de todo el paquete a la compresión es crucial para el éxito del tratamiento APH (Reventós 2010).

Los materiales de envasado deben ser lo suficientemente flexibles como para soportar el estrés mecánico causado por la presión hidrostática, manteniendo la integridad física. Además de poseer adecuadas características mecánicas, de sellado y propiedades de barrera, todo el material de envasado de productos sometidos a APH debe cumplir con las regulaciones nacionales o regionales sobre materiales en contacto con alimentos y migración (Reventós 2010; Koutchma 2014).

Cuando se utilizan combinaciones de alta presión y temperatura a fin de lograr el efecto de la esterilización, los productos alimenticios pre-ensados necesitan ser precalentados a una temperatura específica antes de la aplicación de alta presión. Este proceso de precalentamiento razonablemente también tiene el potencial de afectar aún más las propiedades del material de envasado utilizado (Juliano and Koutchma 2010).

2.3.2.1. Característica de los empaques utilizados en altas presiones.

Para permitir la conservación de las cualidades de los alimentos tratados con APH a lo largo de su vida útil, el envase debe cumplir con una serie de requisitos (Tabla 1), que definen su integridad y propiedades de barrera durante y después del proceso.

Tabla 1. Requisitos generales para bolsas aceptables para APH y bolsas esterilizables.

(Lambert et al. 2000a, 2000b; Juliano and Koutchma 2010).

Requerimientos (presión máxima esperada/temperatura)	HP-LT (600 MPa/80 °C)	HP-HT (800 MPa/133 °C)	Embalaje esterilizable (0.2 MPa/133 °C)
Integridad visual	No delaminación o formación de grietas	No delaminación o formación de grietas	No delaminación o formación de grietas
Permeabilidad al oxígeno (Desviación máxima 12%)	En función del producto	0,06 para la US militar o 0,5-1,0 ml/m ² /día para algunos productos comerciales	0,06 para la US militar o 0,5-1,0 ml/m ² /día para algunos productos comerciales
Permeabilidad al agua (Desviación máxima 12%)	En función del producto	0,01g/m ² /día o en función del producto.	0,01g/m ² /día o en función del producto.
Propiedades de resistencia al sellado (Desviación máxima 25%)	En función del material	En función del material	Resistencia al sellado, 2-3,5 kg/100 mm; resistencia adhesiva 150-500 g/10 ml; prueba de sello estándar 7,5 kg/15 mm
Resistencia física (resistencia a la tracción, elongación, módulo de elasticidad; desviación máxima 25%)	En función del material	En función del material	En función del material
Migración global de los componentes de alimentos	<10 mg/dm ²	<10 mg/dm ²	<10 mg/dm ²
Espacio de cabeza máximo	Hasta un 30%	Hasta un 30%	Hasta un 30%
Alta conductividad térmica ^a	No requerido (con excepciones)	Requerido	Requerido

^a Todavía no ha sido definido como criterio de selección estándar.

2.3.2.1.1. Flexibilidad

Se requiere que el material de envasado debe ser lo suficientemente flexible para soportar fuerzas de compresión y que de este modo pueda evitar deformaciones irreversibles y mantener su integridad física (Koutchma 2014).

Las bolsas flexibles hechas de polímeros o copolímeros con al menos un lado flexible se pueden utilizar para el procesamiento de productos alimenticios sólidos o líquidos.

2.3.2.1.2. Diseño del paquete

El tamaño y la forma también son críticas en términos de maximizar el número de paquetes, que se puede instalar en la cámara. Por lo tanto, un diseño adecuado puede contribuir a la transformación económica.

Esto es debido a la capacidad de la producción, ya que es importante tratar el máximo número de unidades posibles en cada ciclo de compresión. El adecuado diseño del envase permite conseguir un coeficiente de llenado óptimo; este coeficiente se puede optimizar adaptando la forma y el tamaño del envase a la forma cilíndrica de la cámara en general y a diámetro interno de la cámara en particular (Reventós 2010).

2.3.2.1.3. Integridad física.

Los materiales de embalaje utilizados para APH necesitan soportar duras condiciones de tratamiento de modo que puedan sostener la integridad física durante el proceso y el almacenamiento prolongado, lo cual es particularmente importante en términos de la seguridad y calidad de los productos alimenticios (Lambert et al. 2000b).

El paquete debe mantener visualmente su integridad al evitar la delaminación, división, agujeros, grietas u otros defectos inducidos por la presión, el cual no es visible a simple vista. Durante el tratamiento el envase se reduce, debido a la presión aplicada, pero una vez se libera la presión, necesita recuperar sus condiciones originales (Mensitieri et al. 2013).

2.3.2.1.4. Propiedades de barrera.

Para mantener la calidad de los productos alimenticios especialmente durante la vida útil el material de envasado debe tener propiedades de barrera al agua y el oxígeno, que son dos de los componentes más importantes en los alimentos que determinan la calidad y la vida útil (Koutchma et al. 2010).

Las propiedades de barrera de gas dependen de la aplicación del producto y la temperatura de almacenamiento previsto. Las normas industriales permiten hasta 12% de desviación de los niveles estándar de las barreras de oxígeno y agua (Juliano and Koutchma 2010).

Después del tratamiento a APH, “el material de envasado debe conservar alguna barrera al oxígeno, la humedad y la luz con el fin de limitar las reacciones químicas o enzimáticas perjudiciales, causadas principalmente por la presencia de oxígeno y la exposición a la luz” (Juliano and Koutchma 2010).

El sellado es un punto importante para bolsas flexibles, y la resistencia del sellado debe mantenerse durante el procesamiento a altas presiones a fin de evitar cualquier fuga (Koutchma et al. 2010).

La capa de material interior en contacto con el alimento, proporciona la fuerza de sellado térmico. En general, se prefiere la barra de sellado caliente para impulsar el sellado. Para

una buena resistencia y para reducir el riesgo de defectos de sellado es preferible un doble sellado de 5-10 mm por área de sellado (Venugopal 2006; Juliano and Koutchma 2010).

La barra de sellado caliente o sellado térmico por contacto directo, utiliza una o más barras calentadas para presionar el material que va a ser sellado, y mediante estas barras se lleva a cabo la fusión de los materiales, en lugar de barras también se pueden utilizar rodillos (Troughton, 2008).

La funcionalidad de barrera de los materiales se puede conseguir ya sea mediante la adición de una capa de material de barrera o mediante la mezcla del material de barrera en el polímero a granel. Las bolsas contienen tradicionalmente una capa de aluminio o de algunos polímeros de alta barrera, tales como poli cloruro de vinilideno (PVDC), Etil-vinil-alcohol (EVOH), poli alcohol vinílico (PVOH) o nylon. El aluminio también ha sido utilizado como una capa de unos pocos micrómetros de espesor, papel de aluminio o un revestimiento metalizado depositado al vacío con un espesor en el intervalo de nanómetros (Juliano and Koutchma 2010). La tabla 2, indica la permeabilidad de los polímeros comúnmente utilizados para el envasado de los alimentos.

Tabla 2. Permeabilidad de los polímeros comúnmente usados para el envasado.

(Venugopal 2006; Juliano and Koutchma 2010).

Polímero	Permeabilidad al oxígeno a 23°C 50% o 0% HR (ml/m ² /día)	Permeabilidad al vapor de agua a 23°C 85% HR (ml/m ² /día)
Etil-vinil-alcohol (EVOH)	0.001-0.01	1-3
Cloruro de polivinilideno (PVDC)	0.01-0.3	0.1
Alcohol de polivinilo (PVAL)	0.02	30
Poliamida (PA) o naylon	0.1-1	0.5-10
poli (etileno naftalato) (PEN)	0.5	0.7
Tereftalato de polietileno (PEF)	1-5	0.5-2
cloruro de polivinilo (PVC)	2-8	1-2
Polipropileno (PP)	50-100	0.2-0.4
Polietileno (PE)	50-200	0.5-2
Poliestireno (PS)	100-500	1-4

2.3.2.1.5. Migración.

El material no debe permitir la migración del fluido de compresión hacia el interior del envase, ni de los componentes del alimento envasado o la transferencia de los componentes del material hacia el alimento durante el procesamiento o almacenamiento.

2.3.2.1.6. Espacio de cabeza mínimo.

El envasado al vacío es importante para una uniformidad del tratamiento a alta presión porque el aire en el paquete tiene una mayor compresibilidad. Una cantidad excesiva de los gases puede aumentar el tiempo de puesta en marcha del procesamiento. El envasado al vacío también puede ayudar a evitar las reacciones relacionadas con el oxígeno que incluyen la oxidación de lípidos durante el procesamiento y almacenamiento.

Juliano et al. (2010), sugieren disminuir el espacio de cabeza hasta un 30% para lograr por un lado, maximizar la utilización de la capacidad de las cámaras de presión y por el otro

minimizar el tiempo necesario para el precalentamiento, si el tratamiento requiere la temperatura. Por lo general, un recipiente de APH utilizará su 50% -70% de capacidad de volumen dependiendo de la forma del paquete y el diseño del recipiente.

2.3.2.2. Tipos de materiales y empaques utilizados en altas presiones.

En el procesamiento de alimentos a alta presión se utiliza principalmente materiales de embalaje flexible para productos comerciales. El envase flexible está hecho principalmente de estructuras de película multicapa, basados principalmente en materiales poliméricos, que combinan en una sola estructuras de diferentes materiales que exhiben las propiedades funcionales y mecánicas deseadas, que de otro modo no son alcanzados con un solo material (Mensitieri et al. 2013).

Entre los materiales de embalaje utilizados actualmente en el proceso industrial de alimentos mediante APH, encontramos: El polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP), el Etil-vinil-alcohol (EVOH), poliamida (PA), y las películas de nylon (Torres et al. 2014).

También son utilizadas, las películas coextruidas con capas de barrera poliméricos, películas laminadas adhesivas en una base de polímero o capas inorgánicas, tales como papel de aluminio o revestimiento depositado vacío (Ayvaz et al. 2012). El laminado, revestimiento y coextrusión son procedimientos para la fabricación de estructuras multicapas, ya que un solo polímero no reúne todas las características para la aplicación.

Estos polímeros pertenecen al grupo de los termoplásticos, que son aquellos que se funden al calentarlos, pudiendo ser moldeados, y se solidifican al enfriarlos. Este efecto, también se observa por acción de la presión (López 2014). De allí la importancia que tiene el efecto

de las APH sobre las propiedades morfológicas, estructurales y funcionales en estas películas.

Por otro lado, la utilización de polímeros sintéticos como materiales de embalaje, pone en duda la afirmación de que “las APH es una tecnología amigable con el medio ambiente, porque no se generan residuos, ni se requieren aditivos químicos para mejorar el proceso” (Domingez-Ramirez 2013).

Sin embargo la utilización de estos polímeros, tiene como inconveniente, primero que provienen del petróleo, un recurso no renovable, limitado y cuyas reservas se encuentran en manos de aquellos que controlan la economía mundial y segundo el proceso de descomposición (Del material). “Este material puede tardar hasta 400 años en descomponerse” (Bell and Cave 2011).

Como alternativa a estos inconvenientes porque no centrar las investigaciones en la utilización de biopolímeros; que “son polímeros derivados de recursos naturales, renovables o bien polímeros biodegradables” (Ghanbarzadeh and Hadi Almasi 2013). Aunque sus propiedades sean inferiores a la de los polímeros sintéticos. Pero en la actualidad existe la posibilidad de reforzar estas propiedades con otras tecnologías.

2.3.2.3. Envases activo.

La finalidad del envasado activo es incrementar el tiempo de conservación de los alimentos y preservar o potenciar sus propiedades organolépticas, liberando sustancias de interés (antimicrobianos, antioxidantes, aromas) y/o retirando compuestos indeseables (oxígeno, etileno, olores) del producto envasado o de su entorno (García et al. 2006).

Combinando el uso de envases activos y el tratamiento a APH se podría aumentar su efecto antimicrobiano y permitir el uso de intensidades de tratamiento individuales inferiores para satisfacer la demanda de alimentos ligeramente procesados (Leistner 2000).

Así lo demuestra Raouche et al. (2011) que investigo los efectos individuales y combinados de los materiales de envasado que contienen antimicrobianos carvacrol o isotiocianato de alilo y el tratamiento de alta presión sobre *Botrytis cinerea* inoculado en un modelo de alimento sólido (gel de agar). Se observó una combinación eficaz entre la actividad antimicrobiana de las películas de isotiocianato de alilo y el tratamiento de alta presión (800 MPa a temperatura ambiente), logrando la inhibición del crecimiento de *Botrytis cinerea*. También se afirma que esta inhibición se podría lograr para valores de presión más bajos utilizando el sistema de envasado activo en contacto con el producto durante el tratamiento. Esta acción combinada permitiría reducir el impacto en los alimentos y el costo del tratamiento y proponer productos tratados con menor severidad.

A diferencia Marcos et al. (2013), orienta su trabajo a evaluar el efecto combinado del envasado antimicrobiano y procesamiento a alta presión como tratamientos listericidas post-procesamiento de embutidos fermentados. A presiones de 600 MPa por 5 min a 12 °C se consideró que este tratamiento no es adecuado para reducir *L. monocytogenes* en el tipo de embutidos fermentados en estudio, debido a las condiciones del producto, de baja actividad de agua y la presencia de lactato en su formulación. De igual forma la combinación de APH con el envasado antimicrobiano (envase activo que contiene nisina) no produjo ningún tipo de protección adicional contra *L. monocytogenes* en comparación si se usa solo el envase antimicrobiano.

Por su parte Stratakos et al. (2015), al estudiar el efecto sinérgico entre el procesamiento a APH y el envasado activo sobre *L. monocytogenes* en pechuga de pollo lista para el consumo demostró que el uso de la película activa basada en el aceite esencial de cilantro, seguido por presurización (500 MPa por 1 min), puede mejorar la eficiencia del tratamiento APH y podría ser considerado para mejorar aún más la seguridad de los productos listos para el consumo durante el almacenamiento prolongado a temperaturas de refrigeración (≤ 4 °C).

También se estudió los efectos sobre el color y la oxidación de los lípidos durante el almacenamiento los cuales no fueron significativamente afectados por los tratamientos debido a la película activa. Además, la incorporación de envases activos en los tratamientos (presurización a 500 MPa por 1 minuto con envase activo) fue capaz de preservar mejor el color de la carne durante el almacenamiento. Los niveles de oxidación de lípidos también se mantuvieron muy bajos durante todo el almacenamiento. Para este estudio se utilizaron bolsas de polietileno/poliamida y envasado al vacío. La permeabilidad al oxígeno de las bolsas era 50 cm³/m²/24 horas a 1 bar, 23 °C y 0% de humedad (Stratakos et al. 2015).

Rodríguez-Calleja et al. (2012), al combinar un revestimiento antimicrobiano comercial, que consiste en ácido láctico y ácido acético, diacetato de sodio, pectina y agua ("articoat-DLP") seguido por envasado en atmósfera modificada (MAP) para extender la vida útil de los filetes de pechuga de pollo almacenados a 4 °C logró extender la vida útil de los filetes de pechuga de pollo sin piel hasta cuatro semanas, ya que se redujeron los niveles de bacterias por debajo de los límites detectables a altas presiones.

Los autores mencionados a través de ensayos experimentales infieren que el uso de APH en conjunto con la tecnología de conservación de envases activos es una alternativa viable en la industria alimentaria, debido a la combinación de estas dos tecnologías se mejora la inactivación de microorganismos y disminuye efectos perjudiciales sobre los componentes de los alimentos, con el uso de niveles bajos de presión a fin de preservar mejor las características de calidad del producto y por lo tanto aumentar aún más la aplicabilidad comercial de las APH.

2.3.3. Integridad general de los envases después de APH.

Como se describió anteriormente, la evaluación del desempeño del material de envasado para el tratamiento a APH incluye los siguientes requisitos integridad física y visual, permeabilidad al oxígeno, al agua, resistencia mecánica, etc.

Dado que la aplicación de APH puede ser en condiciones de bajas temperaturas (HP-LT) o altas temperaturas (HP-HT), el efecto que tiene la combinación de presión y temperatura permite hacer una clasificación de los materiales con base a sus características después del tratamiento de alta presión.

Las diferentes capas ofrecen buenas características, principalmente en cuanto a sus propiedades de barrera a los gases y el agua, pero de hecho el envasado de los alimentos en envases flexibles está basado en el uso de estructuras multicapa, el cual combina en una sola capa diferentes materiales que exhiben las propiedades funcionales y mecánicas deseadas, que de otro modo no son alcanzados con un solo material. (Mensitieri et al. 2013)

Juliano et al. (2010), sostiene que los envases a base de EVOH tratado en APH y la temperatura inicial inferior o igual a 60 °C retiene su integridad visual y física, sin mostrar signos de delaminación. En general, la permeabilidad al agua y el oxígeno después de APH se encuentran dentro de los límites de desviación especificados (dentro del 12% de desviación de acuerdo con las normas industriales). Sin embargo, no todos los materiales a base de EVOH ensayados tienen baja permeabilidad al oxígeno antes de APH.

Este estudio fue realizado por López-Rubio et al. (2005), cuyo objetivo fue determinar los efectos de diferentes tratamientos de procesamiento de alta presión en materiales de envasado basados en EVOH y se compararon con los efectos morfológicos producidos por la esterilización. Las muestras fueron procesadas a presiones de 400 y 800 MPa, durante 5 y 10 min a dos temperaturas diferentes, 40 y 75 °C. La esterilización se llevó a cabo en una autoclave a 120 °C durante 20 min.

Los resultados demostraron que las estructuras de embalaje de plástico que contienen EVOH como capa de barrera son apropiadas para ser utilizados en los tratamientos de alta presión de alimentos. En contraste con los procesos de esterilización que causan una interrupción en la cristalinidad de copolímeros de Vinil-Etil-Alcohol, las AP no afectan significativamente la estructura de los copolímeros con alto contenido de etileno (EVOH48) otra parte, una ligera mejora en la morfología cristalina se observa para la EVOH26, lo que resulta en mejores propiedades de barrera que el material no tratado (López-Rubio et al. 2005).

Bull et al. (2010), informa en su estudio, sobre el efecto del procesamiento de HPHT (600 MPa/Tmáx~110°C/10.5 min) en las propiedades de barrera, estructurales y la apariencia de once materiales de embalaje disponibles en el mercado en condiciones de

procesamiento de alimentos, comerciales, simuladas. Encontrando, en términos de mantener una barrera adecuada al oxígeno y vapor de agua que las películas de óxido depositada en fase vapor (PET/PET-SiO_x/PP, PET-SiO_x/OPA/PP, PET-AlO_x/ON/PP, PET-AlO_x/ON/PP, PET-AlO_x/ON/White PP con diferentes espesor) y las dos películas que contienen nylon/poliamida (PET/ON/R-PP, PET/ON/R-PP) fueron comprometidas por el procesamiento de HPT a 600 MPa, a ± 110 °C durante 5 min por tanto son considerados no aptas para el envasado de alimentos de vida útil prolongada.

Mientras que las tres películas que contenían el papel de aluminio (PET/ON/Al/R-PP, PET/Al/PP, PET/Al/PP) y la película de (PET/PVDC-MA/PP) resistió las condiciones de procesamiento. En general el sellado de las películas resistió las condiciones de procesamiento, y se presentaron problemas de delaminación en la superficie exterior, esto podría en términos de integridad física impedir su uso (Bull et al. 2010).

Las estructuras multicapa, adecuadas para pre-ensayar alimentos que van a ser tratados con altas presiones, deben de poseer la suficiente flexibilidad, elasticidad y resistencia a la delaminación durante el proceso de compresión, ya que la pérdida de integridad estructural puede implicar un deterioro en la calidad y seguridad del alimento envasado.

Por consiguiente se puede deducir que el material del envase y el diseño deben evitar los fenómenos de deformación irreversibles inducidos por la alta presión y los regímenes de estrés graves.

Fraldi et al. (2014) exploró los mecanismos principales que rigen los fenómenos de delaminación observados experimentalmente en polipropileno basado en películas bicapa (es decir, PP/PET, PP/OPA y PP/PA) durante las APH. En todos los casos la capa interior

de las bolsas, en contacto con las muestras, era el PP, para garantizar la capacidad de sellado del paquete. Los tratamientos se realizaron a tres presiones diferentes, (es decir, 200, 500 y 700 MPa durante 5 min). Para simular las condiciones de industriales de esterilización a AP, A 700 MPa el tratamiento fue a alta temperatura, aproximadamente 115 °C, y los demás tratamientos a bajas temperaturas.

Los resultados obtenidos indican que todas las tres películas bicapa son capaces de soportar el tratamiento de pasteurización (APH y bajas temperaturas) sin mostrar ningún fallo mecánico evidente. Sin embargo, las bolsas de PP/PET muestran evidencia de delaminación localizada después de la esterilización a APH. Fraldi et al. (2014), explica que la diferencia en los coeficientes de expansión térmica de los dos materiales, las diferencias en el comportamiento mecánico que constituyen la estructura de múltiples capas (es decir, rigidez en el régimen elástico) y su dependencia de la temperatura y la presión, son los fenómenos que pueden inducir a la delaminación durante el tratamiento de esterilización. Principalmente la delaminación en la película de PP/PET se caracterizó por la mayor discrepancia en términos de módulos elásticos de las dos películas acopladas. La delaminación, es uno de los principales efectos que tiene la aplicación de APH, las estructuras multicapa que comprenden capas de polímero metalizadas son propensas a este tipo de fallo, incluso a temperatura ambiente y valores relativamente bajos de presión.

Otra de las propiedades que debe tener el material de embalaje es conservar el sabor general del producto empacado, sin embargo la interacción con los componentes de los alimentos puede producir efectos indeseables, tales como pérdida o desequilibrio del sabor, oxidación, crecimiento microbiano o incluso pérdida de la seguridad del envase (Rivas-Cañedo et al. 2009a).

El material del empaque, al entrar en contacto con el alimento no debe transferir sus componentes. Rivas-Cañedo et al. (2009a) para identificar los compuestos procedentes de los materiales de envasado, estudió las fracciones volátiles del material plástico y la lámina de aluminio. Utilizó envasado al vacío de carne de res y pechuga de pollo y envase multicapa compuesto de una capa de polietileno de baja densidad (LDPE), capa en contacto directo con el alimento, seguido por varias capas de etil-vinil-acetato (EVA) y una de cloruro de vinilideno (VDC). Algunas muestras, primero fueron envueltas en papel de aluminio y luego envasadas en el envase multicapa.

En las fracciones volátiles del envase multicapa observó un alto número de hidrocarburos de cadena ramificada y compuestos de benceno, siendo el más abundante 2,2,4,6,6-pentametilheptano y 1,3-bis (1,1-dimetiletil) benceno. También encontró hidrocarburos lineales (C5-C16), hidrocarburos insaturados y algunos aldehídos lineales (etanal, pentanal y hexanal). En las muestras en que se utilizó papel de aluminio fueron encontrados solamente los restos de 10 compuestos (Rivas-Cañedo et al. 2009a).

Esta migración de componentes de material de envasado hacia el producto, fue más evidente en aquellos envases que contenían carne de res; la migración aumenta con el contenido de grasa porque la mayor parte de los componentes del material plástico son más bien lipófilos que hidrófilos. Y la carne de res tiene más grasa en comparación con la pechuga de pollo. En relación con el tratamiento de APH, este no aumentó ni disminuyó esta migración de componentes (Rivas-Cañedo et al. 2009a).

Otro de los objetivos del estudio realizado por Rivas-Cañedo et al. (2009a) fue investigar los cambios en el perfil volátil de la carne de res y la pechuga de pollo cuando se someten a APH, encontró un efecto significativo sobre 22 compuestos volátiles en la carne de res

(aldehídos, alcoholes, compuestos de benceno, cetonas, etc.) y 9 compuestos volátiles en la pechuga de pollo.

En conclusión, este estudio demostró la importancia del material de envasado para el mantenimiento del perfil volátil de las carnes tratadas y la utilización de la capa de aluminio ya que se presentaron menores interacciones entre el envase, el producto y el medio en las muestras tratadas a APH y las no tratadas (Rivas-Cañedo et al. 2009a).

Un segundo estudio realizado por Rivas-Cañedo et al. (2009b) bajo las mismas condiciones comprueba la migración de compuestos del material de empaque hacia el producto. De hecho los niveles de los compuestos procedentes del material eran más altos, especialmente alcanos de cadena ramificada y benceno. Estos resultados fueron atribuidos al producto envasado (jamón serrano), que en comparación con las carnes frescas del estudio descrito anteriormente, este tiene mayor contenido de grasa y menor cantidad de agua. También al tamaño del producto, que en este caso la superficie de contacto con el envase era mayor.

De acuerdo a las condiciones fisicoquímicas del jamón serrano (con alto contenido de sal, baja actividad de agua) lo cual no favorece el crecimiento bacteriano, ni la producción de compuestos volátiles, el efecto del tratamiento de APH sobre este producto no es significativo sobre la fracción volátil de los compuestos (Rivas-Cañedo et al. 2009b)

En un estudio similar para salchicha fermentada seca, sometida a un tratamiento de alta presión (400 MPa, 10 min a 12 °C), en cuanto al perfil volátil las muestras tratadas a presión mostraron niveles significativamente más altos de alcoholes, aldehídos y alcanos y niveles más bajos de dos metilcetonas en comparación con las muestras de control. Se

observó una intensa migración de compuestos a partir del material plástico en el producto, principalmente alcanos de cadenas ramificadas y lineales, alquenos y compuestos de benceno. La mayoría de estos compuestos que migran fueron significativamente más abundantes en las muestras sometidas a presión que en las muestras no tratadas (Rivas-Cañedo et al. 2009c).

Estos estudios ponen en manifiesto los altos niveles de migración de compuestos ya sea del material de envase o del producto alimenticio, cuando son tratados a altas presiones hidrostáticas lo cual hace necesario seleccionar cuidadosamente el tipo y características del material de envase. Rivas-Cañedo (2009a, 2009b, 2009c) utilizó estructuras multicapas conformadas por polietileno de baja densidad (LDPE), capa en contacto con el producto, seguida por varias capas de etil-vinil-acetato (EVA) y una capa de cloruro de vinilideno (VDC) en condiciones de temperaturas relativamente bajas.

La utilización del polietileno de baja densidad (LDPE) es inadecuado en condiciones de temperaturas altas (115 °C), temperatura de esterilización, ya que se funde. Sin embargo resiste los tratamientos de altas presiones y altas temperaturas (HP-HT) (800MPa por 5 min a 115 °C), aunque se aumente significativamente la migración de compuestos. Así lo demuestra (Mauricio-iglesias et al. 2011).

Uno de los aspectos más importantes acerca de los materiales que se utilizan para altas presiones es la migración de compuestos, aunque algunos de los materiales sean resistentes a la presurización, esta propiedad puede ser afectada y de esta forma desfavorable para el alimento envasado. Las investigaciones demuestran que los envases plásticos aumentan la migración de compuestos del material de envasado hacia el alimento, por el contenido de grasa y tamaño del producto y aún más con el tratamiento de

presurización. Las APH no afectan la migración de compuestos del alimento al envase. Algunos autores sugieren la utilización de capas de aluminio para evitar el contacto del alimento con el material de envasado, en los estudios se demostró que el (LDPE) en contacto directo con el alimento no es adecuado para la presurización.

CONCLUSIONES

Los materiales de embalaje flexible son utilizados para la aplicación de altas presiones en los alimentos, debido a sus propiedades morfológicas, estructurales y funcionales que les permiten regresar a su forma original después de soportar las fuerzas de compresión del tratamiento. Estos materiales son los polímeros termoplásticos como el polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP), el alcohol (EVOH) de etileno-vinilo, poliamida (PA), y las películas coextruidas con capas de barrera poliméricas, películas laminadas adhesivas en una base de polímero o capas inorgánicas, tales como papel de aluminio o revestimiento depositado vacío que son los más utilizados comercialmente.

El envase debe cumplir con una serie de requisitos o características, que definen su integridad y propiedades de barrera durante y después del proceso. Estos requisitos están relacionados con el material seleccionado, principalmente la flexibilidad. Como la finalidad del envase es proteger, conservar y mantener las características de los alimentos envasados, este debe ofrecer barrera a los gases y al agua y no debe impartir componentes hacia el alimento.

Por otro lado debe conservar su integridad física y visual que se ve más afectada en las estructuras multicapas, las cuales son más expuestas a la delaminación por la presión, temperatura y tiempo del tratamiento, esto incluye las estructuras que contienen capas metalizadas como el aluminio o estructuras multicapas hechas solo de polímeros.

Las ventajas de los materiales y empaques no solo se deben a las propiedades de barrera contra los agentes causantes de alteraciones en los alimentos, como el oxígeno, la luz y los microorganismos, si no al adelanto de otras técnicas de envasado como el envasado al vacío, las atmosferas modificadas, los envases activos, ya que permiten optimizar la eficiencia del tratamiento a altas presiones, así como aumentar la vida útil de los alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Aguilar, J. 2012.** Métodos de conservación de alimentos. ISBN: 978-607-733-150-6 (en línea) <http://es.calameo.com/read/004051479c512a4f487e5>. Acceso 13 de julio (2015).
2. **Ayvaz, H., Schirmer, S., Parulekar, Y., Balasubramaniam V.M., Somerville, J., Daryaei, H. 2012.** Influence of selected packaging materials on some quality aspects of pressure assisted thermally processed carrots during storage. *LWT - Food Science and Technology*, 46: 437-447.
3. **Bell, K., Cave, S. 2011.** Comparison of Environmental Impact of Plastic, Paper and Cloth Bags. Research and Library Service Briefing Note, Northern Ireland Assembly (on line)
<http://www.niassembly.gov.uk/globalassets/documents/raise/publications/2011/environment/3611.pdf>. Acceso: 01 Octubre (2015).
4. **Bull, M.K., Steele, R.J., Kelly, M., Olivier, S.A., Chapman, B. 2010.** Packaging under pressure: Effects of high pressure, high temperature processing on the barrier properties of commonly available packaging materials. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11: 533-537.
5. **Coles, R., McDowell, D., Kirwan MJ. 2003.** Food packaging technology. London, U.K.: Blackwell Publishing, CRC Press. p 1-31.

6. **Denoya, G., Vaudagna, S., Polenta, G. 2014.** Effect of high pressure processing and vacuum packaging on the preservation of fresh-cut peaches. *LWT - Food Science and Technology* xxx: 1-6.
7. **Domiguez-Ramirez, L. 2013.** Presión hidrostática ultra alta, usos y perspectivas en las ciencias biológicas y de la salud, *VERTIENTES Revista Especializada en Ciencias de la Salud*, 16(2): 55-61.
8. **Daoudi, I. 2004.** Efecto de las altas presiones hidrostáticas sobre el gazpacho y el zumo de uva. Tesis de doctora en ciencia y tecnología, Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra, España.
9. **Fraldi, M., Cutolo, A., Esposito, L., Perrella, G., Pastore, M., Sansone, L., Scherillo, G., Mensitieri, G. 2014.** Delamination onset and design criteria of multilayer flexible packaging under high pressure treatments. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 23: 39-53.
10. **Garcia, E., Gago, L., Fernandez, J.L. 2006.** Tecnologías de envasado en atmosfera protectora, (en línea).
http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt3_tecnologias_de_envasado_en_atmosfera_protectora.pdf. Acceso: agosto 3 (2015).
11. **Ghanbarzadeh and Hadi Almasi. 2013.** Biodegradable Polymers, , University of Tabriz, Iran, (on line) <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/45095.pdf>. Acceso: 27 Julio (2015).
12. **Hiperbaric 2015.** ENVASES: Una parte esencial de la tecnología HPP, (en línea) <http://blog.hiperbaric.com/envases-una-parte-esencial-de-la-tecnologia-hpp>. Acceso: 15 de julio (2015).

13. **Juliano, P. and Koutchma, T. 2010.** Polymeric-Based Food Packaging for High-Pressure Processing. *Journal Food Engineering*, 2: 274-297.
14. **Juliano, P., Koutchma, T., Sui, Q. A., Barbosa-Canovas, G. V., & Sadler, G. 2010.** Polymeric-based food packaging for high-pressure processing. *Food Engineering Reviews*, 2(4): 274-297.
15. **Koutchma, T., Song, Y., Setikaite, I., Juliano, P., Barbosa-Canovas, G.V., Dunne, C.P., et al., 2010.** Packaging evaluation for high-pressure high-temperature sterilization of shelf-stable foods. *J. Food Process Eng.*, 33(6): 1097-1114.
16. **Koutchma, T. 2014.** Adapting High Hydrostatic Pressure for Food Processing Operations. Academic Press, ISBN: 978-0-12-420091-3 (en línea). <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780124200913>. Acceso: 10 de Julio (2015).
17. **Lambert, Y., Demazeau, G., Largeteau, A., Bouvier, J.M., Laborde-Croubit, S., Cabannes, M. 2000a.** New packaging solutions for high pressure treatments of food. *High Pressure Research: An International Journal*, 19:597-602.
18. **Lambert, Y., Demazeau, G., Largeteau, A., Bouvier, J.M., Laborde-Croubit, S., Cabannes, M. 2000b.** Packaging for high-pressure treatments in the food industry. *Packag. Technology Science*, 13(2): 63-71.
19. **Leistner, L. 2000.** Basic aspects of food preservation by hurdle technology, *international Journal of food Microbiology*, 55: 181-186.
20. **López-Rubio, A., Lagaró, J.M., Hernández-Muñoz, p., Almenar, E., Catalá, R., Gavara, R., Pascall, M. 2005.** Effect of high pressure treatments on the properties of EVOH-based food packaging materials. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6: 51-58.

- 21. Lopez, J.M. 2014.** Transformación de materiales termoplásticos. QUIT0209. IC Editorial, España 260 p.
- 22. López Alonso R., Torres Zapata T., Antolín Giraldo G.** Publicación realizada por el Laboratorio de Procesos Químicos de CARTIF (en línea) [http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info49/articulos/Envasado%20y%20Conservacion%20de%20Alimentos%20\(1\).pdf](http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info49/articulos/Envasado%20y%20Conservacion%20de%20Alimentos%20(1).pdf). Acceso: 24 julio (2015).
- 23. Marcos, B., Aymerich, T., Garriga, M., Arnau, J. 2013.** Active packaging containing nisin and high pressure processing as post-processing listericidal treatments for convenience fermented sausages. Food Control 30: 325-330.
- 24. Marsh, K., Bugusu, B. 2007.** Food Packaging - Roles, Materials, and Environmental Issues. Journal of food science 72(3): 39-55.
- 25. Mauricio-Iglesias, M., Peyron, S., Chalier, P., Gontard, N. 2011.** Scalping of four aroma compounds by one common (LDPE) and one biosourced (PLA) packaging materials during high pressure treatments. Journal of Food Engineering, 102: 9-15.
- 26. Mensitieri, G., Scherillo, G., Iannace, S. 2013.** Flexible packaging structures for high pressure treatments. Innovative Food Science and Emerging Technologies 17: 12-21.
- 27. Neuza, J. EMBALAGENS PARA ALIMENTOS.** Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista. ISBN 978-85-7983-394-6 (en línea), 194 p. 2013. <http://www.santoandre.sp.gov.br/pesquisa/ebooks/360234.PDF>. Acceso: 21 septiembre (2015).
- 28. Raouche, S., Mauricio-Iglesias, M., Peyron, S., Guillard, V., Gontard, N. 2011.** Combined effect of high pressure treatment and anti-microbial bio-sourced materials

- on microorganisms' growth in model food during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 12: 426-434.
- 29. Raventós, M. 2010.** *Industria alimentaria. tecnologías emergentes.* Edición UPC, Barcelona, España, p210.
- 30. Rivas-Cañedo, A., Fernández-García, E., Nuñez, E. 2009a.** Volatile compounds in fresh meats subjected to high pressure processing: Effect of the packaging material. *Meat Science*, 81: 321-328.
- 31. Rivas-Cañedo, A., Fernández-García, E., Nuñez, M. 2009b.** Volatile compounds in dry-cured Serrano ham subjected to high pressure processing. Effect of the packaging material. *Meat Science*, 82: 162-169.
- 32. Rivas-Cañedo, A., Nuñez, M., Fernández-García, E. 2009c.** Volatile compounds in Spanish dry-fermented sausage 'salchichón' subjected to high pressure processing. Effect of the packaging material, *Meat Science*, 83: 620-626.
- 33. Robertson, G.L. 2014.** *Food Packaging.* Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. University of Queensland, Brisbane, Australia. 232-239.
- 34. Rodríguez-Calleja, J.M., Cruz-Romero, M.C., O'Sullivan, M.G., García-López, M.L., Kerry, J.P. 2012.** High-pressure-based hurdle strategy to extend the shelf-life of fresh chicken breast fillets, *Food Control*, 25: 516-524.
- 35. Stoica, M., Mihalcea, L., Borda, D., Alexe, P. 2013.** Non-thermal novel food processing technologies. An overview, *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(2): 212-217.
- 36. Stratakos, A., Delgado-Pando, G., Linton, M., Patterson, M., Koidis, A. 2015.** Synergism between high-pressure processing and active packaging against *Listeria*

- monocytogenes in ready-to-eat chicken breast. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 27: 41-47.
- 37. Torres, E., González, G., Klotz, B., Rodrigo, D., Martínez, A. 2014.** High Pressure Treatment in Foods. *Journal Foods*, 3: 476-490.
- 38. Torres, J., Velazquez, G. 2005.** Commercial opportunities and research challenges in the high pressure processing of foods, *Journal of Food Engineering* 67: 95-112.
- 39. Troughton, M.J. 2008.** *Handbook of Plastics Joining: A Practical Guide*. The Wwelding Institute, Cambridge, UK, 600 p.
- 40. Venugopal, V. 2006.** Retort pouch packaging. In: *Seafood processing: adding value through quick freezing, retortable packaging, cook-chilling and other methods*. CRC Press, New York, p 197-215.
- 41. Woolf, A.B., Wibisono, R., Farr, J., Hallett, I., Richter, L., Oey, I., Wohlers, M., Zhou, J., Fletcher, G., Requejo-Jackman, C. 2013.** Effect of high pressure processing on avocado slices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 18(0): 65-73.

