

(S7-O220)

INNOVACIONES Y TENDENCIAS EN EL ENVASADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

RAMÓN CATALÁ, EVA ALMENAR y RAFAEL GAVARA

Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. CSIC
Apartado de Correos 73. 46100 Burjassot (Valencia), España
rcatala@iata.csic.es

Palabras clave: envases activos - MAP

RESUMEN

Los cambios físicos, químicos y microbiológicos que tienen lugar en las frutas y hortalizas tras su recolección llevan indefectiblemente a la pérdida de calidad y aceptabilidad durante su comercialización. Con la elección de la tecnología de conservación y envasado y del material de envase con las adecuadas características de barrera a gases y vapores, así como su respuesta a los diferentes factores externos como la temperatura, la humedad, la luz, y las manipulaciones propias de la comercialización se puede conseguir alargar la vida útil de los alimentos con garantías de calidad y seguridad.

El envasado en atmósfera modificada es en la actualidad la tecnología de conservación más ampliamente utilizada para la comercialización de frutas y hortalizas en fresco. Con la adecuada composición de la atmósfera de envasado en combinación con la refrigeración se reduce el crecimiento de microorganismos, así como los procesos metabólicos y la pérdida de agua. Ahora bien, esta tecnología de envasado no es suficiente en muchas ocasiones para mantener adecuadamente el producto durante todo el periodo de comercialización y hasta su consumo. El envasado activo puede significar para estos productos una excelente alternativa, efectiva y económica para la conservación de estos productos. En esta ponencia se revisan las bases del envasado activo y se comentan algunas de las tecnologías de interés práctico y las perspectivas de futuro.

INNOVATIONS AND TRENDS IN THE PACKAGING OF FRUITS AND VEGETABLES

Keywords: active packaging-MAP

ABSTRACT

The physical, chemical and microbiological changes that take place in fruits and vegetables after harvesting lead unfailingly to the loss of quality and acceptability during their commercialization. It is possible to lengthen the shelf life of food maintaining its quality and security with an adequate election of preservation and packaging technologies and a package design with the appropriate barrier characteristics to gases and vapours, as well as its responses to the different external factors such as temperature, humidity, light, and manipulations during de distribution and marketing,

Among the diverse packaging alternatives, modified atmosphere packaging is the most common preservation technology for fresh produce since it can help to decrease respiration

rate and transpiration, retard or prevent microbial growth and reduce metabolic activity in minimally processed fruits and vegetables. Although this packaging technology in combination with refrigeration can delay deterioration of the fresh product, it is not always sufficient for the purpose of maintaining its quality for the desired marketing period. As an alternative, active packaging opens up an effective, economical way of increasing the shelf life of fresh produce during transport and marketing. This presentation reviews the present state and future perspectives of both modified atmosphere packaging and active packaging technologies for fruits and vegetables.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos envases y tecnologías de envasado para las frutas y hortalizas frescas ha sido y es una constante de las empresas fabricantes de envases y de productos envasados, para dar respuestas a las continuas y crecientes demandas de los consumidores de productos frescos o con tratamientos mínimos, con las máximas garantías de seguridad y calidad.

El envasado en atmósfera modificada es en la actualidad la tecnología de conservación más ampliamente utilizada para la comercialización de frutas y hortalizas en fresco. El envasado en atmósfera modificada contribuye a la reducción de la velocidad de respiración y de la actividad metabólica, al control de la pérdida de humedad, a la reducción o prevención del crecimiento microbiano, así como a la protección de los daños mecánicos que pueden sufrir durante la manipulación comercial (Kader y Watkins, 2000). De esta forma, la tecnología de envasado en atmósfera modificada proporciona un método efectivo y de relativo bajo coste para extender la vida útil de productos hortofrutícolas con garantía de calidad y seguridad.

Aunque el envasado en atmósfera modificada retrasa el deterioro de las frutas y hortalizas frescas, no siempre es suficiente para mantener su calidad durante el periodo de comercialización que sería deseable. Como alternativa emergente se está promoviendo el uso de tecnologías de envasado activo que están encontrando creciente éxito para algunos productos. Esta tecnología de conservación de alimentos se basa en aprovechar las posibles interacciones del envase con el producto y/o el medio ambiente. Así, durante el almacenamiento de productos vegetales en atmósfera modificada se generan o consumen gases como oxígeno, dióxido de carbono, etc., 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 obtenerse la atmósfera adecuada para la mejor conservación del producto envasado. Esta manipulación de la atmósfera de envasado nos lleva al concepto de envasado activo o envasado con envases activos.

Se han propuesto muy diversas formas de envases activos para el control de diferentes problemas de deterioro o alteración de la calidad de los alimentos, muchos de los cuales encuentran aplicación en el envasado de frutas y hortalizas. En esta ponencia se comenta la situación actual y los avances en las tecnologías de envasado en atmósfera modificada y de envasado activo para la comercialización de frutas y hortalizas frescas.

2. ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Como se ha dicho, el objetivo básico de esta tecnología es reducir las tasas de respiración y de emisión de etileno y el crecimiento microbiano, además de retardar el deterioro enzimático, mediante cambios en el medio gaseoso que rodea al producto hortofrutícola. La efectividad del envasado es el resultado del balance entre el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono generado por el producto en los procesos

metabólicos, junto con la difusión de los gases a través del material de envase, alcanzándose finalmente, según las condiciones ambientales, un estado estacionario o de equilibrio.

Cada producto necesita una composición gaseosa específica para extender su vida útil, de acuerdo con su naturaleza, estado de madurez, condiciones de comercialización, etc. En general, para prolongar la vida útil de frutas y verduras, la cantidad de O₂ necesaria suele ser baja, aunque no inferior al 1 %, evitándose así la respiración anaerobia y el desarrollo de microorganismos anaerobios, y la de CO₂ alta, para suprimir la síntesis de etileno y controlar el crecimiento microbiano. Ambos, objetivos se alcanzan mediante la selección del material polimérico con adecuadas permeabilidades a estos gases (Hurme *et al.*, 2002). Se comercializan materiales plásticos de un amplio rango de permeabilidades, así como con permeabilidad selectiva a los diferentes gases con los que conseguir las adecuadas atmósferas de equilibrio para la mayor parte de productos. A partir del conocimiento de las tasa de respiración del producto en diferentes condiciones y haciendo uso de las ecuaciones de transferencia de masa en los materiales poliméricos es posible seleccionar el envase adecuado para un producto hortofrutícola determinado, de acuerdo con las condiciones de conservación y vida útil deseadas (Catalá y Gavara, 2000).

Ahora bien, para muchos usos, se requiere un intercambio gaseoso a través del material de envase mucho mayor que el que pueda obtenerse con ningún material polimérico convencional o con los nuevos desarrollos con poliolefinas metalocénicas y otros nuevos polímeros. Una alternativa cada día más utilizada es el uso de materiales microporosos y microperforados.

Pueden obtenerse materiales microporosos por inclusión en la matriz polimérica de finas partículas minerales, como materiales cerámicos finamente dispersos como las zeolitas o rocas volcánicas, CaCO₃ ó SiO₂ (Rooney 1995). Seleccionando la cantidad y el tamaño de las partículas y el grado de orientación en la fabricación de las películas se controla la transferencia de O₂, CO₂ y etileno en el envase, evitando la acumulación en el espacio de cabeza. Un ejemplo de estos materiales microporosos bien introducido comercialmente es FreshHold[®] Package System (River Ranch Fresh Foods LLC), con el que se han obtenido buenos resultados en el envasado de vegetales cortados. Mayor transmisión de gases puede obtenerse con las películas microperforadas mediante laser. Se comercializan materiales con tamaños de poro de 25 a 250 μm y número variable en función de las necesidades del producto a conservar; el P-Plus (Ampcor Ltd, Bristol, Gran Bretaña) es uno de los materiales microperforados de mayor utilización comercial. Una de las claves para el éxito en la aplicación industrial de estos materiales es la correcta selección del número y tamaño de los poros que debe tener el envase, lo que puede hacerse con buena aproximación a partir de ecuaciones modelo de transferencia de masa en sistemas porosos (Del Valle *et al.*, 2003, 2004)

Se están desarrollando nuevos materiales capaces de ajustar la transferencia de gases a las necesidades propias del producto envasado. Un buen ejemplo son los polímeros que modifican su permeabilidad en función de los cambios de temperatura, al producirse una transformación reversible de estado cristalino a amorfo en su matriz polimérica a partir de una temperatura dada. Estos materiales permiten compensar los cambios en la atmósfera interior del envase que pueden producirse por los cambios en el metabolismo de los vegetales a consecuencia de las fluctuaciones de la temperatura durante el almacenamiento y distribución. Intelimer (Landec Corp. CA) es un material de envasado que permite alcanzar cantidades muy bajas de oxígeno en el interior del envase sin llegar a desarrollar condiciones anaeróbicas, mediante cambios en las tasas de transmisión gaseosa por aumento/disminución de la temperatura.

Una tendencia creciente en el envasado de productos vegetales es la utilización de películas y recubrimientos comestibles. Biopolímeros obtenidos directamente a partir de la

biomasa (almidón, quitosano, gelatina, gluten, zeína, etc.), por síntesis química a partir de monómeros obtenidos de biomasa (ácido poliláctico y otros poliésteres), o bien producido por microorganismos (polihidroxialcanoatos, celulosa bacteriana, etc.), encuentran ya aplicación como materiales de envase o recubrimientos de alimentos. Estas macromoléculas poseen, en general, una excelente capacidad filmógena, pudiéndose obtener en forma de películas por las técnicas convencionales. Tienen buen coeficiente de permselectividad a gases y permiten un control físico-químico y microbiológico de los alimentos igual o superior a los plásticos convencionales. Cuando estos polímeros se emplean como recubrimientos comestibles, deben ser tratados como un componente más del alimento y, por tanto, cumplir, una serie de requisitos como buenas propiedades sensoriales, estabilidad fisicoquímica y microbiológica y ausencia de toxicidad (Olivas y Barbosa-Cánovas, 2005).

Complemento interesante de estas tecnologías de envasado es el uso los llamados indicadores de O₂ y CO₂, que permiten comprobar si el envase a sufrido pérdidas de la atmósfera generada que pueda significar problemas para la conservación del producto. La mayoría se basan en reacciones químicas o enzimáticas que producen un cambio de color en una etiqueta o tableta, como es el caso de Ageless Eye[®] (Mitsubishi Gas Chemical, Japón), que presenta coloración rosada cuando la cantidad de oxígeno en el interior del envase es de 0.1 % y azul si es superior a 0.5 %, aunque en ocasiones puede dar lugar a falsas interpretaciones debido al consumo de O₂ por microorganismos presentes en el interior del envase, enmascarándose la alteración del producto.

3. ENVASADO 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 (Catalá y Gavara, 2001). Con esta definición se amplía el concepto de envase que pasa de ser un mero contenedor –envase pasivo- a desempeñar un papel activo en el mantenimiento o incluso mejora de la calidad del alimento envasado. Realmente, el envase corrige las deficiencias del sistema de conservación, con diversas formas de actuación, bien sobre la composición de la atmósfera interior mediante materiales permselectivos o con sustancias que emiten o retienen gases y vapores, o bien modifican la composición y/o características del alimento, liberando sustancias de acción positiva sobre el alimento o absorbiendo/reteniendo componentes indeseables.

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, o bien formando parte el elemento activo del propio 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, sobre o etiqueta, conteniendo dicho principio. Actúan así la mayor parte de los sistemas que han constituido la primera generación de envases activos y aun sigue siendo una técnica ampliamente implantada (Rooney, 1995). La alternativa ya utilizada para muchos productos y que sin duda se generalizará en el 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 hace un aprovechamiento positivo de los mecanismos de migración y sorción; en lugar de ceder al alimento sustancias indeseables se ceden sustancias con efecto beneficioso, previamente incorporadas al mismo, o bien elimina por sorción componentes indeseables del alimento. Esta es, sin duda, la forma más atractiva para el consumidor, que así no encuentra nada extraño en el interior del envase y, así mismo,

simplifica la tecnología de envasado al eliminar la operación de introducción de sistema activo en el envase.

En general, los materiales utilizados como sustrato son polímeros sintéticos convencionales. Las poliolefinas son ampliamente utilizadas para aquellos usos en que no hay particulares exigencias de barrera a gases y vapores. Cuando se requiere mayor impermeabilidad del material de envase las alternativas son poliésteres o poliamidas y sobretodo estructuras multicapa que incluyen materiales de alta barrera, como los copolímeros de etileno-alcohol vinílico. Como alternativa a los actuales polímeros procedentes del petróleo, están siendo objeto de creciente atención los biopolímeros derivados de fuentes renovables. Estos materiales pueden ser biodegradables y muchos de ellos comestibles, y permiten un control físico-químico y microbiológico de los alimentos igual o superior a los plásticos convencionales, de los que pueden ser una buena alternativa para el desarrollo de recubrimientos y envases activos.

Se han desarrollado envases activos para el control de muchos problemas de deterioro o alteración de la calidad de los alimentos, tales como control de composición de gases en el interior del envase -oxígeno, dióxido de carbono, etileno...., regulación de la humedad, adición de conservantes químicos, incorporación de aromas, eliminación de olores extraños y sustancias indeseables, o control de la contaminación microbiológica (López-Rubio et al, 2004). Para el envasado de frutas y hortalizas frescas se están aplicando con éxito sistemas activos para el control de de la atmósfera de envasado y de la contaminación microbiológica.

3.1. Envases activos para el control de la composición de la atmósfera del espacio de cabeza

Uno de los principales puntos de atención en el desarrollo de envases activos para frutas y hortalizas frescas es el control y modificación de la composición del espacio de cabeza. En consecuencia, se han desarrollado un buen número de tecnologías de envasado activo para obtener la composición gaseosa adecuada para las necesidades del producto a envasar. Se comentan a continuación algunas de las soluciones propuestas para el control de etileno, oxígeno, dióxido de carbono y humedad en los productos vegetales.

3.1.1. Absorbedores de etileno

El etileno, hormona vegetal producida durante la maduración de frutas y verduras, es responsable de las modificaciones de la tasa de respiración, ablandamiento de tejidos y otros desórdenes fisiológicos, acelerando la senescencia.

La incorporación de absorbedores de etileno en el envasado de productos hortofrutícolas está dando buenos resultados para prolongar su vida útil. Existen una gran cantidad de sustancias capaces de sorber etileno. Entre ellas, el permanganato potásico embebido en un sustrato inerte como silica gel, alúmina, perlita, vermiculita, etc, es la sustancia base de la mayoría de los absorbedores de etileno comerciales, que generalmente se presentan en forma de bolsas para ser introducidas en los envases. Algunos productos comerciales bien introducidos son, entre otros, Evert-Fresh (Evert-Fresh Corporation, EE.UU.), Peakfresh (Peakfresh Products, Australia), Green Pack (Rengo Co, Japón), Ethylen Control (Ethylen Control Incorporated, EE.UU.), Green Keeper (Disgarmat, España), Retarder (Bioconservación, España). Como alternativa, también se comercializan absorbedores de etileno basados en carbón activo, como Neopak (Sekisui Jushi Co., Japón) o SendoMate (Mitsubishi Chemical Company, Japón).

La presentación de los absorbedores de etileno en forma de bolsitas tiene una limitada aceptación por parte del consumidor, por lo que la incorporación de dichos absorbedores en la matriz polimérica está cada vez más extendida. Así, se introducen arcillas y zeolitas homogéneamente dispersas en concentraciones en torno al 5-10 % en materiales de uso

común en el envasado de alimentos como polietileno. Al parecer, la acción de estos materiales puede deberse tanto a la captación del etileno por los materiales finamente dispersos en el polímero como a su pérdida por los poros generados por las finas partículas que pueden alterar las propiedades de intercambio gaseoso. El etileno difunde más rápido a través de los poros generados que por la permeabilidad del propio material, además estos poros hacen decrecer el CO₂ y aumentar el O₂ rápidamente, factores favorecedores de la disminución del etileno, afectando los tres conjuntamente la vida útil del producto envasado. Se están comercializando diferentes materiales con esta tecnología, entre muchos otros, Evert-Fresh bags (Evert-Fresh Corporation, EE.UU.), White wrap film (Freshness Bag, ST Chemical Co, Japón), BO film (Odja Shoji Co. Ltd., Japón), Peakfresh film (Chantler Packaging Inc., Mississauga, ON, EE.UU.), ABC film (Asahi Glass Co., EE.UU.)

Otra alternativa para la obtención de materiales poliméricos absorbedores de etileno es la incorporación de dienos y trienos electrón-deficientes (benzenos, piridenos, diazinas, triacinas y tetrazinas) en el propio material polimérico (policarbonato, poliestireno, polietileno y polipropileno) o en la tinta de impresión. El trieno más utilizado es la tetrazina, la cual incorporada en PE es capaz de reducir la cantidad de etileno en dos órdenes de magnitud en 48 h, además de cambiar de color una vez llega a su punto de saturación (Brody *et al.*, 2001).

También cabe citar la existencia de generadores de etileno que permiten adelantar la rápida comercialización de frutas y verduras con periodos de maduración demasiado largos, para ello, éstos generadores son combinados con un adecuado material de envasado, resultando efectivos en la maduración de pera, kiwi, etc. (López-Rubio *et al.*, 2004).

3.1.2. Absorbedores de oxígeno

El oxígeno participa en la mayor parte de los procesos metabólicos y bioquímicos ocurridos en la maduración del producto hortofrutícola así como en el desarrollo de microorganismos. Altos niveles de oxígeno dan lugar al crecimiento de microorganismos, desarrollo de olores y sabores anómalos, cambios de color y pérdidas nutricionales, causando en conjunto la reducción de la vida útil del producto envasado. Por el contrario, niveles lo más bajo posible, sin llegar a la glicólisis anaerobia, implican el control del crecimiento microbiológico y la reducción de la tasa de respiración del producto y, como consecuencia, el decremento o supresión de la síntesis de etileno y el retardo del catabolismo y ablandamiento por solubilización de sustancias peptídicas.

El uso de sistemas absorbedores de oxígeno es una de las mejores formas de control directo sobre gas presente en el espacio de cabeza del envase, ya que consigue reducirlo a niveles muy bajos (incluso menos del 0,01 %), imposibles de alcanzar en las líneas de envasado con incorporación de gases o realización de vacío.

Las tecnologías de absorción de oxígeno se basan en la oxidación de compuestos como polvo de hierro, ácido ascórbico, dienos fotosensibles, enzimas (glucosa oxidasa y etanol oxidasa), ácidos grasos insaturados (oléico, linoléico y linolénico), H₂-paladio, alcali-glucosa, ditionita, extractos de arroz y levadura inmovilizados sobre sustrato sólido, etc, materiales normalmente combinados e introducidos en bolsitas de un material permeable al oxígeno. Los sistemas basados en polvo de hierro mezclados con ácido ascórbico o enzimas son los más utilizados, siendo más efectivo en combinación con materiales de envasado de buena barrera al oxígeno, que evitan su saturación y pérdida de eficacia (López-Rubio *et al.*, 2004).

Todos estos compuestos pueden encontrarse en el mercado en forma de sobres y etiquetas adhesivas, o lacados, dispersos, embebidos o inmovilizados en el propio material de envasado, usualmente en una de las capas de complejos multicapa. Sistemas comerciales bien introducidos son, entre otros, Darfresh (Cryovac, Sealed Air Corporation, Duncan, SC,

EE.UU.), Flavaloc Fresh (Garwood Packaging Inc., Indianápolis, EE.UU.), Freshmax (Multisorb Technologies, EE.UU.), Freshlizer (Toppan Printing, Japón).

Ahora bien, los productos vegetales no deben envasarse en condiciones anaerobias por lo que la utilización de estas tecnologías puede plantear problemas, debiendo usarse solo para reducir la presencia de oxígeno, pero no su eliminación. Con esa idea, la aplicación de absorbedores de oxígeno en combinación con la tecnología de envasado en atmósfera modificada puede dar excelentes resultados para el envasado de productos hortofrutícolas.

1.3. Emisores/absorbedores de dióxido de carbono

El aumento de la cantidad de dióxido de carbono en el interior del envase resulta muy beneficioso para prolongar la vida útil de determinadas frutas y hortalizas, ralentiza su respiración, reduce los cambios de color, mejora la textura y retrasa el desarrollo de bacterias, mohos y levaduras. Se usan emisores de dióxido de carbono para mantener concentraciones del 20 % o más para la supresión del crecimiento microbiano, así como para prevenir el colapso del envase o un vacío parcial causado por el consumo de O₂ con vegetales de alta velocidad de respiración o el uso de un absorbedor de O₂. Los emisores de CO₂ también ayudan a neutralizar su pérdida, cuando el material de envase tiene muy alta velocidad de transmisión de este gas.

Con bicarbonato sódico es posible generar el dióxido de carbono necesario para controlar la respiración de frutas y hortalizas. La mayoría de los emisores comerciales se presentan en sobres con doble función, es decir, la emisión del dióxido de carbono se acompaña de la absorción de oxígeno mediante el uso de carbonato ferroso o la mezcla de ácido ascórbico y bicarbonato sódico, tal como Ageless (Mitsubishi Gas Chemical, Japón) y Freshmax (Multisorb Technologies, EE.UU.).

Algunas frutas y hortalizas presentan tasas de respiración tan altas que generan en el interior del envase concentraciones de CO₂ excesivas, con la consiguiente aparición de olores anómalos, cambios de color, rotura de tejidos, etc. Para reducir estos niveles del gas se utilizan absorbedores de CO₂, cuyo agente activo es el hidróxido cálcico o el carbón activo.

3.1.4. Controladores de humedad

Como consecuencia de la transpiración del producto hortofrutícola se genera en el interior del envase una acumulación de vapor de agua que, dependiendo del producto, puede desarrollar cambios no deseados como endurecimiento por desecación, absorción de humedad en la superficie, generación y acumulación de agua líquida, y condensación sobre el material de envasado, con el consiguiente efecto en la presentación del producto que puede llevar a rechazo por parte del consumidor.

Se han desarrollado diferentes sistemas para controlar los inconvenientes asociados a la transpiración de frutas y hortalizas. Con materiales desecantes, como gel de sílice, óxido de calcio, cloruro cálcico, arcillas naturales y almidón modificado, se consigue la disminución del contenido acuoso superficial de los productos, controlando así el crecimiento de mohos, levaduras y bacterias. Son aplicaciones comerciales bolsitas desecantes como Tyvek, Natrasorb, Minipax, Strippax, DesiPak, DesiView (United Desiccant, EE.UU.), Sorb-it, Trisorb[®] (Multisorb Technologies Inc., EE.UU.). También se han desarrollado materiales que básicamente consisten en un polímero superabsorbente localizado entre dos capas de polímero microporoso, siendo las sales de poliacrilato y los copolímeros de almidón los más utilizados. Estos dispositivos se suelen colocar en las bandejas de comercialización del producto fresco.

También, la aplicación de recubrimientos comestibles sobre frutas y hortalizas permite regular la transpiración del producto afectando, por tanto, a la fase vapor generada en el envase. Aunque tradicionalmente se empleaban ceras para evitar la deshidratación de estos

productos, actualmente existe una gran variedad de formulaciones basadas en proteínas, polisacáridos o mezclas que están siendo empleadas con éxito.

Para evitar la condensación de la humedad sobre el material de envase y la formación de gotas, se incorporan a la resina del polímero antes de su extrusión aditivos antivaho tales como etoxilatos no iónicos o monoglicéridos. Estos aditivos disminuyen la tensión interfacial entre polímero y agua condensada, logrando que las gotas condensen en la superficie del plástico hasta que finalmente se unen formando una fina película continua. Esto permite al consumidor ver claramente a través del material el contenido del envase, aunque no influye en el producto por no afectar a la cantidad de agua líquida del interior del envase. En el mercado con tal fin aparecen, entre otros, Atmer (Uniquema and Ciba Specialty Chemicals, London, UK) y Techspere (Techmer PM, EE.UU.)

3.2. Envase activos antimicrobianos

El desarrollo de microorganismos es la principal causa de deterioro de los productos hortofrutícolas frescos. Las frutas y hortalizas procedentes del campo pueden presentar contaminación por esporas y microorganismos que permanecen en estado latente hasta que las condiciones del medio (humedad, O₂, temperatura) son las favorables para su desarrollo. Para su control, se utilizan habitualmente diferentes sustancias antimicrobianas, aplicadas directamente sobre el producto, como complemento o alternativa a las técnicas físico-químicas de conservación. No obstante, la aplicación directa de éstos sobre la superficie del producto mediante pulverización o inmersión puede ser poco efectiva, ya que el agente ejerce un efecto limitado sobre la microbiota superficial debido a su rápida difusión al interior del producto. La incorporación de las sustancias antimicrobianas al envase puede ser, sin duda, una alternativa para mantener su actividad de forma efectiva. Las aplicaciones potenciales de los envases activos antimicrobianos les han hecho objeto de gran atención por parte de muchos grupos de investigación, y ya hay desarrollados diferentes sistemas comerciales para la conservación de diferentes alimentos (Cha y Chinnan, 2004, Han, 2005)

La acción antimicrobiana en los envases activos puede estar basada en la emisión de sustancias volátiles al espacio de cabeza del envase o en la migración del componente activo del material de envase al alimento envasado; los polímeros antimicrobianos permiten una lenta liberación de sustancias bactericidas, fungicidas o aditivos antimicrobianos compatibles con los alimentos. Otra opción es la inmovilización química o física del agente activo en el material de envase de forma que ejerza su acción por contacto directo del producto con la superficie del envase. Asimismo, existen polímeros que presentan por sí mismos capacidad antimicrobiana, como es el caso del quitosano, o bien capacidad antimicrobiana creada por la modificación de la superficie, como son algunas poliamidas tratadas por irradiación.

Las sustancias volátiles antimicrobianas comunes como SO₂, ClO₂ o etanol incorporadas al material de envase permiten controlar el crecimiento de hongos y bacterias; el SO₂, incorporado al material como metabisulfito, es el más utilizado por su efectividad frente al crecimiento de mohos en frutas. Otros compuestos volátiles que han recibido atención son algunos componentes de alimentos. Compuestos como el hexanal, 1-hexenol, benzoato de metilo, 2-nonanona, entre otros componentes de algunos aromas de alimentos, inhiben el crecimiento de hongos; la 2-nonanona, volátil propio del aroma de la fresa, muestra propiedades fungistáticas que aumentan la vida útil de fresas y manzanas (Almenar, 2005).

Un amplio número de sustancias no volátiles de acción antimicrobiana pueden incorporarse a materiales poliméricos formando parte como componentes de los mismos, de donde pueden migrar al alimento envasado, o bien inmovilizando la sustancia activa sobre el material de envase, de forma que la acción se ejerce por contacto del producto envasado. Son muchas las sustancias antimicrobianas estudiadas: ácidos orgánicos débiles -acético, benzoico, sórbico, cítrico, propiónico, entre otros- o sus sales ; enzimas -lisozyima, glucosa

oxidasa- ; bacteriocinas - nisina, pediocina- ; fungicidas sintéticos -imazalil- ; metales -plata, cobre, zirconio- ; extractos naturales de plantas -romero, tomillo, orégano...- (Cha y Chinnan, 2004; Han, 2005). En general, los materiales desarrollados utilizan como base polímeros sintéticos convencionales, mayoritariamente poliolefinas, pero actualmente hay un interés creciente en la utilización de biopolímeros. Biopolímeros basados en polisacáridos como celulosa y derivados, almidón, alginatos, carragenatos y quitosanos, y también derivados de proteínas como zeína de maíz, gluten de trigo, caseína, aislados de soja, o colágeno y gelatina, entre otros, han sido base para el desarrollo de biopolímeros activos antimicrobianos, (Cha y Chinnan, 2004).

4. BIBLIOGRAFÍA

- Almenar E, 2005. Envasado activo de fresas silvestre. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia
- Brody AL, Strupinsky ER y Kline LR, 2001. Ethylene control. In Active and intelligent packaging for Food Application. Technomic Publishing Company Inc., Lancaster PE, EE.UU
- Catalá R y Gavara R, 2000. Plastic Materials for Modified Atmosphere Packaging. In Trends in Food Engineering. Lancaster. Technomic Company Inc., Lancaster PE, EE.UU
- Catalá R y Gavara R, 2001. Nuevos envases. De la protección pasiva a la defensa active de los alimentos envasados. *Arbor* CLXVIII, 661, 109-127
- Cha D S y Chinnan M S, 2004. Biopolymer-Based Antimicrobial Packaging: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 44, 223-237
- Del-Valle V, Almenar E, Lagarón JM, Catalá R. y Gavara R, 2003. Modelling permeation through porous polymeric films for modified atmosphere packaging. *Food Additives and Contaminants* 20/2,170-179
- Del-Valle V, Almenar E, Lagarón JM, Catalá R. y Gavara R, 2004. Volatile organic compounds permeation through porous polymeric films for modified atmosphere packaging of foods. *J. Sci. Food Agric.* 84/9, 937-942, 2004
- Han J H, 2005. Antimicrobial packaging system, in Innovation in Food Packaging. Han J H editor, Elsevier Academia Press, London Gran Bretaña
- Hurme E, Sipiläinen-Malm T, Ahvenainen R. y Nielsen T, 2002. Active and intelligent packaging. In T. Ohlsson and N. Bengtsson, Minimal processing technologies in the food industry. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd and CRC Press, LLC.
- Kader AA y Watkins CB, 2000. Modified atmosphere packaging-toward 2000 and beyond. *Hort Technology* 10: 483-486.
- López-Rubio A, Almenar E, Hernández-Muñoz P, Lagarón J M, Catalá R y Gavara R, 2004. Overview of active polymer-based packaging technologies for food applications. *Food Rev. Int.* 20/4, 357-386
- Olivas G I, Garbosa-Cánovas G V, 2005. Edible coating for fresh-cut fruits. *Critical Trends Food Sci. Technol.* 45,657-670
- Rooney ML, 1995. Overview of active food packaging, in Active Food Packaging, Rooney M L editor. Blakie Academic & Professional, Glasgow Gran Bretaña.