

UNA REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS ENVASES PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

REVIEW OF THE CURRENT STATE OF PACKAGING FOR THE FOOD INDUSTRY

José Ignacio Nicolao García*
Claudia Zárate**

Recibido: 22 de junio de 2018

Aceptado: 10 de octubre de 2018

Resumen

La industria alimentaria es la responsable de transformar los productos derivados de la agricultura y la ganadería en productos aptos para el consumo del cliente. En ese proceso de transformación la industria del envase juega un rol fundamental en lo que respecta a la conservación, distribución y venta del producto. El objetivo de este trabajo es evidenciar la importancia de la nueva generación de envases, analizando para ello el origen de los envases alimentarios tradicionales y su evolución hacia los envases activos e inteligentes. Para el caso particular de los productos alimenticios, se presentan los conceptos generales de los denominados envases activos y envases inteligentes y la forma cómo responden a las nuevas exigencias del consumidor. Finalmente se estudian las tendencias más recientes.

Palabras clave: envases activos, envases inteligentes, envases para alimentos.

Abstract

The food industry is responsible for transforming products derived from agriculture and livestock into products suitable for the consumer's consumption. In this process of transformation, the packaging industry plays a fundamental role in the conservation, distribution and sale of the product. The objective of this work is to demonstrate the importance of the new generation of containers, analyzing for this the origin of traditional food packaging and evolution towards active and intelligent packaging. In particular, for the food products, the general concepts of the so-called active packaging and smart packaging are presented, which respond to the new demands of the consumer. Finally, the new trends are studied.

Keywords: active packaging, intelligent packaging, food containers.

* Ingeniero Industrial, especialista en Logística, Calidad y Comercio Internacional de Alimentos. Grupo de investigación Gestión Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6598-9612>. jngarcia@fi.mdp.edu.ar

** Ingeniera Mecánica, magíster en Ciencia y Tecnología de los Materiales. Grupo de investigación Gestión Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2138-8759>. cnzarate@fi.mdp.edu.ar

INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria es la responsable de transformar los productos derivados de la agricultura y la ganadería en productos aptos para el consumo. Agrupa a todas aquellas organizaciones que se encargan de alguna parte del desarrollo requerido en esta transformación, en el que se incluyen los procesos de transporte, recepción, manipulación, almacenamiento, elaboración, conservación, distribución y venta del producto. La ciencia y la tecnología han sido grandes promotoras del mejoramiento de cada uno de estos procesos, desarrollando productos con mayor eficiencia, calidad, seguridad e inocuidad y de acuerdo con las exigencias del consumidor. El envase alimentario no ha estado ajeno a esta evolución y ha afectado sensiblemente los procesos de conservación, distribución y venta de los productos.

Se denomina envase “al contenedor que está en contacto directo con el producto mismo. Su función es guardar, proteger, conservar e identificar el producto; facilitar su manejo y comercialización” (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2012, p. 4). El término empaque se define como cualquier material que encierra un artículo envasado con el fin de preservarlo y facilitar su entrega al consumidor. (PACMAN, 2013). Por su parte, el embalaje es “la cobertura que da mayor protección y poder de manipulación a los productos envasados. Su función es adecuar las condiciones para el almacenamiento, transporte y llegada a destino de los productos en óptimo estado” (INTI, 2012, p. 4). Mientras el envase contiene al producto y promueve su identidad, el embalaje protege al envase. El envase es la protección individual de cada uno de los productos, mientras que el embalaje es la protección colectiva (por eso se lo relaciona con el almacenamiento) (INTI, 2012).

Como respuesta a los cambios en los hábitos de consumo y las nuevas tecnologías de producción y conservación de los alimentos, han surgido nuevos sistemas para envases. Estos sistemas desempeñan un papel fundamental en la comercialización de alimentos con mayores estándares de calidad (Hernández, 2006).

Las alternativas respecto de estos nuevos sistemas para envases abarcan un amplio espectro, en el que se incluyen tanto el desarrollo de sofisticados envases utilizando nuevos materiales, como la producción de envases que pueden reutilizarse o reciclarse, que interactúan con el contenido, que permiten obtener la trazabilidad del producto, etc.

Un envase se considera activo si es capaz de desarrollar alguna barrera inerte más eficiente que la habitual frente a las condiciones externas a las que se ve sometido el producto y generar cierto grado de interacción con el contenido para extender su vida útil. Por otro lado, se consideran envases inteligentes aquellos que son capaces de informar, a través de diversos indicadores, el historial del producto en su proceso de conservación y distribución (Rodríguez-Sauceda, Rojo-Martínez, Martínez-Ruiz, Piña-Ruiz y Ramírez-Valverde, 2014).

El objetivo de este trabajo es describir las características principales de la nueva generación de envases, específicamente, las particularidades de los envases activos y envases inteligentes. Se presenta, en primera instancia, el origen y evolución de los envases tradicionales, para enmarcar los conceptos, características generales y utilidad de los nuevos envases para alimentos. A continuación se profundiza en el estudio sobre las soluciones tecnológicas aplicadas a envases activos e inteligentes; aquí se analizan detalladamente los sistemas actuales. Finalmente se presentan las nuevas tendencias que se vienen desarrollando en el diseño de envases, con objeto de facilitar la manipulación de los alimentos por parte del consumidor. A modo de conclusión, se hace un resumen del relevamiento realizado.

METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda bibliográfica en la Internet durante el período de julio de 2015 y febrero de 2017. La antigüedad de las fuentes bibliográficas se estableció según los siguientes criterios:

- Historia, evolución y características de los envases tradicionales: 1987.
- Soluciones tecnológicas para envases activos e inteligentes: 2007.
- Nuevas tendencias para envases activos e inteligentes: 2010.
- Marco legal y normativo relativo a envases: vigentes desde 2015.

Se recopilaron libros en formato digital, artículos científicos, publicaciones de organismos oficiales y contenidos de diversos sitios web especializados en la temática.

Dado que la temática está vinculada en ciertos aspectos al comercio internacional, se consultaron páginas de organismos y asociaciones nacionales e internacionales que se consideraron relevantes:

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)
- Informe de la reunión conjunta FAO/OMS de expertos acerca de la aplicación de la nanotecnología en los sectores alimentario y agropecuario (ONU y FAO, 2011).
- Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)
- Reglamento (CE) n.º 450/2009. (Comisión Europea, 2009).
- Resolución MERCOSUR/GMC/RES n.º 03/92 (Mercosur, 2015).
- Organización Mundial del Envase (WPO)
- Asociación de la Industria de Embalajes Activos e Inteligentes (AIPIA)
- Unión Latinoamericana del Embalaje (ULADE)
- Instituto Argentino del Envase (IAE)
- El Código Alimentario Argentino de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina, 2017)

Luego de la lectura de la bibliografía, se adecuaron los contenidos al objetivo del trabajo y se seleccionaron los documentos que por su vigencia y enfoque permitieron precisar de forma adecuada el alcance de esta revisión.

En la última etapa se procedió al análisis de artículos más recientes vinculados a nuevos desarrollos e innovaciones sobre el tema en cuestión.

DESARROLLO DEL TEMA

Historia y evolución de los envases

Los alimentos han sido envasados o empacados de muy diversas maneras desde hace miles de años. Sin duda, lo primero que el hombre aprendió a envasar fue el agua; esta práctica se fue extendiendo a otros productos, pues se comprobó que un envase mantenía limpio, seco o libre de contaminación a su contenido. Asimismo, la utilización de vasijas, cuerdas entrelazadas o morrales tenía la finalidad de facilitar el transporte de los productos. Hasta comienzos de este siglo, los envases de alimentos eran esencialmente rígidos (así, por ejemplo, frascos, latas, bidones y barriles) y se fabricaban utilizando metales (acero, por lo general) y vidrio (Hernández, 2006).

El envase a lo largo de su historia fue variando no solo por los materiales que se han utilizado para su fabricación, sino por las funciones que tiene dentro del proceso de fabricación y venta de un producto. En sus inicios, fue considerado simplemente como un contenedor o protector que además facilitaba su transporte. Con la evolución de la industria se evidenció aún más su importancia, en la medida en que optimizó significativamente la eficiencia de los procesos de almacenamiento y distribución. En la actualidad también se le asignan funciones comerciales fundamentales. Se considera al envase como el elemento que presenta al producto, dado que es lo primero que el cliente observa. Igualmente, el envase comunica las cualidades y los beneficios del producto, motivo por se le denominó “el vendedor silencioso” (INTI, 2012).

Envases tradicionales y no tradicionales

El *envase tradicional* se lo puede definir como un recipiente fabricado con cualquier material o combinación de materiales, cuyo fin es contener el producto actuando como una *barrera pasiva* que separa el contenido del medio ambiente. Esta barrera evita o retrasa los efectos adversos del entorno y, por lo tanto, mantiene la calidad y seguridad del contenido envasado (Catalá, 2010).

El *envase no tradicional* despierta un gran interés en la industria, particularmente, en la industria alimentaria. Actualmente se están realizando grandes esfuerzos para el desarrollo e investigación de este tipo de envases. Dentro del grupo de los envases no tradicionales encontramos los *envases activos* y *envases inteligentes*, que pueden ser vistos como la próxima generación del envasado de alimentos (Hernández, 2006).

El *envase activo* (*active packaging*) actúa como un sistema coordinado con el producto y el entorno para mejorar la seguridad, garantizar la calidad y alargar la vida útil del contenido. Los envases activos pueden incorporar “agentes activos” en el interior del envase, tales como compuestos químicos, sólidos o gaseosos, para controlar la oxidación, el crecimiento de microorganismos, la humedad, entre otros factores. También pueden contemplar el agregado de sustancias o aditivos a los materiales constitutivos del envase o el rediseño de las estructuras del envase para facilitar el mantenimiento de la calidad de los alimentos en el tiempo (AIPIA, s. f.).

El *envase inteligente* es aquel que brinda información del producto envasado al fabricante, consumidor o cualquiera de los eslabones de la cadena logística. El envase inteligente censa algunas de las propiedades del producto que contiene o del entorno en el que se mantiene e informa el estado de estas propiedades (Rodríguez-Sauceda et ál., 2014).

A modo de esquema, la tabla 1 presenta los distintos conceptos tratados en este artículo sobre los envases no tradicionales:

Tabla 1. Soluciones tecnológicas desarrolladas para envases no tradicionales

| Envases activos | | Envases inteligentes | |
|----------------------------------|-------------------------------------|---|------------------------------------|
| Clasificación por estructura | Clasificación por actividad | Sistemas portadores de datos | Indicadores en el envase |
| Sistemas independientes | Sistemas absorbentes o eliminadores | Códigos de barras | Tiempo/temperatura |
| Sistemas integrados en el envase | Sistemas liberadores o emisores | Identificación por radiofrecuencia (RFID) | Gases |
| | Biopolímeros | | Humedad |
| | | | Madurez |
| | | | Biosensores/calidad microbiológica |

Soluciones tecnológicas desarrolladas para envases activos

Las soluciones tecnológicas aplicadas a envases activos que actualmente existen en los mercados se pueden clasificar según su estructura o según la actividad que desarrollen.

Clasificación según su estructura

Esta clasificación se realiza dependiendo de si el sistema activo forma parte o no de la estructura del envase.

Sistemas independientes

Elementos (saquitos, tiras o etiquetas) que se incorporan o adhieren en el interior del envase, pero que son una parte diferenciada. 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 y Floros, 2004).

Sistemas integrados en el propio envase

Las sustancias activas que se incorporan en el propio material de envase; en unos casos, mediante dispersión, y en otros, injertándolas químicamente en el propio material. A diferencia de los sistemas independientes, el sistema activo no se percibe por el consumidor como elemento diferenciado del envase, lo que evita su posible rechazo y el riesgo de consumo accidental (Soares y Hotchkiss 1998).

Clasificación según su actividad

Las soluciones tecnológicas según la actividad que los envases realizan con el producto se dividen en tres grandes grupos:

Sistemas absorbentes-eliminadores

Son aquellos que absorben sustancias químicas que están en el interior del envase. Existen absorbentes de oxígeno, etileno, humedad, dióxido de carbono, componentes no deseados, entre otros. Su aplicación depende del producto envasado (Rodríguez-Sauceda, Rojo-Martínez, Martínez-Ruiz, Piña-Ruiz y Ramírez-Valverde, 2014; De Kruijf, Van Beest, Sipilinen-Malm, Paseiro y De Meulenaer, 2002).

A título de ejemplo y considerando que el oxígeno es una de las principales causas de deterioro de los productos alimenticios, se han desarrollado sistemas basados en la oxidación de hierro y sales ferrosas que ralentizan el proceso de oxidación de los alimentos y que se incorporan en el envase en forma independiente, por ejemplo, en forma de saquitos. Su principal campo de aplicación es en productos alimenticios sensibles al oxígeno, como frutos secos, panificados, productos lácteos, cárnicos, etc. (Smith, Ramaswam y Simpson 1990; ABC Pack, 2013).

Otra aplicación importante son los absorbentes de etileno. La mayoría de las frutas y vegetales liberan gas etileno después de la recolección. El etileno acelera la maduración, produce ablandamiento y conduce inevitablemente al deterioro de los alimentos. La presencia de etileno reduce la vida comercial de las frutas y vegetales frescos o mínimamente procesados. Por este motivo, se utilizan absorbentes de etileno tales como permanganato potásico, alúmina, sílica-gel, entre otros. En la presentación comercial, al igual que para los absorbentes de oxígeno, pueden encontrarse como elementos independientes o integrados al envase (Catalá, 2010; Fernández, Picouet y Lloret, 2010).

Sistemas liberadores o emisores

Son aquellos que liberan sustancias químicas en el interior del envase. Su acción implica una transferencia de masa desde el sistema o material activo al contenido del envase; entre estos se encuentran: 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 (Kerry, O'Grady y Hogan, 2006; Brody, Strupinsky y Kline 2009).

El uso de etanol en el espacio de cabeza del envase actúa de manera efectiva para evitar el crecimiento de microorganismos, bacterias y mohos. Se utilizan en productos de panadería, pastelería y alimentos secos o semisecos (Labuza y Breene, 1989).

Los liberadores de CO₂ inhiben 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 hidrógeno carbonato sódico y ácido ascórbico para aumentar la vida comercial de carnes frescas (Kerry et ál., 2006; Franzetti, Martinoli, Piergiovanni y Galli, 2001).

Biopolímeros

Son materiales derivados de fuentes renovables. Se espera que su uso crezca en los próximos decenios debido a su carácter renovable y a su biodegradabilidad general. Hoy en día los únicos biopolímeros con un desarrollo y posibilidad técnica suficiente como para poder ser usados comercialmente en envasado son la celulosa, el almidón y los polímeros del ácido poliláctico. Desafortunadamente, el uso de estas películas biodegradables está fuertemente limitado debido a las pobres propiedades de barrera y a las escasas propiedades mecánicas que muestran estos polímeros (Petersen et ál., 1999; Silvestre, Duraccio y Cimmino, 2011).

En los últimos años se ha prestado especial atención a las propiedades que presentan los sistemas híbridos orgánicos-inorgánicos y, en especial, a aquellos que incorporan nanopartículas de silicatos dispersas en la matriz polimérica. La incorporación de las nanopartículas está ofreciendo una mejora de diferentes propiedades mecánicas, entre otras funciones, como barrera frente a gases, estabilidad a la oxidación, etc. Se espera que el uso de estos nanocompuestos impulse el uso de las películas poliméricas biodegradables, para de este modo reducir los residuos plásticos en la naturaleza (Sorrentino, Gorrasi y Vittoria, 2007).

La utilización de envases activos se ha proyectado hacia una amplia gama de productos. Actualmente, la mayoría de los productos alimenticios tienen en su envase algún componente activo que mejora su performance.

Soluciones tecnológicas desarrolladas para envases inteligentes

Existe una gran variedad de sistemas que pertenecen a este grupo, como indicadores tiempo-temperatura, indicadores de estanqueidad (o de integridad del envase), indicadores de frescura o indicadores de crecimiento microbiano (GS1 Argentina, 2016).

Dentro de estas soluciones se encuentran dispositivos con diversas aplicaciones y maneras de recoger y mostrar la información, de los que se pueden diferenciar dos grandes grupos:

- Sistemas portadores de datos
- Indicadores en el envase

Sistemas portadores de datos

Los sistemas portadores de datos son estándares que permiten a los usuarios obtener en tiempo real información previamente organizada, minimizando los problemas de confusión, duplicación y mala interpretación. Esto es posible porque todo el sistema sigue el mismo código de reglas (GS1 Argentina, 2016).

Estos sistemas constan, en su forma más básica, de un elemento de identificación y un dispositivo capaz de reconocerlo y decodificar la información que contiene. La información requerida por el usuario puede estar contenida directamente en el elemento de identificación o puede ser referenciada a un sistema de base de datos (GS1 Argentina, 2016; GS1 Perú, 2017).

Dentro de este grupo, los códigos de barras son los portadores de datos más difundidos en la actividad comercial e industrial. La identificación por radio frecuencia es otra tecnología que tiene un importante crecimiento en el mercado en los últimos años. A continuación se detallan las características más importantes de estos portadores:

Códigos de barras

Los escáneres de códigos de barras son dispositivos capaces de capturar la imagen de un código de barras para luego poder interpretar la información codificada entre las barras y espacios. Esa información, una vez decodificada, es utilizada para reconocer rápidamente un artículo en cualquier punto de la cadena logística, realizar inventarios y controlar el *stock*, el ingreso y las ventas de cualquier artículo en todo tipo de industrias y comercios (GS1 Argentina, 2016).

Hay diferentes formatos y estándares para la codificación de las barras: UPC, PDF417, Code 39, Code 128, Ean, Datamatrix, QR, entre otros. Al respecto, la Organización de Estándares en Códigos de Barras (GS1) es el organismo encargado de gestionar los formatos a nivel mundial (GS1 Argentina, 2016).

Los códigos de barras pueden ser unidimensionales o bidimensionales. Su principal diferencia radica en la cantidad de información que contienen.

Los unidimensionales solo contienen la información del código asociado, es decir, el lector ve lo mismo que una persona, pero puede hacer una consulta y traer más datos usando el sistema. El ejemplo más conocido es el GTIN 13 (antes llamado EAN-13), que se encuentra generalmente en los productos de comercialización en tiendas y supermercados (GS1 Argentina, 2016; GS1 Perú, 2017).

Los bidimensionales, en cambio, pueden contener solo el código o mucha información. El lector puede leer en el código toda la información disponible sobre ese producto sin necesidad de consultar a ningún sistema de bases de datos externo. Los códigos más difundidos actualmente son el Datamatrix y el QR. El Datamatrix es ampliamente utilizado en las industrias automotriz, microelectrónica y farmacéutica. Por otro lado, el código QR o código de respuesta de alta velocidad (*quick response*) es un sistema para almacenar información en una matriz de puntos o un código de barras bidimensionales, que se caracterizan por los tres cuadrados que se encuentran en las esquinas y que permiten detectar la posición del código al lector. El QR puede almacenar mayor cantidad de información que el Datamatrix debido a su sistema de codificación. Los códigos de barras y los códigos QR son los portadores de datos más difundidos en la actividad comercial e industrial (GS1 Argentina, 2016; GS1 Perú, 2017).

Identificación por radio frecuencia

La identificación por radiofrecuencia o RFID (*radio frequency identification*) es una tecnología de identificación remota e inalámbrica, en la cual un dispositivo lector o *reader* vinculado a un equipo

informático se comunica a través de una antena con un transponder (conocido como *tag* o etiqueta) mediante ondas de radio (AIPIA, s. f.). Esta tecnología, que existe desde los años cuarenta, se ha utilizado para múltiples aplicaciones, incluyendo el cobro de peaje o telepeaje, control de acceso, identificación de ganado y tarjetas electrónicas de transporte (véase, por ejemplo, el SUBE o Sistema Único de Boleto Electrónico).

En los últimos años, la tecnología RFID ha entrado con fuerza al mercado comercial tecnológico gracias a su creciente difusión en aplicaciones de cadena de suministro, que fue motivada por las iniciativas de las cadenas de autoservicio y supermercados.

La tecnología RFID necesitaba un estándar para poder ser reconocida como un lenguaje común entre proveedores y clientes; para ello, GS1 creó el estándar conocido como código electrónico de producto o EPC (*electronic product code*), que utiliza las bondades de la tecnología de RFID para la identificación de cualquier objeto que necesite ser administrado y controlado (GS1 Argentina, 2016).

Muchas son las ventajas de la tecnología RFID sobre el código de barras. Entre ellas podemos mencionar:

- No requiere una línea de visión directa y puede ser interpretado en distancias de hasta 10 m.
- No requiere de intervención humana (ideal para automatizar).
- Lectura simultánea de múltiples artículos (protocolo anticolidión).
- Puede realizar hasta 500 lecturas por minuto (5 veces más rápido que un código de barras).
- Mayor duración y no le afectan los ambientes sucios.
- Capacidad de lectura y escritura.

Esta última característica es su principal funcionalidad, por lo que es utilizada en los envases inteligentes, ya que permite ser usada para seguimiento, trazabilidad, relevamiento de las condiciones de transporte y almacenamiento, temperatura, humedad, entre otras funciones. Pueden almacenar esta información técnica y comercial del producto, y también relevar la información de otros dispositivos inteligentes, por ejemplo, indicadores de temperatura o biosensores (GS1 Perú, 2017; AIPIA, s. f.; Instituto Tecnológico del Embalaje, Transporte y Logística, 2008).

Indicadores en el envase

Los sistemas de relevamiento e indicadores en el envase existen para monitorear e informar al consumidor sobre alguno de los aspectos de los alimentos. El objetivo principal de este sistema es mejorar la calidad o el valor del producto, proporcionar más comodidad y aumentar la respuesta a la mala manipulación o la falsificación. Este tipo de dispositivos pueden censar las condiciones del entorno o el interior del envase o directamente medir las condiciones de calidad del producto. Para ello debe existir contacto entre el producto almacenado y el indicador (PACMAN, 2013).

Según el tipo de relevamiento que realizan o la forma de reportarlo, estos indicadores se dividen en los siguientes grupos:

- Indicadores de tiempo/temperatura
- Indicadores de gases
- Indicadores de humedad
- Biosensores
- Indicadores de madurez

Indicadores tiempo/temperatura

Son dispositivos pequeños 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. Por lo tanto, estos indicadores tienen como objetivo principal estimar la calidad y la integridad del producto (Pavelková, 2012).

Existen dos tipos de dispositivos: los que reflejan el efecto acumulativo del tiempo y la temperatura por la exposición del producto a temperaturas superiores a un nivel crítico, conocidos por sus siglas en inglés TTI (*time temperature indicators*), y aquellos que indican si el producto ha sido sometido por debajo o por encima de un valor umbral, llamados por sus siglas en inglés CTI (*critical temperature indicators*). Este tipo de indicadores son los más extendidos y de los que se encuentran muchas patentes (PACMAN, 2013; Aguirre y Herranz, 2009).

Indicadores de gases

Existen ciertos problemas para mantener los alimentos dentro de los envases, ya que estos tienen la capacidad de respirar y seguir modificando la atmósfera interior. Igualmente, la composición de gases puede cambiar fácilmente dentro del envase debido a la interacción con su entorno (Smith et ál., 1990).

Los indicadores de gas se utilizan para monitorear la composición del gas dentro del envase mediante cambios en el color del indicador, producto de una reacción química o enzimática. Los indicadores deben estar en contacto directo con el ambiente gaseoso que circunda al producto. Este tipo de indicadores señalan principalmente la presencia o ausencia de oxígeno dióxido de carbono, aunque se han desarrollado algunos para etileno, etanol y sulfuro de hidrógeno. Entre sus funciones principales también se encuentra la de determinar algún tipo de fuga dentro del empaque de alimentos con atmósferas controladas, así como determinar la frescura de los alimentos, como en el caso de la identificación de etileno en frutas (PACMAN, 2013; ITENE, 2008).

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, cambiando de azul a rosa cuando esta aumenta. También pueden estar compuestos por cloruro de cobre, que pasa de amarillo a verde con el incremento de humedad (ITENE, 2008). Existen dos tipos de indicadores de humedad:

- *Indicadores de humedad con cambios reversibles.* Son aquellos que cambian de color conforme va aumentando la humedad en el ambiente, pero que vuelven a su color original cuando se secan.
- *Indicadores de humedad máxima.* El color cambia cuando sufre un aumento de humedad significativo, lo que indica que el producto ha sobrepasado un porcentaje de humedad y existe la posibilidad de que se haya deteriorado, es decir, indica que el producto ha perdido sus características organolépticas.

Biosensores y calidad microbiológica

Estos indicadores se basan en la identificación de diferentes metabolitos volátiles generados por el crecimiento microbiano en el alimento, tales como dióxido de carbono, acetaldehído, amo-

niaco, alcoholes y ácidos grasos, así como a la variación de acidez (pH) debido al crecimiento microbiano.

Entre los sistemas de este tipo que se comercializan hoy en día podemos mencionar el Food Sentinel System, sensor Q_s y algunos sistemas con paladio (que reacciona con volátiles que contienen compuestos con azufre y nitrógeno). Esta reacción genera una fluorescencia y provoca un cambio de color en la etiqueta del rosa al amarillo (BION, 2017).

Indicadores de madurez

Los indicadores de madurez, frescura y vida útil podrían considerarse un caso híbrido entre los indicadores de gases y de calidad microbiológica. Estos cambian de color al modificarse los gases internos y los aromas emitidos por la fruta en su maduración. Por ejemplo, el sensor ripeSense es inicialmente de color rojo y pasa gradualmente a naranja y finalmente a amarillo (ITENE, 2008). El consumidor puede conocer de esta forma el estado de madurez de la fruta y seleccionar la que él desea.

Nuevas tendencias en envases activos e inteligentes

En la actualidad existe la necesidad de aumentar la eficiencia y eficacia en la manipulación y preparación de los alimentos, que sin duda alguna es una tendencia universal del mercado (ITENE, 2008). Entre las líneas de investigación y desarrollo más avanzadas actualmente en envases, se pueden mencionar:

Indicadores de cocción con microondas

Los fabricantes de alimentos para cocinar en el microondas han creado indicadores de cocción por microondas o MDI. Estos indicadores son capaces de detectar el punto de preparación de alimentos que están siendo procesados en el microondas y advertir a los consumidores cuando estos están en el punto adecuado, listos para su ingesta (PACMAN, 2013; ITENE, 2008).

Cocción controlada en microondas

Se ha propuesto la idea de integrar un horno de microondas con un microprocesador, un escáner de código de barras y un dispositivo de reconocimiento de voz que podría estar conectado a una pantalla táctil y conexión a Internet. El microprocesador podría tener información sobre las características del horno, algoritmos de cocción y preferencias del consumidor. El alimento podría traer en el código de barras o en un dispositivo RFID información sobre sus características y requerimientos de cocción, que al ser escaneado retroalimentaría al microprocesador en el horno. El microprocesador, por consiguiente, sería capaz de controlar los elementos para cocinar y el disco giratorio del horno para asegurar un cocinado a la perfección y sin ningún tipo de interacción con el consumidor (PACMAN, 2013; ITENE, 2008).

Desarrollo de tintas inteligentes

Actualmente se está investigando con nuevas tintas conductoras para aplicaciones en envases de papel, cartón y *films* flexibles. Los materiales utilizados para desarrollar las tintas inteligentes son principalmente plata, grafito y otros metales con buenas propiedades conductoras y eléctricas. Una aplicación directa sobre los envases de alimentos es evitar la falsificación de productos o asegurar que el envase no fue violado (IAE, s. f.; ITENE, 2008).

Desarrollo de envases caloríficos y refrigerantes

Se trata de un recipiente de una sola pieza y sin costura (de plástico moldeado por inyección) que tiene varias cámaras interiores con las que se produce el calentamiento automático, por efecto de una reacción exotérmica que se genera cuando el consumidor despega una lámina y presiona en el fondo del recipiente. Los elementos que intervienen en el proceso químico son piedra caliza molida y agua pura.

En Estados Unidos, la refrigeración es uno de los objetivos de la industria de envases y embalajes. Instant cool (I. C.) es un nuevo desarrollo que está relacionado con la refrigeración. Este desarrollo incorpora un condensador, un colector de vapor y un desecativo a base de sal. El procedimiento es aplicable en envases rígidos (como latas y botellas) y bolsas. Este método hace que la temperatura del envase y su contenido descienda en pocos minutos casi 17 °C. El procedimiento es aplicable, en principio, a recipientes de aluminio. El proceso de refrigeración se inicia al abrir el envase (López-Rubio, Gavara y Lagarón, 2006).

Otra alternativa es la denominada CoolBev, que técnicamente se trata de una pequeña bolsa de vinilo llena de agua. Al abrir el envase, el líquido contenido en la bolsa refrigerante se comprime y evapora, lo que sustrae el calor al producto, de modo que este se enfría. En este caso es considerable el descenso de la temperatura; según lo indica el fabricante, la temperatura del producto baja 18 °C en dos o tres minutos (PACMAN, 2013; ITENE, 2008; IAE, s. f.).

CONCLUSIONES

El envase evolucionó debido a los nuevos materiales que se han desarrollado y que pueden aplicarse, así como a los cambios actuales en la presentación del producto. En esta evolución, el envase ha pasado por diferentes etapas, desde la primera y simple función de contener al producto (incluyendo, a lo sumo, características de transportabilidad), hasta llegar al concepto de que en el envase se incluyen funciones de interacción con el producto y el consumidor.

La funcionalidad del envase ha cambiado al punto de convertirse, en muchos casos, en la pieza central del producto. La elemental contención que se esperaba de los envases tradicionales muta con los envases activos, que producen la primera fase de integración entre el producto y su envase.

Los sistemas activos pueden formar parte o no de la estructura del envase. Su aplicación se ha generalizado, principalmente en lo referido a los envases de productos alimenticios.

Desde el punto de vista técnico, se puede identificar una extensa variedad de aditivos (emisores o absorbedores) que permiten generar indicadores de calidad de diversos tipos.

Asimismo, se ha verificado la factibilidad técnica de aplicación de los aditivos y se han presentado ejemplos concretos de su implementación exitosa en mercados de consumidores con elevados estándares de exigencia. El valor del relevamiento realizado radica en la demostración empírica tanto de disponibilidad como de aplicabilidad de dichas tecnologías.

Los sistemas inteligentes constituyen un desarrollo tecnológico del envase que es completamente innovador y ofrece interesantes oportunidades para la seguridad, calidad y conservación de los alimentos. Su funcionalidad se basa en detectar, localizar, registrar y/o comunicar información sobre el producto para influir en la toma de decisiones del consumidor. Actualmente, los sistemas portadores de datos (códigos de barras, códigos QR y RFID) y los indicadores del envase son ampliamente utilizados como componentes determinantes en la trazabilidad del producto, así como son indispensables a la hora de optimizar el flujo logístico.

El agregado de tecnología a los envases se concibe como una forma de satisfacer las necesidades y exigencias de clientes cada vez más exigentes, lo que se evidencia en las tendencias que se siguen en el desarrollo de las mismas.

La incorporación de conocimiento tecnológico como estrategia de agregado de valor es una oportunidad fundamental para que a nivel internacional se reconozca la calidad de las materias primas, los sistemas de control higiénico-sanitario a lo largo de toda la cadena de valor y los sistemas adicionales de control de calidad.

Tanto la eficiencia de la cadena logística como el aumento del comercio internacional han sido posibles, en parte, por las nuevas tecnologías desarrolladas en la industria del envase. Sin duda, el sector alimenticio es el que mayores exigencias impone a las características de los envases. El dinamismo impuesto por la caducidad e inocuidad del producto, combinado con las estrategias de comercialización centradas en la imagen, las necesidades y requerimientos de los clientes, es potenciado por la disponibilidad de tecnología cada vez más avanzada, que exige a los productores y a toda la cadena de distribución la implementación de nuevos servicios e información. El agregado de actividad e inteligencia a los envases se posiciona como una de las herramientas estratégicas para cubrir las demandas actuales de todo negocio.

REFERENCIAS [T1]

- ABC Pack. (2013). *Métodos de conservación, absorbedores de oxígeno*. Recuperado de <http://www.abc-pack.com/noticias/metodos-de-conservacion-absorbedores-de-oxigeno/>
- Active and Intelligent Packaging Industry Association. (2017). *News. Africa looks to RFID for Improved cool chain security*. Recuperado de <https://www.aipia.info/news-Africa-Looks-to-RFID-for-Improved-Cool-Chain-Security-753.php>
- Active and Intelligent Packaging Industry Association. (s. f.). [Página oficial de AIPIA]. Recuperado de <http://www.aipia.info>
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. (s. f.). *Código Alimentario Argentino*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
- Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. (s. f.). [Página oficial de EFSA]. Recuperado de <http://www.efsa.europa.eu/>
- Catalá, R. (2010). *Envasado activo. Aplicación en la industria alimentaria*. Recuperado de http://benasque.org/2010fronterastalim/talks_contr/063Envasado_activo-_Benasque-alumnos.pdf
- De Kruijf, N., Van Beest, R., Sipilinen-Malm, T., Paseiro, P., y De Meulenaer, B. (2002). Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects. *Food Additives & Contaminants*, 19(4), 144-162.
- 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), 222-228.
- Franzetti, L., Martinoli, S., 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(6), 267-274.
- GS1 Argentina. (2016). *Identificación mediante códigos bidimensionales*. Recuperado de http://www.gs1.org.ar/SOL_bidimensionales.asp
- GS1 Perú. (2017). *La importancia de los códigos QR en las etiquetas*. Recuperado de <http://innovasupplychain.pe/articulos/12082-la-importancia-de-los-codigos-qr-en-las-etiquetas>

- Hernández, M. (2006). *Evolución de los envases inteligentes en la industria alimenticia*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos34/envases-inteligentes/envases-inteligentes.shtml>
- Instituto Argentino del Envase (s. f.). [Página oficial de IAE]. Recuperado de <http://www.packaging.com.ar/>
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2012). *Envases y embalajes*. Recuperado de <http://www.inti.gov.ar/atp/pdf/cuadernilloEnvasesyEmbalajes.pdf>
- Instituto Tecnológico del Embalaje, Transporte y Logística. (2008). *Envases inteligentes*. Recuperado de http://www.acenvex.com/documentacion/ENVASES_INTELIGENETES_RFID.pdf
- Kerry, J., O'Grady, M., y Hogan, S. (2006). Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Science*, 74(1), 113-130.
- Labuza, T., y Breene, W. (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(1), 1-69.
- López-Rubio, A., Gavara, R., y Lagarón, J. (2006). Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials. *Trends in Food Science & Technology*, 17(10), 567-575.
- Mercosur. (2015). *Directivas de la Comisión de Comercio de Mercosur*. Recuperado de <http://www.mercosur.int/innovaportal/v/528/11/innova.front/directivas>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina. (2017). Observatorio virtual agroindustrial. Recuperado de www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/observatorio/observatorio/observa_03.htm
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (s. f.). [Página oficial de FAO]. Recuperado de <http://www.fao.org/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Organización Mundial de la Salud. (2011). *Reunión conjunta FAO/OMS de expertos acerca de la aplicación de la nanotecnología en los sectores alimentario y agropecuario: posibles consecuencias para la inocuidad de los alimentos*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i1434s.pdf>
- Ozdemir, M., y Floros, J. (2004). Active food packaging technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(3), 185-193.
- PACMAN (2013). *Packaging attivo e intelligente: innovazioni per il futuro*. Recuperado de http://www.pacmanproject.eu/page/newsletters/pdf/it/newsletter_11_2013.pdf
- Pavelková, A. (2012). Time temperature indicators as devices intelligent packaging. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 61(1), 245-251.
- Petersen, K., Nielsen, P., Bertelsen, G., Lawther, M., Olsen, M., Nilsson, N., y Mortensen, G. (1999). Potential of biobased materials for food packaging. *Trends in Food Science & Technology* 10(2), 52-68.
- Reglamento (CE) n° 450 de 2009. *Materiales y objetos activos e inteligentes destinados a entrar en contacto con alimentos*. Diario Oficial de la Comisión Europea, 29 de mayo de 2009.

- Rodríguez-Sauceda, R., Rojo-Martínez, G., Martínez-Ruiz, R., Piña-Ruiz, H., y Ramírez-Valverde, B. (2014). Envases inteligentes para la conservación de alimentos. *Ra Ximhai*, 10(6), 151-173.
- Silvestre C., Duraccio, D., y Cimmino, S. (2011). Food packaging based on polymer nanomaterials. *Progress in Polymer Science*, 36(12), 1766-171782.
- Smith, J., Ramaswamy, H., y Simpson, B. (1990). Developments in food packaging technology. Part II. Storage aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 1, 111-178.
- Soares, N., y Hotchkiss, J. (1998). Bitterness reduction in grapefruit juice through active packaging. *Packaging Technology and Science: An International Journal*, 11(1), 9-18.
- Sorrentino, A., Gorrasi, G., y Vittoria V. (2007). Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications. *Trends in Food Science & Technology*, 18(2), 84-95.
- Unión Latinoamericana del Embalaje. (s. f.). [Página oficial de ULADE]. Recuperado de <http://www.ulade.com>
- World Packaging Organisation. (s. f.). [Página oficial de WPO]. Recuperado de <http://www.worldpackaging.org/>