

Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación a los envases activos e inteligentes

Miembros del Comité Científico

Andreu Palou Oliver, Juan José Badiola Díez, Arturo Anadón Navarro, Albert Bosch Navarro, Juan Francisco Cacho Palomar, Ana María Cameán Fernández, Alberto Cepeda Sáez, Lucas Domínguez Rodríguez, Rosaura Farré Rovira, Manuela Juárez Iglesias, Francisco Martín Bermudo, Manuel Martín Esteban, Albert Más Barón, Teresa Ortega Hernández-Agero, Andrés Otero Carballeira, Perfecto Paseiro Losada, Daniel Ramón Vidal, Elías Rodríguez Ferrí, M^a Carmen Vidal Carou, Gonzalo Zurera Cosano

Secretario

Jesús Campos Amado

Número de referencia: AESAN-2010-011

Documento aprobado por el Comité Científico en su sesión plenaria de 28 de septiembre de 2010

Grupo de Trabajo

Perfecto Paseiro Losada (Coordinador)
Juan Francisco Cacho Palomar
Manuela Juárez Iglesias
Teresa Ortega Hernández-Agero
Cristina Nerín de la Puerta (C. Externa)
Ricardo López Rodríguez (AESAN)

89

revista del comité científico nº 13

Resumen

Los envases activos, a diferencia de los envases tradicionales a los que se exige que sean totalmente inertes, están diseñados para interactuar de forma activa y continua con su contenido, su finalidad es ampliar el tiempo de conservación o mantener o mejorar el estado de los alimentos envasados.

Los envases activos incluyen sistemas que absorben/eliminan o regulan compuestos que afectan desfavorablemente a la vida comercial de un producto alimenticio, tales como el oxígeno, etileno, humedad o aquellos que pueden ocasionar olores o sabores desagradables en los alimentos. Otros sistemas liberan sustancias químicas como conservantes, antioxidantes, colorantes, aromas, etc.

Los envases inteligentes monitorizan las condiciones del alimento envasado, para dar información acerca de la calidad del mismo durante el transporte y el almacenamiento.

Los envases inteligentes incluyen sistemas que informan fácilmente mediante indicaciones visuales de parámetros de interés del alimento, por ejemplo de la rotura de la cadena de frío, proporcionando indicación sobre la historia de la temperatura a la que estuvo expuesto el producto y del tiempo de exposición, de alteraciones no deseadas en la atmósfera interior de productos envasados al vacío o en atmósfera protectora o de alteraciones en la calidad del alimento, tanto químicas como microbiológicas.

Su utilización está regulada a nivel europeo básicamente por los Reglamentos (CE) N° 1935/2004 y 450/2009.

Palabras clave

Envases, activos, inteligentes, alimentos.

Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) on active & intelligent packaging.

Abstract

Active packaging, unlike traditional packaging which is required to be totally inert, is designed to interact actively and continuously with its content, with the purpose of extending the shelf-life or maintaining or improving the status of packaged foods.

Active packaging includes systems that absorb/eliminate or regulate compounds unfavourably affecting the commercial life of a foodstuff, such as oxygen, ethylene and humidity or those that might cause unpleasant odours or flavours in food. Other systems release chemicals such as preservatives, anti-oxidants, colouring agents, aromas, etc.

Smart packaging can even monitor the conditions of packaged food in order to provide feedback about its quality during transport and storage.

Smart packaging includes systems that provide easy-to-read information using visual indicators on food parameters of interest, such as whether the food chain has been broken, by providing information on the history of the temperature the product has been exposed to and the duration of that exposure, undesirable alterations in the air inside vacuum-packed products or those in a protective atmosphere or chemical and microbiological alterations in the food's quality.

At european level, their use is basically regulated by EC Regulations 1935/2004 and 450/2009.

Key words

Packaging, active, intelligent, foods.

En los últimos años se han producido una serie de cambios en las preferencias de los consumidores y en la manera en que los alimentos son producidos, transformados y comercializados.

La preferencias de los consumidores se dirigen hacia el consumo de productos alimenticios “frescos y naturales”, saludables, mínimamente procesados y convenientes, tanto desde un punto de vista nutricional –conservando todas sus propiedades nutritivas– como de su facilidad para prepararlos –listos para comer–. Por otro lado los consumidores exigen mayor calidad, seguridad e información de los productos que consumen.

En cuanto a la industria, se han producido una serie de cambios, tendentes por un lado a satisfacer las demandas de los consumidores, y por otro a adaptarse a la globalización de los mercados, lo que implica unas mayores distancias y tiempos en la distribución de los productos alimenticios, y a reducir costes mediante la centralización de las actividades de producción e investigación y el incremento de los tiempos de rotación de la producción, distribución y venta de los productos alimenticios (De Kruijf et al., 2002).

Todos estos cambios se reflejan en un incremento continuo en la demanda de la industria para aumentar la vida comercial (vida útil) de los productos alimenticios envasados y en la demanda de los consumidores para mejorar la información sobre la seguridad y la calidad de los productos que consume. Cada vez se demandan más y mejores prestaciones a los envases y los sistemas tradicionales de envasado están alcanzando su techo en estos aspectos. Para responder a estos cambios, nuevas necesidades y desafíos se desarrollan los sistemas de envasado o envases activos e inteligentes (Vermeiren et al., 1999) (Dainelli et al., 2008).

- *Envases activos.* A diferencia de los envases tradicionales, a los que se exige que sean totalmente inertes, los activos están diseñados para interactuar de forma activa y continua con su contenido. Esta interacción implica siempre una transferencia de masa, ya sea para incorporar sustancias al contenido del envase (el alimento y su entorno) o absorber componentes del mismo. La finalidad de esta interacción es ampliar el tiempo de conservación o mantener o mejorar el estado de los alimentos.

Los materiales activos, modifican determinadas condiciones o procesos del alimento que juegan un papel determinante en la vida comercial del producto, por ejemplo procesos químicos (fenómenos de oxidación, decoloración), físicos (endurecimiento y deshidratación del pan) o microbiológicos (deterioro por microorganismos). Estas condiciones pueden ser reguladas mediante la aplicación de los sistemas activos apropiados. Dependiendo de los requerimientos del alimento el deterioro en la calidad puede ser reducido significativamente, consiguiéndose así un aumento de la vida comercial del producto (De Kruijf et al., 2002) (Paseiro et al., 2007).

Los envases activos incluyen sistemas que absorben/eliminan o regulan compuestos como el oxígeno, radicales, etileno, humedad o aquellos que pueden ocasionar olores o sabores desagradables en los alimentos. Otros sistemas liberan sustancias químicas como conservantes, antioxidantes, colorantes, aromas, etc.

Legalmente se denominan materiales y objetos activos en contacto con alimentos y se definen como los “materiales y objetos destinados a ampliar el tiempo de conservación, o a mantener o mejorar

el estado de los alimentos envasados, y que están diseñados para incorporar deliberadamente componentes que transmitan sustancias a los alimentos envasados o al entorno de éstos o que absorban sustancias de los alimentos envasados o del entorno de éstos" (UE, 2004).

- *Envases inteligentes*. Controlan el estado de los alimentos envasados o de su entorno. Son sistemas que monitorizan las condiciones del alimento envasado, para dar información acerca de la calidad del mismo durante el transporte y el almacenamiento.

El envase inteligente es capaz de suministrar información acerca de alguna condición del alimento envasado; por ejemplo, indica si hay entrada de aire en un producto envasado al vacío, fugas de gases en envases con atmósfera protectora, manifiesta la presencia de alteraciones en la calidad del alimento (aminas volátiles, microorganismos, etc.) o rotura de la cadena de frío, proporcionando indicación sobre la historia de la temperatura a la que estuvo expuesto el producto y del tiempo de exposición.

Legalmente se denominan "materiales y objetos inteligentes en contacto con alimentos" y se definen como los materiales y objetos que controlan el estado de los alimentos envasados o el entorno de éstos (UE, 2004).

El concepto de material activo o inteligente comprende un amplio rango de tecnologías que están a disposición de la industria alimentaria para ayudar a la resolución de problemas específicos. En Estados Unidos, Japón y Australia, muchos de estos conceptos ya se están aplicando con la finalidad de incrementar la vida comercial y monitorizar la calidad y seguridad de los alimentos.

En Europa, el desarrollo y la aplicación son todavía limitados. Hasta finales del 2004, una de las razones que se alegaban para este retraso eran las restricciones legislativas, pues la legislación europea era muy estricta y no permitía la entrada de estos sistemas innovadores. En la actualidad los materiales y objetos activos e inteligentes se encuentran autorizados de manera general en el marco del Reglamento (CE) Nº 1935/2004 sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos (UE, 2004), en donde se definen y se establecen los requisitos especiales que deben cumplir; y de una manera específica en el Reglamento (CE) Nº 450/2009 (UE, 2009). Sin embargo, y a pesar de esta inclusión en el marco legal europeo, la realidad es que la industria alimentaria europea está utilizando muy tímidamente estos materiales y objetos. Otras razones pueden ser la falta de información o conocimiento acerca de la aceptación de estos sistemas por los consumidores, del impacto económico-ambiental que puedan tener, de la eficacia de los mismos y de que su implementación, principalmente en el caso de los inteligentes, no depende solo de la industria alimentaria sino que requiere una mayor implicación de todos los operadores involucrados en las tareas de distribución, almacenamiento y venta de productos alimenticios al consumidor.

Envases activos

Se pueden clasificar en dos grandes grupos:

1. *Absorbedores o eliminadores*. Son aquellos que absorben sustancias químicas del interior del envase. Su acción implica una transferencia de masa desde el contenido del envase al sistema activo: absorbedores de oxígeno incluidos radicales libres de oxígeno, de etileno, de agua, de componentes que originan olores y sabores desagradables, etc.

2. *Liberadores o emisores*. Son aquellos que liberan sustancias químicas al interior del envase. Su acción implica una transferencia de masa desde el sistema o material activo al contenido del envase: agentes antimicrobianos (etanol, dióxido de carbono, ácidos sórbico, benzoico, propiónico, bacteriocinas y otros), antioxidantes, aromatizantes, saborizantes, colorantes, ingredientes alimentarios y extractos y aceites esenciales de plantas con acción antimicrobiana o antioxidante.

Comercialmente se pueden encontrar como:

- *Sistemas independientes*. Saquitos, tiras o etiquetas, constituyendo un elemento que se incorpora o adhiere al interior del envase, pero que es una parte diferenciada del mismo. Se fabrican con materiales resistentes a la rotura, generalmente permeables por una sola cara, a través de la cual se realiza la transferencia de masa, generalmente gases o vapores absorbidos o liberados por el sistema. En general, la cara permeable tiene que orientarse hacia el espacio de cabeza y no hacia el alimento, con cuyo contacto puede obstruirse y en algunos casos desactivarse completamente, especialmente si se trata de alimentos líquidos. Actualmente son los sistemas más ampliamente utilizados. Deben acompañarse de un etiquetado apropiado que permita al consumidor identificarlo como una parte no comestible y evite su consumo accidental (Ozdemir et al., 2004).
- *Sistemas integrados en el propio envase*. Las sustancias activas se incorporan en el propio material de envase, en unos casos mediante dispersión y en otros injertándolas químicamente en el propio material. Se pueden incorporar en capas intermedias de los materiales multicapa, evitando así el contacto directo de la parte activa con el alimento o bien en el material que está directamente en contacto con el alimento. A diferencia de los sistemas independientes, en este caso el sistema activo no se percibe por el consumidor como elemento diferenciado del envase, lo que evita el posible rechazo del consumidor y el riesgo de consumo accidental de su contenido (Rooney, 1995).

1. Absorbedores o eliminadores

Absorbedores de oxígeno

El oxígeno es una de las principales causas de deterioro de los productos alimenticios. La presencia de oxígeno en el interior del envase, cuando no es deseada, puede derivar de una inadecuada o insuficiente evacuación del mismo durante el proceso de envasado, de su presencia en el alimento o en el material del envase y posterior liberación al espacio de cabeza, de la permeación a través del envase y de la entrada de aire debida a un ineficiente sellado o micro perforaciones del material de envasado (De Kruijf et al., 2002).

Los absorbedores reducen y controlan de manera activa los niveles residuales de oxígeno en el interior del envase, llegando en algunos casos a conseguir valores inferiores al 0,01% de oxígeno, valores que son inalcanzables para otros sistemas de envasado.

La utilización de los absorbedores de oxígeno ralentiza: 1) los fenómenos de oxidación tales como el enranciamiento de grasas y aceites y subsiguiente aparición de malos olores y sabores, la pérdida o cambio de los colores característicos de los alimentos, la pérdida de nutrientes sensibles al oxígeno (vitaminas A, C, E, ácidos grasos insaturados, etc.), 2) el desarrollo de microorganismos, mohos y bacterias aeróbicas y 3) la infestación por insectos y vermes.

La aplicación de estos sistemas, solos o en combinación con otros sistemas tradicionales de envasado, como atmósferas modificadas y vacío, pueden extender la vida comercial de un producto alimenticio y constituyen una alternativa económica y eficaz a los sistemas tradicionales de envasado (Ozdemir et al., 2004).

Mecanismos de acción

Existen distintas tecnologías que utilizan diversos mecanismos solos o combinados (Suppakul et al., 2003) (Rooney, 2005):

- Oxidación de hierro y sales ferrosas. Están basados en hierro en polvo finamente dividido, al que se incorporan excipientes (sales y soportes minerales como cloruro sódico, silicatos y carbón activo) que proporcionan el medio adecuado para que el proceso de oxidación del hierro sea lo más efectivo posible. Pueden reducir el nivel de oxígeno residual a valores iguales o inferiores a 0,01%. Es el mecanismo más ampliamente utilizado en la actualidad y uno de los más efectivos (Smith et al., 1990).
- Oxidación de sustancias orgánicas tales como ácido ascórbico, catecol, ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico, linolénico), colorantes fotosensibles, polímeros modificados, etc., incorporando en algunos casos metales que actúan como catalizadores del proceso de oxidación, etc.
- Oxidación enzimática. Se basan en la reacción entre un enzima (por ejemplo, glucosa oxidasa o alcohol oxidasa) y un substrato, en la que se consume oxígeno.

La utilización de estos sistemas requiere que el material activo no esté afectado por el oxígeno antes de su utilización por la industria alimentaria. Algunos sistemas requieren una activación previa a su uso (activación por el agua, hinchamiento del polímero, acción de la luz, etc.) y otros se protegen en envases herméticos, en ausencia de aire, antes de su utilización.

Se pueden utilizar solos o combinados con otros sistemas activos que potencien su acción, por ejemplo reguladores de humedad. La selección del producto (forma, tamaño, capacidad de absorción de oxígeno, tiempo para alcanzar el equilibrio) debe ser rigurosa y adaptada a las necesidades y características de cada alimento (líquidos, sólidos, secos, grasos, contenido en agua, actividad del agua, etc.).

Campo de aplicación

Productos alimenticios sensibles al oxígeno: frutos secos, pan, y productos de bollería, pastas, pizzas, chocolates y bombones, marrón glacé, cerveza, zumos de frutas y bebidas refrescantes, productos lácteos, cárnicos y de la pesca, platos preparados, etc.

Absorbedores de radicales libres de oxígeno

Este concepto se ha introducido recientemente y puede considerarse un caso especial dentro de los absorbedores de oxígeno. Se basa en el hecho de que el proceso de oxidación tiene lugar a través de una reacción en cadena iniciada por radicales libres generados a partir del oxígeno. Así, si en lugar de eliminar el oxígeno molecular se eliminan los radicales libres a medida que se producen, el proceso de

oxidación no puede tener lugar. Aceites esenciales y componentes fenólicos han sido incorporados en materiales de envase con la finalidad de reaccionar con radicales libres de oxígeno para eliminarlos del espacio de cabeza del envase, ralentizar los procesos de oxidación e incrementar la vida comercial (Nerín et al., 2008) (Pezo et al., 2008) (Nerín, 2010).

Absorbedores de etileno

La mayoría de las frutas y vegetales liberan gas etileno después de la recolección. El etileno es una fitohormona que inicia y acelera la maduración, produce ablandamiento y la degradación de las clorofilas y conduce inevitablemente al deterioro de estos alimentos. La presencia de etileno reduce la vida comercial de las frutas y vegetales frescos o mínimamente procesados.

Mecanismos de acción

El principal se basa en la utilización de permanganato potásico, que oxida el etileno hasta dióxido de carbono y agua. El permanganato se dispone sobre sustratos adecuados que favorezcan el proceso redox (por ejemplo, incrementando la superficie específica), por ejemplo se puede utilizar alúmina, arcillas, silicagel, carbón activo, etc. Además, se pueden incorporar diversas sustancias que actúan como catalizadores del proceso.

Otros sistemas están basados en la capacidad que tienen determinados materiales de absorber el etileno, por ejemplo minerales finamente divididos y dispersados como zeolitas, silicatos, carbón activo, etc. solos o acompañados de algún agente oxidante.

En la presentación comercial, al igual que para los absorbentes de oxígeno, puede encontrarse como elementos independientes o integrados en el envase.

Campo de aplicación

Frutas y vegetales sensibles al etileno: manzanas, kiwis, plátanos, mango, tomates, cebollas, zanahorias, espárragos, etc.

Absorbedores o reguladores de humedad

Algunos productos alimenticios requieren un control del agua, ya sea en estado líquido o de vapor. La presencia de líquidos de exudación (agua, sangre u otros fluidos) en productos cárnicos y pescados desmerece la presentación de los mismos y aumenta el riesgo de deterioro del producto. Niveles elevados de agua en el interior del envase favorece el crecimiento de microorganismos, causa el ablandamiento de productos secos y crujientes como galletas pastas y bizcochos, y origina apelmazamiento y endurecimiento en leche en polvo o café liofilizado. Por otro lado, excesivas pérdidas de agua pueden favorecer la oxidación de lípidos.

Los productos envasados con un valor alto de humedad relativa en el espacio de cabeza, son susceptibles a las fluctuaciones de temperatura durante el transporte o almacenamiento lo que favorece la formación de condensados y nieblas.

Mecanismo de acción

Mediante un proceso de absorción, en unos casos eliminando el exceso de agua líquida y en otros controlando el vapor de agua en el espacio de cabeza del envase.

Se utilizan agentes altamente higroscópicos y deshidratantes. Se pueden utilizar fibras de celulosa, sales de poliacrilato, polipropilenglicol, carbohidratos, sales minerales, silicagel, montmorillonitas, tamices moleculares, óxido de calcio, etc.

Presentación comercial

Desde el punto de vista de la presentación comercial se pueden clasificar en:

- Absorbedores de agua líquida (almohadillas, hojas) generalmente compuestos de dos o más capas de materiales poliméricos, generalmente microporosos, conteniendo agentes higroscópicos (celulosas, propilenglicol, carbohidratos, etc.). Se utilizan para absorber líquidos de exudación, mejorar la presentación del producto al consumidor y evitar el crecimiento microbiano.
- Reguladores de la humedad relativa (saquitos o etiquetas) conteniendo agentes deshidratantes (por ejemplo, silicagel).

Campo de aplicación

Pescados, carnes, quesos, frutos secos, especias, productos de panadería, alimentos secos, liofilizados, frutas y vegetales cortados, etc.

Otros absorbedores

Absorbedores de dióxido de carbono

La sobrepresión que origina el dióxido de carbono que se libera después de tostar el café puede causar daños en el envase. Saquitos conteniendo óxido de calcio y un agente higroscópico se utilizan para retener como carbonato el CO₂ formado y eliminarlo del espacio de cabeza (Ozdemir et al., 2004).

Absorbedores de componentes no deseados

Los aldehídos pueden ser eliminados selectivamente, desde el espacio de cabeza del envase, utilizando polímeros absorbentes modificados con otros materiales. Las aminas formadas como consecuencia de procesos proteolíticos también pueden ser eliminadas utilizando ácidos orgánicos como cítrico y ascórbico, o mediante procesos de oxidación (Rooney, 1995) (Franzetti et al., 2001). No obstante, la eliminación de estas sustancias no está permitida cuando son indicadores del deterioro de un alimento, pues enmascararían el mismo e inducirían a error al consumidor.

El sabor amargo del limoneno, formado durante el proceso de pasterización y almacenamiento de zumos de frutas, o de la naringinasa es eliminado con *films* que incorporan acetato de tricelulosa conteniendo enzimas específicos inmovilizados (Soares y Hotchkiss, 1998a) (Soares y Hotchkiss, 1998b).

Una disminución del contenido en lactosa y colesterol en leche puede conseguirse durante el almacenamiento inmovilizando en el envase β-galactosidasa y colesterol reductasa (López-Rubio et al., 2006).

Otros olores formados durante el transporte y almacenamiento, como mercaptanos y sulfuro de hidrogeno, también pueden ser eliminados mediante saquitos absorbedores (De Kruijff et al., 2002).

2. Liberadores o emisores

Liberadores o emisores de agentes antimicrobianos

El deterioro de los alimentos debido al crecimiento de microorganismos puede ser ralentizado mediante la liberación por el envase de agentes antimicrobianos.

Se han ensayado un elevado número de agentes (etanol, dióxido de carbono, dióxido de cloro, bacteriocinas, antibióticos, ácidos orgánicos, polisacáridos, aceites esenciales, extractos de especias, etc.) para inhibir el crecimiento de microorganismos que pueden conducir al deterioro de los productos alimenticios (Kerry, 2006).

Liberadores de etanol

El uso de etanol en el espacio de cabeza del envase actúa de manera efectiva para evitar el crecimiento de microorganismos, bacterias y mohos.

Comercialmente se utilizan en Japón y consisten en saquitos que contienen etanol absorbido o encapsulado sobre un soporte inerte, por ejemplo sílica, finamente dividido y con un grado de humedad adecuado, el sistema libera etanol al espacio de cabeza para ejercer su acción. En algunos casos se incorporan sustancias aromatizantes como vainilla para enmascarar el olor a alcohol (Labuza et al., 1989).

Se utilizan en productos de panadería, pastelería y alimentos secos o semisecos.

Liberadores de CO₂

La presencia de dióxido de carbono en el espacio de cabeza a concentraciones en el rango 10%-80% inhibe el crecimiento microbiano en los alimentos. Se pueden utilizar conjuntamente con absorbedores de oxígeno para mantener una atmósfera adecuada para la conservación de determinados productos.

Se han utilizado sistemas basados en carbonato de hierro (II) o mezclas de hidrógenocarbonato sódico y ácido ascórbico para aumentar la vida comercial de carnes frescas (Kerry et al., 2006).

Liberadores de aditivos conservadores

Hay muchas aplicaciones en la literatura sobre la incorporación a *films* y materiales plásticos de sustancias utilizadas y autorizadas como aditivos conservadores: ácidos sórbico, benzoico, propiónico (Han y Floros, 1997) (Weng y Chen, 1997) (Ouattara et al., 2000a), etil p-hidroxibenzoato y metil p-hidroxibenzoato (Dobias et al., 2000), nisina, pediocina, natamicina (Natrajan y Sheldon, 2000) (Kim et al., 2000) (Coma, 2008) y dióxido de azufre (Ozdemir y Floros, 2004).

Liberadores de extractos naturales o componentes obtenidos de los mismos

Por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas se emplean diferentes productos naturales como aceites esenciales, extractos de plantas o componentes obtenidos de los mismos y otros productos también de origen natural como el própoeo. Por ejemplo, extractos como el etanólico de clavo (Hong et al., 2000), de semillas de uva (Coma, 2008) y de orégano o romero (Camo et al., 2008); aceites esenciales de orégano (Skandamis y Nychass, 2002), canela y canela enriquecida con cinamaldehído (Rodríguez et al., 2007) (Rodríguez et al., 2008) (Gutiérrez et al., 2009) y clavo (López et al., 2007); principios activos como alil-isotiocianato (Shin et al., 2010) (Vega-Lugo y Loong-Tak, 2009). También

se emplea el quitosán como vehículo de origen natural para la difusión controlada de estos productos (Chen et al., 1996) (Ouattara et al., 2000b) y como antimicrobiano (Sanches-Silva et al., 2010).

Liberadores de biocidas

Triclosan (Vermeiren et al., 2002), dióxido de cloro (Brody et al., 2008).

Otros sistemas

Dentro de los sistemas activos con agentes antimicrobianos también se incluyen aquellos que, en principio, no están destinados a ser liberados al contenido del envase, por ejemplo algunos sistemas que contienen iones plata y que impiden el crecimiento microbiano en la interfase plástico-alimento (Quintavalla y Vicina, 2002) (Danielli et al., 2008), enzimas inmovilizados (Vermieren et al., 1999) o nanopartículas de plata en celulosa (Fernandez et al., 2010).

Otros liberadores o emisores

Liberadores de aditivos antioxidantes

Para ralentizar los procesos de oxidación que afectan a la calidad de los alimentos se utilizan también sistemas que liberan agentes antioxidantes al alimento y/o al espacio de cabeza, donde ejercen su acción, generalmente como eliminadores de radicales libres, ralentizando así el proceso de oxidación. Se ha demostrado la efectividad de la utilización tanto de antioxidantes sintéticos como el Terbutilhidroquinona (TBHQ), Butil hidroxianisol (BHA) y Butil hidroxitolueno (BHT), como de antioxidantes naturales como la vitamina E y los extractos naturales ricos en compuestos fenólicos y/o terpénicos (Hotchkiss, 1997) (Nerín et al., 2006) (Tovar et al., 2005) (Pereira de Abreu et al., 2010).

Liberadores de aromas, colorantes y otros ingredientes alimentarios

Son sistemas que están en rápido desarrollo, ya que el consumidor demanda mayor creatividad de la industria. La incorporación de aromas que potencien la deseabilidad del alimento en el material plástico se puede utilizar para mejorar el aroma propio del producto fresco y para realzar el aroma del alimento al abrir el envase (Gutiérrez, et al., 2010) (López-Rubio et al., 2006).

En general el agente activo (sustancias químicas, extractos o componentes obtenidos de productos naturales, aditivos antioxidantes y antimicrobianos, aromas o ingredientes alimentarios) está integrado en el propio material de envase (plásticos, papel y cartón, etc.), desde donde se libera mediante difusión al alimento o al espacio de cabeza del envase. Controlando los parámetros que afectan al proceso de difusión se puede conseguir una liberación controlada del agente activo.

Hay toda una variedad de sistemas que pertenecen a este grupo: indicadores tiempo-temperatura, indicadores de estanqueidad o de integridad del envase, indicadores de frescura e indicadores de crecimiento microbiano.

Los principales sistemas están patentados, pero solo un número limitado ha sido comercializado porque se necesitan unos requerimientos muy estrictos. La mayoría de estos indicadores deben ser fácilmente activables, exhibir un cambio o mostrar una indicación que sea fácilmente medible (cambio de color). Los cambios dependientes del tiempo y de la temperatura de exposición deben ser reproducibles e idealmente corresponderse o correlacionarse fácilmente con la pérdida de calidad o deterioro del producto alimenticio.

1. Indicadores tiempo-temperatura

Son pequeños dispositivos que muestran fácilmente cambios medibles, irreversibles y reproducibles dependientes del tiempo y/o de la temperatura.

La idea básica que subyace detrás de estos indicadores es que la calidad del alimento se deteriora tanto más rápidamente cuanto más alta es la temperatura de exposición, debido a que se aceleran las reacciones químicas, bioquímicas o el crecimiento microbiano.

Indicadores integrados tiempo-temperatura (TTI)

Muestran cambios de color que responden tanto a la temperatura como al tiempo de exposición. Sirven para monitorizar la exposición a temperaturas inadecuadas, ruptura de la cadena de frío, durante el transporte y el almacenamiento. Es fundamental que el comportamiento del indicador sea equivalente al deterioro que sufre el alimento bajo las mismas condiciones de tiempo y temperatura. Cuando el indicador manifieste su vencimiento, este debe corresponderse con el final de la vida útil del producto alimenticio.

Los principales mecanismos de acción incluyen reacciones químicas o enzimáticas o procesos de difusión, cuyas cinéticas dependen del tiempo y de la temperatura. Algunos sistemas se activan al disponerlos sobre el producto alimenticio a la temperatura de trabajo (hasta ese momento se almacenan ultracongelados), otros se activan por presión (comunicando los compartimentos en los que se encuentran las sustancias reactivas).

Indicadores de temperatura crítica

En ciertos casos al sobrepasar el alimento una temperatura crítica se pueden originar procesos irreversibles. Estos indicadores informan visualmente que la temperatura crítica ha sido excedida. Algunos manifiestan una respuesta acumulada en función del tiempo que se sobrepasa la temperatura límite.

2. Indicadores de estanqueidad (detectores de fugas)

Los más utilizados son los indicadores de oxígeno y dióxido de carbono que monitorizan alteraciones no deseadas en la atmósfera interior de productos envasados al vacío o en atmósfera protectora,

por ejemplo la entrada de aire o fuga de gases debidas a perforaciones o soldaduras defectuosas, eliminación insuficiente del aire durante el proceso de vacío o la acción de los absorbedores de oxígeno. Una composición inadecuada de la atmósfera interior del producto alimenticio envasado afecta a la calidad y seguridad del mismo.

La mayoría de estos indicadores asumen cambios de color como resultado de una reacción química o enzimática. Para ello se pueden utilizar indicadores redox como el azul de metileno.

3. Indicadores de humedad

Son etiquetas que indican variaciones en la humedad mediante un cambio de color. Estos indicadores pueden contener cloruro de cobalto, que reacciona con la humedad virando de azul a rosa cuando ésta aumenta, o pueden estar compuestos por cloruro de cobre, que vira de amarillo a verde (Aguirre y Herranz, 2008).

4. Indicadores de frescura

Dan una indicación acerca de algún parámetro de calidad del producto envasado, de la pérdida de frescura o del deterioro del producto alimenticio, tanto químico como bacteriológico.

En la literatura están descritos diversos mecanismos de indicación de metabolitos volátiles producidos durante el envejecimiento de los alimentos tales como diacetilo, aminas, amoníaco, sulfhídrico o indicadores de contaminación microbiana (Dainelli et al., 2008).

Aspectos legales

Los envases activos e inteligentes, al igual que todos los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos, tienen que cumplir con el Reglamento (CE) N° 1935/2004 (UE, 2004), cuya finalidad es garantizar un elevado nivel de protección de la salud y de los intereses de los consumidores, así como garantizar el funcionamiento efectivo del mercado interior en relación con la comercialización de estos materiales.

Tienen que cumplir con los siguientes requisitos:

1. Requisitos generales

Indicados en el Artículo 3, es decir estar fabricados de conformidad con las buenas prácticas de fabricación y en las condiciones normales o previsibles de empleo no pueden ceder componentes que puedan representar un peligro para la salud humana o provocar una modificación inaceptable de la composición o una alteración de las características organolépticas de los alimentos. Además, su etiquetado no debe inducir a error a los consumidores.

2. Requisitos especiales

Materiales y objetos activos

- Pueden ocasionar modificaciones de la composición o de las características organolépticas de los alimentos siempre que cumplan con las disposiciones comunitarias aplicables a los alimentos (por ejemplo, legislación sobre aditivos, aromas y enzimas) o en su ausencia con las disposiciones nacionales.

- Las sustancias liberadas deben autorizarse y utilizarse de acuerdo con las disposiciones comunitarias correspondientes.
- Las sustancias liberadas se considerarán ingredientes alimentarios y estarán sujetos a lo dispuesto en la reglamentación sobre el etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.
- No ocasionarán modificaciones que puedan inducir a error al consumidor.

Materiales y objetos inteligentes

No darán información sobre el estado del alimento que pueda inducir a error al consumidor.

Comunes a ambos materiales y objetos

- Convenientemente etiquetados, indicando que son activos, inteligentes o ambos.
- Etiquetado adecuado que permita al consumidor identificar las partes no comestibles.

3. Requisitos específicos

Establecidos en el Reglamento (CE) N° 450/2009 (UE, 2009).

De adecuación y eficacia

Deben ser adecuados y eficaces para el uso previsto.

De composición

Únicamente las sustancias incluidas en la lista comunitaria de sustancias autorizadas podrán utilizarse en componentes de los materiales y objetos activos e inteligentes.

Sin embargo, no necesitan ser incluidas:

- Las sustancias activas liberadas al alimento y las incorporadas a los materiales y objetos mediante implantación o inmovilización para tener un efecto tecnológico en el alimento, siempre que cumplan con las disposiciones aplicables a los alimentos. Estas sustancias no se incluirán en el valor de la migración global ni estarán sujetas a las restricciones concretas establecidas en las reglamentaciones sobre los materiales en contacto con alimentos.
- Sustancias empleadas en componentes que no estén en contacto directo con el alimento ni con su entorno y estén separados del alimento por una barrera funcional y no pertenezcan a ninguna de las dos categorías siguientes:
 - i) Sustancias clasificadas como «mutágenas», «carcinógenas» o «tóxicas para la reproducción».
 - ii) Nanopartículas.

La migración al alimento de estas sustancias no deberá exceder de 0,01 mg/kg.

Para incluir una sustancia en la lista comunitaria autorizada hay que presentar una solicitud a la Autoridad competente del Estado miembro (en España, la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN)-Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad) que incluirá, según el protocolo establecido en el Reglamento (CE) N° 1935/2004, el nombre y la dirección del solicitante y una documentación técnica que contenga la información especificada en las directrices que rigen la

evaluación de la seguridad de una sustancia, estas directrices están elaboradas y publicadas por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2009).

La lista debe incluir la identidad, restricciones o especificaciones o condiciones de uso de la sustancia o combinación de sustancias y, si es preciso, del componente o del material u objeto al que se añadan o incorporen.

Actualmente la lista inicial de sustancias autorizadas está en fase de elaboración, ya que todavía está abierto el plazo para la presentación de solicitudes, que deben acompañarse de la información que permita llevar a cabo la evaluación de la seguridad de dichas sustancias.

De etiquetado

Los materiales y objetos activos e inteligentes o sus partes, cuando puedan percibirse como comestibles, deberán etiquetarse con las palabras «NO INGERIR» y, siempre que sea técnicamente posible, figurará en ellos el siguiente símbolo.



- La información debe ser visible, claramente legible e indeleble y deberá imprimirse en caracteres con un tamaño mínimo de carácter de 3 mm.
- La sustancia activa liberada deberá considerarse un ingrediente alimentario en conformidad con la reglamentación sobre etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.

Declaración de conformidad

En las fases de comercialización distintas del punto de venta al consumidor final, los materiales y objetos activos e inteligentes, ya estén en contacto con los alimentos o no, o los componentes destinados a la fabricación de esos materiales y objetos o las sustancias destinadas a la fabricación de los componentes deberán ir acompañados de una declaración de conformidad.

Los envases activos e inteligentes, al igual que los materiales en contacto con alimentos, son elementos que se incorporan en las etapas de la producción, transformación y distribución de los productos alimenticios, estando afectado obviamente por las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas aplicables en la Unión Europea o a nivel nacional a los alimentos en general y a la seguridad de los alimentos en particular (Reglamento (CE) N° 178/2002). De particular interés son las disposiciones sobre:

- Aditivos, aromas y enzimas alimentarios para las sustancias liberadas y las inmovilizadas en el envase que tengan un efecto tecnológico sobre el alimento.
- Etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, propiedades nutritivas y declaraciones nutricionales y saludables, para las sustancias liberadas, las inmovilizadas en el envase que tengan un efecto tecnológico sobre el alimento y las atmósferas modificadas.

- Higiene de los productos alimenticios.

Conclusiones del Comité Científico

En espera de la publicación de la lista inicial de sustancias autorizadas por la Comisión Europea, con sus especificaciones, restricciones y recomendaciones de uso, este Comité desea resaltar los siguientes aspectos:

- La investigación en el campo de los envases activos e inteligentes utiliza numerosas sustancias, algunas procedentes de compuestos naturales, otras sintéticas, con efecto técnico sobre el alimento, que actualmente no están autorizadas como aditivos alimentarios y por lo tanto no pueden ser liberadas a los alimentos.
- Las sustancias autorizadas y liberadas como aditivos alimentarios tienen que ajustarse estrictamente a su reglamentación y utilizarse única y exclusivamente bajo las condiciones especificadas en la misma. Las sustancias liberadas como aromas se ajustarán a su propia reglamentación.
- Las sustancias liberadas se considerarán ingredientes alimentarios y estarán sujetos a lo dispuesto en la reglamentación sobre el etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.

Referencias

- Aguirre, R. y Herranz, N. (2008). Envases inteligentes: información y seguridad en el envase. *Infopack*, 137.
- Brody, A.L., Bugusu, B., Han, J.H., Sand, C.K. y McHugh, T.H. (2008). Scientific Status Summary. Innovative Food Packaging Solutions. *Journal of Food Sciences*, 73 (8), pp: R107-R116.
- Camo, J., Beltran, J.A. y Roncales, P. (2008). Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. *Meat Science*, 80 (4), pp: 1086-1091.
- Chen, M.C., Yeh G.H.C. y Chiang, B.H. (1996). Antimicrobial and physicochemical properties of methylcellulose and chitosan films containing a preservative. *Journal of Food Processing and Preservation*, 20 (5), pp: 379-390.
- Coma, V. (2008). Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. *Meat Science*, 78, pp: 90-103.
- Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Van den Beuken, E.Z. y Tobback, P. (2008). Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology*, 19 (S1), pp: S103-S112.
- De Kruijf, N.M., Van Beest, R.R., Sipilinen-Malm, T., Paseiro, P.L. y De Meulenaer, B. (2002). Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects. *Food Additives & Contaminants*, 19 (4), pp: 144-162.
- Dobias, J., Chudackova, K., Voldrich, M. y Marek, M. (2000). Properties of polyethylene films with incorporated benzoic anhydride and/or ethyl and propyl esters of 4-hydroxybenzoic acid and their suitability for food packaging. *Food Additives & Contaminants*, 17 (12), pp: 1047-1053.
- EFSA (2009). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Guidelines on submission of a dossier for safety evaluation by the EFSA of active or intelligent substances present in active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. *The EFSA Journal*, 1208, pp: 2-11. Disponible en: <http://www.efsa.europa.eu/fr/scdocs/doc/1208.pdf> [acceso: 21-11-10].
- Fernández, A., Picouet, P. y Lloret, E. (2010). Cellulose-silver nanoparticle hybrid materials to control spoilage-related microflora in absorbent pads located in trays of fresh-cut melon. *International Journal of Food Microbiology*, 142 (1-2), pp: 222-228.
- Franzetti, L., Piergiovanni, L. y Galli, A. (2001). Influence of Active Packaging on the Shelf-life of Minimally Processed Fish Products in a Modified Atmosphere. *Packaging Technology and Science*, 14, pp: 267-274.
- Gutiérrez, L., Sánchez, C., Batlle, R., López, P. y Nerín, C. (2009). New Antimicrobial Active Package for Bakery Products. *Trends in Food Science and Technology*, 20 (2), pp: 92-99.

- Gutiérrez, L., Escudero, A., Batlle, R. y Nerín, C. (2010). Effect of Mixed Antimicrobial Agents and Flavors in Active Packaging Films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, pp: 8564-8571.
- Han, J.H. y Floros, J.D. (1997). Casting antimicrobial packaging films and measuring their physical properties and antimicrobial activity. *Journal. Plastic Film and Sheeting*, 13, pp: 287-298.
- Hong, S.I, Park, J.D. y Kim, D.M. (2000). Antimicrobial and physical properties of food packaging films incorporated with some natural compounds. *Food Science Biotechnology* 9 (1), pp: 38-42.
- Hotchkiss, J.H. (1997). Food-packaging interactions influencing quality and safety. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 14 (6), pp: 601-607.
- Kerry, J.P., O'Grady, M.N. y Hogan, S.A. (2006). Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Science*, 74, pp: 113-130.
- Kim, Y.M., Lee, N.K., Paik, H.D. y Dong, S.L. (2000). Migration of Bacteriocin from Bacteriocin-Coated Film and Its Antimicrobial Activity. *Food Science Biotechnology*, 9 (5), pp: 325-329.
- Labuza, T.P. y Breene, W.M. (1989). Applications of "active packaging" for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. *Journal of Food Processing and Preservation*, 13, pp: 1-69.
- Lopez, P., Sanchez, C., Batlle, R. y Nerin, C. (2007). Development of flexible antimicrobial films using essential oils as active agents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (21), pp: 8814-8824.
- Lopez-Rubio, A., Gavaara, R. y Lagarón, J.M. (2006). Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials. *Trends in Food Science & Technology*, 17, pp: 567-575.
- Natrajan, N. y Sheldon, B.W. (2000). Efficacy of Nisin-Coated Polymer Films To Inactivate Salmonella Typhimurium on Fresh Broiler Skin. *Journal of Food Protection*, 63, pp: 1189-1196.
- Nerín, C., Tovar, L., Djenane, D., Camo, J., Salafranca, J. y Beltrán, J.A. (2006). Stabilization of Beef Meat by a New Active Packaging Containing Natural Antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, pp: 7840-7846.
- Nerín, C., Tovar, L. y Salafranca, J. (2008). Behaviour of a new antioxidant active film versus oxidizable model compounds. *Journal of Food Engineering*, 84, pp: 313-320.
- Nerín, C. (2010), Antioxidant active packaging and antioxidant edible films, Chapter 31 in the book "Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications", E Decker, R Elias (eds.), Woodhead Publishing.
- Ouattara, B., Simard, R.E., Piette, G., Begin, A. y Holley, R.A. (2000a). Diffusion of acetic and propionic acids from chitosan-based antimicrobial packaging films. *Journal of Food Science*, 65 (5), pp: 768-773.
- Ouattara, B., Simard, R.E., Piette G., Begin A. y Holley, R.A. (2000b). Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *International Journal of Food Microbiology*, 62 (1-2), pp: 139-148.
- Ozdemir, M. y Floros, J.D. (2004). Active Food Packaging Technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44 (3), pp: 185-193.
- Paseiro Losada, P., Sanches Silva, A., Pereira de Abreu, D. y Cruz, J.M. (2007). Cap. XII: Envases activos e inteligentes para alimentos. Aplicación de tecnologías emergente de procesado mínimo en el sector pesquero, Cap. XII, pp: 221-233. Editado por el Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR, Vigo, ISBN: 978-84-611-4804-2.
- Pereira de Abreu, D.A., Paseiro Losada, P., Maroto, J. y Cruz, J.M. (2010). Evaluation of the effectiveness of a new active packaging film containing natural antioxidants (from barley husks) that retard lipid damage in frozen Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Food Research International*, 43, pp. 1277-1282.
- Pezo, C., Tovar, L. y Salafranca, J. (2008). Determination of the antioxidant capacity of active food packagings by in situ gas-phase hydroxyl radical generation and high-performance liquid chromatography-fluorescence detection. *Journal of Chromatography A*, 1178 (1-2), pp: 126-133.
- Quintavalla, S. y Vicina, L. (2002). Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science*, 62, pp: 373-380.
- Rodriguez, A., Batlle, R. y Nerin, C. (2007). The use of natural essential oils as antimicrobial solutions in paper packaging. *Progress in Organic Coatings*, 60 (1), pp: 33-38.

- Rodríguez, A., R. Batlle. y C. Nerín (2008). The use of cinnamon-based active paper packaging against *Rhizopus stolonifer* food spoilage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, pp. 6364-6369.
- Rooney, M. (1995). Chap. 4: Active Packaging in Polymer Films. *Active Food Packaging*, Chap. 5, pp:74-110. Edited Rooney, M.L. Blackie Academic and Professional, London, ISBN: 978-0-7514-0191-2.
- Rooney, M. (2005). Chap. 8: Oxygen scavenging packaging. *Innovations in food packaging*, Chap. 5, pp:123-135. Edited by Jung Han, Elsevier Academic Press, London, ISBN: 0-12-311632-5.
- Sanches-Silva, A., Costa, H.S., Losada, P.P., Sendón, R., Sánchez-Machado, D.I., Valdez, H.S., Varona, I.A. y López-Cervantes, J. (2010). News From EU Research: Preparation of active packaging with antioxidant and antimicrobial activity based on astaxanthin and chitosan. *Nutrition Bulletin*, 35 (3), pp. 268-271.
- Shin, J., Harte, B., Ryser, E. y Selke, S. (2010). Active Packaging of Fresh Chicken Breast, with Allyl Isothiocyanate (AITC) in Combination with Modified Atmosphere Packaging (MAP) to Control the Growth of Pathogen. *Journal of Food Science*, 75 (2), pp. M65-M71.
- Skandamis, P. N. y Nychass, G.J. (2002). Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 79 (1-2), pp: 35-45.
- Smith, J.P., Ramaswamy, H.S. y Simpson, B.K. (1990). Developments in food packaging technology. Part II. *Trends in Food Science & Technology*, 1, pp: 111-178.
- Soares, N.F.F. y Hotchkiss, J.H. (1998a). Bitterness reduction in grapefruit juice through active packaging. *Packaging Technology and Science*, 11, pp: 9-18.
- Soares, N.F.F. y Hotchkiss, J.H. (1998b). Naringinase immobilisation in packaging films for reducing naringin concentration in grapefruit juice. *Journal of Food Science*, 63, pp: 61-65.
- Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K., y Bigger, S.W. (2003). Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *Journal of Food Science*, 68 (2), pp: 408-419.
- Tovar, L., Salafranca, J., Sanchez, C. y Nerin, C. (2005). Migration studies to assess the safety in use of a new antioxidant active packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (13), pp: 5270-5275.
- UE (2004). Reglamento (CE) N° 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las Directivas 80/590/CEE y 89/109/CEE. DO L 338 de 13 de noviembre de 2004, pp: 4-17.
- UE (2009). 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. DO L 135 de 30 de mayo de 2009, pp: 3-11.
- Vega-Lugo, A.C. y Loong-Tak, L. (2009). Controlled release of allyl isothiocyanate using soy protein and poly(lactic acid) electrospun fibers. *Food Research International*, 42 (8), pp. 933-940.
- Vermeiren, L., Devlieghere, F., van Beest, M., de Kruijf, N. y Debevere, J. (1999). Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 10 (3), pp: 77-86.
- Vermeiren, L., Devlieghere, F. y Debevere, J. (2002). Effectiveness of some recent antimicrobial packaging concepts. *Food Additives and Contaminants*, 19 (5), pp: 163-171.
- Weng, Y.M. y Chen, M.J. (1997) Sorbic anhydride as antimycotic additive in polyethylene food packaging film. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 30 (5), pp: 485-487.