
Nuevos envases. De la protección pasiva a la defensa activa de los alimentos envasados

Ramón Catalá y Rafael Gavara

Arbor CLXVIII, 661 (Enero 2001), 109-127 pp.

1. Introducción

Los alimentos se deterioran con el tiempo, fundamentalmente por la acción de organismos vivos (mohos, bacterias, insectos, roedores, etc.), la acción físico-química del entorno (temperatura, humedad relativa, oxígeno, radiaciones, etc.) y la actividad biológica del propio alimento. Las medidas tecnológicas adoptadas para evitar o minimizar los efectos adversos de los factores citados han sido la génesis de las técnicas de conservación de alimentos. Todas ellas incluyen un amplio conjunto de operaciones de muy distinta naturaleza y complejidad, entre las que se incluye el envasado.

Para algunos alimentos el envase constituye únicamente una forma de presentación o un medio de distribución comercial, tal sucede con alimentos frescos destinados al consumo inmediato o aquellos que por sus características físico-químicas pueden considerarse como autoestables. Ahora bien, en general, los alimentos requieren para su comercialización un estricto control de las condiciones en que se procesan, distribuyen y almacenan. Los envases, interponiéndose entre el alimento y el entorno, tienen como misión fundamental reducir la incidencia de los factores externos, protegiendo la integridad del producto y evitando o retrasando la pérdida o deterioro de las características nutritivas, sensoriales y sanitarias que definen su calidad y aceptación para el consumo. El envase se configura así como un elemento fundamental del sistema de conservación de los alimentos. En general, cualquiera que sea la forma de protección a aplicar, el envase es siempre

un elemento imprescindible; incluso para muchos alimentos el envase establece la tecnología de conservación.

Del papel fundamental del envase en la conservación y distribución de los alimentos da idea la diferencia en la magnitud de las pérdidas de alimentos por deterioro entre los países en vías de desarrollo y los países occidentales desarrollados; de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el deterioro en los países en desarrollo alcanza el 30-50%, mientras que en los desarrollados esta cifra se reduce al 2-3%, merced al envasado y a los sistemas de distribución.

Ahora bien, también los envases han tenido y tienen para una parte de la opinión pública una cierta imagen negativa, que llega a poner en cuestión incluso su utilidad. Por un lado, el aspecto sanitario. Se cuestiona la salubridad de muchos materiales de envase y su incidencia en la calidad sensorial de los alimentos. Por otro, su responsabilidad en el deterioro medio ambiental.

Es indudable que algunos componentes de los envases, como pueden ser ciertos monómeros o aditivos de los materiales plásticos o los metales pesados en los envases metálicos o en el cartón, son tóxicos. Pero, en general, se conocen suficientemente y se ejerce sobre ellos un estricto control con las legislaciones sanitarias establecidas por todos los países, y en particular por la Unión Europea. También es indudable que los envases se convierten en un residuo inútil y molesto, del que hay que deshacerse una vez cumplida su misión, lo que puede significar un problema por la creciente preocupación por la conservación del medio ambiente de las sociedades más desarrolladas. Pero sólo en la medida que no se hace nada para evitarlo. Si se analiza adecuadamente su papel se concluye sin género de dudas que los envases no son algo superfluo y caro que sólo crea problemas sanitarios y medio ambientales, como a veces puede pensarse sin un análisis riguroso, sino todo lo contrario, la base para una correcta protección y comercialización de todo tipo de artículos a precios razonables. Así, la generalización del uso de los envases y embalajes junto con el desarrollo de las modernas técnicas de protección y comercialización han hecho posible la universalización del consumo de todo tipo de productos, sin limitaciones de distancias, estacionalidad, etc., con precios asequibles en cualquier mercado; nuestras frutas y hortalizas, por ejemplo, se comercializan en toda Europa y nosotros comemos durante todo el año frutas tropicales. Recientes estudios en diferentes países han puesto en evidencia que la venta en autoservicio de los productos envasados abarata los productos de uso corriente, que pueden llegar al consumidor reduciendo su precio a la mitad.

Los envases utilizados para la conservación y comercialización de alimentos han ido cambiando a lo largo de los años como respuesta a factores sociales, tales como el crecimiento de la población, la urbanización, la necesidad de evitar pérdidas y desperdicios de alimentos, la incorporación de la mujer al trabajo, el comercio internacional, la creciente preocupación por la higiene y por el consumo de alimentos naturales, el deterioro del medio ambiente, etc.. A instancias de éstos y otros impulsos, los primitivos envases «naturales» como calabazas, pellejos, recipientes de alfarería, etc., fueron cediendo paso a los nuevos materiales industriales —papel, vidrio, hojalata, plásticos— en una progresiva evolución tecnológica, hasta llegar a la situación actual, caracterizada por una amplia y variada oferta de materiales y diseños. En ésta, como en otras áreas tecnológicas, la innovación es continua, para dar respuesta a las crecientes exigencias sociales.

Se dispone en la actualidad de una gama de envases y embalajes de muy diversos materiales y características adecuadas para cubrir la diversidad de demandas específicas que plantea la gran cantidad y variedad de bienes de consumo que se comercializan en las sociedades urbanas más desarrolladas. Por ello, no puede pensarse en un envase ideal, con validez universal para todos los productos y tanto menos para el envasado de alimentos. Para cada uso es necesario seleccionar el envase más adecuado en función de muy diversos parámetros. Aspectos tales como las características del producto (naturaleza, composición, sensibilidad a los factores atmosféricos, temperatura, etc.), forma de transporte y distribución comercial, mercado consumidor, vida útil esperada, costos, posibilidad de reutilización o reciclado de los materiales, compatibilidad medio ambiental, etc., son algunos de los muchos que deben tomarse en consideración en la elección del envase y de la tecnología de envasado.

Sin duda, la introducción de los materiales de origen polimérico (comúnmente plásticos) ha producido una revolución en el diseño de los envases y en los equipos de envasado. Estos modernos materiales (los primeros plásticos se desarrollaron durante la II guerra mundial) presentan una serie de propiedades atractivas frente a los clásicos vidrio y metal, como son ligereza, flexibilidad, transparencia u opacidad, inercia química, resistencia térmica, versatilidad de formas que hace posible el uso de envases flexibles y los procesos integrados de fabricación y envasado, bajo costo de materias primas, fabricación y transformación, compatibilidad con las microondas, termosoldabilidad, etc. Además, el término genérico plástico engloba miles de materiales diferentes, que pueden ser transformados de forma similar, por lo que se pueden con-

seguir mezclas y estructuras multicapas, incluso con otros materiales como papel, cartón o aluminio, aumentando exponencialmente sus posibilidades de aplicación y permitiendo una total adecuación del envase a los requisitos de un producto específico. Por otra parte, los plásticos también encuentran aplicación y llegan a formar parte de los envases metálicos y de vidrio; se aplican barnices y lacas para limitar la corrosión de las latas y mejorar su aspecto y para reducir la fragilidad de los envases de vidrio. Además, se utilizan gomas (polímeros elásticos) en los elementos de cierre de estos envases.

Ahora bien, los plásticos también presentan limitaciones con respecto al vidrio y los metales, dado que permiten el paso de sustancias de bajo peso molecular como oxígeno, agua, aromas, etc. a través de las paredes del envase. Este hecho es consecuencia de mecanismos de transferencia de masa, que hacen que los plásticos no sean siempre barrera para los gases o aromas, o transfieran sustancias al alimento, lo que, sin duda, es un factor limitativo en sus aplicaciones en envases para alimentos. Sin embargo, esta característica, sin duda negativa, puede hacerse positiva y ser usada en provecho propio. Así, en la actualidad, se aprovecha la permeabilidad haciendo posible el envasado de hortalizas y frutas frescas en los que el envase actúa regulando su tasa de respiración y alargando su vida útil, o también introduciendo elementos en el envase capaces de retener componentes del alimento no deseados como el colesterol o la lactosa. De una u otra forma, las peculiares características de los materiales plásticos han propiciado la aparición en el mercado de nuevos envases y tecnologías de envasado, con nuevos conceptos como los alimentos envasados en atmósfera modificada, el envasado en porciones para consumo individual, el envasado de productos constituidos por varios componentes que se presentan separados, los alimentos que permiten el horneado en su propio envase, los envases comestibles, o los envases activos para productos frescos.

Se comentan brevemente en este artículo, algunos de los más actuales desarrollos en el envasado de alimentos y que en los próximos años pueden tener la mayor significación práctica, como son el envasado en atmósfera modificada, el uso de envases activos o los materiales comestibles y biodegradables.

2. Alimentos envasados en atmósfera modificada

Día a día crece la preferencia de los consumidores por disponer de alimentos frescos de calidad o, cuanto menos, con el menor trata-

miento posible sin aditivos ni conservadores, lo que ha impulsado el desarrollo de tecnologías que cumpliendo este requisito fundamental permitan alargar su vida útil por un periodo razonable. Tal es la tecnología de envasado en atmósferas modificadas.

Alterando convenientemente la composición de los gases del ambiente, se reduce el crecimiento microbiano, así como la velocidad de las reacciones químicas internas o de intercambio con el medio que pueden llevar a la alteración y/o pérdida de calidad de los alimentos. Estos efectos se ven lógicamente potenciados con la reducción de la temperatura, por lo que en la práctica estas técnicas se aplican conjuntamente, en general, con la refrigeración.

De acuerdo con la definición más aceptada el Envasado en Atmósfera Modificada (comúnmente MAP) implica el reemplazo del aire atmosférico en un envase por una mezcla de gases diferentes, con lo cual la proporción de cada componente se fija cuando se introduce la mezcla, pero sin ejercer ningún control posterior durante el almacenamiento. En la práctica comercial se recurre usualmente a la reducción del oxígeno y aumento del dióxido de carbono y/o nitrógeno. Cuando se mantiene la composición de la atmósfera a lo largo del almacenamiento, bien haya sido o no modificado previamente, se dice que la atmósfera está controlada (CAP). En el envasado en atmósferas modificadas no es necesario, en general, mantener la composición del gas a lo largo del almacenamiento, por lo que resulta más práctico y económico y adecuado para envases de venta al consumidor, mientras que la atmósfera controlada tiene sentido práctico para la conservación a granel. De cualquier forma, el envasado en atmósferas controladas/modificadas es una alternativa diferenciada del bien asentado envasado a vacío, en el que el gas atmosférico no ve alterada su composición.

El envasado en atmósferas controladas/modificadas es, en definitiva, un sistema de alargar la vida útil de alimentos frescos o elaborados, sin aditivos ni conservadores y sin prácticamente tratamiento, mediante la regulación de la atmósfera de envasado y la refrigeración, manteniendo las características de calidad y salubridad del alimento durante el tiempo necesario para su comercialización y consumo. Se consigue para algunos productos duplicar o incluso triplicar la vida útil.

La utilización práctica de la modificación del entorno gaseoso de los alimentos se desarrolló en las primeras décadas del siglo, con diferentes experiencias orientadas a alargar la vida útil comercial de algunas frutas y carnes frescas. El desarrollo industrial de la conservación de alimentos frescos por control de la composición atmosférica, sin embargo, hay que

sitarlo en los años 50, cuando la empresa americana Whirlpool Corporation desarrolló técnicas para el control directo de la atmósfera de conservación de carnes y productos hortofrutícolas. Desde aquellas fechas ha ido creciendo día a día, tanto en Estados Unidos como en Europa, la utilización de la técnica para la conservación en almacenes o el transporte a granel de estos productos.

La extensión del control de la composición atmosférica a envases de tamaño familiar, lo que se ha definido como atmósfera modificada, no encontró un desarrollo significativo hasta los años 70, inicialmente en Gran Bretaña y Alemania. En España no se introducen hasta mitad de la década de los 80. Desde su introducción, las técnicas de envasado en atmósfera modificada han ido perfeccionándose hasta llegar a la situación de pleno desarrollo actual. Aunque los alimentos envasados en atmósfera modificada no parecen muy visibles en el mercado, constituyen ya una fracción importante y creciente del suministro de alimentos. Mayoritariamente los productos comercializados con esta tecnología no llevan ninguna indicación al respecto, o bien se indica «*envasado en atmósfera protectora*». Parece que todavía el consumidor no conoce o acepta bien el término atmósfera modificada, por lo que se impone el de atmósfera protectora, mucho menos real, pero posiblemente menos comprometido. La gama de productos que se comercializan ha ido extendiéndose sucesivamente y en la actualidad se aplica a todo tipo de alimentos, si bien carnes, pastas, productos de panadería y bollería y en menor medida frutas y hortalizas, son los alimentos mas comercializados con estas técnicas.

Realmente, el gran desarrollo del envasado en atmósfera modificada está siendo posible por las indudables ventajas prácticas que aporta, pero no sólo a los consumidores, sino tanto más a las propias empresas elaboradoras, entre las que pueden destacarse: el aumento significativo de la vida útil comercial de alimentos frescos y/o poco procesados, manteniendo íntegramente su calidad y características «*naturales*»; el aprovechamiento de excedentes y productos defectuosos y reducción de desperdicios, así como la mejora de la distribución comercial de alimentos frescos, con aumento sensible del radio de distribución y con reducción de la frecuencia de reposición de mercancías. No obstante, también hay que reseñar algunos inconvenientes destacables, tales como la necesaria inversión en los equipos de envasado y aplicación de gases y el coste de los mismos; el aumento de los costos de transporte y almacenamiento de envases y productos elaborados, la necesidad de mantener la temperatura controlada ya que se requiere, en general, refrigeración y, también, ocasionalmente problemas de salubridad por

crecimiento de patógenos si no se mantiene la atmósfera y/o la temperatura de conservación adecuada.

En la práctica industrial la aplicación del envasado en atmósfera modificada, aunque sencilla, plantea ciertas dificultades, ya que el efecto de la composición atmosférica no es igual para todos los productos y condiciones de trabajo. Hay que tener en cuenta, básicamente, la composición, características y estado sanitario del alimento a conservar, la composición de la atmósfera y la temperatura de conservación, así como los materiales de envase y tecnología de envasado.

En primer lugar hay que considerar las características del alimento, su naturaleza, composición, actividad de agua, presencia de grasas, etc., y, tanto más, el estado sanitario del mismo, es decir la carga microbiológica con que llega al envase. El efecto de los gases atmosféricos sobre los alimentos varía muy significativamente según la naturaleza del alimento e incluso entre alimentos de similares características, por lo que en la práctica debe estudiarse específicamente cada alimento a envasar, para una selección adecuada de la atmósfera de envasado.

Los gases que intervienen en la tecnología de conservación en atmósferas modificadas son básicamente los gases atmosféricos oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono, si bien también otros gases como el monóxido de carbono, dióxido de azufre, etileno, ozono, etc. han sido estudiados, sin llegar a su aplicación comercial. En la práctica industrial la modificación de la atmósfera significa, usualmente, la introducción de una apreciable concentración de dióxido de carbono y la reducción de la presencia de oxígeno.

Las tecnologías desarrolladas para la aplicación de los gases pueden ser muy diversas y adaptables a las necesidades del producto y tecnología de conservación aplicada. Básicamente, aplicación de vacío previo en el envase e inyección de gases, barrido de la atmósfera del envase con mezclas de gases o bien generación de la atmósfera adecuada mediante modificadores.

El dióxido de carbono actúa como agente bacteriostático y fungistático retardando la fase de crecimiento y reduciendo la fase de multiplicación de microorganismos aerobios. El incremento del nivel de dióxido de carbono, así mismo, lleva a las reacciones de respiración aeróbica en sentido contrario, reduciendo así la respiración de los alimentos. Es un gas muy soluble en agua y en grasas, lo que ocasionalmente puede originar su absorción por el producto envasado con la consiguiente retracción y colapso del envase.

La presencia de oxígeno se considera de forma general como indeseable para la conservación de los alimentos, por su intervención

en reacciones bioquímicas y medio de desarrollo de microorganismos. Con la reducción de oxígeno se rebaja sustancialmente la velocidad de respiración de los alimentos vivos y de las reacciones enzimáticas aeróbicas y se limita el crecimiento de microorganismos aerobios. No obstante, puede ser problemático llegar a condiciones anaeróbicas en algunos casos, ya que pueden también permitir el crecimiento de organismos productores de toxinas anaerobias en alimentos con actividad de agua superior al 0,85 (carne o pescados, por ej.). Por otra parte, la reducción de la presencia de oxígeno limita ciertamente las reacciones de oxidación bioquímica tales como el enranciamiento de grasas, pardeamiento, cambios de sabor, etc., pero también, la reducción a ultranza del oxígeno en productos como frutas y hortalizas puede llevar a un incremento de metabolismos que dan lugar a la aparición de sabores extraños y otros efectos indeseables. Para la conservación de muchos productos, así mismo, la presencia de oxígeno puede tener una acción muy positiva, tal sucede, por ej. en la conservación del color en las carnes frescas, o en el metabolismo de los productos vegetales.

También hay que considerar, aunque en menor medida, la presencia de humedad en la atmósfera de envasado. La elevación del nivel de humedad invierte la respiración aeróbica y reduce la velocidad de respiración. Simultáneamente el mantenimiento de alto nivel de agua reduce su pérdida en el producto ayudando, por tanto, a mantener su calidad inicial.

El nitrógeno como gas inerte no tiene por sí mismo acción directa sobre los alimentos por lo que puede emplearse para completar la atmósfera del envase, pero sobre todo puede ejercer una acción muy favorable sustituyendo al oxígeno en aquellos productos susceptibles de reacciones de oxidación.

Así pues, la atmósfera modificada implica un control muy cuidadoso del gas ambiente del alimento, en un esfuerzo por limitar todas las reacciones que conducirían a su deterioro o alteración, para alargar la vida útil de alimentos frescos. De cualquier forma el efecto de la atmósfera ambiente no es igual para todos los productos y condiciones de trabajo.

También hay que tener en cuenta que el efecto de los gases varía muy significativamente con la temperatura. Aunque algunos productos pueden conservarse a temperatura ambiente, el éxito de esta tecnología, como forma de alargar la vida útil de los alimentos, está estrechamente ligado al mantenimiento de la temperatura de refrigeración, tanto durante la comercialización, como por parte del consumidor en su domicilio.

Otro aspecto fundamental en la tecnología de envasado en atmósfera modificada es, lógicamente, el envase. Los materiales de envase tradicionales, vidrio y metal, no son muy adecuados para la mayor parte de los usos en el envasado en atmósferas modificadas. Por su condición de barrera total, no permiten la modificación de las condiciones del interior del envase. Para ello, es necesaria la utilización de materiales poliméricos, cuya permeabilidad permite un adecuado control de la atmósfera de envasado. De hecho, la moderna tecnología de envasado en atmósfera modificada no hubiera sido posible sin la aportación de los materiales poliméricos, que han permitido disponer de una amplia variedad de envases para cubrir las exigencias de cada tipo de alimentos.

Atendiendo a las condiciones del alimento a envasar y a las exigencias de la comercialización se dispone en la actualidad de muy variadas alternativas. Se emplean diversos tipos de envases flexibles o semirígidos con una amplia gama de materiales poliméricos simples o complejos con diversos grados de permeabilidad y características mecánicas. Los diseños de envases de mayor utilización práctica para el envasado en atmósferas modificadas son: las bolsas flexibles con tres o cuatro soldaduras, las bandejas y tarrinas semi-rígidas con cubierta flexible termosoldada o las bandejas rígidas con tapa o envoltura flexible.

Para la selección adecuada del material de envases hay que atender a una serie de características y propiedades que definen su idoneidad.

En primer lugar las propiedades mecánicas (resistencia a la abrasión, al desgarrar, a la perforación, al impacto, a la flexión, etc.) que garanticen la integridad del envase durante el envasado y manipulación comercial.

La transparencia es, generalmente, una exigencia comercial como reclamo para el consumidor. Ahora bien, hay que tener en cuenta que las radiaciones pueden ser también problemáticas para la conservación de algunos productos, al provocar cambios oxidativos en lípidos, colorantes u otros componentes básicos del alimento.

La termosoldabilidad, responsable de la hermeticidad del envase es también una exigencia básica, para controlar la composición de la atmósfera de envasado.

Pero si todas las características apuntadas son importantes para la adecuada selección del envase la permeabilidad es, sin duda, la característica fundamental. La permeabilidad del material (simple o complejo) determina las condiciones atmosféricas durante el almacenamiento, siendo la característica esencial, en la práctica, para la conservación del producto envasado.

Así, algunos alimentos, una vez envasados tienen una actividad biológica escasa. Alimentos de estas características son, entre otros,

los deshidratados, los productos secos para aperitivo o algunos productos cárnicos curados. Dado que el alimento no genera gases ni prácticamente los consume, el envase debe ser capaz de mantener la atmósfera inicial o, al menos, evitar la entrada de oxígeno o humedad para limitar algunos procesos como la oxidación de grasas, o cambios de textura, que conducirían a la pérdida del producto. El envase debe ofrecer un alto nivel de barrera, que se consigue con materiales multicapa con aluminio o copolímeros de etileno-alcohol vinílico.

Sin embargo, la mayor parte de alimentos envasados en atmósfera modificada, son productos frescos o poco procesados que durante el almacenamiento mantienen, como se ha dicho, una apreciable actividad biológica. Así, las frutas y hortalizas continúan respirando y, por tanto, consumiendo oxígeno y desprendiendo dióxido de carbono. El envase debe controlar el intercambio de gases con el medio ambiente para mantener las concentraciones en los niveles adecuados, lo cual requiere un estudio muy cuidadoso de los materiales de envasado. En ocasiones es necesario, incluso, la utilización de materiales con permeabilidad selectiva o alta porosidad obtenida por microperforación de material. El desarrollo de envases aptos para las distintas situaciones que se presentan en la práctica es, en la actualidad, uno de los temas de mayor interés para el avance de la tecnología de envasado en atmósfera modificada.

En conclusión el envasado en atmósferas modificadas ha representado una gran revolución y está alcanzando una rapidísima expansión aplicándose a todo tipo de productos. Según opinión generalizada, se estima que en una década más del 50 % de los alimentos se elaborarán con esta tecnología

3. Envases activos

Tradicionalmente una de las características mejor valoradas de los envases era su inercia frente al alimento a envasar. El envase debía actuar como un simple contenedor y barrera aisladora del medio exterior, con mínima incidencia sobre el producto envasado.

En la última década, sin embargo, están emergiendo nuevas tecnologías de conservación de alimentos basadas, precisamente, en potenciar o aprovechar las posibles interacciones del envase con el producto y/o el medio ambiente. Así, por ejemplo, durante el almacenamiento de productos vegetales en atmósfera modificada se generan o consumen gases como oxígeno, dióxido de carbono, etc. con mayor o menor ve-

locidad, en función de las características del producto. Pues bien, con la introducción en el envase de ciertas sustancias que eliminen o generen estos gases y el control de la permeabilidad del material de envase, puede mantenerse la atmósfera adecuada para la mejor conservación del alimento envasado. Esta manipulación de la atmósfera de envasado nos lleva al concepto de envase activo.

Se entiende como **envase activo** un sistema alimento/envase/entorno que actúa de forma coordinada para mejorar la salubridad y la calidad del alimento envasado y aumentar su vida útil. Con esta definición se amplía el concepto de envase activo con respecto al envasado en atmósfera modificada, extendiendo sus posibilidades para todo tipo de tecnologías de conservación. Es decir, el envase pasa de ser un mero contenedor a desempeñar un papel activo en el mantenimiento o incluso mejora de la calidad del alimento envasado. Realmente, como ha dicho algún autor, el envase corrige las deficiencias del sistema de conservación con diversas formas de actuación, por lo que este concepto ha sido definido también como envase inteligente, funcional, interactivo, etc.

El concepto de envase activo no es realmente nuevo. Al fin y al cabo las hojas, con las que poblaciones indígenas de países tropicales recubren algunos productos tradicionales, son ejemplos de envases activos; estas hojas proporcionan al producto compuestos aromáticos y enzimas, responsables de algunas de las características sensoriales por las que esos alimentos son apreciados, así como agentes antimicrobianos que contribuyen a su conservación. En la actualidad, con la redefinición del concepto de envase activo se puede pensar en diseñar envases y tecnologías de envasado a medida de las necesidades de los diferentes productos y del mercado consumidor, posibilitando nuevas formas de conservación y comercialización de alimentos.

Los envases activos pueden conseguirse por diversos medios, pero son dos básicamente los mecanismos de actuación:

- Introduciendo el elemento activo en el interior del envase, junto con el producto a envasar.
- Formando parte el elemento activo del material de envase.

Desde los inicios del desarrollo de estas tecnologías, la forma más usual para introducir el elemento activo ha sido la utilización de una pequeña bolsa o sobre, conteniendo dicho principio —por ejemplo, hierro para eliminar el oxígeno residual en el envase, o gel de sílice para eliminar la humedad—. La bolsa se construye con material polimérico suficientemente permeable para permitir la liberación y/o actuación

del principio activo, pero sin que entre en contacto, en general, con el producto. Por supuesto deben usarse materias activas que no pongan en peligro la salubridad del producto envasado. Actúan así la mayor parte de los sistemas que han constituido la primera generación de envases activos y aún sigue siendo la técnica más generalizada.

Una alternativa que empieza a ser usada para algunos productos y que presenta las mejores perspectivas de futuro, es la introducción del principio activo en el propio material de envase, bien formando parte del polímero, bien incorporado por medio de algún componente del mismo. Podría decirse que se trata de un efecto positivo del mecanismo de migración; en lugar de ceder al alimento sustancias indeseables cede sustancias con efecto beneficioso, previamente incorporadas al mismo. Ésta es, sin duda, la forma más atractiva para el consumidor, que no encuentra nada extraño en el interior del producto, que pueda llamarle la atención y hacerle dudar sobre la calidad sanitaria del alimento que va a consumir.

El envase activo ha ido introduciéndose comercialmente y ya son muchos y muy diversos los usos, sobre todo en Japón y Australia y algo menos en USA. En Europa, hasta el momento la introducción de estos envases es mínima. Sin duda, la mayor aplicación actual de los envases activos es el control y modificación de la atmósfera interior de los envases, como medio o como complemento de las propiedades barrera del material para conseguir la composición gaseosa adecuada para la conservación del producto en atmósfera modificada. Se han propuesto muy diversas soluciones para el control del oxígeno, del dióxido de carbono y de la humedad y, en menor medida del etileno y del alcohol, gran número de ellas ya plenamente comercializadas. Veamos algunos ejemplos.

Los absorbentes de oxígeno constituyen la aplicación actual más extendida. El control del oxígeno en el interior de los envases siempre es una exigencia para la mejor conservación de los alimentos, pero sobre todo para productos susceptibles de sufrir reacciones de oxidación y enranciamiento de sus componentes grasos, pardeamiento enzimático o crecimiento microbiano. Se emplean básicamente sales de hierro, ácido ascórbico o bien sistemas enzimáticos como glucosa oxidasa/catalasa, introducidos en pequeñas bolsas localizadas en el fondo o en el espacio de cabeza del envase. Con estos sistemas se consigue reducir la presencia de oxígeno por debajo del 0,01%, en combinación con el uso de materiales de envases de alta barrera. Se han empleado con éxito para el control del oxígeno en productos de bollería, pastas, quesos, frutos secos o carnes y pescados curados o ahumados. Un uso interesante

de los absorbedores de oxígeno es el control de la presencia de oxígeno en el espacio de cabeza de cervezas envasadas. Para este uso el elemento activo se incorpora al compuesto de cierre (*liner*) del tapón del envase.

También está extendido el uso de envases activos para el control del dióxido de carbono en el envasado en atmósfera modificada de frutas y hortalizas. Se comercializan bolsas conteniendo hidróxido cálcico o carbón activo para absorber el exceso de dióxido de carbono que se genera abundantemente en la respiración de muchas frutas, o bien bicarbonato sódico como emisor de dicho gas para algunos productos vegetales o frutos secos. Otra aplicación interesante es el control del dióxido de carbono en el café envasado; el café genera gas tras el proceso de tostado y su acumulación puede crear la presión suficiente para poner en peligro la integridad del envase.

El control de la humedad es otra aplicación interesante de los envases activos. Se emplean ampliamente para el control de la condensación de agua en el interior del envase de carnes o productos vegetales frescos que desvaloriza la presentación comercial del producto; se incorporan al plástico aditivos antivaho, generalmente monoglicéridos, con la misión de reducir la tensión superficial de las gotas de condensado hasta formar una fina película continua apenas perceptible. Otra aplicación interesante es la retención de los líquidos exudados en carnes y pescados frescos envasados. Para ello se han diseñado diferentes sistemas basados en polímeros absorbentes con copolímeros de almidón o poliacrilatos, que pueden situarse en el fondo de las bandejas de comercialización del alimento, protegidos por una lámina de polietileno o polipropileno.

Se están estudiando técnicas de envasado activo para el control del crecimiento superficial de microorganismos en los envases. Así, se ha ensayado con éxito el uso de la nisina producida por *Lactococcus lactis*, introducida en metilcelulosa recubriendo un film de polietileno. También se han ensayado otros microbicidas usuales como los derivados de los ácidos benzoico, sórbico y propiónico en diferentes filmes plásticos y en polímeros comestibles. El isocianato de alilo, un microbicida extraído de plantas, ha sido aprobado como aditivo en Japón para su empleo, difundiendo desde el envase en forma de vapor para extender la vida útil de carnes, pescados o quesos. También se ha ensayado la incorporación a los materiales de envase de zeolitas que retienen y liberan de forma controlada estas sustancias. La incorporación de agentes microbicidas a los materiales poliméricos es, sin duda, una técnica de gran potencial. Permite la lenta liberación e incorporación al alimento de un agente fungicida o bactericida, que puede reducir

la carga microbiológica de productos frescos sin ningún otro tratamiento, permitiendo alargar su tiempo de comercialización.

En la misma línea hay actualmente numerosos grupos de investigación estudiando la introducción de diferentes aditivos para usos muy específicos, que pueden tener gran interés práctico. Así, se ha estudiado la inmovilización de la enzima naringinasa, que produce la rotura de las flavononas, responsables del desarrollo del sabor amargo de los cítricos, en un polímero que puede incorporarse al interior de un envase de cartón complejo de los que se emplean habitualmente para el envasado de zumos. Cuando el zumo está en contacto con el polímero el enzima hidroliza los compuestos amargos haciendo que la bebida se endulce con el tiempo. También se ha ensayado la inmovilización de enzimas para eliminar lactosa y colesterol en leche envasada, lo que posibilitaría el consumo de este producto a quienes no pueden hacerlo por la conocida intolerancia a la lactosa.

Un desarrollo interesante, aunque no puede considerarse un envase activo en la línea de lo comentado hasta ahora, es la incorporación de sustancias al producto envasado que cambian de color con la presencia de algún patógeno en el alimento. De esta forma podría alertarse al consumidor sobre la salubridad del producto antes de su consumo. La idea es atractiva, pero aún no está desarrollada. Con la misma finalidad de servir de alerta a los consumidores sobre la estabilidad del producto, se han desarrollado los llamados indicadores de tiempo-temperatura, que pueden mostrar si un alimento congelado o refrigerado ha mantenido adecuadamente la temperatura durante todo el almacenamiento. Es ésta una vieja aspiración de los consumidores, pero todavía está lejos de ser una realidad comercial generalizada.

En algunos usos de los envases activos pueden plantearse dudas por parte del consumidor sobre posibles efectos en la salubridad de los alimentos envasados. Aunque no existe legislación específica sobre el uso de estos envases, en general puede decirse que los sistemas diseñados han sido objeto de intensa investigación antes de su comercialización. Los fabricantes son conscientes del riesgo que puede significar la utilización de sustancias problemáticas. De cualquier forma, sería deseable una mayor información a los consumidores sobre el significado y características de los envases activos.

4. Envases y recubrimientos comestibles. biopolímeros

Sin duda uno de los avances de mayor interés actual y perspectivas de futuro es la utilización de polímeros comestibles y/o biodegradables

- genéricamente biopolímeros - obtenidos a partir de macromoléculas de origen natural, como sustitutos de los actuales polímeros sintéticos para muchos usos.

Aunque el uso de biopolímeros parece algo novedoso, la realidad es que ya se empleaban en la antigüedad, aunque quizás con otra perspectiva. Son muchos los ejemplos que pueden aducirse. Así, durante los siglos trece y catorce, ya se practicaba en China el recubrimiento de naranjas y limones por inmersión en ceras para retardar la pérdida de agua y con igual fin se recubría la carne con manteca en Inglaterra en el siglo dieciséis. Por esas fechas, también se empleaban en Asia películas comestibles de yuba, material proteico obtenido a partir de soja hervida, para mejorar la apariencia y la conservación de alimentos.

Realmente el uso moderno de polímeros comestibles se inició en los años 30, con la aplicación sobre frutas de ceras y aceites espolvoreados en forma de emulsión acuosa, para mejorar su presentación, reducir la pérdida de agua o aplicar fungicidas superficiales para retardar su alteración. También se inició la aplicación de algunos polisacáridos como alginatos, carragenatos o pectinas, para la protección de carnes, y sucesivamente se han ido ampliando los usos de biopolímeros, hasta alcanzar actualmente una presencia significativa en gran variedad de aplicaciones, pero sobre todo en tripas para embutidos, recubrimientos con ceras de frutas y hortalizas y recubrimientos de productos de bollería.

En la última década la investigación sobre biopolímeros ha sido intensa, tratando de desarrollar materiales a partir de muy diferentes polímeros naturales como lípidos, polisacáridos y proteínas y combinaciones entre ellos y diferentes aditivos para mejorar propiedades funcionales, con el fin de encontrar materiales con posibles aplicaciones como envases o embalajes y sobre todo útiles para la protección de alimentos. En la actualidad las películas y recubrimientos comestibles de alimentos están encontrado muchos usos, tales como proteger al alimento de la acción de microorganismos, o evitar su contacto con el oxígeno o la humedad del medio, o bien retardar o limitar la pérdida de humedad, aromas, o solutos de alimentos. También con funciones de envase, protegiendo la integridad estructural de los alimentos durante su comercialización.

Las películas y recubrimientos comestibles son, por tanto, un interesante medio para reducir el uso de polímeros sintéticos para envases, aunque de cualquier modo un producto tratado con una película comestible requerirá siempre un envase o embalaje adicional, por ejemplo una caja de cartón que lo proteja de posibles contaminaciones durante

la comercialización. En cualquier caso, los envases o recubrimientos hechos entera o parcialmente con polímeros naturales comestibles y/o biodegradables pueden ser una excelente aportación para limitar la polución ambiental de los residuos de envases, creando además nuevas posibilidades de mercado para productos agrícolas.

Los recubrimientos comestibles pueden ser aplicados directamente sobre los alimentos, generalmente tras solubilización, dispersión o emulsificación del polímero. Alternativamente pueden producirse películas, por ejemplo por extrusión, que pueden usarse igualmente como recubrimientos o envases comestibles. Los dos términos, película o recubrimiento, son a menudo intercambiables, generalmente sin embargo, las películas se preforman y los recubrimientos se forman directamente sobre el producto.

Debeaufort y colaboradores plantean una cuestión interesante sobre el uso de biopolímeros en la alimentación: ¿pueden considerarse estos materiales ingredientes o aditivos en los alimentos?. La Unión Europea no ha establecido ninguna reglamentación al respecto. De acuerdo con el Codex Alimentarius, se entiende por alimento todo producto, natural o tratado, usado para la alimentación y nutrición humana. Con esta definición en cierto modo pueden considerarse alimento las películas y recubrimientos comestibles. Ahora bien, en la mayor parte de los casos estos materiales no proporcionan ningún aporte nutritivo, por lo que deberían ser calificados como aditivos. Pero, al mismo tiempo, hay que considerar que con ellos se trata de mejorar de alguna forma las cualidades nutritivas del producto, aunque sea indirectamente por la protección que le ofrecen y, en tal sentido, ser calificados de ingrediente. Bien, en tanto no se establece una legislación al respecto, son válidas ambas consideraciones, si bien parece más justificable la consideración de ingredientes. En tal caso, una condición básica para estos materiales es que no sean detectables al consumir el alimento y no le confieran olor ni sabor. Sin embargo, para tener una significación comercial de cara a la aceptación de su presencia por parte del consumidor, debe formar parte integral del producto y debe llegar a ser considerado por el consumidor como un componente natural de un todo que es el alimento que va a consumir.

Bien, en cualquier caso, en su doble condición de componentes de los alimentos y a la vez de materiales de envase, las películas y recubrimientos comestibles han de cumplir una serie de exigencias tales como: tener buenas cualidades sensoriales, ausencia de toxicidad y ser sanos; han de aportar alta barrera y eficacia protectora del alimento, con suficiente estabilidad bioquímica, fisico-química y microbiológica

durante la comercialización del producto; la tecnología de aplicación ha de ser simple y las materias primas han de ser de coste bajo, al igual que los procesos de preparación y aplicación; y, por supuesto, no deben presentar problemas de polución ambiental.

Con estas características se han patentado en los últimos años muy diversas tecnologías, muchas de las cuales están teniendo ya una amplia repercusión comercial. La obtención de estos materiales puede hacerse directamente a partir de polímeros naturales, generalmente de origen agrícola, pero también por fermentación de algunos de estos mismos sustratos agrícolas por acción de ciertos microorganismos. Veamos algunos ejemplos.

Algunos biopolímeros de origen agrícola como almidones, proteínas, celulosa, etc. se han utilizado como materia prima para la fabricación de envases totalmente biodegradables, y aun comestibles, si no se adiciona ningún aditivo no comestible; generalmente se incluyen aditivos para mejorar las propiedades funcionales, por ejemplo plastificantes como polioles o lípidos. Las propiedades termoplásticas de los almidones han sido aprovechadas para numerosas aplicaciones. Envases completamente de almidón, comestibles y totalmente biodegradables, han sido desarrollados industrialmente y comercializados en Europa y Japón por varias empresas. Estos materiales se benefician del bajo costo de la materia prima y de costos moderados de transformación por los procedimientos clásicos de fusión termoplástica. Sin embargo, la sensibilidad al agua y las débiles propiedades mecánicas de estos materiales limitan sus aplicaciones prácticas. Se trabaja en la introducción por vía química o por extrusión reactiva de fragmentos de polímeros sintéticos, como estireno, sobre moléculas de almidón para mejorar las propiedades funcionales de estos materiales. También se ha trabajado con gluten de trigo en presencia de agentes reductores y derivados de la celulosa para la fabricación de películas por extrusión termoplástica

La fabricación de filmes a base de biopolímeros a partir de soluciones filmógenas constituye un método complementario para la producción de bioenvases. El proceso consiste en formar una fina capa de la solución y después eliminar la fase disolvente por secado en condiciones de temperatura y humedad relativa controladas. Las propiedades filmógenas de los derivados celulósicos son explotadas comercialmente para la fabricación de recubrimientos comestibles. Entre sus aplicaciones actuales cabe destacar la aplicación de filmes mediante pulverización de una disolución o emulsión con el fin de separar componentes de un producto que presentan diferente actividad de agua. Un ejemplo típico es la separación del pan de la salsa de tomate en las pizzas.

También se aplican como elemento de sujeción de los componentes de la pizza durante su almacenamiento y distribución comercial.

En cuanto a materiales de origen microbiano, pueden destacarse algunos como el pululán, las gomas de xantana o los quitosanos.

El pululán es un poliósido lineal soluble en agua, sintetizado por *Aurobasidium pullulans*. Puede ser mezclado con otros polímeros solubles en agua —gelatina, amilosa y PVOH— para formar materiales compuestos. Aunque el pululán no es bien digerido por el hombre, las películas a base de pululan se han utilizado para recubrimientos comestibles y se comercializan en Japón.

Las gomas de xantana y gelana son también poliósidos bacterianos solubles en agua segregados, respectivamente, por *Xanthomonas campestris* y por *Seudomonas elodea*. Además de sus notables propiedades gelificantes tienen propiedades filmógenas que permiten la formación de recubrimientos comestibles.

Así mismo, los quitosanos son poliósidos lineales, extraídos de caparzones de crustáceos o producidos por fermentación de los mismos. Han sido ensayados recubrimientos de quitosanos con éxito para ralentizar la maduración de frutas frescas. Se comercializan en Japón películas biodegradables insolubles a base de quitosanos y celulosa. De hecho es en ese país donde se ha llegado a un mayor nivel de desarrollo y comercialización de materiales comestibles, fundamentalmente para frutas, hortalizas y productos cárnicos, pero también para sopas deshidratadas, dulces y productos de bollería y medicinas, entre otros.

Una importante posibilidad de los biopolímeros, que está empezando a ser explotada, es la utilización de mezclas con los polímeros sintéticos (plásticos convencionales) para mejorar la biodegradabilidad de éstos. Gracias a su costo relativamente bajo y su gran disponibilidad, el almidón es la materia prima de origen agrícola mas corrientemente utilizada en las mezclas con polímeros sintéticos, y también diversas proteínas como la caseína, lípidos, celulosa, etc.

No obstante sus posibilidades y el avanzado grado de desarrollo, en la actualidad los envases biodegradables no pueden considerarse, en general, competitivos. Las técnicas de fabricación de los materiales sintéticos convencionales y de su transformación en envases son perfectamente conocidas y sus propiedades funcionales son notables (ligereza, fiabilidad, estabilidad a la mayor parte de agentes químicos y biológicos, etc.) y, sobre todo, los costos actuales son relativamente bajos. El precio medio de un envase sintético resulta, en general, bastante inferior a los de los materiales de origen natural frente a los

que podrían ser una alternativa. Particularmente los polímeros de origen microbiano son materiales relativamente caros, cuyo uso es difícil de justificar en la actualidad para la mayor parte de usos potenciales.

A pesar de todo, puede pronosticarse sin ninguna duda que los materiales comestibles tienen ante sí unas excelentes perspectivas para encontrar nuevas aplicaciones y consolidar las ya en uso, aunque hace falta aún mucha investigación para conocer mejor sus características, limitaciones y, tanto más, la incidencia en la calidad y salubridad de los alimentos tratados con ellos. Pero, sobre todo, el mayor reto será vencer los recelos de los consumidores, siempre reticentes a estas innovaciones, aunque en muchos casos estén haciendo uso de las mismas, pero sin tener conciencia de ello.

Bibliografía

- PARRY, R.T. (Editor): Envasado de los alimentos en atmósfera modificada. A. Madrid Vicente Ediciones. Madrid (1995).
- CHURCH, N.: Developments in modified atmosphere packaging and related technologies. *Trends in Food Science and Technology* 5,345-352 (1994).
- ROONEY, M.L. (Editor): Active Food Packaging. *Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall*. Londres (1995).
- AHVENAINEN, R. y HURME, E.: Active and smart packaging for meeting consumer demands for quality and safety. *Food Additives and Contaminants* 14/6-7, 753-763 (1997).
- KROCHTA, J.M., BALDWIN, E.A. y NISPEROS-CARRIEDO, M. (Editores): Edible coatings and films to improve food quality; *Technomic Publishing Co. Inc.* Lancaster PA, USA. (1994).
- GUILBERT, S., CUQ, B. y GONTARD, N.: Recent innovations in edible and/or biodegradable packaging materials. *Food Additives and Contaminants* 14/6-7, 741-751 (1997).
- MOORE, G.F. y SAUNDERS, S.M.: Advances in biodegradable polymers. *Rapra Review Reports Vol 9 n° 2, Rapra Technology Ltd.* Shawbury, Inglaterra (1997).
- DEBEAUFORT, F., QUEZADA-GALLO, J.A. y VOILLEY: Edible films and coatings Tomorrow's packaging. A Review. *Critical Reviews in Food Science* 38/4,299-313 (1998).