

Ecodiseño en el Envase de Alimentos

Unidad 10: Envases Activos e Inteligentes

Gabriel Mustatea (doctor en Ingeniería Química) gabi.mustatea@bioresurse.ro

Gabriel Laslu (ingeniero de desarrollo tecnológico) gabriel.laslu@gmail.com

10.1	Definiciones.....	2
10.2	Materiales y objetos activos.....	3
10.3	Materiales y objetos inteligentes.....	6
10.4	Barrera funcional.....	8

Después de estudiar esta unidad, el alumno podrá:

- Objetivo 1: conocer los principales tipos de envases de alimentos activos e inteligentes;
- Objetivo 2: conocer los principios subyacentes a las tecnologías para producir envases de alimentos activos e inteligentes;
- Objetivo 3: conocer las aplicaciones activas e inteligentes de envasado de alimentos.



10.1 Definiciones

El Reglamento de la EC no. 450/2009 sobre materiales y objetos activos e inteligentes destinados a entrar en contacto con alimentos incluye las siguientes definiciones y requisitos:

"Materiales y objetos activos" son los destinados a prolongar la vida útil o a mantener o mejorar el estado del alimento envasado. Están diseñados para incorporar intencionadamente componentes que liberarán sustancias en el alimento envasado o en su entorno o absorberán sustancias del alimento o de su entorno

«materiales y objetos activos liberadores»: los diseñados para incorporar intencionadamente componentes que liberarán sustancias en el alimento envasado, en su superficie o en su entorno

«sustancias activas liberadas»: las destinadas a ser liberadas en el alimento envasado, en su superficie o en su entorno por materiales y objetos activos liberadores y que cumplen un propósito en el alimento

«componente»: sustancia o combinación de sustancias cau-sante de la función activa o inteligente del material u objeto, incluidos los productos de la reacción in situ de esas sustancias. No incluye las partes pasivas, como el material al que se añaden o incorporan.

El envase activo es un tipo de envase de alimentos con una función adicional a la intrínseca de un envase que es proporcionar una barrera protectora contra influencias externas. El envase activo está diseñado para influir en los alimentos envasados. El envase puede absorber sustancias químicas derivadas de los alimentos o del entorno que los rodea; o puede liberar sustancias en los alimentos o en el entorno que lo rodea, como conservantes, antioxidantes, saborizantes, etc.

«Materiales y objetos inteligentes»: aquellos que controlan el estado de los alimentos envasados o de su entorno

El envase inteligente proporciona al usuario información sobre el estado de los alimentos que contienen para que sean de confianza y seguros. El componente inteligente se puede colocar en la superficie exterior del paquete y se puede separar de los alimentos mediante una barrera funcional.



10.2 Materiales y objetos activos

Siguiendo la definición de materiales y objetos activos, estos se pueden clasificar de la siguiente manera:

A) Sistemas de absorción¹/ eliminación:

Absorción de agua: Son por ejemplo las almohadillas utilizadas para absorber los líquidos de la carne, las aves de corral y el pescado en el envase primario. Pueden ser, por ejemplo, una malla de plástico laminado como adhesivo y almohadillas que contienen solo fibras poliméricas o poliácridatos granulares o en combinación con celulosa natural, todo lo cual contribuye a la función absorbente de estas almohadillas.

Los materiales y objetos que trabajan exclusivamente sobre la base de componentes naturales, como almohadillas compuestas de 100% de celulosa, no entran dentro de la definición de materiales y objetos activos porque no están diseñados para incorporar deliberadamente componentes que liberarían o absorberían sustancias. En el **Anexo 1** se presentan otros ejemplos de absorbedores que entran y que no entran dentro de la definición de materiales y objetos activos.



Fig. 1: Almohadillas y sobres absorbentes y una bolsa de absorción de etileno.

A) Absorbedor de humedad, B) Abs. de oxígeno, C) Absorbedor de etileno

Los absorbedores de oxígeno se utilizan en el envasado de pasta, leche en polvo, galletas, etc. Estos absorbedores generalmente se presentan en forma de sobres. Quitar o capturan el oxígeno residual dentro del envase (del ambiente del producto alimenticio o del alimento mismo) para reducir la exposición al oxígeno. La exposición al oxígeno puede provocar un aumento de los microorganismos, cambios químicos en los alimentos, etc. Un absorbedor de oxígeno debe reducir estos efectos, lo que prolonga la vida útil de los productos alimenticios. Los absorbedores de O₂ más comúnmente utilizados son hierro en polvo y el ácido ascórbico. De los dos el que más se usa es el

¹ Physical phenomenon by which a liquid or solid body incorporates, by diffusion from the outside, a certain substance

<https://dexonline.ro/definitie/absorb%C8%9Bie>



polvo de hierro porque tiene una gran superficie de reacción. Los absorbedores pueden reducir la concentración de oxígeno en el espacio libre del envase al 0.01%. Se pueden absorber diferentes cantidades de oxígeno. Las modernas almohadillas de limpieza usan para O₂ una mezcla de polvo de hierro y cloruro de sodio. A menudo se incluye también carbón activo porque absorbe² en sus poros otros gases y muchas moléculas orgánicas, a la vez que elimina olores. Los factores que conducen a elegir el tipo y tamaño del absorbedor incluyen el tamaño, peso y forma del producto; actividad de agua en el producto; la cantidad de oxígeno disuelto en el producto; el período de vida útil requerido para el producto; la permeabilidad al oxígeno del material de envasado; el nivel inicial de oxígeno en el espacio libre del envase, etc. Varias aplicaciones son: productos de carne picada, carne cocinada o conservado, pescado, productos de panadería, productos secos, leche, huevos, especias, hierbas y productos de confitería.

Los absorbedores de etileno pueden ser sobres o incorporarse en una película de polímero. Un ejemplo de aplicación es una bolsa de plástico con un absorbente de etileno incorporado. El etileno, una hormona de crecimiento natural de las plantas, es una clave para el proceso de maduración de las frutas y verduras que se libera durante la respiración y luego lidera el proceso de maduración. En el caso de la película de polímero, el componente activo del polímero está diseñado para evitar el exceso de etileno, para extender la vida útil del producto envasado.

La mayoría de los absorbedores de etileno están basados en permanganato de potasio. Otros absorbedores de etileno son el carbono activo, bentonita y aluminosilicatos (por ejemplo, zeolitas).

Absorbedores de dióxido de carbono

La absorción de dióxido de carbono puede ser de dos tipos:

- a) absorción física (zeolita);
- b) absorción química (hidróxido cálcico).

Absorbedores de humedad

Una parte de los vapores ambientales del envase lo atraviesan debido a su permeabilidad y se condensa en el envase debido al cambio de temperatura. Además, las gotas de agua pueden aparecer en la comida. Además, durante la descomposición de las grasas y los carbohidratos se produce el agua. El agua acumulada puede causar el crecimiento de microorganismos que provocan la degradación de los alimentos. El exceso de agua puede eliminarse mediante el uso de envoltorios de alimentos impermeables al vapor de agua. Los sistemas de absorción comunes incluyen un polímero súper absorbente colocado entre dos capas de polímero microporoso o no



textil. Se utilizan sales del poliacrilato, carboxil metil celulosa (carboxi metil celulosa - CMC), copolímeros que contienen almidón, etc.

Eliminación de olores

Los olores y los sabores no deseados se evitan con la eliminación de aminas, aldehídos y ácidos grasos producidos durante la oxidación de los ácidos grasos primarios y secundarios. Los compuestos amargos (limonina) también se eliminan de los jugos de la fruta. Incluso cuando los alimentos se pueden consumir de forma segura los consumidores pueden percibir algunos olores desagradables al abrir el envase. El procesado de los plásticos, como fundirlo o la extrusión, puede causar olores desagradables. Los antioxidantes pueden usarse para reducir los olores desagradables. Desde un punto de vista comercial, se han utilizado muy pocas técnicas de envasado para eliminar selectivamente los sabores y compuestos no deseados con sabor indeseable, pero potencialmente existen muchas oportunidades. Un ejemplo de esas oportunidades es combatir el sabor amargo de los zumos de naranja pasteurizados. Algunas variedades de naranja son particularmente propensas a los sabores amargos provocados por la limonina, un compuesto químico que se libera en el jugo después de presionar y pasteurizar las naranjas. Una posible solución de envasado activo para evitar este problema sería incorporar adsorbentes de limonina (por ejemplo, triacetato de celulosa o papel acetilado) en materiales de envasado de zumo de naranja².

B) Sistema de aporte de sustancias a los alimentos:

Son los envases que contienen sustancias que se emiten a los alimentos, como conservantes, antioxidantes, saborizantes y enzimas. Estas sustancias activas liberadas se añaden intencionalmente al alimento envasado o dentro del mismo para cumplir una misión determinada en el alimento o en el entorno que rodea el alimento y para mantener o ampliar la vida útil del alimento envasado.

Agentes antimicrobianos

La carne y los productos cárnicos son más susceptibles a la alteración microbilógica. El objetivo principal es reducir, inhibir o retardar el crecimiento de los microorganismos. El agente antimicrobiano reduce el crecimiento de microorganismos. Los emisores de etanol se pueden utilizar para mejorar la vida útil del pan o de productos de pescado secos y semisecos³. Otros agentes antimicrobianos se indican en el anexo 1, tabla A1-1.

² RICHARD COLES, DEREK MCDOWELL, MARK J. KIRWAN FOOD PACKAGING TECHNOLOGY, Blackwell Publishing Ltd, 2003

³ Simran Kaur, 2 Divya Puri, Active and intelligent packaging: A boon to food packaging, International Journal of Food Science and Nutrition
ISSN: 2455-4898, July 2017



C) Sistemas con sustancias insertadas o aplicadas en la pared del envase:

Son envases que contienen un aditivo o una enzima que se aplica en la superficie en contacto con los alimentos y tiene un determinado efecto tecnológico sobre los alimentos. Estos materiales incorporan uno o más componentes activos que influyen deliberadamente en la condición del alimento sin intención de migración al alimento. Esta categoría de envases es, por lo tanto, similar a la anterior, con la diferencia de que la sustancia activa no se libera en los alimentos, sino que permanece aplicada o insertada en la superficie del envase; cualquier migración a la comida no es intencional.

Envasado activo	Aplicaciones
Absorbedores de oxígeno	Prácticamente todo tipo de alimentos
Emisores de CO ₂	Prácticamente todos los alimentos afectados por los mohos
Absorbedores de vapor de agua	Comida seca
Absorbedores de etileno	Productos hortícolas
Emisores de etanol	Platos cocinados (cuando esté permitido)

Una tabla detallada de sistemas activos utilizados en envasado de alimentos se da en el **Anexo 1**.

10.3 Materiales y objetos inteligentes

El Envasado Inteligente se puede agrupar en:

A) Indicadores de la calidad del producto – Los indicadores tiempo temperatura (Time Temperature Indicators - TTI), Indicadores de gases, Indicadores de frescura, etc.

B) Protección de producto – Rotura de envase, robo, etc.

C) Aumentar las propiedades – durante la preparación y cocinado de los alimetos.

Además, cada indicador utilizado en el envasado debería tener las siguientes características:

- bajo precio;
- poder ser leído sin la necesidad de un aparato;
- no-tóxicidad;
- estabilidad;



- sensibilidad;
- la reacción debe ser irreversible;
- debe ser insertado con facilidad en el envase.

Indicadores Tiempo Temperatura

Están destinados a proporcionar información sobre si se ha excedido un umbral de temperatura en el tiempo y / o si se ha excedido el tiempo mínimo estimado que un producto pasó por encima de un umbral de temperatura (historial de temperatura en el tiempo) desde el momento en que los alimentos se envasaron hasta el punto de consumo. La indicación es a menudo una señal visual. Una señal visual positiva podría indicar que un producto ya no es fresco o no es apto para ser consumido. La información provista debe ser confiable y precisa y no inducir a error al consumidor.

Indicadores comerciales - TTI:

- *LifeLinesFresh-Check*
 - Basado en una reacción de polimerización
- *3M Monitor Mark*
 - Basado en la difusión del colorante
- *Vitsab®TTI (Cox Technologies)*
 - Basado en el cambio de color de la lipasa⁴



Fig. 2: Ejemplos de indicadores TTI

Indicador de oxígeno

Este indicador proporciona información sobre las filtraciones. El indicador se utiliza para el envasado controlado o con atmósfera modificada de alimentos. Un indicador de oxígeno típico consiste en un colorante redox (por ejemplo, azul de metilo), un compuesto alcalino (por ejemplo, hidróxido de sodio) y un agente reductor de compuestos (por ejemplo, azúcares reductores). Hay otros indicadores de enzima

⁴ Enzima de jugos digestivos que hidrata las grasas, convirtiéndolas en glicerol y ácidos grasos



oxidativa para el oxígeno. Además, se agrega un solvente (agua o un alcohol) y un agente de carga (por ejemplo, gel de sílice, polímeros, celulosa, zeolitas). El indicador puede ser una etiqueta, una capa impresa, una tableta o también puede ser laminado en el polímero (film).⁵

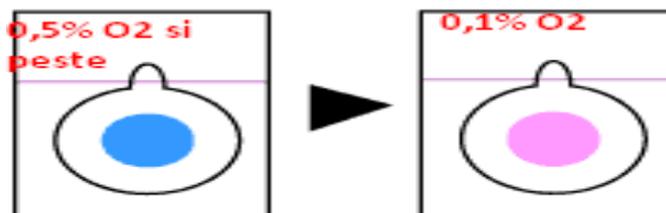


Fig.3: Indicador de O2. Presencia azul O2, limitado rojo O2

En el Anexo 2, Tabla A2-1, se presentan algunos indicadores utilizados en el interior o el exterior del envase de alimentos. Hay indicaciones sobre el tipo de indicador, el principio de funcionamiento, la información obtenida con ellos y las aplicaciones actuales de los indicadores descritos.

10.4 Barrera funcional

El Reglamento (EC) no. 450/2009 da la siguiente definición:

«Barrera funcional» es una barrera compuesta de una o varias capas de materiales en contacto con alimentos que garantiza que el material u objeto final cumple lo establecido en el artículo 3 del Reglamento (CE) no1935/2004 y en el presente Reglamento;

Esta barrera es una capa del material u objetos que entran en contacto con los alimentos y debe evitar la migración de sustancias desde la superficie de la barrera hacia los alimentos.

El nivel máximo de migración tolerado es de 0,01 mg de sustancia / kg de alimento para una sustancia determinada. Este límite de migración es aplicable a un grupo de sustancias, en particular desde el punto de vista de interdependencia estructural y

⁵ Semih Otles, Buket Yalcin, INTELLIGENT FOOD PACKAGING, Ege University, Bornova-Izmir, Turkey, ISSN 1734-459X, 2008, Vol. 4



toxicológica, en particular si son isómeros de la misma sustancia o si son sustancias con el mismo grupo funcional; también incluye la posible transferencia fuera del envase.

Si se demuestra que el material del envase o una capa actúa como una barrera funcional para la migración⁶, es posible utilizar sustancias no autorizadas en la capa o capas detrás de la barrera (que no está en contacto con el alimento) siempre que no entre dentro una de las siguientes categorías:

- Sustancias que son mutagénicas, cancerígenas o tóxicas para la reproducción.
- Las nuevas tecnologías que inducen sustancias químicas que tienen propiedades químicas y físicas que difieren significativamente de las partes constitutivas del envase, por ejemplo, las nanopartículas deben evaluarse caso por caso según su riesgo hasta que se conozca más información sobre estas nuevas tecnologías. Por lo tanto, estas sustancias no están cubiertas por el concepto de barrera funcional.

Hasta ahora se han encontrado en tres tipos de situaciones:

- para plásticos reciclados: los materiales plásticos reciclados pueden estar contaminados por diferentes productos químicos en el entorno del consumidor; para evitar que dichos contaminantes lleguen a los alimentos, se intercala una barrera funcional entre el plástico reciclado y los alimentos;
- para las sustancias no aprobadas por reglamento: según un proyecto de reglamento de la UE, la industria estará autorizada a utilizar sustancias que no estén aprobadas por las autoridades responsables de la salud pública, (i) si estas sustancias no son cancerígenas, y (ii) si están separados del alimento por una barrera funcional, lo que garantiza que no sean detectables en los alimentos. Tales sustancias se llaman en la regulación, "sustancias de la barrera funcional";
- para el envasado activo: en el ámbito del envasado activo, las barreras funcionales pueden evitar la migración de sustancias activas o de constituyentes de la sustancia activa.

A diferencia del vidrio o los metales, que por encima de un determinado espesor mínimo, son barreras absolutas no es posible indicar las reglas generales para los materiales plásticos. La eficiencia depende del historial del alimento o del polímero, así como de las propiedades geométricas del envase, principalmente su grosor. Se puede dar cierta información general:

- es poco probable que las poliolefinas y el EVA puedan actuar como una barrera funcional, cualquiera que sea el espesor de las capas;

⁶ This must be demonstrated in the declaration of conformity and in the supporting documentation ((EC) No. 450/2009, Article 13 and Annex 2].



- otros polímeros, PET, EVOH, PVC, PVDC, PAN pueden actuar como una barrera funcional si la capa de barrera es lo suficientemente gruesa.

Para decidir sobre el espesor mínimo, puede utilizar un software que tenga en cuenta todo el historial del material para el contacto con alimentos. El software [MULTITEMP y MULTIWISE] (INRA) es capaz de describir sucesivamente:

- difusión en la barrera durante el procesamiento (teniendo en cuenta una velocidad de enfriamiento);
- difusión en la barrera durante el almacenamiento del envase en vacío;
- migración durante el llenado en caliente;
- migración durante el almacenamiento de los alimentos

La eficiencia de las capas de polímero puede variar mucho, si la penetración ocurre en unas pocas horas en PE, en PET, para el mismo espesor de lámina, incluso se puede lograr en más de 100 años (Gross, 2014).

Muchos fabricantes han fabricado, por ejemplo, cartones que tienen capas de barrera ya sea como una capa aplicada por la sustancia o con láminas laminadas. Los materiales utilizados para este rango van desde acrilatos hasta combinaciones de EVOH con poliamidas y poliésteres. Las barreras plantean muchos problemas con la capacidad de reciclaje, la adherencia del cartón y el rendimiento del embalaje. Un ejemplo de dicho material es Foodboard, comercializado por Mayr-Melnhof, una gran empresa austriaca que produce envases de cartón y cartón.

Ha sido comercializado después de 5 años de investigación por un equipo de 20 especialistas, para lo cual se han realizado más de 14,000 pruebas y dos millones de cajas de cartón. Viene con una barrera innovadora, ecológica y biodegradable. Debido a esta capa protectora, los alimentos envasados están protegidos de sustancias tales como aceites minerales, ftalatos, BPA y otras sustancias que pueden aparecer a través del envase (Mayr-Melnhof Karton, 2015).⁷

⁷ GRIGORESCU (AMZĂR) Mihaela Student Scientific Session, 15-16 May 2015, Scientific coordinator: Șl. Nicoleta Pascu, PhD, FOOD SAFETY FOR CARTON PACKAGING



Tabla A1-1 Sistema de Envasado Activo ⁸

Sistema de envasado activo	Elementos activos	Aplicaciones alimentarias
Absorbedores de oxígeno	Catalizador de hierro metálico /ácido, metal (e.g., platinum), ascorbato/sales metálicas, enzimas y nylon	Pan, tartas, arroz hervido, galletas, pizza, pasta, queso, carnes y pescados tratados, café, snacks, frutos y alimentos secos y bebidas
Emisores de dióxido de carbono	Óxido de hierro / hidróxido de calcio, carbonato ferroso / haluro metálico, óxido de calcio / carbón activado y ascorbato / bicarbonato de sodio	Café, carnes y pescados frescos, nueces y otros snacks y bizcochos.
Absorbedores de etileno	Permanganato de potasio, carbón activo y arcillas / zeolitas activadas	Frutas y vegetales
Envasado Antimicrobiano (AM)	Ácidos orgánicos, zeolita de plata, extractos de especias y hierbas, antioxidantes BHA / BHT, vitamina E antioxidante, dióxido de cloro y dióxido de azufre	Cereales, carnes, pescado, pan, queso, snacks, frutas y vegetales
Emisores de etanos	Etanol encapsulado	Pizza, pasteles, pan, galletas, pescado y productos de bollería.
Absorbedores de humedad	Polietileno, arcillas y minerales activados y gel de sílice	Pescado, carnes, aves, snacks, cereales, alimetos secos, sandwiches, frutas y verduras.

⁸ Simran Kaur, 2 Divya Puri, Active and intelligent packaging: A boon to food packaging, International Journal of Food Science and Nutrition ISSN: 2455-4898, July 2017



Sistema de envasado activo	Elementos activos	Aplicaciones alimentarias
Adsorbedores de olores /sabores	Triacetato de celulosa, papel acetilado, ácido cítrico, sal ferrosa / ascorbato (vitamina C o ácido ascórbico) y carbón activo / arcillas / zeolitas	Zumos de frutas, snacks fritos, pescado, cereales, aves, lácteos y frutas
Auto calentamiento y auto enfriamiento	Cal viva / agua, nitrato de amonio / agua y cloruro de calcio / agua	Comidas preparadas y bebidas
Cambio de permeabilidad a gases	Polímeros cristalizables de cadena lateral	Frutas y vegetales
	BHA y BHT son antioxidantes. El oxígeno reacciona preferiblemente con BHA o BHT en vez de con grasas o aceites. Por tanto las protegen de su deterioro.	



a) Indicadores

- Indicadores Tiempo Temperatura - TTI
- Indicador de Oxígeno
- Indicador de Dióxido de Carbono
- Indicador de Color
- Indicador de crecimiento microbiano
- Indicador de rotura de envase
- Indicador de frescura (alteración microbiana o patógenos)
- Indicador de fugas
- Dispositivos para detección de gases

b) Dispositivos de trazabilidad

- Chip / etiquetas para identificación por radio frecuencia - RFID

c) Sensores

- Sensores inteligentes
- Bio-sensores
- Sensores de identificación de gases
- Sensores de Oxígeno basados en fluorescencia



Tabla A2.1 Algunos indicadores utilizados dentro y fuera del envase alimentario⁹

Indicador	Principio/ Reactivos	Información suministrada	Aplicaciones
Indicadores Tiempo Temperatura (Externos)	Enzimático Químico Mecánico	Condiciones de almacenaje	Alimentos refrigerados y congelados
Indicadores de Oxígeno (Internos)	Indicadores redox (reacción de reducción-oxidación), indicadores de color, indicadores de pH (indicadores de color con enzimas)	Fugas del envase debido a las condiciones de almacenamiento	Alimentos almacenados en paquetes con concentración reducida de oxígeno
Indicadores de dióxido de carbono (Internos)	Químico	Fugas del envase debido a las condiciones de almacenamiento	Envasado de alimentos en atmósfera modificada o controlada
Indicadores de crecimiento microbiano (Internos/ Externos)	Indicadores de color para pH. Todos los colorantes que reaccionan con ciertos metabolitos (volátiles o no volátiles)	Deterioro (calidad microbiana de los alimentos)	Alimentos perecederos como carne, pescado y aves de corral
Indicadores de patógenos (Internos)	Varios métodos químicos e inmunoquímicos que reaccionan con toxinas	Bacterias patógenas específicas como <i>Escherichia coli</i> 0157	Alimentos perecederos como carne, pescado y aves de corral
Productos intermedios y metabolismo			
IMMUNOQUÍMICA s. f. Rama de la bioquímica que se ocupa del estudio de la naturaleza química de la inmunidad para la preparación de vacunas purificadas y sueros– Según fr. immunoquímie .			

⁹ Simran Kaur, 2 Divya Puri, Active and intelligent packaging: A boon to food packaging, International Journal of Food Science and Nutrition ISSN: 2455-4898, July 2017

