

Trabajo de Fin de Máster
Curso 2019-2020

Envasado de alimentos.
Nuevos materiales

Acarelis María Cabrera Rodríguez

Tutoras:

Dra. Beatriz Rodríguez Galdón

Dra. Elena María Rodríguez Rodríguez

ÍNDICE

Resumen	2
Abstract	2
Introducción	3
Objetivos	3
Material y métodos	4
Envases activos	4
1. Absorbedores o eliminadores.....	5
1.1 Absorbedores de oxígeno	5
1.2 Absorbedores de etileno	6
1.3 Absorbedores o reguladores de humedad	6
1.4 Otros absorbedores	6
2. Liberadores o emisores.....	7
2.1 Liberadores de etanol	7
2.2 Liberadores de aditivos conservadores	7
2.3 Liberadores de agentes antimicrobianos	7
2.4 Liberadores de dióxido de carbono	8
2.5 Liberadores de extractos naturales o componentes obtenidos de los mismos.....	8
2.6 Otros liberadores o emisores	8
3. Otros tipos	9
4. Recubrimientos/películas comestibles y biodegradables como envases activos	9
Envases inteligentes	10
1. Indicadores tiempo-temperatura	11
2. Indicadores de fuga	11
3. Indicadores de frescura	12
Biopolímeros	12
1. Biopolímeros extraídos directamente de la biomasa.....	13
2. Biopolímeros obtenidos a partir de monómeros de biomasa	13
3. Biopolímeros sintetizados por microorganismos	14
Conclusiones	14
Bibliografía	15

Resumen

Con el fin de lograr alimentos con mayor vida útil y a la vez otorgar al consumidor productos con una óptima calidad microbiológica, se han desarrollado tecnologías enfocadas hacia el mantenimiento o la conservación de alimentos.

En el presente Trabajo de Fin de Máster se explican diferentes métodos de envasado de alimentos que se utilizan actualmente en la industria alimentaria, los cuales pretenden satisfacer las demandas del consumidor en cuanto a métodos más naturales de conservación y a formas de control del envasado y almacenamiento para asegurar la calidad y seguridad del alimento.

En primer lugar, se definen los envases activos, una auténtica revolución tecnológica que permite alargar la vida útil del producto. Seguidamente se explican los envases inteligentes, aquellos que tienen la capacidad de controlar el estado del alimento, así como su entorno. Para terminar, se incluye una revisión de los biopolímeros, los cuales ofrecen una solución para la reducción del impacto medioambiental negativo que generan actualmente los residuos plásticos no degradables.

Abstract

In order to achieve foods with a longer shelf life, and at the same time to provide the consumer with products with an optimal microbiological quality, technologies have been developed focused on the maintenance or preservation of food.

This Master's Thesis explains different methods of food packaging that are currently used in the food industry.

In the first place, active packaging is defined, a true technological revolution that makes it possible to extend the life of the product. Intelligent containers, those that have the ability to control the state of the food, as well as its environment, are explained below. Finally, it includes a review of biopolymers, which offer a solution for reducing the negative environmental impact that is currently generated with non-degradable plastic waste.

Palabras claves: Industria alimentaria | Envasado activo | Envasado inteligente | Biopolímeros

Keywords: Food industry | Active packaging | Intelligent packaging | Biopolymers

Introducción

El envasado es una técnica fundamental para conservar la calidad de los alimentos y reducir al mínimo su deterioro. En la actualidad, una de las tendencias es consumir alimentos de calidad que conserven su frescura. Para lograr esto se están aplicando nuevas tecnologías de envasado que sean capaces de proporcionar al consumidor productos sanos, seguros y de mayor calidad, intentado moderar la contaminación ambiental y los problemas a la hora de eliminar los envases.¹

Según la función que realicen los envases alimentarios se pueden clasificar en dos grupos:²

- Envases pasivos o convencionales: son aquellos recipientes fabricados con cualquier material o combinación de materiales cuyo fin es contener el alimento, actuando como barrera pasiva que separa el contenido del medio ambiente.
- Envases funcionales: son aquellos que alteran dinámicamente las condiciones del sistema de envase/alimento envasado. Dentro de estos se encuentran los envases activos, inteligentes, biopolímeros y recubrimientos comestibles.

En los últimos años, se han realizado esfuerzos para desarrollar sistemas de envasado de alimentos que puedan informar a los consumidores sobre la seguridad y calidad de estos.³ Por ello, el uso de envases activos e inteligentes es uno de los métodos desarrollados para este propósito.

Objetivos

El presente trabajo de fin de máster ha tenido como objetivo principal el estudio de los sistemas de envasados emergentes (activos e inteligentes), y también el de los biopolímeros.

Este objetivo se puede dividir en objetivos específicos de los cuales destacan los siguientes:

- Describir los tipos de envases activos e inteligentes y su tecnología.
- Desarrollar los principales tipos de biopolímeros.
- Conocer sus aplicaciones dentro del sector alimenticio.

Material y métodos

El método elegido para realizar la recogida de información fue un método indirecto. Es decir, reunir datos preexistentes procedentes de diversas fuentes. Se distinguen los siguientes tipos de fuentes:

- Publicaciones científicas
- Tesis y trabajos de fin de grado
- Compilaciones de datos: tablas publicadas por organismos de prestigio reconocidos.

La mayor parte de la búsqueda bibliográfica se realizó a través del puntoQ de la Universidad de La Laguna (ULL) donde se emplearon las bases de datos disponibles, aunque también se utilizó el motor de búsqueda Google Scholar. Como filtro se usaron las palabras “envase activo”, “envase inteligente”, “biopolímeros” junto con la palabra “alimento”, así como sus nombres en inglés: “food packaging”, “active packaging”, “intelligent packaging” o “biopolymers”.

De todas las fuentes encontradas y consultadas, se han descartado aquellas con fecha de publicación anterior al año 2000, mientras que de los artículos con fechas posteriores se consideraron preferentemente aquellos en los que se realizaban revisiones científicas.

Envases activos

Esta tecnología se fundamenta en incorporar varios componentes que absorban o liberen sustancias del alimento envasado o del ambiente (Figura 1).⁴ Consecuentemente, los envases activos se pueden clasificar en dos grandes grupos:

1. Absorbedores o eliminadores: son aquellos que absorben sustancias químicas del interior del envase. Esto implica una transferencia de masa desde el contenido del envase al sistema activo.
2. Liberadores o emisores: son aquellos que liberan sustancias químicas al interior del envase. Consecuentemente, hay una transferencia de masa desde el sistema activo al contenido del envase.

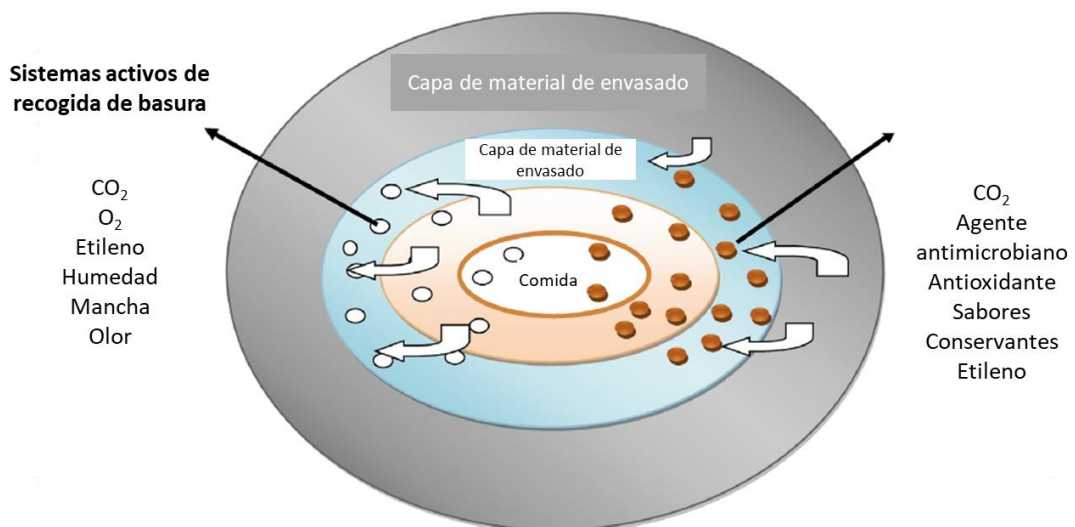


Figura 1. Sistemas activos de absorción y liberación utilizados en la industria cárnica.⁵

Además, existen otros tipos de envases activos que no entran dentro de la clasificación anterior: los envases autocalentables, autoenfriables y las películas comestibles.

Asimismo, y desde un punto de vista comercial, los envases activos se pueden encontrar como:⁴

- Sistemas independientes: en forma de saquitos, etiquetas o tiras, que se incorpora o adhiere al interior del envase, pero de forma diferenciada del mismo. Actualmente, son los sistemas más utilizados y deben estar acompañados de un etiquetado idóneo que haga que el consumidor lo identifique como una parte no comestible y evite su consumo accidental. Se fabrican con materiales resistentes a la rotura, normalmente permeables por una sola cara, a través de la cual se produce la transferencia de masa.
- Sistemas integrados en el propio envase: las propias sustancias activas se agregan en el propio material del envase, injertándolas químicamente o por dispersión. En este caso, el sistema activo no se percibe por el consumidor como un elemento diferenciador del envase, evitando el posible rechazo del consumidor como el riesgo de consumo accidental de su contenido.

1. Absorbedores o eliminadores

1.1 Absorbedores de oxígeno.

Son los más empleados en el sistema de alimentos. El oxígeno es el principal motivo de deterioro en los productos alimenticios. Su presencia en el envase ayuda al crecimiento microbiano, el desarrollo de olores y sabores desagradables, pérdidas nutricionales, etc., empeorando la calidad del producto.⁵ Esto puede ser debido a una eliminación inadecuada en el envasado o por cualquier error en el sistema de sellado.

Estos absorbedores controlan y reducen de forma activa los niveles residuales de oxígeno en el interior del envase, alcanzando valores inferiores al 0,01%. Consecuentemente, disminuye el desarrollo de microorganismo y hongos, la contaminación por insectos, los procesos de oxidación (enranciamiento de grasas y aceites) y la pérdida de nutrientes sensibles al oxígeno (ácidos grasos insaturados, vitaminas A, C, E, etc.).

Hay varias formas de absorber oxígeno, algunos ejemplos son:⁶

- Oxidación de sustancias orgánicas: como el ácido ascórbico, colorantes fotosensibles, polímeros modificados, etc.; incorporando a veces metales que actúan como catalizadores.
- Oxidación de hierro y sales ferrosas: utilizando hierro en polvo finamente dividido, al que se le incorporan sales y minerales como silicatos, cloruro sódico y carbón activo. Este es el método que más se emplea actualmente y de los más efectivos.
- Oxidación enzimática: ocurre entre una enzima (por ejemplo, alcohol oxidasa) y un sustrato, en la que se consume oxígeno.

Los absorbedores se emplean en alimentos sensibles al oxígeno como son los productos de bollería, pastas, pan, frutos secos, zumos de frutas y bebidas refrescantes, productos lácteos, cárnicos y de la pesca, etc.

Hoy en día se ha innovado con este tipo de productos donde el proceso de oxidación tiene lugar a través de una reacción en cadena iniciada por radicales libres generados a partir del oxígeno, evitando así el proceso de oxidación.⁴

1.2 Absorbedores de etileno.

El etileno es una fitohormona que, en frutas y vegetales, aceleran la maduración, produce el ablandamiento y la degradación de las clorofilas, reduciendo su vida comercial. Además, la acumulación de etileno puede causar el amarillamiento de verduras y puede ser responsable de una serie de trastornos específicos posteriores a la cosecha en frutas y verduras frescas.⁷

Para evitar esta situación se emplea permanganato potásico, el cual oxida el etileno rápidamente a acetato y etanol. El permanganato se sitúa sobre sustratos que favorecen el proceso redox.

Otros métodos emplean la capacidad de ciertos materiales para absorber el etileno (carbón, zeolitas, etc.). Se puede agregar al envase tanto en bolsas independientes como incorporado en el mismo y se emplea en frutas y vegetales sensibles al etileno: plátanos, zanahorias, manzanas, espárragos, kiwis, etc.

1.3 Absorbedores o reguladores de humedad.

La presencia de líquidos como el agua, sangre u otros fluidos tanto en productos cárnicos como en pescados estropea su presentación e incrementan el riesgo de deterioro del alimento. Además, los niveles altos de agua en el interior del envase facilitan el desarrollo de microorganismos, provocan el ablandamiento de alimentos secos y crujientes como son las galletas o los bizcochos, y el endurecimiento y apelmazamiento en leche en polvo. Además, las pérdidas de agua facilitan la oxidación de lípidos.⁴

La absorción de humedad se puede hacer en algunos casos eliminando el exceso de agua y en otros supervisando el vapor de agua en el espacio superior del envase. Para ello se emplean agentes muy higroscópicos y deshidratantes tales como fibras de celulosa, algunas sales minerales, carbohidratos, tamices moleculares, etc.

Comercialmente se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Reguladores de la humedad relativa: como saquitos o etiquetas que contienen agentes deshidratantes (silicagel).
- Absorbedores de agua líquida: como hojas o almohadillas de materiales poliméricos microporosos, conteniendo agentes higroscópicos (celulosas).

1.4 Otros absorbedores.

- Absorbedores de componentes no deseados

En algunos casos, los productos frescos pueden generar aromas indeseables y otros compuestos debido a distintos factores fisiológicos.⁷ Así, el sabor amargo del limoneno (cáscaras de los cítricos) se puede eliminar con filmes que agregan acetato de tricelulosa englobando enzimas específicas inmovilizadas. Los aldehídos de aceites y fritos se pueden descartar añadiendo ácido cítrico y sal ferrosa en un film termoplástico; y las aminas generadas por procesos proteolíticos se pueden eliminar con ácidos orgánicos (ascórbico o cítrico), o por procedimientos de oxidación.

Asimismo, los olores generados en el transporte y el almacenamiento (como el sulfuro de hidrógeno) se pueden suprimir con saquitos absorbedores.⁴

Sin embargo, hay que tener especial cuidado en que hay ciertas sustancias que no se pueden eliminar cuando se tratan de indicadores del deterioro de un alimento, porque lo ocultarían y podrían incitar al consumidor a un error.

- Absorbedores de dióxido de carbono

El dióxido de carbono que es producido dentro del envase por la degradación y la respiración de los alimentos se debe eliminar para evitar el colapso del paquete y el deterioro del alimento.⁵ Estos absorbedores consisten en hidróxido de calcio, hidróxido de potasio, hidróxido de sodio, óxido de calcio y gel de sílice, y se emplean en el café o en productos cárnicos.

2. Liberadores o emisores

2.1 Liberadores de etanol.

El etanol, en la parte superior del envase, se emplea para prevenir el crecimiento de organismos, bacterias y mohos.

Se trata de saquitos que poseen etanol absorbido o encapsulado sobre un soporte inerte (como la sílice), finamente dividido y con un grado de humedad adecuado. En ciertas ocasiones se agregan sustancias aromatizantes como la vainilla para disimular el olor a alcohol. Estos dispositivos se usan en productos de panadería, alimentos secos o semisecos.

2.2 Liberadores de aditivos conservadores.

Estos se han agregado a filmes y materiales plásticos de sustancias utilizadas y autorizadas como aditivos conservadores: ácidos sórbico, benzoico y propiónico.⁴

2.3 Liberadores de agentes antimicrobianos.

Probablemente se trate de una de las tecnologías más emergentes en el envasado de alimentos.⁸ Consiste en la liberación de agentes antimicrobianos como el etanol, dióxido de carbono, antibióticos, ácidos orgánicos, extractos de especias, polisacáridos, etc.; por el envase (introducidos por una gama de tecnologías de recubrimiento) para impedir el crecimiento de microorganismos patógenos y/o de descomposición de los productos envasados.⁹ Un ejemplo son los films de quitosanos (polisacáridos extraídos de los crustáceos) usados como antifúngicos para frutas y los flavonoides, los cuales se han demostrado que pueden proteger los productos frescos contra hongos en descomposición, como *Fusarium oxysporum* (plátano y uva). Esta actividad antimicrobiana se ha relacionado con la capacidad de los componentes de estos extractos para interactuar con la membrana celular de estos microorganismos, provocando una alteración de los sistemas enzimáticos vitales (Figura 2).⁷

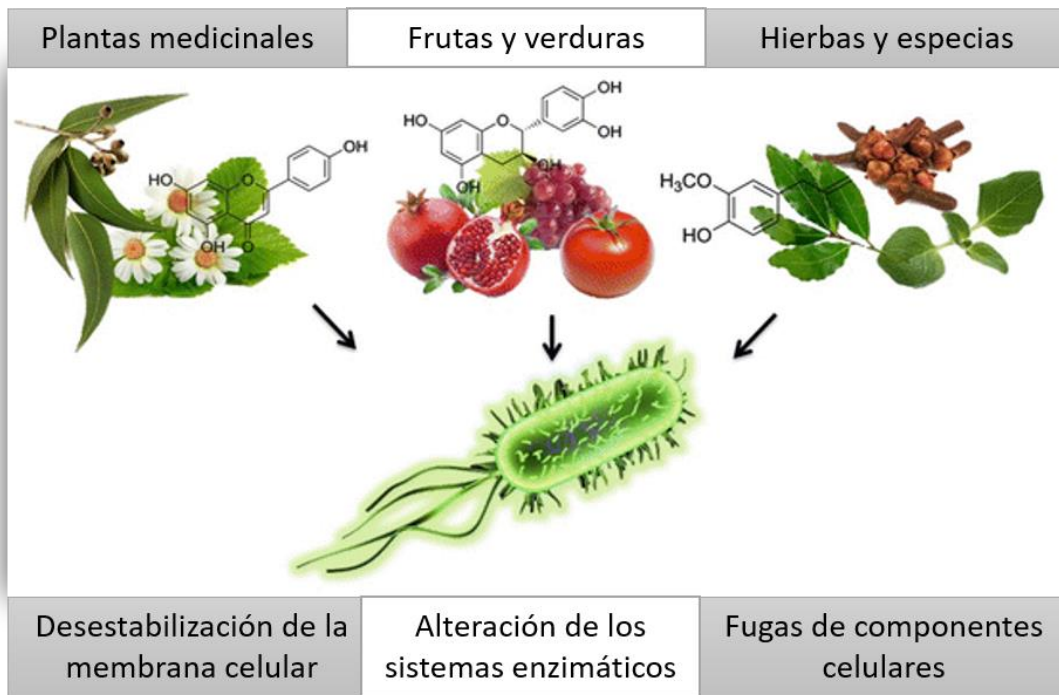


Figura 2. Efecto antibacteriano de compuestos bioactivos de fuentes naturales.⁷

2.4 Liberadores de dióxido de carbono.

El dióxido de carbono en concentraciones del 10%-80% evita el crecimiento microbiano en alimentos. Por ello, se han empleado sistemas basados en carbonato de hierro (II) o mezclas de bicarbonato sódico y ácido ascórbico para aumentar la vida comercial de carnes frescas.

2.5 Liberadores de extractos naturales o componentes obtenidos de los mismos.

Por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes se emplean productos de origen natural como los extractos de plantas (propóleo, extractos de semillas de uva o de orégano) o aceites esenciales de canela u orégano.

2.6 Otros liberadores o emisores.

- Liberadores de aditivos antioxidantes

El nivel de oxígeno residual en el paquete causa oxidación de lípidos, cambios de textura, sabores desagradables, crecimiento microbiano y pérdidas nutricionales, es decir, degradación de ácidos grasos esenciales, siendo la principal razón de la disminución de la vida comercial de carne y del marisco. Se han utilizado varios tipos de antioxidantes, sintéticos o naturales, para retrasar el daño oxidativo de ácidos nucleicos, proteínas y lípidos provocado por los radicales libres.

Su efectividad varía en función de que se empleen antioxidantes naturales como la vitamina E y extractos naturales ricos en compuestos fenólicos o antioxidantes sintéticos como son el Butilhidroxianisol (BHA), el Butilhidroxitolueno (BHT) y el Terbutilhidroquinona (TBHQ). El uso conjunto de BHA y BHT mejora los parámetros de calidad de los alimentos, necesitándose concentraciones más bajas de agentes activos, y existiendo una liberación controlada de

antioxidantes.⁵ Dichos antioxidantes se pueden agregar como etiquetas, bolsitas o como revestimiento en el material de envasado.

- Liberadores de aromas, colorantes y otros ingredientes alimentarios

Otras aplicaciones de materiales de envasado incluyen la posibilidad de mejorar la calidad organoléptica del producto mediante la emisión de sabores deseables en los alimentos que se liberan al abrirlo.⁷

Normalmente, el componente activo (sustancias químicas, extractos naturales, aromas, ingredientes alimentarios, etc.) está incorporado en el propio material del envase desde donde es liberado mediante difusión al alimento o el espacio superior del alimento.

3. Otros tipos

Existe otro tipo de envases activos que permiten calentar o enfriar los productos sin necesidad de fuentes de calor o frío. Dichos envases suelen contener tres cámaras: una de ellas alberga el alimento y las otras dos poseen los compuestos necesarios para que se lleve a cabo la reacción química correspondiente. Los envases autocalentables son aquellos en los que el alimento líquido se calienta por aporte de calor de una reacción exotérmica del óxido de calcio con el agua. Este tipo de envases se usa para el café, té, sopas, chocolates, etc. Por otro lado, los envases autoenfriables son aquellos en los que el alimento líquido se enfría por extracción de calor en una reacción endotérmica del cloruro de amonio en agua. Estos envases se emplean en bebidas gaseosas, café y otras bebidas estimulantes, la cerveza, o el agua mineral.⁴

Recubrimientos/películas comestibles y biodegradables como envases activos

4. Recubrimientos/películas comestibles y biodegradables como envases activos

Los materiales biodegradables derivados de productos naturales como las proteínas, polisacáridos y lípidos se están investigando para ser posibles sustitutos de los envases de plástico convencionales y porque actúan como recubrimiento y/o película comestible en los alimentos.⁵ Estos materiales, proporcionan beneficios como la digestibilidad y la biodegradabilidad, ayudando a aumentar la vida útil porque reducen la humedad, la migración de solutos, el intercambio de gases y las tasas de respiración y actúan de barrera frente a ciertos microorganismos. Un ejemplo de esto último es la película comestible a base de alginato incorporada con aceite de ajo que redujo el crecimiento de *Staphylococcus* y *Bacillus cereus*.⁷

Asimismo, se pueden agregar a dichos recubrimientos sustancias, como especias y antioxidantes entre otras, para mejorar la conservación de sus propiedades organolépticas, textura y seguridad microbiológica. En este sentido, se ha demostrado la eficacia de la incorporación de antioxidantes como los ácidos cítrico o ascórbico, en un recubrimiento de multicelulosa, ya que redujeron significativamente las pérdidas de vitamina C en pimientos y albaricoques.⁷

Otra forma de película de envasado activo son los sistemas multicapa, que son más eficientes que las películas individuales. Estos pueden retrasar o inhibir la difusión de compuestos bioactivos al medio ambiente, permitiendo su liberación de forma controlada al igual que controla la permeabilidad a los gases (Figura 3).⁷

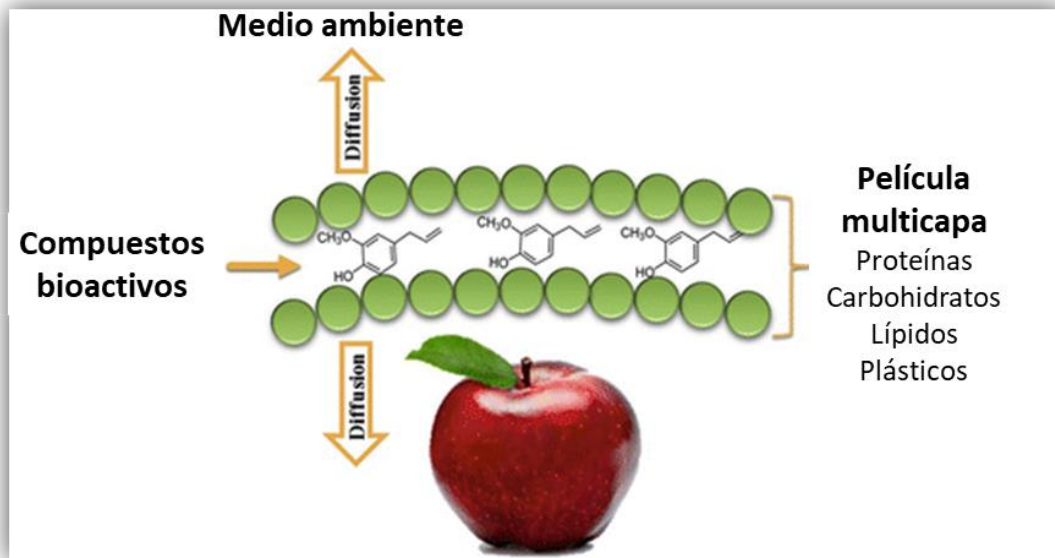


Figura 3. Liberación de compuestos bioactivos en sistemas multicapa.⁷

Envases inteligentes

Los envases inteligentes permiten registrar parámetros de calidad críticos para la calidad de los alimentos tanto en el envasado como el almacenamiento. La adición de indicadores como detectores de temperatura, sensores de gas o pH y biosensores se realiza para informar la condición del alimento y se pueden añadir dentro o fuera del mismo.³ Estos se pueden basar en reacciones químicas, enzimáticas, mecánicas o inmunoquímicas.¹⁰ Este tipo de envasado supone una ventaja tanto para el consumidor como para la propia industria alimentaria porque proporciona un valor añadido a los productos, mejoran la gestión de la cadena de producción, facilitan el uso y /o consumo de los productos que alberga.¹¹

Estos envases inteligentes responden y comunican cambios sobre el estado del producto como, por ejemplo:

- Crecimiento microbiano (pH, detección de metabolito, etc.)
- Temperatura/tiempo
- Nivel de oxígeno y dióxido de carbono
- Frescura/madurez
- Localización/trazabilidad
- Integridad del envase
- Condiciones del ambiente al que son sometidos

Los distintos tipos de envases inteligentes son los siguientes:

1. Indicadores tiempo-temperatura.

Es un dispositivo pequeño, sencillo y barato que proporciona una dependencia tiempo-temperatura con un cambio de calidad del alimento que es sometido a un exceso de temperatura. Estos indicadores han sido diseñados para mejorar el control de la temperatura durante el almacenamiento, transporte y manipulación de los productos.¹¹

Estos indicadores se pueden clasificar en tres categorías:

- Indicadores de temperatura crítica (CTI): dan respuesta solo cuando una temperatura de referencia ha sido sobrepasada en algún punto de la cadena de distribución.
- Indicadores tiempo-temperatura crítica (CTTI): dan respuesta mediante un cambio de color.
- Indicadores tiempo-temperatura (TTI): miden tanto el tiempo como la temperatura.

Se presentan como etiquetas adhesivas (Figura 4) y deben de albergar un umbral de rechazo a partir del cual el alimento debe ser rechazado para su consumo. Un ejemplo de ello es el “testigo de condición óptima de consumo” que consiste en una etiqueta termosensible que informa sobre la quiebra de la cadena de frío. Al superarse una temperatura determinada, la tinta reacciona borrando el código de barras de la etiqueta, siendo imposible su lectura.



Figura 4. Etiqueta tiempo-temperatura de WarmMark®.

2. Indicadores de fuga.

Permiten detectar perforaciones y soldaduras no herméticas en el envase, especialmente en productos envasados al vacío o en atmósfera protectora. Los más empleados son para la detección de dióxido de carbono y oxígeno. Están compuestos por pigmentos sensibles al gas que cambian de color como resultado de una reacción química o enzimática.¹⁰ Un ejemplo serían los indicadores de oxígeno impresos para plásticos, que poseen un colorante sensible al oxígeno que cambia de blanco a azul al entrar oxígeno al envase.

3. Indicadores de frescura.

Estos indicadores están basados en la detección de metabolitos volátiles (dióxido de carbono, etanol, diacetilo, amoníaco o sulfuro de hidrógeno) producidos durante la maduración del alimento.¹² Dichos metabolitos van a depender del tipo de producto, las condiciones de

almacenamiento, la flora de descomposición asociada como el sistema de envasado.¹³ Ácidos orgánicos como el ácido láctico o el acético también se consideran metabolitos indicadores y los indicadores de pH basados en el color también se emplean como indicadores de frescura.

Un ejemplo es el indicador para frutas RipeSense®. Está diseñado para frutas climatéricas. El sensor cambia de color (de rojo a amarillo) en respuesta a los compuestos aromáticos volátiles emitidos por la fruta durante la maduración (Figura 5). De esta forma, el consumidor puede elegir la fruta según el color, tamaño, variedad, precio y, además, la madurez.



Figura 5. Indicador de frescura Fresh- Check®.

4. Otros sistemas inteligentes menos usados son:

- Envase para cocción de alimentos:¹¹ viene sellado y está hecho para la cocción de alimentos en microondas. La fecha indica la presencia de un orificio sellado con una sustancia cerosa que, por el calor, se funde y permite que la presión interior del envase se libere sin riesgo de explosión. Así, la humedad de estos alimentos se conserva durante la cocción.
- Identificación por radio frecuencia (RFID): esta tecnología permite la identificación automatizada, con la ayuda de sensores, para recopilar información sin la necesidad de intervención humana.¹⁴ Con esto es posible gestionar la distribución de productos, controlar los registros de trazabilidad de productos, etc.

Biopolímeros

Los biopolímeros son macromoléculas sintetizadas por procesos biológicos o por vía química a partir de monómeros naturales o idénticos a los naturales, resultando ser una línea bastante prometedora en materiales para el envasado de alimentos. Mientras que los plásticos son polímeros que provienen del petróleo, los biopolímeros tienen un origen natural, ya sea agrícola, químico o de microorganismos (Figura 6).¹⁵

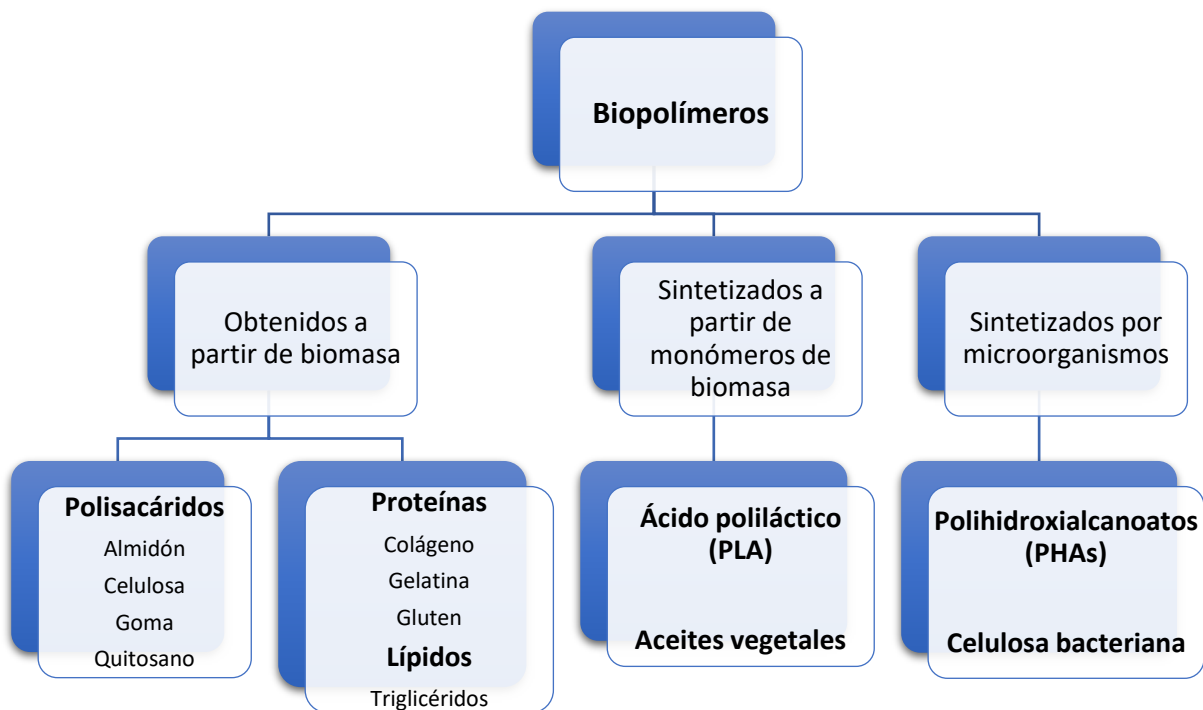


Figura 6. Tipos de biopolímeros.

Consecuentemente, los biopolímeros más importantes el mercado se pueden clasificar en tres subgrupos:

1. Biopolímeros extraídos directamente de la biomasa.
 - Biopolímeros basados en celulosa: es el biopolímero más abundante en la naturaleza. Es muy barato, versátil y se puede someter a tratamientos termoquímicos para la obtención de derivados. Sin embargo, es un material muy sensible a la humedad y sus films no son 100% transparentes. Se utiliza como envase de productos frescos, laminados o como films coloreados y metalizados. La hidroxipropilcelulosa (HPC) derivada de la celulosa es un polímero termoplástico que puede ser moldeado por inyección o extrusión; es comestible y biodegradable.¹⁵
 - Biopolímeros basados en almidón: Posee buenas propiedades mecánicas, es sellable sin tratamiento superficial y sirve de barrera frente a gases y aromas. No obstante, tiene ciertas limitaciones por su baja resistencia a la humedad, baja procesabilidad e incompatibilidad con ciertos polímeros hidrofóbicos. Se han empleado películas de amilosa, almidón hidroxipropilado y dextrinas como coberturas comestibles de alimentos para proveer una barrera al oxígeno y a lípidos y para mejorar la textura.¹⁶
2. Biopolímeros obtenidos a partir de monómeros de biomasa.
 - Ácido poliláctico (PLA): es un polímero sintético termoplástico de la familia de los poliésteres alifáticos que se producen a partir del ácido láctico,¹⁷ posee buenas propiedades mecánicas, alta transparencia y es biocompatible. Esto significa que no genera efectos tóxicos o cancerígenos. También presenta buenas propiedades de barrera frente a olores y sabores. Tiene alta resistencia a grasas y aceites por lo que es adecuado para el envasado de aceites,

productos secos y perecederos. Sin embargo, es muy quebradizo y posee una elevada permeabilidad al vapor de agua y gases.¹⁵ Este tipo de biopolímero se emplea en bolsas y barquetas para ensaladas preparadas o para botellas.

3. Biopolímeros sintetizados por microorganismos.

- Polihidroxialcanoatos (PHA): son una familia de poliésteres de reserva producidos por bacterias Gram negativas (*Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*). Son sintetizados cuando el medio de cultivo posee una fuente de carbono en exceso y un defecto de otro tipo de nutriente, habitualmente nitrógeno o fósforo. Actualmente existen más de 150 tipos de PHAs donde polihidroxibutirato (PHB) y polihidroxivalerato (PHV) son los de mayor uso comercial.¹⁶ Estos se caracterizan por ser insolubles, biodegradables, suponen una buena barrera frente a gases, son resistentes a grasas y disolventes. No obstante, son quebradizos y muy sensibles a la degradación térmica.

Conclusiones

En un futuro no muy lejano es más que probable que veamos una progresión importante en este tipo de sistemas de envasado llamados activos e inteligentes. Esta evolución del sistema de envase y embalaje permitirá registros de información importantes tanto para el consumidor como para la propia empresa que puede identificar aquellos puntos críticos durante el transporte, la distribución y el almacenaje de su producto.

Estrictamente hablando el envasado activo es muy distinto del envasado inteligente, ya que, a pesar de que estos incorporan medios para controlar o mantener las condiciones adecuadas de conservación de los alimentos, el envasado inteligente facilita la monitorización de la calidad de los productos, directa o indirectamente. En este sentido, los envases inteligentes son una línea de desarrollo muy interesante ya que pueden ofrecer información útil tanto al consumidor como a los integrantes de la cadena de distribución.

Decidir qué tipo de tecnología usar para detectar el deterioro dependerá de la matriz de cada alimento, por lo que cada alimento debe ser estudiado por separado para determinar la tecnología que indague de la mejor manera el factor causante del deterioro del producto.

Por otra parte, la conciencia entre los consumidores sobre las ventajas que los biopolímeros pueden aportar al ahorro de los recursos energéticos y a la disminución de la contaminación es importante para aumentar su demanda en diversos sectores como el sector alimenticio. Entre dichas ventajas cabe destacar que estos contribuyen en la disminución de la dependencia del petróleo, son materiales con características y propiedades asimilables a las de la mayoría de polímeros convencionales, son aptos para el envasado de alimentos y suponen una buena aceptación por parte del consumidor (eco-marketing).

Bibliografía

- [1] Ozdemir, M.; Floros, J. D. (2004). Active food packaging technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44 (3), 185-193.
- [2] Catalá, R.; Gavara, R. (2001). Nuevos envases. De la protección pasiva a la defensa activa de los alimentos envasados. *Arbor*, 661, 109-127.
- [3] Eskandarabadi, S. M.; Mahmoudian, M.; Farah, K. R.; Abdali, A.; Nozad, E.; Enayati, M. (2019). Active intelligent packaging film based on ethylene vinyl acetate nanocomposite containing extracted anthocyanin, Rosemary extract and ZnO/Fe-MMT nanoparticles. *Food Packaging and Shelf Life*, 22, 100389.
- [4] González, R. (2017). *Envases activos para productos alimentarios: Estudio de los sistemas autocalentables*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- [5] Ahmed, I.; Lin, H.; Zou, L.; Brody, A. L.; Li, Z.; Qazi, I. M.; Pavase, T. R.; Lv, L. (2017). A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods. *Food Control*, 82, 163-178.
- [6] Galiana, L. (2017). *Nuevos materiales para el envasado activo de alimentos: antimicrobianos*. Universidad de Alicante, Alicante.
- [7] Gutiérrez-Pacheco, M. M.; Gutiérrez-Pacheco, S. L.; Ortega-Ramírez, L. A. (2016). Active Packaging. En W. S. Mohammed, A. Z. Jesus Fernando y H. Cheng-An (Eds.), *Postharvest Management Approaches for Maintaining Quality of Fresh Produce* (pp. 157-173). Springer, Switzerland.
- [8] Active Antimicrobial Food Packaging. (2019). I. Var y S. Uzunlu (Eds). IntechOpen, Doi: 10.5772/intechopen.82429. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/active-antimicrobial-food-packaging>.
- [9] Bastarrachea, L. J.; Wong, D. E.; Roman, M. J.; Lin, Z.; Goddard, J. M. (2015). Active packaging coatings. *Coatings*, 5, 771-791.
- [10] Cortés Tapia, C. P. (2017). *Envases inteligentes: Una alternativa para mejorar la inocuidad alimentaria y disminuir el desperdicio de alimentos en Chile*. Universidad Andrés Bello, Santiago de Chile.
- [11] Rodríguez-Sauceda, R.; Rojo-Martínez, G. E.; Martínez-Ruiz, R.; Piña-Ruiz, H. H.; Ramírez-Valverde, B.; Vaquera-Huerta, H.; Cong-Hermida, M. (2014). Envases inteligentes para la conservación de alimentos. *Ra Ximhai*, 10 (6), 151-173.
- [12] Müller, P.; Schmid, M. (2019). Intelligent packaging in the food sector: A brief overview. *Foods*, 8 (16).
- [13] Progress in food preservation. (2011). R. Bhat, A. K. Alias y G. Paliyath (Eds.). Wiley, ProQuest Ebook Central. Disponible en: <https://ebookcentral-proquest.com.accedys2.bbt.ull.es/lib/bull-ebooks/detail.action?docID=829978>.
- [14] Yousefi, H.; Su, H.; Imani, S. M.; Alkhalidi, K.; Filipe, C. D. M.; Didar, T. F. (2019). Intelligent Food Packaging: A review of smart sensing technologies for monitoring food quality. *ACS Sensors*, 4 (4), 808-821.

- [15] Hernández Silva, M. L.; Guzmán Martínez, B. (2009). Biopolímeros empleados en la fabricación de envases para alimentos. *Publicaciones e investigación*, 3 (1), 103-122.
- [16] Valero-Valdivieso, M. F.; Ortegón, Y.; Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: avances y perspectivas. *Dyna*, 80 (181), 171-180.
- [17] Grujić R., Vujadinović D., Savanović D. (2017) Biopolymers as food packaging materials. En: E. Pellicer et al. (eds), *Advances in applications of industrial biomaterials*. Springer, Switzerland.