



UNIVERSIDAD DE SEVILLA
FACULTAD DE FARMACIA



SISTEMAS DE ENVASADO QUE PRESERVAN EN EL TIEMPO LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ORGANOLÉPTICA DE LOS ALIMENTOS



M^a Esperanza Engelman Durán

SISTEMAS DE ENVASADO QUE PRESERVAN EN EL TIEMPO LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ORGANOLÉPTICA DE LOS ALIMENTOS

TRABAJO FIN DE GRADO

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA PRESENTADA POR M^ª ESPERANZA ENGELMO DURÁN PARA OPTAR
AL TÍTULO DE GRADO DE FARMACIA POR LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA.



Departamento de Química Analítica

Facultad de Farmacia

Universidad de Sevilla

Tutor: Ramón Aparicio Ruiz

Sevilla, Julio de 2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN:	6
1.1 REFERENCIA HISTÓRICA	6
1.2 TIPOS DE ENVASES: COMPOSICIÓN, CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS E INCONVENIENTES ..	7
1.2.1 ENVASES DE VIDRIO	7
1.2.2 ENVASES DE ACERO INOXIDABLE	8
1.2.3 ENVASES DE ALUMINIO	9
1.2.4 ENVASES DE HOJALATA	10
1.2.5 ENVASES DE MATERIALES CELULÓSICOS	11
1.2.6 ENVASES MULTICAPA.....	12
1.2.7 ENVASES “BAG IN BOX” (BIB).....	13
1.2.8 ENVASES DE PLÁSTICO	13
1.2.9 ENVASES COMESTIBLES.....	16
2. OBJETIVOS	18
3. METODOLOGÍA	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1 ENVASES ACTIVOS	20
4.1.1 ABSORBENTES DE O ₂ (OXÍGENO)	22
4.1.2 ABSORBENTES DE CO ₂ (DIÓXIDO DE CARBONO).....	23
4.1.3 ABSORBENTES DE C ₂ H ₄ (ETILENO).....	24
4.1.4 ABSORBENTES DE HUMEDAD Y EXUDADOS	26
4.1.5 ABSORBENTES DE OLORES	28
4.1.6 EMISORES DE ANTIMICROBIANOS	28
4.1.7 EMISORES DE ANTIOXIDANTES	29
4.1.8 EMISORES DE CO ₂ (DIÓXIDO DE CARBONO)	29
4.1.9 ENVASES AUTOCALENTABLES Y AUTOENFRIABLES.....	29
4.2 ENVASES INTELIGENTES	31
4.2.1 INDICADORES DE TIEMPO Y TEMPERATURA.....	31
4.2.2 INDICADORES DE ESTANQUEIDAD (DETECTORES DE FUGAS).....	32
4.2.3 INDICADORES DE FRESCURA	33
4.2.4 INDICADORES DE CRECIMIENTO MICROBIANO	33
4.2.5 INDICADOR DE TEMPERATURA (TINTA TERMOCRÓMICA)	34
4.3 FUTURAS TENDENCIAS	34
5. CONCLUSIONES	35

6. BIBLIOGRAFÍA	36
------------------------------	-----------

RESUMEN

Mediante la elaboración de ésta revisión bibliográfica, se pretende llevar a cabo un estudio de los diferentes métodos de envases que existen actualmente en el mercado destinados a la alimentación. Estos envases, a su vez, deben ser útiles y poseer la característica esencial del mantenimiento de la composición tanto química como organoléptica de los alimentos.

Para ello se ha realizado una selección de artículos científicos, libros relacionados con ésta materia de los métodos de envasado y otros documentos de especial interés en ésta categoría.

Los datos obtenidos han sido organizados dependiendo de las características de éstos envases, de su clasificación, dependiendo si son sistemas convencionales o no, de su empleo, de las ventajas e inconvenientes que aportan a los alimentos, etcétera. De esta forma, se ha incluido toda la información en un mismo documento a modo comparativo.

Seguidamente, se hace una mención especial en los sistemas más novedosos que podemos encontrar en la actualidad, ya que el objetivo de la revisión es la obtención de información acerca de los envases que tengan la capacidad de mantener en condiciones óptimas los alimentos durante largos períodos de tiempo, y aportando información en todo momento al consumidor. Para ello se describen los envases inteligentes (o “smart packaging”), donde se incluyen tanto los envases activos como los envases inteligentes propiamente dichos. Son métodos de envasado donde se aplican sustancias que mantienen los productos durante mayor tiempo en perfectas condiciones, en el caso de los envases activos, o dispositivos que informen acerca del estado de los alimentos que contienen, como por ejemplo la temperatura a la que se encuentra una bebida, del grado de madurez de la fruta envasada, y la presencia o ausencia de ciertos gases en el interior del envase.

Palabras clave: Envase alimentario, envase activo, envase inteligente, absorbentes, emisores.

1. INTRODUCCIÓN:

1.1 REFERENCIA HISTÓRICA

A lo largo de los años, la humanidad ha ido experimentando multitud de cambios en cuanto a su estilo de vida, dando lugar también, a tener que realizar variaciones en sus formas de alimentación. Inicialmente recogían los alimentos cercanos a su entorno y los consumían en el momento. Una vez avanzan en su forma de vida, haciéndola algo más estable y afín a un determinado lugar, es cuando surge la idea de buscar el método para almacenar sus alimentos durante cierto tiempo. Debido a los pocos recursos de la época, los materiales de los que estos envases se componían eran poco complejos, y teniendo que hacer uso de elementos que la naturaleza les ofrecía (hojas, hierbas, madera...), llegando posteriormente a obtenerse envases moldeables a partir de sustancias de origen natural (Risch, 2009): los elaborados con cerámica, ánforas (cuyo origen se traslada a Oriente Medio) (**Figura 1**), y envases de vidrio entre otros (Arvanitoyannis, 2012).



Figura 1. Ánforas. Fuente: recuperada de Brian y Tadajewski (2016).

Sobre el año 79 d.C, los romanos emplean sacos de piel para el transporte de alimentos sólidos y líquidos. Posteriormente, en el año 1200, se emplea como medio de envase para los alimentos la hojalata (Pérez, 2012). Pero fue a raíz de eventos muy importantes como la Revolución Industrial (1760), La Segunda Guerra Mundial (1939-1945) cuando el uso de ciertos materiales se destina al envasado de alimentos, tanto para usos de guerra como para posteriormente emplearlos como sistemas de envasados de alimentos como tal, permitiendo disponer de ciertos productos en cualquier momento, manteniendo adecuadamente así sus características (Risch, 2009). Es importante mencionar que a mitad de estos dos grandes acontecimientos surgen nuevos sistemas de envasado más concretos, como el primer envase destinado a la leche, y años más tarde, nacen los recipientes de vidrio con tapa de aluminio y herméticos para la conservación de alimentos (Pérez, 2012).

La historia del envase se ha visto también influenciada, en cuanto a sus diseños, por multitud de corrientes artísticas. Algunos ejemplos son: Art & Craft (movimiento artístico de origen británico, siglo XIX), Modernismo (siglo XIX), Constructivismo (de origen ruso, siglo XX), Bauhaus (traducido como “casa de construcción”, movimiento de origen alemán, siglo XX), Art Decó (siglo XX) (Pérez, 2012).

1.2 TIPOS DE ENVASES: COMPOSICIÓN, CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS E INCONVENIENTES

1.2.1 ENVASES DE VIDRIO

Elaborado a raíz de la mezcla de varios compuestos inorgánicos naturales. Se llevan a una temperatura superior a sus puntos de fusión y se enfría la mezcla, dando lugar a un compuesto sólido. Se caracteriza por ser duro y quebradizo. El vidrio se compone en su mayoría de dióxido de silicio (SiO_2), comúnmente llamada sílice o arena común. Otros componentes pueden ser: óxido de sodio (Na_2O), óxido de calcio (CaO). La base desde la que parten todos los tipos de vidrio contiene los siguientes porcentajes: óxido de sodio (12%), óxido de calcio (12%), dióxido de silicio (72%) (Sharma, 2020). Dependiendo de los compuestos empleados, podemos encontrar los diferentes colores de vidrio que se muestran en la tabla siguiente (**Tabla 1**):

Tabla 1. Tipos de vidrio dependiendo de los ingredientes empleados. Fuente: recuperada de Povea (2014).

Color	Constituyente
Transparente	CeO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3
Azul	Co_3O_4 , Cu_2O + CuO
Morado	Mn_2O_3 , NiO
Verde	Cr_2O_3 , De_2O_3 + Cr_2O_3 + CuO , V_2O_3
Café	MnO , MnO + Fe_2O_3 , TiO_2 + Fe_2O_3 , MnO + CeO_2
Ámbar	Na_2S , S, carbón
Amarillo	CdS , CeO_2 + TiO_2
Naranja	CdS + Se
Rojo	CdS + Se, Au, Cu, UO_3 , Sb_2S_3
Negro	CO_3O_4 (+Mn, Ni, FE, Cu, óxidos de Cr)

En la **Figura 2** se muestran varios ejemplos de botellas de vidrio de color: verde, negra y amarilla.



Figura 2. Botellas de vidrio. Fuente: recuperada de Thompson y Tech (2010).

Las ventajas que ofrece este tipo de envase son (Sharma, 2020):

- Permite percibir la cantidad del producto que contiene (transparencia)
- Superficie de textura lisa en su mayoría
- Variedad de color de envases
- Impermeabilidad
- Integridad química
- Inodoro
- Facilidad de elaborar diferentes diseños de envases
- Resistente al calor
- Útil para microondas
- No manipulable
- Protección frente a luz UV

En cuanto a los inconvenientes, se pueden destacar (Pinto, 2013; Pérez, 2012):

- Costoso
- Frágil
- No es un material flexible
- Material pesado
- Voluminoso

1.2.2 ENVASES DE ACERO INOXIDABLE

Según Cvetkovski (2012), el acero inoxidable está considerado como uno de los materiales de mayor importancia en la alimentación, ya que está presente en toda la cadena en la industria alimenticia.

Se trata de una aleación de hierro junto a otros materiales, como por ejemplo cromo. Junto a éste elemento (al menos en un 10,5%) forma una película con el oxígeno, ofreciendo protección frente a la corrosión. El níquel es otro elemento que también aumenta esa protección.

Éste material posee ventajas de especial interés en los productos alimenticios, como son:

- Impide la corrosión (película protectora)
- Soporta variaciones de temperatura
- Resistencia mecánica
- Apariencia atractiva
- Multitud de empleos (reciclable)
- No varía las características organolépticas de los alimentos
- Fácil desinfección
- Impermeabilidad

Referente a los posibles inconvenientes, cabe mencionar (Awad et al., 2018; Pérez, 2012):

- Formación de biofilms o biopelículas en la superficie, dando lugar a contaminación de alimentos y, en consecuencia, desencadenar enfermedades (contaminación cruzada)
- Material pesado
- Coste elevado

1.2.3 ENVASES DE ALUMINIO

El aluminio es uno de los elementos más abundantes en la tierra, y a su vez, muy utilizado en la industria (para el envasado de variedad de productos) debido a sus características.

Por otro lado, también hay estudios relacionados con la transferencia de aluminio en los alimentos envueltos con éste tipo de material en formato papel (variable en función de cada alimento), que podría dar lugar al desarrollo de posibles enfermedades debido a la toxicidad generada a nivel de varios sistemas: nervioso, esquelético y hematopoyético. También se estudia la posibilidad de relación del aluminio con la enfermedad de Alzheimer y el cáncer de mama (Ertl y Goessler, 2018).

Este tipo de material puede dar lugar a diferentes estados de los envases (**Figura 3**), como son: envases de aluminio semirrígidos, envases flexibles pero con poco contenido en aluminio y envases flexibles pero con elevado contenido en aluminio (López et al., 2013). También se

encuentra formando parte de otros tipos de envases, como por ejemplo los envases multicapa (tetrabrik) (Sharma, 2020).



Figura 3. Diferentes tipos de envases de aluminio: 1-4 semirrígidos; 5-15 flexibles (poco contenido en aluminio); 16-23 flexibles (mucho contenido en aluminio). Fuente: recuperada de López et al. (2013).

Las ventajas que ofrece este tipo de envase son (Lamberti y Escher, 2007):

- Material ligero
- Facilidad de moldeado (se arruga)
- Se opone a la permeabilidad de gases y vapores (grosor de 15 μm)

En cuanto a los inconvenientes, son los siguientes:

- Poca resistencia
- Presencia de poros pequeños, en ciertos grosores (permeabilidad de gases y vapores)

1.2.4 ENVASES DE HOJALATA

Se trata de un componente importante para la elaboración de envases de lata (**Figura 4**).



Figura 4. Envases de hojalata. Fuente: recuperada de Alonso et al. (2010).

Hay que tener en cuenta el tipo de material a utilizar para su fabricación, ya que es la base para la protección frente a la corrosión. Para ello se emplean materiales de recubrimiento (lacas o barnices) que no transfieran sustancias ni modifiquen las características organolépticas de los alimentos (Povea, 2014).

Las ventajas que ofrecen los envases de hojalata son (Sharma, 2020):

- Material ligero
- Cobertura en su interior con otros materiales protectores (permite mantener las características físicas y organolépticas de los alimentos)
- Permite almacenar los alimentos durante largos períodos de tiempo, con ambiente estéril
- Útil para muchos tipos de alimentos, tanto sólidos como líquidos
- Se pueden esterilizar con el alimento en el interior

En cuanto a posibles inconvenientes, cabe destacar (Povea, 2014):

- Corrosión (se trata de una característica de los materiales metálicos), pero puede verse disminuida mediante el empleo de lacas que protegen de éste fenómeno o barnices.

1.2.5 ENVASES DE MATERIALES CELULÓSICOS

Según Povea (2014), a partir de un elemento natural como es la madera se obtienen: envases de papel y envases de cartón (existiendo diferentes tipos en función de su grosor). Ambos son compuestos biodegradables en su totalidad, ya que están formados por fibras presentes en la madera, tales como: lignina, hemicelulosa y celulosa; aportando a los envases ciertas características.

Las ventajas que poseen éstos sistemas de envases son:

- Reciclables
- Materiales fácilmente amoldables
- Ligeros, estables y resistentes
- Económicos

Los inconvenientes que presentan:

- No aptos para líquidos ni gases
- Absorben humedad

La madera como tal, en cambio, se utiliza en menor medida en la actualidad. Sus funciones básicamente están destinadas a la distribución (en palets) y al transporte.

1.2.6 ENVASES MULTICAPA

Este tipo de envases son muy utilizados en la industria para envasar alimentos. Comúnmente se conocen como “tetrabrik” (**Figura 5**).



Figura 5. Envases multicapa (Tetrabrik). Fuente: recuperada de Jia et al. (2019).

Están compuestos por seis capas de diferentes materiales y con una función determinada: 1) polietileno (impermeabiliza), 2) cartulina (aporta estabilidad a la estructura), 3) polietileno (unión), 4) papel de aluminio (impide la entrada de oxígeno, luz y olores), 5) polietileno (unión), 6) polietileno (sellado) (**Figura 6**). Dependiendo de la finalidad del envase los materiales que los componen son de diferente naturaleza, al igual que los adhesivos empleados. Estos componentes pueden migrar hacia los alimentos que contienen, por lo que es de vital importancia conocer qué compuestos están presentes en el envase, y que posean como característica principal ser inertes (Aznar et al., 2011).

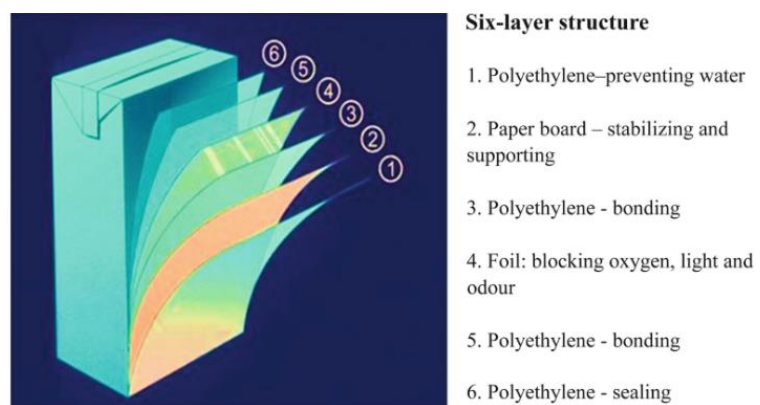


Figura 6. Estructura interna de envase multicapa. Fuente: recuperada de Jia et al. (2019).

Las ventajas que ofrecen estos envases son:

- Protección frente a luz, humedad...
- Mantienen estables las características de los alimentos
- Diferentes formatos: estructura flexible o semirrígida
- Económicos

- Versátiles

En cuanto a inconvenientes:

- Posibilidad de migración de compuestos hacia los alimentos si no se emplean sustancias inertes (Anukiruthika et al., 2020).

1.2.7 ENVASES “BAG IN BOX”(BIB)

Consiste en un tipo de envase dirigido especialmente hacia alimentos líquidos. Se compone de una caja (normalmente de cartón, de distintos tipos) y una bolsa en su interior (de diferentes materiales) (**Figura 7.A**). Para la obtención del producto líquido el envase comprende una válvula o grifo que, a la vez de facilitar la extracción, lo protege del aire que pudiera entrar del exterior (**Figura 7.B**).

Las ventajas que éste tipo de envase ofrece son las siguientes:

- Económico
- Mantiene los productos en buen estado después de abrirlos
- Ofrece comodidad y seguridad
- La caja confiere protección frente a la luz al producto del interior de la bolsa

Los inconvenientes a tener en cuenta son:

- Aspecto poco atractivo del envase
- Necesario un control exhaustivo sobre el oxígeno para evitar posibles alteraciones del producto que contiene (Goñi, 2016).

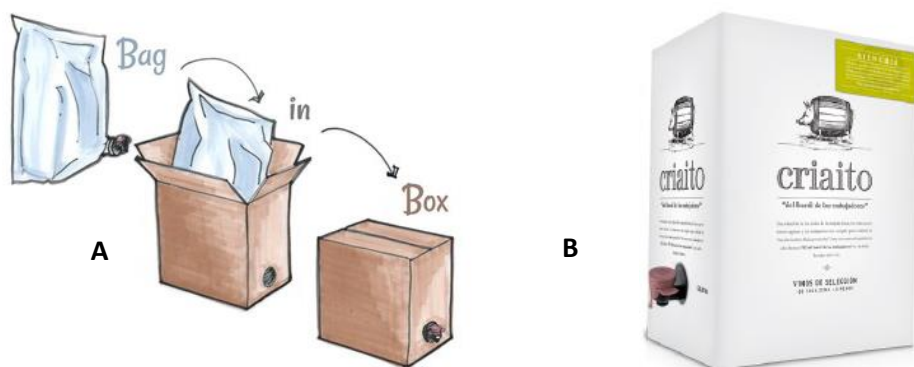


Figura 7. A) Estructura envase BIB (Bag In Box), B) Ejemplo de envase BIB. Fuente: recuperada de Goñi (2016).

1.2.8 ENVASES DE PLÁSTICO

Estos envases están compuestos por polímeros (unidades repetidas de átomos), con la capacidad de ser deformados o moldeados con facilidad, dependiendo de las temperaturas

(termoplásticos) (Povea, 2014). Algunos materiales poliméricos empleados son **(Figura 8)**:

(1) PET o PETE (polietileno tereftalato) es un material plástico que podemos encontrar, por ejemplo, en envases de refrescos, botellas de agua, botes de salsas, botellas de aceites vegetales.

(2) HDPE (polietileno de alta densidad), utilizado para envases de leche, zumos y bolsas.

(3) V o PVC (policloruro de vinilo) empleado, por ejemplo, para la fabricación de envases tipo blíster (medicamentos, alimentos...).

(4) LDPE (polietileno de baja densidad) se encuentra en los envases de frutas y verduras.

(5) PP (polipropileno) forma parte de los envases destinados a yogures, queso fresco, cremas.

(6) PS (poliestireno) empleado en la fabricación de tapas de plástico para envases, bandejas.

(7) OTROS, son elaborados a raíz de distintos materiales plásticos a los mencionados (ChemicalSafetyFacts, 2021).



Figura 8. Diferentes tipos de envases de plástico: A) PET, B) HDPE, C) PVC, D) PP, E) LDPE, F) PS. Fuente: recuperada de ChemicalSafetyFacts (2021).

A continuación se muestran los símbolos que se incluyen en los envases de plástico, haciendo referencia a los diferentes materiales, citados anteriormente, empleados en su fabricación **(Figura 9)** (Pérez, 2012).



Figura 9. Símbolos material plástico. Fuente: recuperada de Pérez (2012).

Los envases plásticos suelen estar compuestos también por otros materiales denominados aditivos. Algunas de sus funciones son: aportar estabilidad, proteger de la exposición a la luz, mejorar la estética. En cambio, algunos de ellos pueden ser perjudiciales para la salud, como es el caso, por ejemplo, de los plastificantes adipato y algunos ftalatos. Para la utilización de estos aditivos, es necesario que las autoridades responsables realicen un control estricto que garantice la seguridad a la población cuando formen parte del envase de productos de alimentación. (Andrady y Neal, 2009).

Las ventajas que ofrecen estos tipos de envases son, por ejemplo:

- Protección de los alimentos
- Alargan la vida útil de los productos (mantienen las características organolépticas)

En cuanto a los inconvenientes, es importante mencionar:

- Difícil reciclaje
- Provocan problemas medioambientales
- Extracción de materiales plásticos procedentes de hidrocarburos no degradables

Como resultado de estas dificultades surge la posibilidad de utilizar plásticos biodegradables (biopolímeros), que se clasifican en tres grupos según su procedencia:

- A partir cultivos o animales: gluten, almidón, caseína, celulosa
- A partir de biomasa: bioplásticos, como: PLA (ácido poliláctico obtenido del maíz)
- A partir de microorganismos: PHA (polihidroxialcanoato), procedente de *Pseudomonas putida*; muy utilizado en la industria farmacéutica. Dentro de éste grupo, el más empleado es el PHB (ácido poli 3-hidroxibutírico) (Hernández y Guzmán, 2009).

Tipos de envases plásticos:

Dentro de éstos tipos de envases podemos encontrar:

- Envase tipo “over-wrap” (o envoltura): económico y simple, consistente en una envoltura (film) y una bandeja. Elaborados a partir de LDPE. Mantiene las propiedades organolépticas de los alimentos. Como factor negativo destacar que no se impide el crecimiento de microorganismos en su interior.
- Envasado al vacío: para ello se emplean máquinas que realicen esta función y materiales de mayor coste. Se trata de un tipo de envasado donde se suprime el oxígeno, impidiendo así la posible alteración de los alimentos y mantener por más tiempo la vida útil de los productos. Inconvenientes a tener en cuenta: capacidad de

deformación de los alimentos al extraer el vacío, y cambios de color en ciertos alimentos que necesitan oxígeno (por ejemplo: carnes frescas).

- Envase en atmósferas modificadas o protectoras: se obtiene mediante la realización de la técnica del envasado al vacío y, posteriormente, se añaden gases, o mezclas de ellos, en el interior a modo de conservación de los alimentos envasados. Las ventajas que ofrece éste método son: mantener la integridad de los productos, posibilidad de utilizarlo con alimentos frescos.

En cuanto a los inconvenientes: la vida útil de los productos es más corta que en el envasado al vacío, y es necesario la incorporación de gases (Roncalés, 2010).

1.2.9 ENVASES COMESTIBLES

Los componentes comestibles utilizados como formas de envase son por ejemplo: polisacáridos (**Figura 10**), lípidos (ceras, resinas...), proteínas (colágeno, gelatina...). Se encuentran formando parte de los alimentos y se pueden consumir. Se presentan en formato de láminas, revestimientos o películas. En éste tipo de envases es muy importante controlar muy bien el factor de la permeabilidad (a la humedad, oxígeno...).



Figura 10. Envase externo comestible elaborado a partir de polisacáridos. Fuente: recuperada de Parente et al. (2016).

Las ventajas que ofrece éste grupo de envases pueden ser:

- Disminución de la contaminación respecto a otros tipos de envases
- Ofrecen seguridad y calidad de los productos que contienen
- Mantienen las características organolépticas de los alimentos

En cambio, como inconveniente, es importante mencionar:

- Algunos alimentos necesitan un segundo envase para asegurar mejor su protección, ya que no ofrecen total seguridad por sí mismos, en ciertos casos, frente a posibles factores externos.

En la industria farmacéutica también se emplea éste tipo de envasados, como es el caso de las cápsulas, tanto de gelatina dura como blanda (Janjarasskul y Krochta, 2010).

A continuación, en la **Tabla 2**, se presentan a modo de resumen las ventajas e inconvenientes de los tipos de envases mencionados anteriormente.

Tabla 2. Comparativa de ventajas e inconvenientes de los diferentes tipos de envases.

TIPOS DE ENVASES	VENTAJAS	INCONVENIENTES
-VIDRIO	Transparente, protección UV, impermeable, inodoro, resistencia al calor, útil microondas	Frágil, costoso, no flexible, material pesado, voluminoso
-ACERO INOXIDABLE	Impide corrosión, soporta variación temperaturas, reciclable, mantiene las características organolépticas de los alimentos, impermeable, fácil limpieza	Formación biofilms, material pesado, coste elevado
-ALUMINIO	Ligero, fácil moldeado, impermeable gases y vapores (grosor 15 µm)	Poca resistencia, presencia poros (menor grosor)
-HOJALATA	Ligero, protección interior, aporta larga duración producto, ambiente estéril, posibilidad esterilizar con alimento interior	Corrosión (para ello empleo de laca o barniz)
-MATERIALES CELULÓSICOS	Reciclables, amoldable, ligeros, estables, resistentes, económicos	No aptos alimentos líquidos ni gases, absorben humedad
-MULTICAPA (Tetrabrik)	Protección frente: luz y humedad, económicos, versátiles, mantienen las características organolépticas de alimentos	Posible migración compuestos hacia alimentos (si no se emplean sustancias inertes)
-“BAG IN BOX”	Económicos, cómodos, mantienen características producto, seguros, protección luz	Poco atractivos, control exhaustivo del oxígeno (evitar alteraciones del contenido)
-PLÁSTICO:	Protección, mantienen las características organolépticas de alimentos	Difícil reciclaje, problemas medioambientales
“OVER-WRAP”	Económico, sencillo	No impide crecimiento de microorganismos
ENVASE AL VACÍO	Suprime oxígeno, alarga vida útil alimentos	Deformación alimentos, cambio color por falta oxígeno (carnes)
ENV. ATMÓS.F. MODIFICADA	Mantiene integridad alimento, útil con alimentos frescos	Vida útil más corta que envases al vacío, incorporación gases
-COMESTIBLES	Menos contaminantes que otros envases, seguridad, calidad	Necesitan un segundo envase que mejore la protección

2. OBJETIVOS

Este trabajo, basado en una revisión bibliográfica, tiene por objetivo principal conocer y analizar los distintos envases utilizados, para preservar en el tiempo la composición química y organoléptica de los alimentos. Para ello se abordarán los siguientes subobjetivos:

1. Analizar los diferentes métodos más convencionales de envasado de alimentos, describiendo sus características, sus ventajas y posibles inconvenientes.
2. Estudiar detalladamente los sistemas de envasado de alimentos más novedosos, y que a su vez, siguen en estudio en la actualidad para realizar las mejoras pertinentes, como son los sistemas activos e inteligentes. En este punto se realiza un análisis más exhaustivo sobre los envases más empleados en el mercado.
3. Profundizar en el estudio de los tipos de envases activos de uso más frecuente, como son los sistemas absorbentes, los emisores y los reguladores de la temperatura, entre los cuales, respectivamente, se encuentran diferentes subtipos.
4. Distinguir y analizar los diferentes envases inteligentes más demandados actualmente.
5. Destacar las futuras tendencias sobre los sistemas de envasados.

3. METODOLOGÍA

Para la realización de ésta revisión bibliográfica se ha procedido a efectuar un análisis exhaustivo de artículos, revistas científicas, páginas webs, así como también libros acerca de los sistemas de envasado convencionales y novedosos.

En primer lugar, se ha recopilado información de forma general acerca de los sistemas de envasado, y posteriormente, se ha procedido a completar con información más objetiva y detallada.

Para llevar a cabo ésta búsqueda de información se ha hecho uso de distintos recursos, empleando las palabras claves, anteriormente mencionadas, así como sus equivalentes en inglés. Las herramientas empleadas son las siguientes:

-Base de datos:

- Scopus

- Buscadores:

- Google Académico
- PubMed

-Bibliotecas virtuales:

- Biblioteca online de la Universidad de Sevilla (Catálogo Fama)

-Traductor:

- Google Traductor

-Páginas webs de organismos oficiales:

- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad
- Ministerio de Consumo: AESAN (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición)
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo: EOI (Escuela de Organización Industrial)
- Junta de Andalucía: Conserjería de Agricultura, Pesca y Desarrollo (Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN: SISTEMAS DE ENVASADO QUE PRESERVAN EN EL TIEMPO LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ORGANOLÉPTICA DE LOS ALIMENTOS

Como resultado de la búsqueda de mejoras en la calidad, seguridad, características químicas y organolépticas de los alimentos, sin renunciar a los alimentos frescos y naturales por parte de los consumidores, salieron al mercado los envases inteligentes y activos. Sustituyen a los envases tradicionales, que actúan como una barrera inerte que aísla a los productos envasados del medio ambiente. De esta manera, se aumenta la vida útil de los alimentos envasados (Palou et al., 2010).

Los requisitos legislativos que deben cumplir estos envases para su correcta comercialización y empleo, deben verse reflejados en el Reglamento (CE) N° 450/2009 de la comisión de 29 de mayo de 2009 sobre materiales y objetos activos e inteligentes destinados en contacto con alimentos. Éste reglamento establece que las sustancias empleadas y que realizan la función correspondiente tanto en envases activos como inteligentes: *“deben someterse a evaluación para garantizar que son seguras y que cumplen los requisitos establecidos en el Reglamento (CE) N° 1935/2004”* (El Reglamento (CE) N° 1935/2004 trata *“sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos”*). De esta forma, los compuestos empleados deben estar presentes en una lista elaborada con las sustancias autorizadas por las autoridades competentes (Reglamento (CE) N° 450/2009; Ainia, 2015). Esta normativa también impone como obligatoria la aparición del símbolo de “No ingerir” en el etiquetado de estos envases (González, 2017).

4.1 ENVASES ACTIVOS

Se denominan envases activos a los tipos de envases que incluyen compuestos o aditivos que van a prolongar la vida útil, manteniendo e incluso mejorando, la seguridad, las propiedades sensoriales y la calidad de los alimentos que contienen (Sharma, 2020), protegiéndolos frente a: oxidación, crecimiento de microorganismos, humedad, etcétera. **(Tabla 3)**. Estos envases van a interactuar con los productos que contienen, por ello se definen como sistemas inteligentes, ya que van a cambiar el estado de los alimentos envasados de forma que se mantenga su calidad (Arvanitoyannis, 2012).

Tabla 3. Algunos ejemplos de las soluciones que aporta el envasado activo de alimentos. Fuente: recuperada de Pradas y Moreno (2016).

Problema de calidad	Solución de envasado activo
Oxidación	Sistema absorbedor de oxígeno Sistema emisor de antioxidantes
Maduración prematura	Sistema absorbedor de etileno Sistema emisor de dióxido de carbono
Desarrollo de microorganismos	Sistema emisor de antimicrobianos Sistema emisor de dióxido de carbono
Humedad/condensación	Sistema absorbedor de humedad Sistema regulador de humedad

Estos compuestos o aditivos, según dónde estén situados, dan lugar a que se diferencien los envases en dos grupos (Robertson, 2012):

1. Los envases donde los compuestos activos están dispuestos en almohadillas, sobres o etiquetas que se van a depositar en el interior del embalaje junto con el producto que contienen. A pesar de ser éste el método más utilizado, varios inconvenientes que presentan son: la imposibilidad de aplicar estos compuestos activos en alimentos líquidos, y en envases que contienen una película, por existir la posibilidad de quedar adherida la almohadilla o sobre en otra zona, y por tanto, aislarse del lugar donde debe ejercer su función. La solución a ésta última desventaja consiste en pegar éstos dispositivos a la pared del envase.
2. Los envases donde los compuestos activos (o aditivos) se incorporan directamente en el propio material del embalaje. No hay presencia de sobres o almohadillas.

Según Pradas y Moreno (2016), algunos de los envases activos más empleados, se clasifican en:

- Sistemas absorbentes, donde se van a eliminar sustancias no deseadas. Ejemplos: oxígeno, dióxido de carbono, etileno, humedad y exudados, olor.
- Sistemas emisores, donde se agregan sustancias como por ejemplo: antimicrobianos, antioxidantes, dióxido de carbono.
- Sistemas reguladores de la temperatura: envases autocalentables y autoenfriables.

4.1.1 ABSORBENTES DE O₂ (OXÍGENO)

A pesar de ser necesario el O₂ para que se lleven a cabo en los alimentos, procesos bioquímicos y metabólicos, presenta algunos inconvenientes cuando se encuentra en altos niveles, como por ejemplo: induce al crecimiento de microorganismos, enrancia las grasas, provoca que las vitaminas se oxiden, etcétera; afectando negativamente a la vida útil de los alimentos (Alonso et al., 2010) y, por tanto, modificando la características organolépticas de estos (Drago et al., 2020).

Para evitar o intentar disminuir estos problemas relacionados con el O₂, se emplean los denominados absorbentes de O₂. Se trata de una técnica muy eficaz para el control de éste gas, situado en el espacio de cabeza de los envases. Su utilización, junto a otras tecnologías relacionadas con el envasado, puede dar lugar a niveles muy reducidos de O₂ (imposibles de lograr con otros procedimientos, como ocurriría con el envasado al vacío) (Alonso et al., 2010).

Dentro de los sobres o bolsitas se encuentra, en este caso, polvo de hierro (el más utilizado) (**Figura 11**) o ácido ascórbico, y catalizadores. También es importante la presencia de agua (agregada o absorbida de los alimentos). La reacción de oxidación que se produce entre las sales ferrosas y el oxígeno, dando lugar a óxido de hierro es la siguiente (Robertson, 2012; González, 2011):

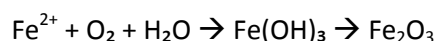


Figura 11. A) Saquito absorbedor de O₂ (con polvo de hierro), B) Saquito absorbedor de O₂ situado en el interior del envase. Fuente: recuperada de Pradas y Moreno (2016).

De ésta manera, se va a disminuir o eliminar la concentración de O₂ (inferior al 0,01%), pasando a ser un óxido estable, en el espacio de cabeza de los envases.

Existen diferentes tamaños en el mercado de sobres con absorbentes de O₂. Un gramo de hierro va a reaccionar con 300 mL de O₂ aproximadamente. Para la elección del tamaño de sobre adecuado hay que tener en cuenta los siguientes factores: naturaleza del alimento, actividad de agua (a_w) del alimento, O₂ disuelto en el alimento, tiempo de vida útil estimado

para ese alimento, concentración de O₂ inicial en el espacio de cabeza del envase y permeabilidad del material que constituye el envase.

El desarrollo de los sistemas absorbentes de O₂, también en formato de etiquetas adhesivas, ha dado lugar a una mejor aceptación en la industria comercial, debido a la disminución del riesgo de posible ingestión en las formas de sobres o bolsitas (aun siendo un riesgo mínimo ya que en él se indica claramente que no se deben ingerir).

Estos sistemas para la absorción de O₂ se emplean en alimentos tales como: carnes y pescados (frescos o cocinados), pizzas, alimentos secos, bollería, alimentos en polvo o deshidratados, etcétera. (Robertson, 2012).

Por otro lado, algunas desventajas de éste tipo de sistemas empleados en la absorción de O₂ son: posibilidad de contaminación de los alimentos por rotura del sobre o bolsita accidentalmente (mejorado con los sistemas en formato etiqueta mencionados anteriormente), imposibilidad de calentamiento en microondas, interacción con detector de metales (Drago et al., 2020) y la aportación de sabor metálico a los alimentos (González, 2011).

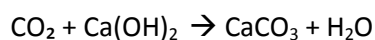
En otros casos, los absorbentes llevan acoplados sistemas enzimáticos, como es por ejemplo la glucosa oxidasa (oxidorreductasa), encargada de eliminar O₂. Como inconveniente, cabe destacar que pueden verse afectada por diferentes variables, tales como: pH, temperatura, contenido en sal, actividad de agua (a_w). Por otro lado, es importante destacar la necesidad de adición de agua para su correcto funcionamiento, puesto que no sería eficaz en alimentos de bajo contenido en agua. Se emplean para eliminar el O₂ en vinos y cervezas (Vermeiren et al., 1999).

4.1.2 ABSORBENTES DE CO₂ (DIÓXIDO DE CARBONO)

La eliminación de CO₂ (gas generado durante la respiración de algunos vegetales de forma excesiva) del espacio de cabeza (espacio resultante entre la parte superior del alimento envasado y la parte inferior de la tapa del envase) es importante para mantener la calidad y prolongar la vida útil de los alimentos envasados (Ainia, 2015).

Si se acumula el gas, a elevadas concentraciones, puede dar lugar al crecimiento de microorganismos anaerobios (produciendo cambios de olor, color, en los alimentos). Para ello, los sistemas absorbentes de CO₂, dispuestos en bolsitas o saquitos, contienen en su interior agentes químicos como: hidróxido de calcio (Ca(OH)₂), hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de potasio (KOH), carbonato sódico (Na₂CO₃), y agentes físicos como: carbón activo (Pradas y

Moreno, 2016) y zeolitas. Como ejemplo, podemos observar la reacción que se produce entre el CO₂ y Ca(OH)₂ (el agente más utilizado), la cual, da lugar a carbonato cálcico (CaCO₃), por ser una reacción de carbonatación (Robertson, 2012; Arvanitoyanis, 2012):



Estos sistemas, aunque de menor uso que otros absorbentes, se emplean en el envasado de ciertos alimentos, debido a que la presencia de CO₂ a elevadas concentraciones puede producir la deformación y rotura de los envases. Los alimentos son: café (la producción de CO₂ que se genera en el café torrefacto, por la reacción de Maillard en el proceso de tostado), productos frescos como la carne y pescado, frutos secos (Ainia, 2015; Robertson, 2012; Pradas y Moreno, 2016).

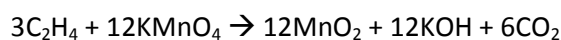
Un inconveniente que presenta la utilización de Ca(OH)₂ como agente químico absorbente es la eliminación del CO₂ del envase de forma irreversible, pudiendo provocar cambios de ciertas características de los alimentos, como es el caso del sabor. Para ello, es interesante aplicar en casos donde no se quiera ver alterada ninguna característica, un absorbente físico como carbón activo o las zeolitas (Arvanitoyanis, 2012).

4.1.3 ABSORBENTES DE C₂H₄ (ETILENO)

El etileno (hidrocarburo insaturado) es un gas que está presente en los vegetales, ya que es liberado por éstos alimentos, y es el encargado de producir diferentes efectos, beneficiosos y negativos. Interviene, positivamente, en el crecimiento, en el desarrollo de órganos subterráneos, la maduración de los frutos; por el contrario, afecta de forma negativa en la aceleración del proceso de maduración, reblandece los tejidos (modificaciones de las texturas), y mediante la clorofila, que se va degradando, se producen desperfectos en las frutas y verduras como: manchas de color marrón o amarillas, cambios de sabor, que hacen que la calidad de los alimentos se vea deteriorada. También es importante tener en cuenta la capacidad del etileno de inhibir compuestos destinados a evitar el crecimiento de hongos (antimicóticos) (Drago et al., 2020; Alonso et al., 2010; Robertson, 2012; Rivera, 2020).

Algunos ejemplos de sustancias con capacidad para absorber etileno son: permanganato potásico (KMnO₄), paladio, ozono, carbón activo o arcillas como la zeolita. Las dos últimas empleando la técnica de adsorción, diferente a la empleada por el KMnO₄, que es mediante absorción.

El método más común y económico es el empleado con el KMnO_4 . Éste agente, mediante una reacción de oxidación, elimina el etileno presente en el envase. La reacción que produce es la siguiente (Alonso et al., 2010; Rivera, 2020):



El efecto del etileno se observa, principalmente, en frutas y verduras. Dependiendo de la producción de etileno, éstos alimentos se pueden clasificar como climatéricos (por ejemplo: manzana, aguacate, chirimoya, kiwi...) o no climatéricos (por ejemplo: fresas, coliflor, alcachofa, sandía...); donde las climatéricas producen mayor cantidad de etileno que las denominadas no climatéricas. Algunos ejemplos de las modificaciones que provoca la presencia etileno respecto a la presencia de absorbentes de éste compuesto sobre los alimentos son: variaciones de la textura o firmeza (**Figura 12**), modificaciones en la cantidad de vitamina C, cambios de color (en la lechuga aparecen manchas color marrón (**Figura 13**)), modificaciones del pH.

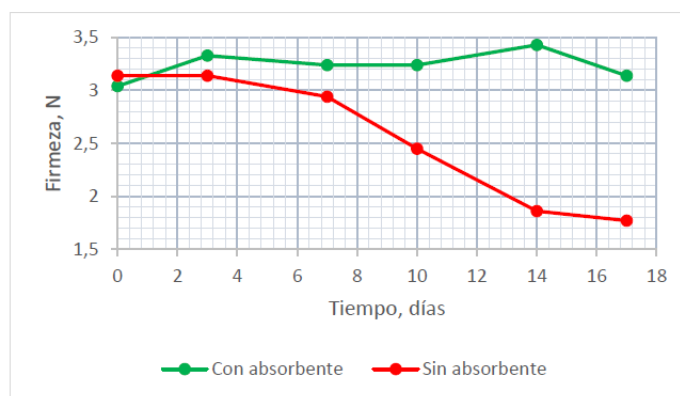


Figura 12. Comparación de la firmeza en Kiwis conservados con absorbentes de etileno y sin absorbentes. Fuente: recuperada de Rivera (2020).



Figura 13. A) Lechuga envasada con absorbente de etileno 17 días, B) Lechuga sin absorbente después de 17 días.

Fuente: recuperada de Rivera (2020).

Los absorbentes de etileno se pueden encontrar en el interior de los envases dentro de saquitos (dispuestos sobre un soporte que presente poros, como gel de sílice) o incorporados sobre el material del que está compuesto el envase (sobre una matriz polimérica). Nunca

deben estar en contacto directo con los alimentos, ya que por ejemplo, el permanganato potásico es un compuesto muy tóxico (Rivera, 2020).

Respecto a los absorbentes dispuestos en formato de saquitos o bolsitas, es importante mencionar dos de ellos fabricados en España: el sistema Green Keeper, fabricado por la empresa Super Bio Star S.A. ; y el sistema Ethyl Stopper (**Figura 14**), realizado por la empresa Bioconservación S.A. (Pradas y Moreno, 2016).



Figura 14. Saquitos absorbentes de etileno Ethyl Stopper (España). Fuente: recuperada de Pradas y Moreno (2016).

4.1.4 ABSORBENTES DE HUMEDAD Y EXUDADOS

Es muy importante el control de la humedad en el interior de los envases, ya que un exceso podría dar lugar a alteraciones en las características químicas y organolépticas de los alimentos (apelmazamiento en productos liofilizados y en polvo, reblandecimiento en productos crujientes), y crecimiento de microorganismos (Galiana, 2016; Pradas y Moreno, 2016).

La acumulación de vapor de agua (producto de variaciones de temperatura, y a la respiración de alimentos frescos) en el interior de los envases dependerá de la permeabilidad del mismo. Si el grado de permeabilidad es bajo, se acumulará mayor cantidad de vapor (Galiana, 2016). Dependerá, por tanto, del alimento envasado, ya que algunos tales como pescados y carnes frescas deben mantener mayores niveles de humedad para evitar la desecación. También es muy importante el control de los exudados de carnes y pescados, ya que la presencia de líquidos en el interior del envase resta atracción en los clientes, aumentando también el riesgo de deterioro de los productos (Gaikwad et al., 2019; Ainia, 2015).

Existen en el mercado diferentes formatos para tener bajo control el porcentaje de humedad de los envases:

Absorbentes de humedad: controlan el líquido procedente de exudados de alimentos frescos y el agua condensada de los vegetales envasados. Se trata de una estructura en forma de almohadilla (**Figura 15**) que se sitúa sobre la bandeja del envase, capacitada para la retención

de estos líquidos mencionados. Se compone (**Figura 16**): dos capas (superior e inferior) perforadas de polietileno o propileno, y entre ellas, un material muy absorbente y granular, como son: sales de poliacrilato, copolímeros de almidón o amidas modificadas (González, 2011; Ainia, 2015).



Figura 15. Sistema absorbente de humedad en formato almohadilla. Fuente: recuperada de González (2017).

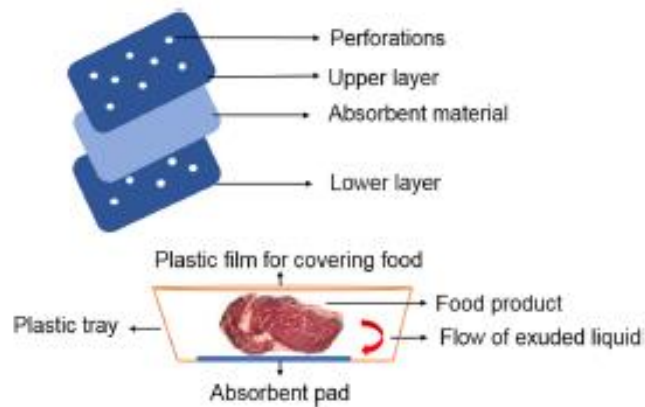


Figura 16. Esquema de los componentes de una almohadilla absorbente de humedad. Fuente: recuperada de Gaikwad et al. (2019).

Plásticos con aditivos antivaho: el objetivo es mantener la visibilidad del contenido del interior del envase impidiendo la condensación del vapor de agua (**Figura 17**). Para ello, se emplean etoxilatos no iónicos o monoglicéridos, donde la parte apolar de la molécula se va a adherir al plástico y la polar a la interfase.



Figura 17. Comparación de envases sin aditivos y con aditivos antivaho. Fuente: recuperada de Catalá (2010).

Reguladores de la humedad: se emplean con la finalidad de reducir la humedad relativa, con el empleo de ciertas sustancias, que rebajen la actividad del agua (a_w) en el interior del envase. De esta forma, se impide el crecimiento de microorganismos no deseables en los alimentos y su consecuente modificación de las características organolépticas y químicas.

Las sustancias que se pueden incorporar en el interior de sobres o etiquetas en los envases son: gel de sílice o dióxido de silicio (SiO_2), óxido de calcio (CaO) y cloruro sódico (NaCl) (Ainia, 2015).

4.1.5 ABSORBENTES DE OLORES

Se trata por ejemplo, de ácido ascórbico y ácido cítrico, empleados para reducir el olor que desprenden las aminas volátiles del pescado o el olor procedente de la oxidación de lípidos. Es importante señalar que no está permitido el empleo de estos absorbentes para la eliminación de olores no deseables, ya que ocultan en cierta medida que los alimentos puedan encontrarse en mal estado y pueden dar lugar a confusiones (Robertson, 2012; González, 2017).

Por otro lado, existe la posibilidad de añadir aromas en el propio material del que está fabricado el envase, mejorando así las características organolépticas de los alimentos (Ainia, 2015).

Igualmente se llevaría a cabo el proceso para la eliminación de sabores desagradables, como ocurre con los zumos elaborados con cítricos, donde la limonina les confiere un sabor amargo tras la pasteurización y posterior almacenamiento. Para solventar este problema se emplean recubrimientos de celulosa en los envases (Catalá, 2010; Ainia, 2015).

4.1.6 EMISORES DE ANTIMICROBIANOS

Son agentes importantes para que permanezcan en buen estado las características organolépticas de los alimentos, y garanticen la seguridad hacia los consumidores, ya que pueden verse alterados por la presencia de microorganismos que causen su deterioro (Drago et al., 2020). Mediante el empleo de estos agentes antimicrobianos, se van a inhibir el crecimiento de los microorganismos que van a ejercer una función negativa sobre los alimentos envasados. Para ello, se aplican sobre algún soporte (saquitos) o directamente sobre el material empleado para la fabricación del envase (polímeros antimicrobianos) (Ahvenainen, 2003).

El objetivo es conseguir seguridad, calidad y alargar la vida útil de los alimentos. Dependiendo del tipo de microorganismo patógeno que pueda afectar a determinados alimentos, se emplea un agente antimicrobiano diferente; al igual que también es importante conocer la función específica de ese agente (algunos suprimen vías metabólicas, otros alteran estructuras

celulares...). Algunos ejemplos de los agentes antimicrobianos que se emplean frecuentemente son: enzima lisozima, la proteína lactoferrina, zeolitas, ácido benzóico, ácido propiónico, etanol (Ahvenainen, 2003; Ainia, 2015). Estos agentes deben cumplir una serie de requisitos para su correcto uso, tales como: ser antimicrobianos de amplio espectro, ser efectivos a bajas concentraciones, económicos, además de su aprobación por las autoridades competentes para su empleo en alimentación.

Los alimentos que requieren este tipo de sustancias en los envases son por ejemplo: carnes y pescados frescos, frutas, quesos, bebidas, y pan (Ainia, 2015).

4.1.7 EMISORES DE ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes se emplean, como su propio nombre indica, para evitar o prevenir que los alimentos envasados se oxiden, ya que se deteriorarían con facilidad y la calidad de los productos se vería afectada negativamente.

Existen diferentes formatos para la aplicación de antioxidantes en los envases: en bolsitas, incorporados directamente sobre el propio material del envase, o en etiquetas. Estos formatos surgen como una novedosa y segura alternativa a la incorporación directa de antioxidantes sobre los alimentos (afectando a las características organolépticas y produciendo el rechazo de los consumidores sobre la aplicación de sustancias químicas en los productos que van a consumir) (Realini y Marcos, 2014).

4.1.8 EMISORES DE CO₂ (DIÓXIDO DE CARBONO)

Con la emisión de niveles elevados de CO₂ (entorno a un 10-80%) se consigue reducir el crecimiento de microorganismos en los alimentos envasados, aumentando así el tiempo de vida útil de estos. Se puede decir que actúa dando lugar a un efecto antimicrobiano (Realini y Marcos, 2014).

Para ello se emplean sobres, que se introducen en el interior de los envases, y que van a contener bicarbonato sódico (NaHCO₃) (Alonso et al., 2010).

Éste método se emplea para envasar alimentos frescos como carnes, pescados, mariscos, frutas y verduras (Realini y Marcos, 2014; Alonso et al., 2010).

4.1.9 ENVASES AUTOCALENTABLES Y AUTOENFRIABLES

Se trata de un tipo de envase empleado habitualmente en alimentos o bebidas como chocolate, café, té; cuya reacción exotérmica en su interior va a permitir calentar el alimento o bebida (Pinto et al., 2009).

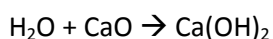
El envase consta de varias partes (**Figura 18**): una va a contener la bebida o alimento, y otra que, a su vez, es una doble cámara donde se encuentran, por un lado, el agua y en otro, la

sustancia que provoque la reacción. Como resultado, se produce una reacción química con desprendimiento de calor. El agua va a estar aislada del reactivo hasta que el consumidor decida que la bebida o el alimento se caliente (Prolongo y Pinto, 2010). Para ello, el envase dispone de un pistón, que una vez se pulsa se desencadena la reacción. La bebida o alimento se sitúa en el interior de un recipiente de aluminio, y a su vez, de otro recipiente de polipropileno. El aluminio va a actuar como un buen conductor térmico, mientras que el propileno como un mal conductor (Pinto et al., 2009).



Figura 18. Esquema del interior de un envase autocalentable. Fuente: recuperada de Pinto et al. (2009).

Para llevar a cabo la reacción exotérmica que se produce en este tipo de envases, es necesario la presencia de: agua (H₂O) y óxido de calcio (CaO). Como resultado de la reacción se origina hidróxido de calcio (Ca(OH)₂):



El calor resultante del proceso perdura durante aproximadamente 20 minutos, aunque actualmente están elaborándose envases de éste tipo que aumenten el tiempo de permanencia del calor (González, 2017).

Es de destacar, la empresa española Fast Drinks, ya que desde 2009 comercializa envases autocalentables con nombre comercial de 2GO (**Figura 19**) (Prolongo y Pinto, 2010).



Figura 19. Envase autocalentable de 2GO. Fuente: recuperada de González (2017).

En cuanto a los envases autoenfriables (**Figura 20**), el esquema es similar al que siguen los envases autocalentables, descritos anteriormente. La diferencia existe en la reacción que se

produce, en este caso endotérmica (se va absorber el calor), para enfriar la bebida que contiene el envase. Para ello, es necesaria la presencia de agua (H₂O) y nitrato de amonio (NH₄NO₃). En pocos minutos consiguen bajar aproximadamente once grados la temperatura del producto envasado. Como consecuencia de ésta reacción se obtiene ion amonio (NH₄⁺) e ion nitrato (NO₃⁻) (Prolongo y Pinto, 2010):

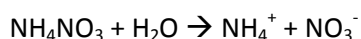


Figura 20. Envase autoenfriable. Fuente: recuperada de Pradas y Moreno (2016).

4.2 ENVASES INTELIGENTES

Los envases inteligentes monitorizan los procesos que puedan alterar el estado de los alimentos envasados, proporcionando información acerca de la calidad, y controlando la seguridad de los productos (verificando la situación en la que se encuentran los envases) para transmitir esta información a los consumidores (Rodríguez et al., 2014).

Algunos de los envases inteligentes más comunes y de mayor uso en el mercado son: indicadores de tiempo y temperatura, indicadores de estanqueidad (detectores de fugas), indicadores de frescura, indicadores de crecimiento microbiano, e indicador de temperatura (tinta termocrómica) (Palou et al., 2010; Cortés, 2017).

4.2.1 INDICADORES DE TIEMPO Y TEMPERATURA

Se trata de un dispositivo adhesivo (**Figuras 21 y 22**) que se sitúa en los envases, cuyo objetivo es medir cambios, irreversibles y que se puedan reproducir, que dependen del tiempo y de la temperatura. Es importante tener en cuenta que con temperaturas elevadas se ve afectada la calidad y la seguridad de los productos, ya que se va a ver incrementada la velocidad de las reacciones metabólicas y también el crecimiento de microorganismos (Palou et al., 2010). Con la presencia de estos indicadores se va a poder observar si el producto envasado ha perdido por ejemplo, la cadena del frío, o si el alimento lleva mucho tiempo en el envase para su consumo (Cortés, 2017).



Figura 21. Indicador de tiempo-temperatura Fresh-Check®: la figura coloreada por completo indica que no debe consumirse el alimento envasado. Fuente: recuperada de Cortés (2017).



Figura 22. Indicador de tiempo-temperatura (adhesivo color rojo sobre la tapa del envase). Fuente: recuperada de Gutiérrez (2011).

4.2.2 INDICADORES DE ESTANQUEIDAD (DETECTORES DE FUGAS)

Dentro de este grupo, los más utilizados van a ser los indicadores de O_2 y CO_2 , empleados para indicar el correcto envasado de los alimentos y la eficiencia de los absorbentes de O_2 . A la vez que indican si hay o no fugas en el envase, también van a controlar el estado en el que se encuentran los productos.

Para realizar éste control, en el indicador (en formato etiqueta) se produce un viraje de color (**Figura 23**), consecuencia de una reacción enzimática o química. Es necesario para ello el empleo de un colorante tipo redox como es por ejemplo el azul de metileno (Galiana, 2016).

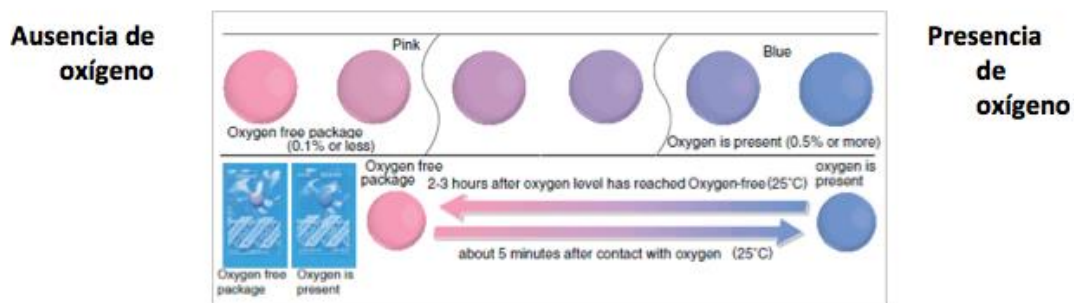


Figura 23. Indicador de fugas: el color azul indica la presencia de O_2 en el envase, el color rosa indica que el envase está libre de O_2 . Fuente: recuperada de Cortés (2017).

4.2.3 INDICADORES DE FRESCURA

Se trata de un soporte en formato etiqueta que controla la calidad, frescura y grado de deterioro de los productos envasados. Se basan en los cambios que se van a dar en los alimentos como consecuencia de su metabolismo (compuestos volátiles procedentes del envejecimiento de los alimentos, como por ejemplo: aminas en el pescado, amoníaco, ácido sulfhídrico...) o debido al crecimiento de microorganismos (González, 2017).

Un ejemplo de indicador comercializado es RipeSense® (**Figura 24**), destinado al control de la fruta climatérica. Este sensor va a provocar cambios de color en la etiqueta, desde rojo, naranja, hasta amarillo (el grado donde se encontrará la fruta más madura o jugosa). El viraje de color se produce como respuesta a los compuestos que va a proporcionar la fruta durante su maduración, por lo que también se denominan indicadores de madurez. De esta forma se puede elegir a la hora de adquirir el producto el grado de madurez y el color (Rodríguez et al., 2014).



Figura 24. Indicador de frescura de frutas RipeSense®. Fuente: recuperada de Galiana (2016).

4.2.4 INDICADORES DE CRECIMIENTO MICROBIANO

Este tipo de indicadores, van a establecer un control sobre el crecimiento de microorganismos que alteren los alimentos o microorganismos patógenos.

Se trata de una etiqueta, que se activará al producirse un aumento por ejemplo en: cantidad de microorganismos presentes en el envase, compuestos volátiles procedentes del metabolismo de los alimentos, variaciones en el pH; ya que de esta forma el envase nos estaría indicando que la calidad y seguridad del alimento no es la idónea para su consumo (Galiana, 2016).

4.2.5 INDICADOR DE TEMPERATURA (TINTA TERMOCRÓMICA)

Se trata de un envase o una etiqueta (**Figura 25**) con un tipo de tinta, denominada termocrómica, que va a virar de color cuando el envase se ve expuesto a diferentes temperaturas. Esta variación de color puede ser de dos tipos: irreversible (indica de forma continua el cambio de color debido al cambio de temperatura) o reversible (puede volver a variar de color cuando la temperatura varía) (Cortés, 2017).



Figura 25. Indicador de temperatura (tinta termocrómica), donde la etiqueta cambia de color blanco a azul cuando la bebida alcanza la temperatura óptima de consumo. Fuente: recuperada de Cortés (2017).

4.3 FUTURAS TENDENCIAS

El descubrimiento y aplicación de éstos nuevos sistemas de envasado ha llevado a la industria a incorporar nuevos avances, como es el empleo de nanomateriales (arcillas, celulosa, almidón...) para la fabricación de nuevos envases que aporten aún mejor protección y conservación de los productos.

Estos nanomateriales no aportan sustancias químicas adicionales para la conservación de la calidad y extender durante más tiempo la vida útil de los alimentos.

Otra ventaja que aportan estos avances en los envases, y de mucha importancia, hace referencia a la biodegradabilidad de los materiales y, por tanto, por su contribución por la seguridad y respeto medioambiental, ya que van a ser materiales ecológicos o también denominados “nanocompuestos verdes”.

Como inconveniente, hay que destacar su elevado coste comparado con otros materiales sintéticos o tradicionales (Camacho et al., 2011).

5. CONCLUSIONES

Una vez realizada y analizada ésta revisión bibliográfica, se obtienen las siguientes conclusiones:

Primera.- La creación de envases activos e inteligentes ha surgido como consecuencia del desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, atendiendo a las necesidades tanto a nivel de industria alimentaria como de los propios consumidores. Ambos colectivos van a tener como objetivo vender o adquirir, respectivamente, alimentos seguros y que se mantengan en buen estado.

Segunda.- Estos envases, tienen como finalidad aportar información y mantener a los alimentos en plenas condiciones, conservando sus características químicas y organolépticas, siempre partiendo de productos que se encuentren inicialmente en estado óptimo.

Tercera.- Por otro lado, los envases activos e inteligentes, no se han desarrollado con el objetivo de prolongar la vida útil de productos que de por sí, antes de su envasado, no se encontraban en perfecto estado. No van a mejorar la calidad de los alimentos una vez que ya estén alterados.

Cuarta.- Las futuras tendencias dedicadas al empleo de nanomateriales, aportan muchas ventajas sobre los envases anteriores, de entre ellas destacar: la mejora medioambiental, al ser materiales biodegradables; no aportan componentes químicos en el interior de los envases, ni sobre los materiales empleados para la fabricación del mismo.

Quinta.- El desarrollo de los envases más novedosos: activos, inteligentes y los que emplean la nanotecnología, respecto a los tradicionales, aportan muchas ventajas a la industria y comercio, pero en cambio, a pesar de los estudios y avances realizados, el empleo de estos sistemas no está totalmente integrado en la actualidad debido a los elevados costes de algunos de los elementos que los conforman.

6. BIBLIOGRAFÍA

Ahvenainen R. Novel Food Packaging Techniques [Internet]. Cambridge: Woodhead Publishing; 2003 [Consultado 3 Mayo 2021]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=6RWkAgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false

Ainia Centro Tecnológico. Informe de vigilancia tecnológica: Tendencias en la tecnología de envasado activo. Madrid: Fundación EOI; 2015.

Alonso C, Álvarez I, Björkroth J, Capita R, Catalá R, Cocero MJ et al. Nuevas tecnologías en la conservación y transformación de los alimentos. 1ª ed. Burgos: Universidad de Burgos; 2010.

Andrady A, Neal M. Applications and societal benefits of plastics. *Phil Trans R Soc B*. 2009; 364 (1526):1977-1984.

Anukiruthika T, Sethupathy P, Wilson A, Kashampur K, Moses J, Anandharamakrishnan C. Multilayer packaging: Advances in preparation techniques and emerging food applications. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2020; 19 (3): 1156-1186.

Arvanitoyannis I. Modified Atmosphere and Active Packaging Technologies [Internet]. Boca Raton: CRC Press; 2012 [Consultado 25 de Febrero de 2021]. Disponible en: <https://ebookcentral--proquest--com.us.debiblio.com/lib/uses/reader.action?docID=945463>

Awad T, Asker D, Hatton B. Food-safe modification of stainless steel food processing surfaces to reduce bacterial biofilms. *ACS Appl Mater Interfaces*. 2018; 10 (27):22902-22912.

Aznar M, Vera P, Canellas E, Nerín C, Mercea P, Störmer A. Composition of the adhesives used in food packaging multilayer materials and migration studies from packaging to food. *J. Mater. Chem*. 2011; 21 (12), 4358–4370.

Brian D, Tadajewski M. The Routledge Companion to Marketing History [Internet]. Abingdon: Routledge; 2016 [Consultado 5 de Marzo de 2021]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zCZ-CwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA115&dq=packaging+food+history&ots=QHKY_QY9tw&sig=6hClOQSAlMIHKwkXcnEV_tr05c#v=onepage&q=packaging%20food%20history&f=false

Camacho M, Vega J, Campos A. Uso de nanomateriales en polímeros para la obtención de bioempaques en aplicaciones alimentarias. *Rev Soc Quím Perú*. 2011; 77 (4): 292-306.

Catalá R. Envasado activo. Aplicación en la industria alimentaria. Burjassot: Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. CSIC; 2010.

ChemicalSafetyFacts.org. Tipos de envases de plástico para alimentos y seguridad: Una mirada de cerca [Internet]. American Chemistry Council. [Consultado 5 Marzo 2021]. Disponible en: <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/tipos-de-envases-de-plastico-para-alimentos-y-seguridad-una-mirada-de-cerca/>

Cortés C. Envases inteligentes: una alternativa para mejorar la inocuidad alimentaria y disminuir el desperdicio de alimentos en Chile [Tesis]. Santiago de Chile: Escuela de Ingeniería en Biotecnología; 2017.

Cvetkovski S. Stainless steel in contact with food and bevarage. Metall. Mater. Eng. 2012; 18, 283-293.

Drago E, Campardelli R, Pettinato M, Perego P. Innovations in Smart Packaging Concepts for Food: An Extensive Review. Foods. 2020; 9 (11): 1628.

Ertl K, Goessler W. Aluminium in foodstuff and the influence of alimunium foil used for food preparation or short time storage. Food Addit Contam Part B Surveill. 2018; 11 (2), 153-159.

Gaikwad K, Singh S, Ajji A. Moisture absorbers for food packaging applications. Environm Chem Lett. 2019; 17 (2): 609-628.

Galiana L. Nuevos materiales para el envasado activo de alimentos: antimicrobianos [Trabajo Fin de Grado]. Alicante: Facultad de Ciencias de la Salud; 2016.

González M. Envasado de Alimentos [Internet]. Slideshare: Instituto Canario de Investigaciones Agrarias; 2011 [Consultado 16 Mayo 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/monicaglezglez/ensado-de-alimentos>

González R. Envases activos para productos alimentarios: Estudio de los sistemas autocalentables [Trabajo Fin de Grado]. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales; 2017.

Goñi M. Estudio sobre la introducción del sistema de envasado *Bag in Box* en el mercado español [Trabajo Fin de Máster]. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia; 2016.

Gutiérrez L. Envasado inteligente para alimentos. IV Jornada Tecnología e Innovación Alimentaria CITA-CTIC, Tendencias en la Conservación y Envasado de Alimentos. La Rioja: Centro Tecnológico de la Industria Cárnica de La Rioja (CTIC); 2011.

Hernández M, Guzmán B. Biopolímeros empleados en la fabricación de envases para alimentos. Publicaciones E Investigación. 2009; 31 (1): 103-129.

Janjarasskul T, Krochta J. Edible Packaging Materials. Annu Rev Food Sci Technol. 2010; 1: 415-448.

Jia F, Wu Z, Gosling J. Tetra Pak: Sustainable Initiatives in China. En: Lenssen G, Smith N. Managing Sustainable Business. 1ª ed. Dordrecht: Springer; 2019. 63-82.

Lamberti M, Escher F. Aluminium foil as a food packaging material in comparison with other materials. Food Reviews International. 2007; 23 (4), 407-433.

López F, Román C, García-Díez I, Alguacil F, Gómez-Paniagua M. Energetic valorisation of semi-rigid and flexible aluminium packaging by oxidation at high temperature. 2nd International Conference. Madrid: WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities; 2013.

Palou A, Badiola J, Anadón A, Bosch A, Cacho J, Cameán A et al. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación a los envases activos e inteligentes. Revista del Comité Científico. 2010; 3: 98-105.

Parente M, Correia R, Da Silva O, Couto J, Augusto A. Edible Food Packaging. Material and Processing Technologies [Internet]. Boca Raton: CRC Press; 2016 [Consultado 15 Marzo 2021]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gf9ODAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=edible+packaging&ots=gBqs9jj_ek&sig=ZvpkwG4XcHv0lkvgRFEyCgXMuBs&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Pérez C. Empaques y embalajes. 1ª ed. Tlalnepantla: Red Tercer Milenio; 2012.

Pinto G, Llorens J, Oliver M. Físicoquímica de las bebidas “autocalentables”: ejemplo de aprendizaje basado en problemas. An Quím. 2009; 105 (1): 50-56.

Pinto V. Análisis financiero y de mercado para el cambio del envase de vidrio de la Salsa Verde Zamorana a envase de plástico PET [Trabajo Fin de Grado]. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana; 2013.

Povea I. La función del envase en la conservación de los alimentos [Internet]. Bogotá: Ecoe Ediciones; 2014 [Consultado 16 Febrero 2021]. Disponible en: <https://elibro-net.us.debiblio.com/es/ereader/bibliotecaus/122529>

Pradas I, Moreno J. Envasado Activo de Alimentos. Córdoba: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera; 2016.

Prolongo M, Pinto G. Las bebidas autocalentables y autoenfriables como recursos para un aprendizaje activo. *Educación Química EduQ*. 2010; 7: 4-14.

Realini C, Marcos B. Active and Intelligent Packaging Systems for a Modern Society. *Meat Science*. 2014; 98 (3): 404-419.

Reglamento (CE) N° 450/2009 de la comisión de 29 de mayo de 2009 sobre materiales y objetos activos e inteligentes destinados a entrar en contacto con alimentos. (Diario Oficial de la Unión Europea, número 135, de 29 de mayo de 2009).

Risch S. Food Packaging History and Innovations. *J. Agric Food Chem*. 2009; 57, 8089-8082.

Rivera A. Aplicación de absorbentes de etileno a escala doméstica: Estudio de la vida útil y calidad de frutas y verduras frescas [Trabajo Fin de Grado]. Barcelona: Escola Superior d' Agricultura de Bcelona; 2020.

Robertson G. *Food Packaging: Principles and Practice*. 3ª ed. Boca Raton: CRC Press; 2012.

Rodríguez R, Rojo G, Martínez R, Piña H, Ramírez B, Vaquera H et al. Envases inteligentes para la conservación de alimentos. *Ra Ximhai*. 2014; 10 (6): 151-173.

Roncalés P. Optimización de los sistemas de envasado y de la conservación de alimentos. Zaragoza: Academia de Farmacia "Reino de Aragón"; 2010.

Sharma H. *Food Packaging Technology*. 1ª ed. Anand: Agrimoon; 2020.

Thompson K, Tech V. *Wine Packaging Alternatives*. Blacksburg: Food Science and Technology; 2010.

Vermeiren L, Devlieghere F, van Beest M, de Kruijf N, Debevere J. Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science & Technology*. 1999; 10 (3): 77-86.

