



informe de vigilancia tecnológica

tecnologías de envasado en atmósfera protectora

Esther García Iglesias

Lara Gago Cabezas

José Luis Fernández Nuevo

www.madrimasd.org





informe de **vigilancia** tecnológica

tecnologías de envasado en atmósfera protectora

Esther García Iglesias

Lara Gago Cabezas

José Luis Fernández Nuevo

www.madrimasd.org

círculo
de innovación **cibt**
en biotecnología
madri+d

CEIM
CONFEDERACIÓN EMPRESARIAL
DE MADRID - CEOE


Comunidad de Madrid
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN
Dirección General de Universidades e Investigación

Colección dirigida por:
José de la Sota Ríos

Colección coordinada por:

Fundación para el conocimiento madri+d
CEIM

Esta versión digital de la obra impresa forma parte de la Biblioteca Virtual de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid y las condiciones de su distribución y difusión de encuentran amparadas por el marco legal de la misma.

www.madrid.org/edupubli
edupubli@madrid.org



ASOCIACIÓN EMPRESARIAL
DE ALIMENTOS DE LA
COMUNIDAD DE MADRID



El Círculo de Innovación en Biotecnología (CIBT) se enmarca dentro del IV Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica (IV PRICIT). El CIBT es una iniciativa de la Dirección General de Universidades e Investigación de la Comunidad de Madrid, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y la Universidad Complutense de Madrid (UCM) que delegan la gestión del mismo en Parque Científico de Madrid (PCM).

El presente informe de Vigilancia Tecnológica ha sido elaborado a petición de la Asociación Empresarial de Alimentos de la Comunidad de Madrid (ASEACAM).

Los autores agradecen los consejos y la corrección del manuscrito original a:

- Dra. M^a Isabel Cambero Rodríguez
y Dr. Lorenzo de la Hoz Perales
Dpto. Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos, UCM.

Así como la colaboración de:

- Dr. Jesús de la Fuente Vázquez
Dpto. Producción Animal, UCM.
- Dr. Jesús Alonso Sánchez
Dpto. Ciencia y Tecnología de Productos Vegetales, Instituto del Frío, CSIC.
- Dra. M^a Pilar Montero García
y Dra. Claudia Ruiz-Capillas Pérez
Dpto. Ciencia y Tecnología de la Carne y Productos Cárnicos y del Pescado y Productos de la Pesca, Instituto del Frío, CSIC.

Todos los derechos están reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de este informe con fines educacionales, divulgativos y no comerciales citando la fuente. La reproducción para otros fines está expresamente prohibida sin el permiso de los propietarios del copyright.

© De los textos: Los autores.

© De la colección «vt» y de la presente edición:

CEIM

Dirección General de Universidades e Investigación

Diseño: base12 diseño y comunicación s.l.

Impresión: Elecé Industria Gráfica

Depósito Legal: M-42.918-2006

5 INTRODUCCIÓN

- I.1 Atmósferas protectoras y calidad del producto (PÁG. 8)
- I.2 Ventajas e inconvenientes del envasado en atmósfera protectora (PÁG. 9)

11 CAPÍTULO 1

Tecnologías de envasado en atmósfera protectora

- 1.1 Tipos de envasado en atmósfera protectora (PÁG. 12)
- 1.2 Gases empleados en el envasado en atmósfera protectora (PÁG. 19)
- 1.3 Métodos para generar la atmósfera protectora (PÁG. 27)
- 1.4 Envases y materiales para su fabricación (PÁG. 29)
- 1.5 Equipos para el envasado en atmósfera protectora (PÁG. 35)

45 CAPÍTULO 2

Envasado de productos alimenticios en atmósfera protectora

- 2.1 Productos vegetales (PÁG. 46)
- 2.2 Productos cárnicos (PÁG. 52)
- 2.3 Productos de la pesca (PÁG. 57)
- 2.4 Productos de panadería y repostería (PÁG. 63)
- 2.5 Productos lácteos (PÁG. 68)
- 2.6 Otros productos (PÁG. 72)

77 CAPÍTULO 3

Tendencias en el envasado en atmósfera protectora

- 3.1 Gases de envasado (PÁG. 79)
- 3.2 Envasado activo (PÁG. 80)
- 3.3 Envasado inteligente (PÁG. 86)
- 3.4 Recubrimientos comestibles (PÁG. 87)

89 CAPÍTULO 4

Legislación

93 CAPÍTULO 5

Casos prácticos de I+D

107 CAPÍTULO 6

Resumen y conclusiones

111 CAPÍTULO 7

Anexos

- Anexo 1 Materiales de envasado (PÁG. 112)
- Anexo 2 Distribuidores de gases, materiales y equipos de envasado (PÁG. 113)
- Anexo 3 Catálogo de grupos de investigación (PÁG. 114)
- Anexo 4 Proyectos de investigación (PÁG. 125)
- Anexo 5 Patentes y solicitudes de patentes (PÁG. 130)

137 CAPÍTULO 8

Referencias, abreviaturas y fórmulas químicas

INTRODUCCIÓN

- I.1 Atmósferas protectoras y calidad del producto (PÁG. 8)
- I.2 Ventajas e inconvenientes del envasado en atmósfera protectora (PÁG. 9)

Los cambios en el estilo de vida en los países industrializados han impulsado la aparición de nuevas tendencias en el consumo de alimentos. En la actualidad existe un gran interés por los productos frescos y “naturales”, es decir, con un contenido menor de aditivos o libres de ellos y que conservan sus propiedades nutritivas y organolépticas tras el procesado.

Asimismo, se ha incrementado de forma considerable la demanda de productos de preparación sencilla y rápida como los platos precocinados, los productos de IV y V gama y otros alimentos “listos para consumir”. Parte de esta demanda procede de la hostelería, la restauración y las cadenas de comida rápida, sectores que requieren volúmenes cada vez mayores de estos productos.

En respuesta a los nuevos hábitos de consumo la industria agroalimentaria ha implementado paulatinamente tecnologías de producción y conservación que garantizan la calidad higiénica de los alimentos y prolongan su vida útil minimizando las alteraciones en los mismos. En este grupo se incluyen los sistemas de envasado bajo atmósferas protectoras.

Las tecnologías de **envasado en atmósfera protectora** (EAP) se aplican a multitud de productos de diversa naturaleza (vegetales, carnes, pescados, lácteos, etc.) Cuentan con una larga trayectoria en la conservación de determinados alimentos como los derivados cárnicos, el café y los *snacks* y resultan muy adecuados para los alimentos frescos y mínimamente procesados y los platos preparados (1).

Tienen como objetivo mantener la calidad sensorial de estos productos y prolongar su vida comercial, que llega a duplicarse e incluso triplicarse con respecto al envasado tradicional en aire. Implican la eliminación del aire contenido en el paquete seguida o no de la inyección de un gas o mezcla de gases seleccionado de acuerdo a las propiedades del alimento. Estos sistemas de envasado generan un ambiente gaseoso óptimo para la conservación del producto donde el envase ejerce de barrera y aísla, en mayor o menor grado, dicho ambiente de la atmósfera externa (figura 1).

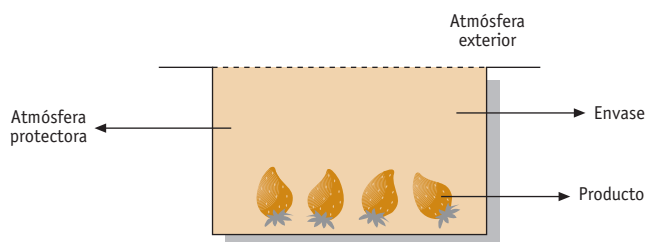


FIGURA 1 *Producto alimenticio envasado en atmósfera protectora.*

Dependiendo de las modificaciones realizadas en el entorno del producto envasado se distinguen tres tipos de atmósferas protectoras:

- **Vacío**, cuando se evacua por completo el aire del interior del recipiente.
- **Atmósfera controlada**, si se inyecta un gas/ mezcla de gases tras la eliminación del aire y se somete a un control constante durante el periodo de almacenamiento.
- **Atmósfera modificada**, cuando se extrae el aire del envase y se introduce, a continuación, una atmósfera creada artificialmente cuya composición no puede controlarse a lo largo del tiempo.

En los sistemas de envasado en atmósfera protectora existen tres componentes básicos: los gases, el material de envasado y los equipos de envasado (figura 2).

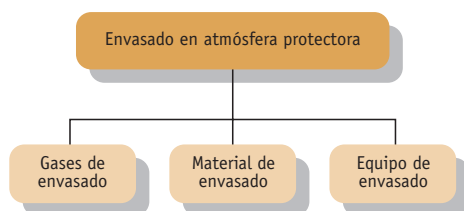


FIGURA 2 *Componentes básicos del sistema de envasado en atmósfera protectora.*

Entre los **gases** más utilizados están el oxígeno, el dióxido de carbono y el nitrógeno, que ejercen su acción protectora solos o combinados en una proporción distinta a la que presentan en la atmósfera terrestre.

Con respecto a los **materiales de envasado** suelen emplearse polímeros con propiedades barrera diferentes en función de las características del alimento envasado. Las estructuras multicapa formadas por polímeros distintos cuentan con una permeabilidad muy baja y preservan mejor la atmósfera interna del envase.

Por último, hay una amplia variedad de **equipos de envasado** en atmósfera protectora en el mercado que responde a las diversas necesidades derivadas del tipo de alimento a envasar, los formatos de envase deseados y los niveles de producción de cada fabricante (2).

I.1 Atmósferas protectoras y calidad del producto

Las tecnologías de envasado en atmósfera protectora permiten un cierto control sobre las reacciones químicas, enzimáticas y microbianas responsables del deterioro de los alimentos durante su almacenamiento y comercialización. Para mantener un nivel de calidad óptimo durante estas etapas deben considerarse ciertos factores intrínsecos y extrínsecos al producto (3) (4).

Factores que afectan a la calidad del producto

Factores intrínsecos

Las características físico-químicas del alimento como su actividad de agua, pH, potencial redox, etc.

La composición del producto (nutrientes disponibles para el crecimiento de microorganismos, presencia de componentes antimicrobianos naturales, existencia de enzimas activas).

Sus características organolépticas iniciales puesto que los sistemas de EAP no enmascaran los atributos negativos de los productos de calidades inferiores.

Las condiciones higiénico-sanitarias de la materia prima y del producto final antes de su envasado.

Factores extrínsecos

El diseño de la atmósfera protectora en función de las propiedades del producto con la incorporación del tipo de gases más adecuados a las concentraciones de mayor eficacia.

La relación entre el volumen del gas inyectado y el volumen del alimento que se desea envasar. Esta relación debe ser igual o superior a dos, excepto en los productos de la pesca donde se recomienda que este valor aumente hasta tres. En caso contrario, los efectos protectores de la atmósfera son poco apreciables.

La elección de un material de envasado capaz de salvaguardar las condiciones creadas dentro del paquete, prestando especial atención a su permeabilidad frente a los gases y la humedad.

Las condiciones higiénico-sanitarias de los equipos utilizados en la elaboración del alimento, las instalaciones y el material de envasado junto con una correcta manipulación del producto a envasar.

El empleo de otras técnicas complementarias de conservación que contribuyan a prolongar la vida útil del alimento envasado en atmósfera protectora como, por ejemplo, el uso de aditivos, el almacenamiento a temperaturas de refrigeración, etc.

I.2 Ventajas e inconvenientes del envasado en atmósfera protectora

Ventajas del envasado en atmósfera protectora

El envasado en atmósfera protectora presenta numerosas ventajas si se compara con los procesos de envasado convencionales en aire. Algunas de las más importantes son (4):

- El incremento del tiempo de vida de los alimentos porque este sistema retrasa y/ o evita el desarrollo microbiano y el deterioro químico y enzimático. Este aumento en la vida comercial es muy interesante para los productos frescos y mínimamente procesados que presentan una duración muy limitada sin un envasado en atmósfera protectora.
- La reducción de la intensidad de otros tratamientos complementarios de conservación para alcanzar un mismo tiempo de vida. Por ejemplo, es posible disminuir la cantidad de aditivos o aumentar la temperatura de almacenamiento sin acortar la duración del producto.
- La optimización de la gestión de almacenes. Al tratarse de envases cerrados herméticamente pueden almacenarse distintos alimentos en el mismo recinto sin riesgo de transmisión de olores entre ellos o con el ambiente. Además, pueden apilarse de forma higiénica sin problemas de goteo.
- La simplificación de la logística de distribución. Con una vida útil más larga puede reducirse la frecuencia de reparto (lo que supone un coste menor de transporte) y ampliarse la zona geográfica de distribución (3).
- Un número menor de devoluciones. Las pérdidas debidas a las devoluciones del producto disminuyen gracias a este tipo de envasado. También es menor la reposición de los lineales en los supermercados porque los productos tienen una caducidad más larga.
- La reducción de los costes de producción y almacenamiento, en general, debido a que pueden gestionarse con más facilidad las puntas de trabajo, los espacios y los equipos.
- Una mejora en la presentación del alimento porque el EAP contribuye a proporcionar una imagen de fresca y de producto natural. Además, suelen emplearse materiales de envasado brillantes y transparentes que permiten una visualización óptima del alimento.

- El valor añadido que supone aplicar una atmósfera protectora para el envasado de los alimentos, que puede ser un elemento diferenciador frente a los productos de la competencia.

Inconvenientes del envasado en atmósfera protectora

Frente al envasado convencional en aire el EAP cuenta con distintos inconvenientes como son (4):

- La necesidad de diseñar una atmósfera adecuada a las características del alimento, seleccionando el gas o gases más apropiados a la concentración de mayor eficacia. Para ello deben conocerse la composición química del producto, las principales reacciones implicadas en su deterioro durante el almacenamiento, la microflora presente, su pH, su actividad de agua, etc.
- La elevada inversión inicial en la maquinaria de envasado y en los sistemas de control para detectar perforaciones en los envases, la cantidad de oxígeno residual y las variaciones en la composición gaseosa de la atmósfera creada.
- El coste de los materiales de envasado y de los gases utilizados (excepto en el envasado al vacío).
- El incremento en el volumen de los paquetes (excepto en el envasado al vacío) que supone un aumento en el espacio requerido para su almacenamiento, transporte y exposición.
- La necesidad de personal cualificado, en algunos casos, para el manejo de la maquinaria de envasado, las plantas de obtención de gases *in situ*, los equipos para su mezcla y los sistemas de control correspondientes.
- La apertura del envase y los daños en la integridad del material que lo compone implican la pérdida de su hermeticidad y, por tanto, de todas las ventajas que aporta el envasado en atmósfera protectora.
- El riesgo de desarrollo de microorganismos en el alimento si se producen abusos en la temperatura de conservación, por ejemplo, por parte de los distribuidores y del propio consumidor.
- Otros inconvenientes derivados de la propia tecnología de EAP como los problemas de colapso del envase, la formación de exudado sobre el alimento en atmósferas ricas en dióxido de carbono, la aparición de patologías vegetales derivadas del almacenamiento en atmósfera controlada, etc.

CAPÍTULO 1

Tecnologías de envasado en atmósfera protectora

- 1.1 Tipos de envasado en atmósfera protectora (PÁG. 12)
- 1.2 Gases empleados en el envasado en atmósfera protectora (PÁG. 19)
- 1.3 Métodos para generar la atmósfera protectora (PÁG. 27)
- 1.4 Envases y materiales para su fabricación (PÁG. 29)
- 1.5 Equipos para el envasado en atmósfera protectora (PÁG. 35)

1.1 Tipos de envasado en atmósfera protectora

En las tecnologías de envasado en atmósfera protectora se diferencian tres tipos principales de envasado según las modificaciones que experimenta el ambiente gaseoso que rodea al producto (tabla 1):

Tipos de envasado en atmósfera protectora

<i>Tecnología de envasado</i>	<i>Descripción</i>	<i>Gases</i>	<i>Envases</i>
Vacío	Evacuación del aire		Propiedades barrera elevadas
Atmósfera controlada	Evacuación del aire Inyección de gas/gases Control constante tras el cierre del recinto	N ₂ , O ₂ , CO ₂ Otros gases (solos o combinados)	Recintos con condiciones controladas
Atmósfera modificada	Evacuación del aire Inyección de gas/gases Sin control tras el cierre del envase	N ₂ , O ₂ , CO ₂ Otros gases (solos o combinados)	Propiedades barrera variables según las necesidades del producto

TABLA 1 *Descripción de las principales tecnologías de envasado en atmósfera protectora para productos alimenticios.*

1.1.1 Envasado al vacío

El primer método de envasado en atmósfera protectora que se utilizó comercialmente fue el envasado al vacío (EV). Se trata de un sistema muy sencillo, que únicamente conlleva la evacuación del aire contenido en el paquete. Si el proceso se realiza de forma adecuada la cantidad de oxígeno residual es inferior al 1%.

En este caso, el material de envasado se pliega en torno al alimento como resultado del descenso de la presión interna frente a la atmosférica. Dicho material debe presentar una permeabilidad muy baja a los gases, incluido el vapor de agua.

Inicialmente, el vacío se limitaba al envasado de carnes rojas, carnes curadas, quesos duros y café molido. En cambio, en la actualidad se aplica a una extensa variedad de productos alimenticios (4).

Ventajas del envasado al vacío

Con respecto a otros sistemas de envasado en atmósfera protectora el EV presenta las siguientes ventajas:

- Dentro de los distintos métodos de envasado en atmósfera protectora es el más sencillo y económico puesto que no hay consumo de gases en él.
- La baja concentración de oxígeno que permanece en el envase tras evacuar el aire inhibe el crecimiento de microorganismos aerobios y las reacciones de oxidación.
- Favorece la retención de los compuestos volátiles responsables del aroma. Este aspecto es muy apreciado por el consumidor en determinados productos como el café.
- Impide las quemaduras por frío, la formación de cristales de hielo y la deshidratación de la superficie del alimento gracias a la barrera de humedad de pequeño espesor existente entre el material de envasado y el producto.

Inconvenientes del envasado al vacío

Sus principales inconvenientes en comparación con otros procesos de envasado en atmósfera protectora son (4):

- Es un método poco recomendable para productos de textura blanda o frágil, con formas irregulares y para aquellos en los que su presentación es de gran importancia (como los platos preparados) porque pueden deformarse de manera irreversible con el vacío.
- Deben extremarse las precauciones en alimentos con superficies cortantes o salientes para evitar la rotura del material de envasado al evacuar el aire.
- Tampoco es adecuado para alimentos que precisan cierta cantidad de oxígeno. Por ejemplo, las carnes rojas sufren variaciones de color en ausencia de este gas que resultan poco atractivas para el consumidor.
- En ocasiones, la formación excesiva de arrugas en el material de envasado dificulta la visualización del producto y su presentación final resulta menos agradable.
- En algunos casos, se ha observado la acumulación de exudado en productos envasados al vacío durante periodos de tiempo prolongados.

1.1.2 Envasado al vacío “segunda piel”

A partir del envasado al vacío se ha desarrollado la tecnología denominada envasado al vacío “segunda piel” o VSP (*vacuum skin packaging* en inglés). En ella el material de envasado -la bolsa o la lámina superior que cubre la bandeja- se calienta antes de situarse sobre el alimento, una vez evacuado el aire del interior del paquete. Las temperaturas que soporta el material en esta etapa pueden superar los 200 °C. Por efecto del calor la bolsa o la lámina se retrae adaptándose al contorno del producto. Gracias a este contacto tan estrecho se previene la formación de burbujas de aire y arrugas y se realiza la presentación final del alimento (5).

Ventajas del envasado al vacío “segunda piel”

El VSP es un sistema derivado del envasado al vacío convencional. Por tanto, muchas de las ventajas descritas para él son aplicables al vacío “segunda piel” (inhibición de aerobios, de reacciones de oxidación, de pérdida de humedad, retención de volátiles, etc.)

Además, el empleo del VSP ofrece otros beneficios que no comparte con el sistema de envasado al vacío convencional como son:

- Proporciona una apariencia mucho más atractiva al producto. El material de envasado se ajusta al contorno del alimento, incluso cuando éste es irregular, sin formar arrugas ni burbujas de aire y sin alterar la decoración en los platos preparados. Asimismo, se utilizan láminas transparentes y con brillo que contribuyen a mejorar su presentación.
- Evita los problemas de exudado que afectan a ciertos productos envasados mediante el sistema de vacío convencional.
- Reduce el riesgo de roturas en los envases porque no se forman pliegues ni arrugas en el mismo (5).
- En algunos productos se ha comprobado que prolonga su vida útil. Por ejemplo, en filetes de pescado fresco conservados en refrigeración se ha visto que el VSP incrementa el tiempo de vida 1.7 veces con respecto al vacío convencional y 2.4 veces comparado con el envasado en aire (6).

Inconvenientes del envasado al vacío “segunda piel”

Al tratarse de un proceso basado en el vacío, el VSP no es apto para productos de textura frágil o que requieran la presencia de oxígeno para mantener sus características

(como el color en las carnes rojas). Tampoco se aconseja su uso en alimentos con filos cortantes que pueden rasgar el material de envasado.

Aparte de lo mencionado anteriormente, el principal inconveniente del VSP frente al envasado al vacío convencional es su mayor coste. Esta tecnología se destina a alimentos con un cierto valor añadido, sobre todo, carnes y pescados en porciones para la venta al detalle.

1.1.3 Envasado en atmósfera controlada

El envasado en atmósfera controlada (CAP en sus siglas inglesas, *controlled atmosphere packaging*) supone la sustitución del aire por un gas o una mezcla de gases específicos cuya proporción se fija de acuerdo a las necesidades del producto.

Es deseable que la composición de la atmósfera creada se mantenga constante a lo largo del tiempo. Sin embargo, las reacciones metabólicas de determinados productos consumen algunos gases (oxígeno) y generan otros (dióxido de carbono, etileno) que alteran esta composición inicial. Estas variaciones se detectan mediante dispositivos de control y se compensan con distintos mecanismos de producción/eliminación de gases. En los envases de pequeñas dimensiones, destinados a la venta al detalle, no es posible implementar estos sistemas.

En realidad, las atmósferas controladas se utilizan en cámaras y contenedores de gran volumen por lo que la denominación más acertada para esta tecnología es **“almacenamiento en atmósfera controlada”** o AAC (*controlled atmosphere storage* o CAS en inglés). De hecho, el AAC surgió a partir de las técnicas de almacenamiento de frutas y hortalizas en cámaras frigoríficas bajo condiciones controladas. Dentro de ellas se llevaba a cabo un seguimiento estricto de determinados parámetros (temperatura, humedad, concentración de gases derivados del metabolismo respiratorio) con el fin de retrasar la maduración de estos productos (4). En la actualidad, las atmósferas controladas permiten la conservación de grandes cantidades de vegetales durante su almacenamiento y transporte.

Ventajas del almacenamiento en atmósfera controlada

Comparado con otras tecnologías de conservación en atmósfera protectora, en el AAC destacan los siguientes aspectos:

- Es el sistema de almacenamiento y transporte más adecuado para los vegetales frescos después de su recolección porque soporta su actividad metabólica. Además,

reduce las alteraciones ocasionadas por el frío en este tipo de alimentos ya que permite aumentar la temperatura en el interior de las cámaras.

- La atmósfera creada artificialmente inhibe la proliferación de microorganismos e insectos. En muchos casos, la fumigación de los productos puede sustituirse por tratamientos con determinados gases protectores.
- También actúa sobre las reacciones de pardeamiento y la producción de etileno retrasando la senescencia de los vegetales y preservando su calidad sensorial.

Inconvenientes del almacenamiento en atmósfera controlada

Como principales inconvenientes del almacenamiento en atmósfera controlada deben señalarse:

- Es una tecnología costosa puesto que requiere equipos para la generación/eliminación de gases en la cámara y otros dispositivos para el control de la atmósfera interna.
- No es aplicable a envases de pequeño tamaño destinados a la venta al detalle; sólo se emplea en contenedores de grandes dimensiones.
- La composición de la atmósfera en el interior del recinto debe mantenerse controlada de forma constante para evitar el deterioro de los productos.
- Se ha detectado la aparición de nuevas patologías y desórdenes en los productos vegetales debidos al almacenamiento en condiciones controladas (7).

1.1.4 Envasado en atmósfera modificada

Dentro de los tres tipos de envasado en atmósfera protectora, esta tecnología es la de aparición más reciente. El envasado en atmósfera modificada (EAM o MAP en sus siglas inglesas, *modified atmosphere packaging*) consiste en la evacuación del aire contenido en el envase y la inyección del gas o de la combinación de gases más adecuado a los requerimientos del producto.

Si se envasan en atmósfera modificada alimentos con una actividad metabólica importante, como frutas y hortalizas frescas, es imprescindible emplear materiales de permeabilidad selectiva. En caso contrario, su vida útil se reduce considerablemente (8). La estructura de estas láminas poliméricas permite el intercambio de gases entre el espacio de cabeza del envase y la atmósfera exterior.

Gracias a ello, se alcanza un estado de equilibrio entre los gases consumidos y producidos por el alimento y los que entran y salen a través de la película de envasado (figura 3). De esta manera, se logra mantener una composición gaseosa dentro del paquete muy similar a la de partida.

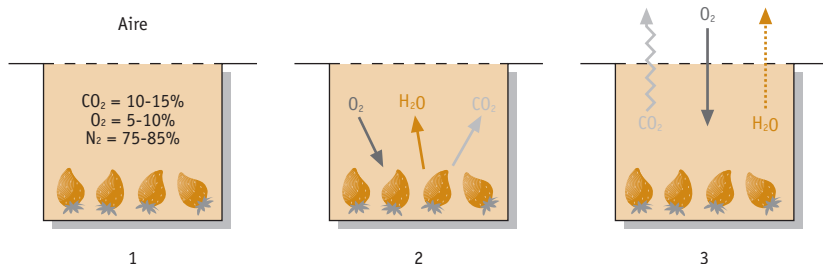


FIGURA 3 Variaciones del ambiente gaseoso en envases con productos metabólicamente activos bajo una atmósfera modificada. 1) Composición inicial de la atmósfera protectora; 2) consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono y vapor de agua debido a los procesos metabólicos del producto; y 3) difusión de gases a través del material de envasado de permeabilidad selectiva.

En el resto de productos los cambios en la atmósfera creada se deben a reacciones enzimáticas de poca intensidad y al paso de los gases a través del material de envasado. Para ellos se seleccionan láminas de alta barrera en las que la difusión de los gases es mínima.

Ventajas del envasado en atmósfera modificada

Frente a otras tecnologías de envasado en atmósfera protectora el EAM ofrece las siguientes ventajas:

- Es un sistema aplicable a una amplia variedad de productos (vegetales, cárnicos, lácteos, etc.) independientemente del tratamiento de elaboración y conservación al que se someten (frescos, refrigerados, congelados) y de sus características (el EAM es válido para alimentos de textura blanda).
- Mantiene la calidad organoléptica del producto porque inhibe las reacciones de pardeamiento, de oxidación, preserva el color rojo en la carne fresca, etc.
- Soporta el metabolismo activo de los productos frescos y mínimamente procesados.

Inconvenientes del envasado en atmósfera modificada

Entre los principales inconvenientes de este sistema de envasado se encuentran:

- Es imprescindible realizar un buen diseño de la atmósfera interna para garantizar la conservación del producto durante el tiempo necesario.
- Una vez cerrado el envase no puede controlarse la composición gaseosa del espacio de cabeza y, por tanto, no hay posibilidad de compensar las variaciones que ocurren en ella causadas por el metabolismo del propio alimento, la salida de los gases a través del material de envasado, etc.
- Los costes se incrementan por el consumo de gases de envasado y la inversión inicial en los sistemas de control de fugas.
- Se requiere más espacio para el almacenamiento, transporte y exposición en el punto de venta de los paquetes con atmósfera modificada porque tienen un volumen mayor.
- Pueden aparecer problemas de colapso del envase y formación de exudado en atmósferas con una proporción elevada de dióxido de carbono.

Los términos “envasado en atmósfera controlada” y “envasado en atmósfera modificada” se utilizan con frecuencia como sinónimos. Sin embargo, esto es incorrecto porque son dos sistemas de conservación diferentes. En el EAM el paquete se cierra herméticamente tras la introducción de los gases y, a partir de ese momento, el productor no puede variar la composición de la atmósfera interna a voluntad como sucede en el AAC.

1.2 Gases empleados en el envasado en atmósfera protectora

La capacidad protectora de las tecnologías de envasado descritas en el epígrafe anterior se basa bien en la ausencia de gases en el interior del paquete bien en la composición de la atmósfera creada artificialmente.

En el envasado al vacío el incremento de la vida útil de un alimento se logra gracias a la baja concentración de oxígeno existente en el envase. En los sistemas de atmósfera controlada y modificada se debe al diseño de un ambiente gaseoso “a medida” según las características microbiológicas (microflora natural, contaminación procedente del medio), metabólicas (intensidad respiratoria en los vegetales) y organolépticas (mantenimiento del color rojo en la carne fresca) del alimento.

La atmósfera protectora puede contener un único gas o una mezcla de varios de ellos. Se trata de los mismos gases presentes en el aire (tabla 2) aunque se combinan en una proporción distinta para su uso en el envasado.

Composición del aire

*Gases mayoritarios
(volumen aproximado)*

Otros gases (volumen total <0,012%)

Nitrógeno (78,03%)	Dióxido de nitrógeno	Helio
Oxígeno (20,99%)	Monóxido de carbono	Hidrógeno
Argón (0,94%)	Óxido nitroso	Dióxido de azufre
Dióxido de carbono (0,03%)	Ozono	Vapor de agua

TABLA 2 *Composición del aire.*

Los gases más utilizados comercialmente son dióxido de carbono, oxígeno y nitrógeno. En la tabla 3 se resumen sus principales propiedades físicas, ventajas e inconvenientes. Aparte de éstos, se investigan otros gases para la conservación de alimentos como monóxido de carbono, algunos gases nobles, cloro, óxido nitroso, ozono, etc. (4)

Estos gases pueden adquirirse puros, para combinarlos en el equipo de envasado, o como mezclas prediseñadas. De acuerdo a los requerimientos del productor se comercializan en distintos formatos: gases comprimidos en cilindros, gases licuados (dióxido de carbono y nitrógeno) que se almacenan en depósitos de distinta capacidad y también plantas para su producción *in situ* (oxígeno y nitrógeno) a

partir del aire. La elección de uno u otro sistema de suministro varía en función del tipo de alimento, el volumen de gas consumido para el envasado, la maquinaria utilizada, el uso del gas en otros puntos de la línea de producción (congelación), la logística de la empresa, etc. (9)

Principales gases utilizados en el envasado en atmósfera protectora

<i>Gases</i>	<i>Propiedades físicas</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Inconvenientes</i>
Oxígeno	Incoloro Inodoro Insípido Comburente	Soporta el metabolismo de los vegetales frescos Mantiene el color de la carne fresca Inhibe anaerobios	Favorece la oxidación de las grasas Favorece el crecimiento de aerobios
Dióxido de carbono	Incoloro Inodoro Ligero sabor ácido Soluble en agua y grasa	Bacteriostático Fungistático Insecticida Mayor acción a baja temperatura	Produce el colapso del envase Produce exudado Difunde rápidamente a través del envase
Nitrógeno	Incoloro Inodoro Insípido Insoluble	Inerte Desplaza al oxígeno Inhibe aerobios Evita la oxidación de las grasas Evita el colapso del envase	Favorece el crecimiento de anaerobios (100% nitrógeno)

TABLA 3 *Propiedades físicas, ventajas e inconvenientes de los principales gases utilizados en el envasado en atmósfera protectora (2).*

1.2.1 Oxígeno

El oxígeno (O_2) es un gas incoloro, inodoro e insípido que se obtiene por destilación fraccionada del aire. Se trata de un gas altamente reactivo y comburente, es decir, que favorece las reacciones de combustión.

Es uno de los principales agentes alterantes de los alimentos. En la mayoría de los productos envasados en atmósfera protectora el objetivo prioritario es eliminarlo o reducir su concentración hasta el menor valor posible. De este modo, se inhiben las reacciones de oxidación que originan sabores y olores desagradables y el crecimiento de microorganismos patógenos y alterantes que lo necesitan para su actividad metabólica (tabla 4).

La protección del alimento frente al O_2 se lleva a cabo con su retirada del espacio de cabeza, su sustitución por otros gases y la incorporación en el envase de

estructuras metalizadas (aluminio, óxidos de aluminio, óxidos de sílice) o materiales poliméricos de excelentes propiedades barrera (etilenvinilalcohol, poliamidas, policloruro de vinilideno).

Existen algunas excepciones en las que no interesa evacuar todo el oxígeno del paquete. Por ejemplo, el O₂ resulta imprescindible para la conservación óptima de alimentos metabólicamente activos como los vegetales frescos. También previene ciertas modificaciones organolépticas indeseables en algunos productos. Éste es el caso de la carne fresca que mantiene su color rojo brillante cuando hay suficiente oxígeno en el envase. Asimismo, su presencia evita el desarrollo de microorganismos anaerobios como las bacterias causantes de la putrefacción en el pescado (4).

Necesidades de oxígeno de algunos microorganismos

Microorganismo	Necesidad de O ₂ para su crecimiento	Patógenos alimentarios	Alterantes de los alimentos
Aerobio	Es imprescindible	<i>Bacillus cereus</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	<i>Pseudomonas</i> sp. <i>Acinetobacter</i> / <i>Moraxella</i> <i>Micrococcus</i> Mohos
Microaerófilo	Se requiere bajos niveles	<i>Campilobacter jejuni</i> <i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Lactobacillus</i>
Facultativo	Hay crecimiento en ausencia y en presencia de O ₂	<i>Salmonella</i> <i>Sthaphylococcus</i>	<i>Brocothrix thermosphacta</i> <i>Shewanella putrifaciens</i> <i>Bacillus</i> sp. <i>Enterobacteriaceae</i> Levaduras
Anaerobio	Se inhibe en su presencia	<i>Clostridium perfringens</i> <i>Clostridium botulinum</i>	

TABLA 4 Necesidades de oxígeno de algunos microorganismos patógenos y alterantes de los alimentos (10).

1.2.2 Dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro e inodoro con un ligero sabor ácido. Se obtiene a partir de fuentes naturales y como subproducto de procesos fermentativos (fabricación de cerveza o vino) o de la producción de amoniaco.

Entre los principales gases aplicados en el envasado en atmósfera protectora, el CO₂ es el único con propiedades bacteriostáticas, fungistáticas e insecticidas. Su mecanismo de acción no se ha descrito por completo aunque se sabe que prolonga la fase de

latencia microbiana. Para lograr estos efectos su concentración debe estar comprendida entre 20-60%. Es muy eficaz frente a bacterias aerobias Gram-negativas (*Salmonella*, *Escherichia coli*) y mohos. En menor medida también afecta a bacterias Gram-positivas (*Staphylococcus aureus*) y levaduras. En cambio, favorece el desarrollo de otros microorganismos como las bacterias ácido lácticas.

Debido a su acción antimicrobiana las atmósferas que contienen dióxido de carbono se denominan **atmósferas activas** (100% de CO_2 o combinación de CO_2 - O_2 con una proporción elevada del primero) o **semiactivas** (mezclas de CO_2 - N_2 o CO_2 - N_2 - O_2).

El dióxido de carbono es un compuesto soluble en agua y en grasa. Esta propiedad se incrementa a baja temperatura por lo que su eficacia es mayor en productos refrigerados. Cuando se produce una disolución excesiva del mismo en el alimento pueden desencadenarse dos fenómenos negativos: el **colapso del envase** y la formación de exudado. El primero consiste en la retracción del material de envasado debido al descenso de la presión que ejerce el CO_2 en el interior del paquete.

El **exudado** se origina por la pérdida de la capacidad de retención de agua de las proteínas. El CO_2 en disolución da lugar a ácido carbónico que se descompone rápidamente reduciendo el pH del medio. Esto conlleva la desnaturalización de las proteínas y la pérdida de su capacidad para retener el agua en los tejidos (11). Estos problemas de exudado son habituales en carnes y pescados y su intensidad depende de los mecanismos tampón presentes en cada tejido.

Otro inconveniente del empleo de dióxido de carbono es que difunde a través del material de envasado entre 2 y 6 veces más rápido que otros gases de envasado en atmósfera protectora. En general, la relación de permeabilidades corresponde a $\text{CO}_2 > \text{O}_2 > \text{N}_2$.

1.2.3 Nitrógeno

El nitrógeno (N_2) es un gas incoloro, inodoro e insípido que se obtiene por destilación fraccionada del aire al igual que el oxígeno. En algunas ocasiones, puede resultar más económica su producción en las propias instalaciones del cliente con una planta de membrana permeable o de PSA (absorción mediante cambio de presión).

Es un compuesto inerte, es decir, que no reacciona químicamente con otras sustancias y presenta además una solubilidad muy baja. Aprovechando su naturaleza poco reactiva este gas se utiliza como sustituto del oxígeno. Desplaza al O_2 en el espacio de cabeza del envase con el fin de evitar el desarrollo de microorganismos aerobios y los problemas de oxidación. También actúa como gas

de relleno ya que previene el colapso del envase cuando tiene lugar una disolución excesiva de dióxido de carbono en los tejidos del alimento.

En oposición a las atmósferas activas y semiactivas con CO₂, las que contienen exclusivamente nitrógeno se denominan **atmósferas inertes** porque no inhiben de forma directa la proliferación microbiana (11). El principal inconveniente de estos ambientes gaseosos es el riesgo de crecimiento de microorganismos anaerobios.

1.2.4 Otros gases

Además del oxígeno, el dióxido de carbono y el nitrógeno, se investigan otros gases de características muy interesantes para la conservación de alimentos en atmósferas protectoras (tabla 5). De momento, su empleo a escala comercial es muy limitado. En algunos casos, su mayor coste frente a los gases convencionales restringe su aplicación a productos de alto valor añadido; en otros, la legislación no autoriza su uso por el peligro potencial que supone su manipulación.

Gases investigados para su aplicación en atmósferas protectoras

Gas	Aplicación
Monóxido de carbono	Estabiliza el color rojo de la carne fresca Inhibe el pardeamiento en los vegetales frescos Inhibe las reacciones de oxidación (de forma indirecta) Inhibe el crecimiento de microorganismos aerobios (de forma indirecta)
Argón	Sustituye al N ₂ en las atmósferas controladas y modificadas
Helio	Sustituye al N ₂ en las atmósferas controladas y modificadas Gas trazador para el control de microfugas
Hidrógeno	Gas trazador para el control de microfugas
Óxido nitroso	Inhibe el crecimiento de ciertos microorganismos Inhibe la producción de etileno
Dióxido de azufre	Inhibe el desarrollo de microorganismos (mohos) Inhibe el pardeamiento en productos vegetales y animales (crustáceos)
Cloro	Inhibe el desarrollo de microorganismos (mohos)
Ozono	Inhibe el desarrollo de microorganismos Desinfecta las cámaras de almacenamiento Elimina el etileno

TABLA 5 Gases investigados para su aplicación en el envasado en atmósfera protectora.

Monóxido de carbono

Uno de los gases estudiados más importante es el monóxido de carbono (CO). El interés en el mismo se debe a su capacidad para evitar el pardeamiento de los vegetales cortados, incluso a concentraciones muy pequeñas, y estabilizar el color rojo brillante de la carne fresca. Dentro de esta última aplicación se investiga la efectividad del pretratamiento de las piezas de carne con CO seguido de su envasado al vacío. También se experimenta el envasado de la carne en atmósfera protectora con una proporción baja (0,1-2%) o elevada (5-100%) de este gas para obtener la coloración deseada.

Con la introducción de monóxido de carbono en el interior de los paquetes puede prescindirse del oxígeno e incrementar la cantidad de CO₂ (60-100%). Con ello se minimizan los problemas de oxidaciones y de crecimiento de microorganismos.

En este momento, su empleo no está autorizado en la Unión Europea porque su manipulación implica un gran riesgo para los operarios de las máquinas de envasado. Se trata de un compuesto incoloro, inodoro e insípido, altamente tóxico, que puede originar mezclas explosivas con el aire. En cambio, en Noruega se permite su utilización temporalmente en carnes envasadas en atmósfera protectora a concentraciones de hasta 0,5%. Varias asociaciones de la industria cárnica de este país solicitaron a la Comisión Europea la aprobación del monóxido de carbono para estos productos en el año 2000 (12).

Por último, se alerta sobre un posible uso fraudulento de este gas capaz de enmascarar productos en mal estado o de calidad inferior al no apreciarse en ellos la decoloración indicativa de su deterioro.

Gases nobles

Los gases nobles se caracterizan por su reactividad nula, no son inflamables ni explosivos. Su manipulación resulta sencilla y la legislación española autoriza el uso de algunos de ellos (argón y helio) como aditivos. Se utilizan como sustitutos del nitrógeno en el envasado en atmósfera protectora de productos cárnicos, frutas y hortalizas mínimamente procesadas, bebidas, pasta fresca, frutos secos y *snacks* (por ejemplo, patatas fritas).

El empleo de gases nobles en el envasado de alimentos incrementa los costes productivos en comparación con el nitrógeno por lo que es necesario analizar los beneficios que aportan para la conservación de cada producto en particular.

El **argón** (Ar) es el gas noble más abundante. Se utiliza en lugar del N₂ para generar una atmósfera inerte en el envasado del vino. Gracias a que su densidad es superior a

la del aire, el Ar lo desplaza del espacio de cabeza de las botellas en menor tiempo que el nitrógeno. También sustituye al N_2 en las cámaras de atmósfera controlada para frutas y hortalizas. La presencia de Ar en ellas favorece la difusión del oxígeno, el dióxido de carbono y el etileno desde los tejidos vegetales hacia el ambiente, retrasando la senescencia del producto (13).

El **helio** (He) es un gas extremadamente ligero y el de menor tamaño molecular entre los gases nobles. Sus reducidas dimensiones le permiten salir del interior de los paquetes por orificios muy pequeños. El He sirve de gas trazador en la detección de microfugas en los envases de atmósfera modificada (14).

Hidrógeno

El hidrógeno (H_2) es un gas altamente inflamable que reacciona con facilidad en presencia de otros compuestos químicos. Esta reactividad tan elevada puede dificultar su manipulación en las plantas de envasado. Tiene un tamaño molecular muy pequeño y, al igual que el helio, se utiliza como gas trazador en el control de microfugas de los envases (15).

Óxido nitroso

De acuerdo con las investigaciones realizadas el óxido nitroso (N_2O) tiene capacidad para inhibir la proliferación de ciertos microorganismos en el envasado en atmósfera protectora (16). También se ha comprobado que esta sustancia retrasa la senescencia de diversos vegetales porque afecta a la producción de etileno (17).

Dióxido de azufre

El dióxido de azufre (SO_2) se aplica en las cámaras de almacenamiento de algunos vegetales, como las uvas y ciertos cítricos, para evitar las reacciones de pardeamiento y el desarrollo de mohos. Anteriormente, el control de las pudriciones por mohos se realizaba con sustancias prohibidas en la actualidad en numerosos países (dibromuro de etileno y bromuro de metilo).

Como alternativa a la fumigación con SO_2 se estudia el diseño de generadores de dióxido de azufre para el envasado de frutas y hortalizas frescas. Mediante este sistema se pretende minimizar las cantidades residuales de este compuesto en los productos sin comprometer la efectividad del tratamiento (18).

También se investiga el empleo de atmósferas modificadas con combinaciones de dióxido de azufre y un gas inerte (nitrógeno, gases nobles) para inhibir el pardeamiento o melanosis en los crustáceos (19).

Cloro

El cloro (Cl_2) es un agente desinfectante muy utilizado en la industria agroalimentaria para el tratamiento del agua. Además, puede emplearse como sustituto del dióxido de azufre en el almacenamiento en atmósfera controlada de uvas de mesa para prevenir la aparición de mohos (*Botrytis cinerea*) (20).

Ozono

El ozono (O_3) es un gas corrosivo, con un gran poder oxidante y muy inestable que debe generarse *in situ* para su utilización. Es un compuesto biocida de alto espectro capaz de destruir bacterias, virus, mohos e insectos. Cuando se descompone da lugar a oxígeno por lo que no deja residuos en los productos tratados. Sin embargo, una sobreexposición al O_3 puede producir problemas de oxidación en algunos alimentos.

Se administra disuelto en agua (agua ozonizada) que se destina a la desinfección de distintos productos alimenticios, superficies y recintos. En forma gaseosa sirve para higienizar las salas de almacenamiento de canales de carne, productos cárnicos y vegetales (21). Asimismo, se introduce en la atmósfera interna de las cámaras con el fin de evitar el desarrollo de enfermedades en frutas y hortalizas y eliminar el etileno con el que reacciona rápidamente (22).

1.3 Métodos para generar la atmósfera protectora

1.3.1 Sustitución mecánica del aire

La sustitución mecánica del aire se realiza mediante los métodos de barrido con gas y de vacío compensado. En ambos casos se trata de inyectar el gas o mezcla de gases deseados para reemplazar el aire del interior del envase.

El **barrido o purga con gas** consiste en desplazar el aire alojado en el espacio de cabeza del paquete mediante una corriente continua del gas o gases de interés. El envase se cierra herméticamente cuando se ha sustituido la mayor parte del aire. Esta técnica permite trabajar a gran velocidad ya que opera en continuo. Los equipos que utilizan el método de barrido con gas son las máquinas de formado-llenado-sellado verticales y horizontales.

Es el sistema habitual para el envasado de alimentos de textura blanda o frágil que no soportan el vacío (productos de panadería, *snacks*, ciertas frutas). En cambio, no se recomienda para productos altamente sensibles al oxígeno porque en los paquetes permanece una cantidad residual de O_2 en torno al 2-5%.

En el **vacío compensado** se lleva a cabo el vacío en el interior del envase a través de una bomba y, a continuación, se inyecta el gas o gases que componen la atmósfera protectora. Comparado con el anterior, es un proceso más lento porque se realiza en dos fases. El vacío compensado se aplica en varios equipos como, por ejemplo, envasadoras de campana, líneas termoformadoras y cerradoras.

Su principal ventaja es la reducción del remanente de oxígeno dentro del paquete gracias al vacío inicial. Los niveles obtenidos (aproximadamente un 1% de oxígeno) son inferiores a los del barrido con gas. Por tanto, este método es adecuado para productos de gran volumen o muy porosos que retienen oxígeno en su estructura (4) (11).

1.3.2 Modificación pasiva y activa de la atmósfera

La composición gaseosa de la atmósfera protectora experimenta variaciones desde el sellado del paquete hasta su apertura. Estos cambios se deben al paso de los gases a través del material de envasado y a distintas reacciones químicas y enzimáticas del alimento. En algunos productos con una actividad metabólica intensa, como los vegetales frescos, se aprovechan estos fenómenos para modificar el espacio de cabeza

del paquete. Esta **modificación pasiva** de la atmósfera permite alcanzar una concentración de gases adecuada para la conservación del alimento.

Otra posibilidad es realizar una **modificación activa** de la atmósfera interna del envase mediante la incorporación de sustancias capaces de eliminar o emitir ciertos gases: absorbedores de oxígeno, absorbedores de humedad, generadores/absorbedores de dióxido de carbono, absorbedores de etileno, generadores de etanol, etc. (11)

1.4 Envases y materiales para su fabricación

1.4.1 Tipos de envases

Los envases más extendidos en el envasado en atmósfera protectora se fabrican con materiales poliméricos y se dividen en dos categorías:

- **Envases flexibles.** A este grupo pertenecen los envases o bolsas tipo “almohada”, que tienen una soldadura longitudinal y dos transversales en los extremos, y los tipo “saco o sobre”, con los cuatro lados sellados.
- **Envases rígidos.** En esta segunda categoría los envases constan de dos componentes. El inferior puede tener distintas formas (copa, cuenco,...) aunque generalmente se trata de una bandeja o barqueta sobre la que se deposita el alimento. El otro componente es una película flexible que sirve para cubrirlo (11).

Además de los polímeros se utilizan otros materiales en aplicaciones concretas como el vidrio para algunas bebidas y los metales para productos deshidratados (por ejemplo, para leche en polvo).

La figura 4 muestra una representación de alguno de los envases más habituales en las tecnologías de envasado en atmósfera protectora.

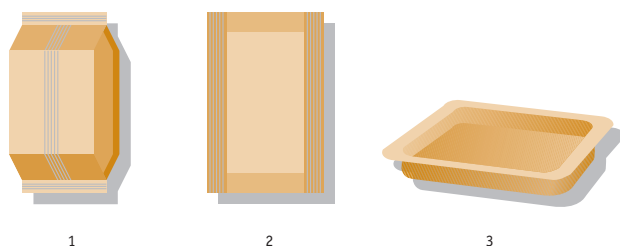


FIGURA 4 *Envases más utilizados en el envasado en atmósfera protectora de productos alimenticios. (1) Bolsa tipo “almohada”; (2) bolsa tipo “sobre” o “saco”; y (3) barqueta.*

1.4.2 Propiedades de los materiales de envasado

Dentro de las tecnologías de envasado en atmósfera protectora la función principal que desempeña el envase es proteger el alimento del medio externo y preservar el ambiente gaseoso creado en su interior. Los materiales seleccionados para su fabricación deben presentar determinadas propiedades barrera al paso de los gases y

la humedad, entre otros. Aparte de esta característica básica, es deseable que reúnan otras propiedades desde el punto de vista técnico, comercial, legal, etc. La tabla 6 resume algunas de las más importantes:

Propiedades deseables de los materiales de envasado para atmósfera protectora

Barrera o de protección

Estos materiales deben preservar el alimento y la atmósfera protectora del ambiente exterior

Barrera frente a gases, humedad y olores
Protección frente a la luz
Resistencia a grasas y aceites

Técnicas o mecánicas

Impuestas por el proceso de envasado, la maquinaria utilizada en él y la manipulación de los envases acabados durante su distribución y venta

Resistencia a fuerzas de tracción y fricción
Resistencia frente a impactos, desgarros, perforaciones y abrasiones
Flexibilidad para soportar la presión interna de los gases
Aptitud para el termoformado
Facilidad de sellado
Resistencia a bajas y/ o altas temperaturas

Comerciales

Presentación atractiva y manipulación sencilla y práctica para el consumidor

Brillo y transparencia
Capacidad antivaho
Facilidad de apertura
Aptitud para la impresión y la adición de etiquetas y códigos
Calentamiento en horno convencional o microondas

Otras

Económicas

Rendimiento y coste por metro cuadrado
Disponibilidad en el mercado

Legales

Inercia química

Medioambientales

Posibilidad de reciclado

TABLA 6 *Propiedades deseables de los materiales de envasado para atmósferas protectoras (4) (9).*

En el anexo 1 se enumeran algunos de los materiales más comunes en las tecnologías de envasado bajo atmósfera protectora y sus principales propiedades.

Propiedades barrera para la protección del alimento

Es importante que la composición de la atmósfera protectora permanezca constante durante el mayor tiempo posible. Esto se consigue con materiales de envasado de

permeabilidad adecuada. Dependiendo de las necesidades del alimento se opta por películas de alta barrera o por láminas permeables al paso de los gases, como sucede en los productos con una actividad metabólica intensa.

Junto con la concentración de gases, otro factor a controlar es la humedad del interior del paquete. Los materiales de alta barrera frente al agua evitan una pérdida excesiva de la misma y la deshidratación del producto. Sin embargo, sobre la superficie interna de estas láminas poco permeables puede condensarse vapor de agua, hecho que favorece el crecimiento microbiano.

La luz es otro agente ambiental que reduce la vida útil de algunos alimentos. Para eliminar su acción negativa se introducen láminas poliméricas metalizadas o de aluminio en los envases multicapa. Estas películas ofrecen además la máxima protección frente a la difusión de gases, incluido el vapor de agua. De igual modo, es importante proteger el alimento de los olores que proceden del exterior especialmente si se almacenan y exponen distintos productos en el mismo recinto.

Las propiedades barrera varían en función de las condiciones externas, sobre todo, con la temperatura y la humedad relativa del aire. También dependen del grosor del material; en general, cuanto mayor es éste menor es la permeabilidad de la lámina. Asimismo, debe considerarse que ciertos componentes del producto como grasas y aceites pueden dañar la estructura de algunos materiales y, por tanto, alterar su permeabilidad.

Propiedades técnicas o mecánicas

Aparte de la protección frente a los factores ambientales, es preciso que el material de envasado cumpla una serie de requisitos para su manejo en los equipos de envasado y su manipulación posterior por los distribuidores y consumidores.

Los materiales poliméricos empleados en el envasado en atmósfera protectora presentan una gran versatilidad para su transformación en láminas de distinto grosor. Muchos resisten sin romperse ni desgastarse las fuerzas de tracción y fricción que ejercen determinados componentes de la maquinaria de envasado. También soportan la presión interna de los gases de envasado sin estallar gracias a su flexibilidad. Algunos cuentan con una buena aptitud para el termoformado y se utilizan en la fabricación de barquetas. Otros son aptos para el sellado por calor que permite el cierre hermético de los paquetes sin riesgo de goteo o pérdida de aromas.

Con respecto a la manipulación de los envases terminados es preferible seleccionar materiales resistentes al impacto y a la perforación. Hay bastantes alimentos que tienen aristas cortantes o puntas afiladas como, por ejemplo, los huesos en las piezas de carne, las espinas en el pescado, la concha de los mariscos o la corteza

del pan. En estos casos, la lámina polimérica debe ceder elásticamente ante estos salientes sin romperse.

Por último, muchos productos se someten a tratamientos de conservación y preparación tras su envasado (pasteurización, esterilización, refrigeración, congelación, calentamiento en horno). Los envases utilizados en estos procesos deben resistir temperaturas altas y bajas sin sufrir alteraciones en su estructura ni variaciones en sus propiedades barrera (9).

Propiedades comerciales

El envase es el medio de presentación del producto y un elemento de promoción. Su diseño debe captar la atención del consumidor y resultar atractivo y cómodo. Para ello, se necesitan películas poliméricas versátiles, capaces de adquirir formatos y colores muy diversos, con una calidad de impresión buena que permita incluir imágenes en los paquetes.

Uno de los aspectos más valorados en el envasado en atmósfera protectora es la posibilidad de ver el alimento a través del material de envasado. En general, se utilizan láminas con una transparencia elevada que pueden incorporar aditivos antivaho. Estos compuestos evitan la condensación de vapor de agua en la superficie interna del envase que impide la visión del producto. Actúan reduciendo la tensión superficial del agua; de este modo, las gotas pueden unirse para formar una película continua que mantiene la transparencia del material.

También se emplean láminas con brillo y de alta retractabilidad, como ocurre en el envasado al vacío “segunda piel”, que se adaptan al contorno del alimento sin originar arrugas ni burbujas de aire y realzan significativamente su presentación.

Además, existen otras características que incrementan el valor añadido del producto envasado como la facilidad de apertura de los paquetes y el empleo del propio envase para calentar el alimento. Con respecto a la primera, hay materiales que presentan soldaduras resistentes e impermeables pero que se abren de manera sencilla sin utilizar recursos ajenos. La segunda se refiere a aquellos envases fabricados con determinados materiales aptos para el horno convencional y el microondas (8) (9).

Otras propiedades

Por último, en la selección del material de envasado se valoran otros aspectos de tipo económico, legal y medioambiental como, por ejemplo:

- Un coste adecuado de los materiales según sus propiedades barrera y sus características técnicas y comerciales.
- Un alto rendimiento de la película por metro cuadrado.
- Una amplia disponibilidad en el mercado del material de envasado.
- Máxima inercia química para que las migraciones de monómeros se encuentren dentro de los márgenes marcados por la legislación. Además, las láminas en contacto con el alimento no deben conferirle sabores ni olores extraños.
- Posibilidad de reciclado de las películas, etc.

1.4.3 Envases multicapa

Es difícil que un único material presente todas las características de protección, técnicas y comerciales necesarias para el envasado en atmósfera protectora de un alimento concreto. Por este motivo, suelen fabricarse envases con una estructura multicapa que se constituyen a partir de distintas láminas. Normalmente, se combinan de dos a cinco películas cada una de las cuales aporta una o varias de las propiedades deseables (figura 5).

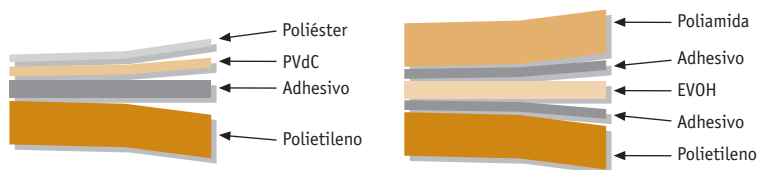


FIGURA 5 Ejemplos de estructuras multicapa empleadas en las tecnologías de envasado en atmósfera protectora (PVdC, policloruro de vinilideno; EVOH, etileno-alcohol vinílico).

Los principales procesos de fabricación de estructuras multicapa son la laminación, el recubrimiento por extrusión y la coextrusión.

La **laminación** es un sistema empleado sólo en determinadas aplicaciones por su coste elevado. Con él se obtienen envases de varias capas unidas mediante adhesivos. Se consigue una calidad de grabado óptima porque la lámina impresa queda protegida en el interior de manera que no sufre desgaste con la manipulación. Este método de fabricación dificulta la entrada de gases por lo que se recomienda para envasar productos de media o baja actividad metabólica.

En el **recubrimiento por extrusión** se parte de un material-base sobre el que se incorpora una película delgada con otras características (por ejemplo, apta para la

impresión) procedente de la máquina extrusora. Ambas láminas se unen por acción del calor sin necesidad de adhesivos. Con respecto al anterior, se trata de un proceso más rápido porque la estructura multicapa se obtiene en un solo paso.

Por último, en la **coextrusión** las distintas películas se extrusionan simultáneamente para formar una sola lámina. En esta técnica tampoco se emplean compuestos adhesivos. Comparada con la laminación es bastante económica y más rápida. Los envases multicapa obtenidos por coextrusión son válidos para contener productos con una tasa respiratoria alta porque los gases pasan a través de ellos con más facilidad que en los laminados.

Como desventajas de los materiales coextruidos deben señalarse su baja aptitud para el sellado y la elevada tendencia de la impresión (que se realiza en la superficie) al desgaste a lo largo del equipo de envasado (7) (9).

1.5 Equipos para el envasado en atmósfera protectora

En el mercado existen multitud de equipos para el envasado de alimentos en atmósfera protectora que se adaptan a las distintas necesidades de cada empresa según sus niveles de producción, los formatos de envase deseados y la naturaleza de los productos a envasar. En la tabla 7 se indican los principales equipos de envasado en atmósfera protectora.

En general, el funcionamiento básico de estos equipos consiste en dosificar el producto en el recipiente -que puede formarse *in situ* en la propia máquina envasadora o utilizarse preformado-, evacuar el aire de su interior y sellarlo herméticamente tras inyectar la atmósfera protectora (salvo en el envasado al vacío).

Los sistemas basados en la formación *in situ* del envase evitan el almacenamiento de bolsas y barquetas de diversos tamaños. En estos casos, hay un aprovechamiento más eficaz del material de envasado puesto que los recipientes se diseñan según las dimensiones de cada producto.

Aparte de estos equipos las líneas de envasado pueden presentar otros sistemas complementarios como son: máquinas para desapilar las barquetas preformadas, túneles de retráctilado de aire caliente o de inmersión en baños de agua y múltiples sistemas de control (detección de microfugas, comprobación de la integridad de las soldaduras, determinación de la cantidad de oxígeno residual, análisis de la composición gaseosa de la atmósfera).

Equipos de envasado en atmósfera protectora

Equipo de envasado		Sistema de envasado	Generación de la atmósfera protectora	Producción (velocidad)	Tipos de envases
Envasadora vertical		EAM	Barrido con gas	Por lotes/ continua (30-120 envases/min)	Flexibles, formados <i>in situ</i>
Envasadora horizontal	Flow-pack BDF	EAM	Barrido con gas	Continua (Flow-pack: 120 envases/min)	Flexibles, formados <i>in situ</i>
	Flow-vac (sistema de carga)	EV/VSP	Vacío compensado	Continua (60 envases/min)	Flexibles, formados <i>in situ</i>

Equipos de envasado en atmósfera protectora Continuación

<i>Equipo de envasado</i>		<i>Sistema de envasado</i>	<i>Generación de la atmósfera protectora</i>	<i>Producción (velocidad)</i>	<i>Tipos de envases</i>
Envasadora de campana		EV/VSP/EAM	Vacío compensado	Por lotes (2-3 ciclos*/min)	Rígidos y flexibles, preformados
Línea termoformadora		EV/VSP/EAM	Vacío compensado	Por lotes (5-12 ciclos/min)	Rígidos, formados <i>in situ</i>
Cerradora o termoselladora	Semiautomática	EV/VSP/EAM	Vacío compensado	Por lotes (2-3 ciclos/min)	Rígidos, preformados
	Automática	EV/VSP/EAM	Vacío compensado	Continua (15-20 ciclos/min)	Rígidos, preformados
Selladora de bolsa en caja		EV/EAM	Vacío compensado	Por lotes (3-30 cajas/min)	Flexibles, preformados Caja cartón
Envasadora de succión externa		EV/EAM	Vacío compensado	Por lotes	Rígidos y flexibles, preformados

TABLA 7 *Principales equipos de envasado en atmósfera protectora.*

* Un ciclo comprende desde que el envase preformado/ material de envasado se introduce en el equipo hasta que sale de él sellado herméticamente. En algunas máquinas, la velocidad de producción se expresa en ciclos/min. porque en cada ciclo se trabajan varios envases simultáneamente. En cambio, en las envasadoras verticales y horizontales el número de envases terminados por minuto coincide con el de ciclos por minuto.

1.5.1 Equipos de formado-llenado-sellado

Los equipos de formado-llenado-sellado trabajan con el método de barrido en el que el gas o gases protectores se aplican sobre el producto mediante una corriente continua que desplaza el aire. Estos sistemas pueden encontrarse en disposición vertical y horizontal según el mecanismo de desplazamiento del material de envasado y suelen utilizar envases flexibles tipo almohada y tipo sobre o saco.

Envasadoras verticales

En las envasadoras verticales se diferencian dos cilindros concéntricos. El más externo guía el material de envasado procedente de la bobina para transformarlo en un recipiente con forma de tubo. El alimento se introduce dentro de él desde una tolva de carga a través del cilindro interior. El aire contenido en el envase se purga mediante el

flujo continuo de gases suministrado desde el espacio existente entre ambos cilindros. En ocasiones, es necesario inyectar la atmósfera protectora en primer lugar y añadir después el producto. Finalmente, unos rodillos calientes o una barra térmica sellan los bordes de la bolsa y unas mordazas la separan del resto del material (figura 6).

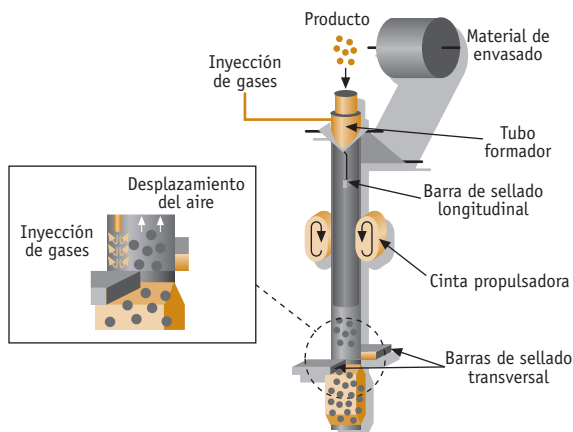


FIGURA 6 *Equipo de formado-llenado-sellado vertical.*

Se trata de equipos que pueden operar por lotes o en continuo. En este último caso alcanzan velocidades de producción bastante elevadas. En general, se emplean en el envasado de alimentos en polvo o granulados, de fácil desplazamiento dentro del paquete para que el llenado resulte más sencillo como café, frutos secos, *snacks*, algunos congelados, etc. (8) (11)

Envasadoras horizontales

El funcionamiento de las envasadoras horizontales es bastante similar al de los sistemas verticales. En estos equipos el alimento viaja sobre una cinta transportadora y una pinza formadora dirige la lámina de la bobina a su alrededor hasta formar un tubo que lo envuelva. Seguidamente se sellan las costuras de la bolsa obtenida y se realiza el barrido del aire de su interior inyectando el gas o gases de interés. El proceso acaba con la soldadura del extremo abierto y la separación por corte de cada unidad.

Las envasadoras horizontales destacan por su simplicidad y gran versatilidad. De hecho, se recomiendan cuando deben realizarse numerosas modificaciones en el formato del envase. Además, estos equipos trabajan en continuo con altas velocidades de producción.

Dentro de ellas se diferencian las **líneas Flow-pack** y las *Barrier Display Film* o BDF. Las primeras se utilizan desde hace tiempo en el envasado de los productos de bollería.

Recientemente su uso se ha extendido a otros muchos productos como los hortícolas para los que puede incluirse la bandeja dentro del paquete. Por su parte, en las **líneas BDF** las películas utilizadas tienen como característica principal su elevada retractabilidad. El alimento situado en una barqueta se encierra dentro de la bolsa bajo una atmósfera modificada y pasa a través de un túnel de aire caliente. Esta fase final permite que la película se retraiga y se ajuste a la barqueta (8) (11).

Ulma Packaging, empresa española fabricante de equipos de envasado, en colaboración con Sealed Air Corp. ha diseñado un nuevo sistema denominado **Flow-vac** a partir de las líneas *Flow-pack*. Este sistema opera del mismo modo que las envasadoras horizontales, formando *in situ* una bolsa adaptada al tamaño del alimento. Se trata de una línea de carga exclusivamente que se acopla a un equipo de envasado al vacío como, por ejemplo, una envasadora de campana. El sistema *Flow-vac* permite incrementar la productividad, reducir la mano de obra y minimizar los problemas de contaminación así como la manipulación del producto.

1.5.2 Envasadoras de vacío o campana

Las envasadoras de vacío o campana son equipos muy sencillos y económicos. Resultan adecuados para producciones bajas o medias-bajas (2-3 ciclos/ min.) y operan en discontinuo. Generan la atmósfera protectora mediante la técnica de vacío compensado y utilizan envases prefabricados como bandejas o bolsas flexibles, con frecuencia, de poco valor añadido.

Cada producto en su envase correspondiente se sitúa dentro de una cámara que se cierra de forma hermética. Tras evacuar el aire de su interior con una bomba de vacío se inyecta el gas o gases protectores a través de unas boquillas. Una vez terminada esta fase se sella la película superior a la bandeja o el lado abierto de la bolsa y se corta el material sobrante. Para finalizar, se ventila la cámara y se retiran los envases acabados (figura 7).

Se han desarrollado numerosos diseños de envasadoras de campana: de una sola cámara con distintas dimensiones, de dos cámaras que trabajan simultáneamente (se cargan ambas y generan la atmósfera protectora al mismo tiempo) o alternativamente (cuando una cámara se carga, la otra está operando), etc. (11)

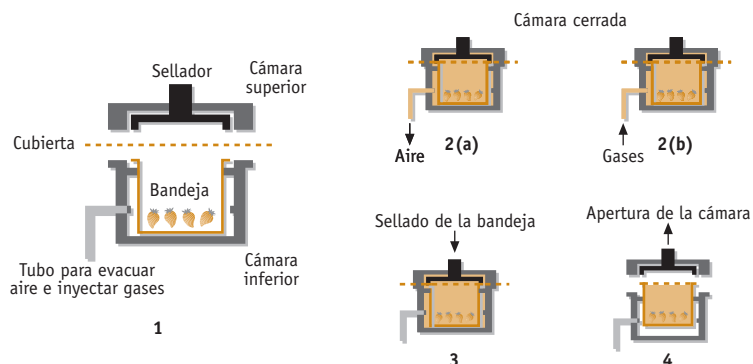


FIGURA 7 Envasadora de campana. (1) Introducción del alimento en la cámara de vacío; (2a) evacuación del aire de la cámara y (2b) inyección de los gases protectores; (3) sellado de la bandeja; y (4) salida de la cámara del envase acabado.

1.5.3 Termoformadoras

Las líneas termoformadoras utilizan el método de vacío compensado para la generación de la atmósfera protectora. Operan en continuo y su velocidad varía desde los 5-6 hasta los 10-12 ciclos/ minuto. Se obtienen unos envases con un buen acabado, de diseño atractivo y alta calidad cuyo coste final es mucho menor comparado con los de otros equipos de EAP.

Estos sistemas cuentan con una bobina de material de envasado termoplástico que se conduce hasta la sección de formado donde un molde lo transforma en un recipiente (generalmente una bandeja) con las dimensiones deseadas gracias a la acción del calor. Estos envases se llenan con el producto de manera manual o mecánica y pasan al módulo de vacío y sellado. En él se extrae el aire a través de unas bombas de vacío, seguidamente se inyecta el gas o gases protectores y se cierra con una lámina procedente de otra bobina. Por último, un sistema de corte separa las bandejas terminadas (figura 8).

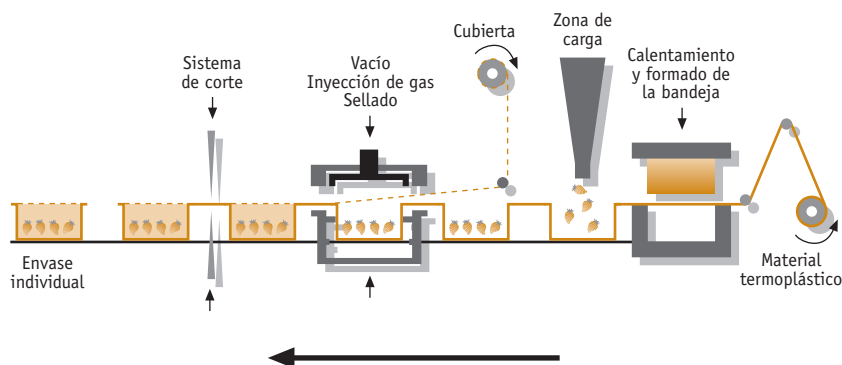


FIGURA 8 Línea de termoformado para el envasado de alimentos en atmósfera protectora.

El principal inconveniente de las líneas termoformadoras es su poca versatilidad. No son muy recomendables cuando deben realizarse cambios en los formatos de los envases (8) (11).

1.5.4 Cerradoras o termoselladoras

Las cerradoras o termoselladoras disponen de una cámara en la que se distinguen dos componentes. En el inferior, que es móvil, se colocan las barquetas preformadas tras llenarlas con el producto. Este módulo se desplaza horizontalmente hasta situarse debajo del superior, que porta el material de envasado que sirve de cubierta. Cuando los dos están alineados la cámara se cierra herméticamente. A continuación, se elimina el aire de su interior y se introduce la atmósfera protectora. En la última etapa la lámina empleada como cubierta se sella y se corta el material sobrante (figura 9).

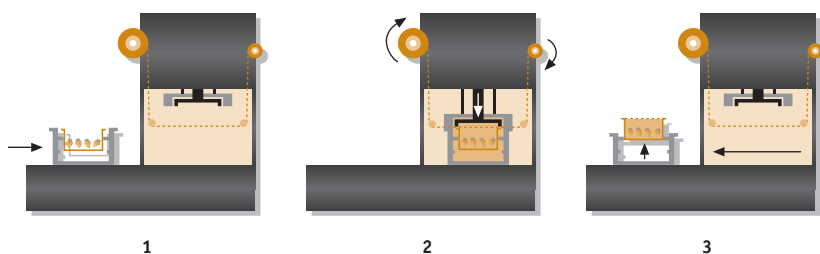


FIGURA 9 Cerradora o termoselladora. (1) Introducción del alimento en la cámara de vacío; (2) sellado de la lámina superior tras la evacuación del aire y la inyección de los gases protectores; y (3) apertura de la cámara para la salida del envase terminado.

Las cerradoras permiten obtener envases de alta calidad y son muy versátiles porque se adaptan fácilmente a diferentes formatos de bandejas. Además, consumen una cantidad menor de gases protectores ya que sólo los inyectan en el espacio de cabeza del envase y no en todo el volumen de la cámara.

Existen cerradoras semiautomáticas y automáticas. Las primeras son adecuadas para niveles de producción bajos porque realizan 2-3 ciclos por minuto. En cambio, las segundas alcanzan velocidades más elevadas, en torno a 15-20 ciclos/ min. gracias a distintos sistemas automáticos para la dosificación del alimento y el manejo de las barquetas (mecanismos para desapilarlas, cintas transportadoras con cavidades para colocarlas, etc.) Además, los equipos automáticos se recomiendan para el envasado de productos de colocación complicada como los platos preparados.

Los mayores inconvenientes de las cerradoras son la dificultad en la manipulación de las bandejas una vez llenas así como el coste de estos envases rígidos que puede ser elevado (8).

1.5.5 Selladoras de bolsa en caja

Las selladoras de bolsa en caja (*bag in box* en inglés) se emplean para el envasado al vacío o en atmósfera modificada de grandes cantidades de alimentos, sobre todo, carnes y pescados. Los productos se colocan en el interior de una bolsa prefabricada situada dentro de una caja de cartón. A través de unas boquillas se extrae el aire contenido en la bolsa y se inyecta el gas o gases protectores antes de su sellado (figura 10) (3).

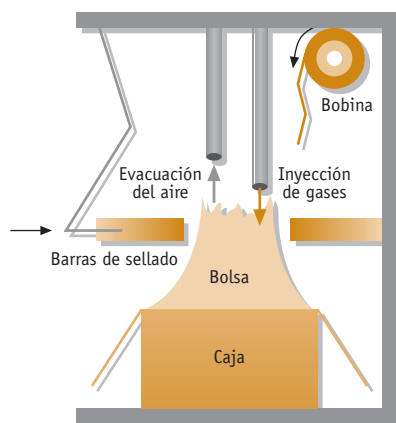


FIGURA 10 *Selladora de bolsa en caja.*

1.5.6 Envasadoras de succión externa

Las envasadoras de succión externa se utilizan fundamentalmente para el envasado al vacío aunque algunos equipos cuentan con adaptaciones que permiten generar atmósferas modificadas por el sistema de vacío compensado. Trabajan con envases preformados como bandejas o bolsas flexibles en los que se introducen unas boquillas que evacúan el aire e inyectan los gases deseados. Además, disponen de unas barras selladoras para el cierre hermético de los paquetes (figura 11).

Son equipos muy sencillos, económicos, de dimensiones reducidas y gran flexibilidad. Sin embargo, están limitados a pequeñas producciones y no pueden operar en continuo.

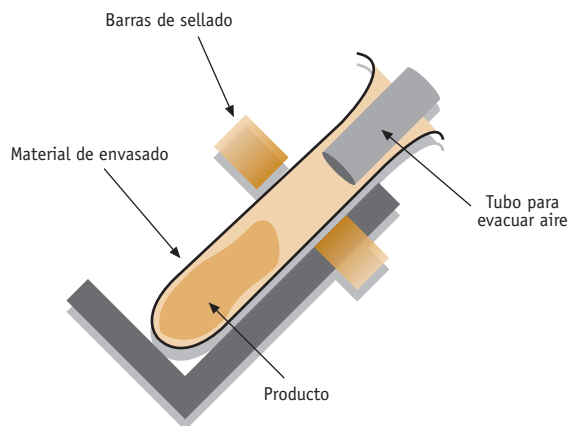


FIGURA 11 *Envasadora de succión externa.*

1.5.7 Equipos para el almacenamiento en atmósfera controlada

En las cámaras y contenedores de atmósfera controlada destinados al transporte y almacenamiento de productos perecederos se mantienen unas condiciones ambientales óptimas para su conservación. Además del control sobre la humedad y la temperatura del recinto, se regula estrechamente la composición gaseosa de la atmósfera interna. Para ello se utilizan sensores que determinan la concentración de los gases de interés dentro de la cámara junto con equipos que permiten variar dicha concentración según los requerimientos del producto.

A continuación se describen los sistemas disponibles comercialmente más comunes para realizar estas modificaciones de la atmósfera interna.

Sistemas para el control del oxígeno

Los sistemas para el control del oxígeno se basan en la generación de una atmósfera inerte, prácticamente libre de O_2 , en la que este gas se ha eliminado por distintos medios:

Reacciones de combustión

Determinados equipos emplean reacciones de combustión para reducir la proporción de oxígeno en la cámara. Disponen de un depósito en el que se quema gas propano o butano mezclado con aire. Como resultado se obtiene una combinación de gases

formada mayoritariamente por nitrógeno y dióxido de carbono y menos del 1% de oxígeno. Tras enfriarla y eliminar el CO_2 que contiene, esta combinación gaseosa se introduce en la cámara.

Reducción de la presión

En el almacenamiento hipobárico una bomba de vacío evacua parte del aire del recinto hasta alcanzar la presión deseada. La reducción de la presión parcial del aire disminuye la disponibilidad de oxígeno y, por tanto, las reacciones de oxidación y los procesos metabólicos del alimento. Gracias a ello, la maduración y senescencia de los productos vegetales frescos se retrasan.

Inyección de nitrógeno

Otra posibilidad consiste en la inyección de nitrógeno líquido en el contenedor de almacenamiento. Este sistema provoca simultáneamente el desplazamiento del oxígeno en el mismo y una reducción de la temperatura.

Como alternativa al nitrógeno líquido, cuyo coste es elevado, se utiliza amoníaco líquido. En condiciones oxidantes y temperaturas altas las moléculas de amoníaco se rompen liberando agua y N_2 que se inyecta en el interior de la cámara.

Plantas PSA y sistemas de membranas

La tecnología de adsorción por cambio de presión (PSA en sus siglas inglesas) es una de las más importantes para generar nitrógeno gaseoso en el almacenamiento en atmósfera controlada. Las plantas PSA disponen de lechos de material adsorbente que atraviesa el aire evacuado de la cámara. Cada uno de los gases presentes en este aire interacciona de distinto modo con el adsorbente: el oxígeno y el etileno quedan retenidos mientras que el N_2 pasa a través de él y se devuelve al recinto. Estas plantas son relativamente económicas y eficientes desde el punto de vista energético; sin embargo, necesitan bastante espacio para su instalación.

En cambio, los sistemas basados en membranas son más pequeños y ligeros. Por este motivo, se utilizan con más frecuencia en los contenedores destinados al transporte de alimentos en atmósfera controlada. Los gases se separan a su paso por estas membranas porque se desplazan a velocidades distintas debido a sus diferentes tamaños moleculares.

Eliminación electroquímica

Por último, la eliminación electroquímica de oxígeno es un novedoso sistema investigado en la actualidad para su aplicación en el almacenamiento en atmósfera controlada (23) (24).

Sistemas para el control del dióxido de carbono

Los sistemas más extendidos en el mercado para mantener una atmósfera pobre en dióxido de carbono (denominados en inglés *scrubbers*) utilizan alguno de los siguientes compuestos o materiales para retirar el CO_2 del ambiente:

- Cal hidratada que se encuentra disponible en forma de preparados comerciales. Éstos pueden situarse directamente dentro del contenedor si se requieren niveles de dióxido de carbono muy bajos.
- Disoluciones de hidróxido sódico o sosa cáustica de manipulación difícil y coste alto.
- Agua pulverizada sobre la que se hace pasar el aire destinado a la cámara de almacenamiento y donde se disuelve con gran facilidad el CO_2 .
- Lechos de carbón activado y otros tamices moleculares en los que queda retenido este gas.

Al igual que sucede con el oxígeno, el dióxido de carbono también puede desplazarse mediante la inyección de nitrógeno en la cámara (plantas PSA, sistemas de membrana, etc.) (23)

Sistemas para el control del etileno

Uno de los sistemas más importantes para el control del etileno se basa en un proceso de combustión. El aire procedente de la cámara -con un porcentaje elevado de este gas- se quema en un depósito a alta temperatura donde el etileno genera CO_2 y vapor de agua. Tras la eliminación de ambos, resulta una atmósfera en la que predomina el nitrógeno que se devuelve al recinto.

Otro procedimiento muy utilizado son los lechos adsorbentes de silicatos de aluminio y permanganato potásico en los que queda retenido el etileno (23).

CAPÍTULO 2

Envasado de productos alimenticios en atmósfera protectora

- 2.1 Productos vegetales (PÁG. 46)
- 2.2 Productos cárnicos (PÁG. 52)
- 2.3 Productos de la pesca (PÁG. 57)
- 2.4 Productos de panadería y repostería (PÁG. 63)
- 2.5 Productos lácteos (PÁG. 68)
- 2.6 Otros productos (PÁG. 72)

2.1 Productos vegetales

El almacenamiento de productos vegetales frescos bajo condiciones controladas fue la primera aplicación de las atmósferas protectoras a escala comercial. Esta tecnología prolonga la vida útil de las frutas y hortalizas y preserva su calidad.

Hoy en día, las cámaras utilizadas en el almacenamiento y transporte de estos productos tan perecederos son altamente eficaces. Se han producido numerosos avances en el desarrollo de los equipos que generan el ambiente gaseoso en su interior para la conservación de los vegetales. Asimismo, se ha estudiado el efecto de distintos gases sobre las reacciones de deterioro y la maduración de frutas y hortalizas.

También se encuentran disponibles en el mercado vegetales frescos y mínimamente procesados con nuevos formatos de presentación (piezas peladas, cortadas, desgajadas). En la mayoría de los casos, se trata de productos conservados mediante refrigeración y el empleo de una atmósfera modificada en su envasado.

2.1.1 Vida útil de los productos vegetales

El principal factor limitante de la vida útil de los vegetales frescos es su actividad metabólica que continua después de la recolección. Los procesos de respiración, transpiración y la producción de etileno deben controlarse exhaustivamente para prolongar el estado óptimo de maduración de estos alimentos hasta su consumo. Si estas reacciones progresan demasiado las frutas y hortalizas maduran en exceso -se ablandan y marchitan sus tejidos- y disminuye de forma considerable su calidad.

Con respecto al crecimiento microbiano se distingue entre los vegetales con un pH bajo (éste es el caso de gran parte de las frutas) y los que presentan un pH neutro como la mayoría de las hortalizas. En éstas últimas es más frecuente la proliferación de bacterias mientras que en las frutas predominan las alteraciones causadas por mohos y levaduras.

Además de los microorganismos, pueden aparecer insectos que dañan la integridad de los vegetales durante el periodo de almacenamiento cuando no se han sometido previamente a un tratamiento adecuado.

Por último, los productos mínimamente procesados y de IV gama se deterioran a mayor velocidad comparados con los vegetales en piezas enteras. La respiración y otros procesos metabólicos se aceleran como resultado de su manipulación (pelado, troceado), la superficie expuesta al aire adquiere una tonalidad oscura debido a las reacciones de pardeamiento, los tejidos se reblandecen, hay pérdida de aromas, etc.

2.1.2 Almacenamiento y envasado en atmósfera protectora de los productos vegetales

Tanto el almacenamiento de vegetales frescos en cámaras controladas como su envasado en atmósfera modificada se realizan, en general, con una baja proporción de oxígeno combinada con una alta concentración de dióxido de carbono. Al tratarse de alimentos metabólicamente activos la composición de este ambiente gaseoso varía con el tiempo. Debido a su actividad respiratoria estos productos consumen O₂ y producen CO₂ y vapor de agua. El incremento de su vida comercial así como el mantenimiento de su calidad dependen de la capacidad para restablecer la atmósfera protectora inicial.

En el almacenamiento en atmósfera controlada, las cámaras cuentan con sensores que informan de la concentración de los distintos gases en su interior. Además, los sistemas de control de las mismas permiten modificar estas concentraciones según las necesidades del producto. Cada especie vegetal presenta una tolerancia distinta a los gases. La tabla 8 muestra las cantidades recomendadas de oxígeno y dióxido de carbono para frutas y hortalizas almacenadas en atmósfera controlada y el tiempo de vida estimado en estas condiciones.

Condiciones para el almacenamiento en atmósfera controlada de algunos vegetales frescos

Tasa respiratoria	Tipo de producto	Concentración de gases recomendada (%)		Temp. (°C)	Humedad (%)	Vida útil
		O ₂	CO ₂			
FRUTAS						
Elevada	Cereza, fresa, mora, frambuesa, melón	5-10	10-15	0-5	90-95	Variable (fresas y frambuesas pocas semanas)
Media	Kiwi, nectarina, melocotón, caqui, aguacate, plátano, mango, cítricos	2-5	5	0-15	85-95	Variable
Baja	Manzana, pera, ciruela, uva	1-3	0-3	0-2	90-95	Variable (manzanas y peras varios meses)

Condiciones para el almacenamiento en atmósfera controlada de algunos vegetales frescos

Continuación

Tasa respiratoria	Tipo de producto	Concentración de gases recomendada (%)		Temp. (°C)	Humedad (%)	Vida útil
		O ₂	CO ₂			
HORTALIZAS						
Elevada	Tomate, judía verde, maíz, lechuga, col, apio, puerro, coliflor	3-5	5	0-7	95-100	0.5-3 meses
Media	Espárrago, espinacas, brócoli	20	10-15	0-1	95-100	3-4 semanas
Baja	Cebolla, ajo, patata, boniato	1-2	0-5	0-2	65-85	6-10 meses

TABLA 8 *Condiciones recomendadas para el almacenamiento en atmósfera controlada de algunas frutas y hortalizas frescas (25).*

El nivel de oxígeno en los recintos controlados permanece generalmente en torno al 2-8%. Con esta proporción la tasa respiratoria es menor, se retrasa la velocidad de las reacciones responsables de la maduración y la senescencia de los productos. Además, las atmósferas pobres en O₂ evitan el desarrollo de microorganismos aerobios y de insectos.

En ocasiones, el aumento de la vida comercial de los productos frescos se logra con una reducción drástica del contenido de oxígeno como sucede en los procesos conocidos como ILOS (*initial low oxygen stress*) y ULO (*ultra low oxygen*). Sin embargo, en el AAC no se recomienda prescindir por completo del oxígeno. Se necesita una pequeña cantidad del mismo para conservar las propiedades sensoriales de estos alimentos ya que, en anaerobiosis, se inician los procesos fermentativos y otros desórdenes fisiológicos que alteran sus características (26).

En otros casos, se crea un ambiente con una concentración elevada de O₂, entre el 70 y el 100%. Este procedimiento alternativo se denomina “choque de oxígeno” o “choque gaseoso”. Con esta cantidad se evitan las alteraciones enzimáticas, las fermentaciones y el desarrollo de microorganismos aerobios y anaerobios porque se superan los valores óptimos para su crecimiento (23).

El dióxido de carbono inhibe el crecimiento de bacterias, hongos e insectos y su volumen en las cámaras puede alcanzar hasta el 10-15%. Si se sobrepasan estos niveles (o se supera el límite de tolerancia del producto para este gas) se induce la respiración anaerobia y, con ella, la acumulación de metabolitos potencialmente tóxicos para el vegetal. Asimismo, surgen otros problemas indeseables como el pardeamiento y la necrosis de algunos tejidos.

Aparte del oxígeno, el dióxido de carbono y el nitrógeno, se emplean otros gases en el almacenamiento de vegetales frescos por sus efectos sobre el crecimiento de microorganismos, sobre todo, de mohos (dióxido de azufre, cloro, ozono), las reacciones de pardeamiento (monóxido de carbono, dióxido de azufre) y la producción de etileno (argón, óxido nitroso, ozono).

Otros factores que contribuyen a preservar la calidad de las frutas y hortalizas son la temperatura y la humedad relativa cuyos valores se fijan de acuerdo a las exigencias del producto almacenado. Por ejemplo, a temperaturas bajas disminuye la velocidad de las reacciones de deterioro y se incrementa la duración del alimento.

En el envasado en atmósfera modificada de vegetales frescos y mínimamente procesados también se combinan un pequeño volumen de oxígeno y una gran proporción de dióxido de carbono además de nitrógeno. La concentración de estos gases en el espacio de cabeza del paquete varía debido al metabolismo respiratorio de estos productos. En este caso, los cambios se compensan con la difusión de gases a través del material de envasado hasta establecer una atmósfera en equilibrio. En ella, la cantidad de oxígeno que consume el vegetal se recupera con el O_2 del exterior mientras que el exceso de CO_2 y el vapor de agua liberados en la respiración salen del envase (figura 12).

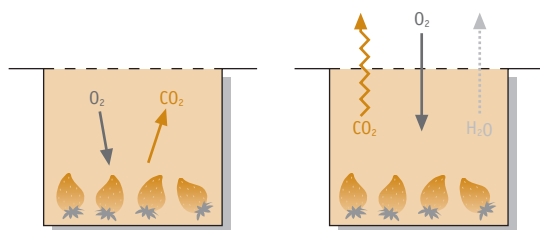


FIGURA 12 *Modificaciones de la composición del espacio de cabeza en envases que contienen productos vegetales frescos.*

Para ello, las películas poliméricas deben tener una permeabilidad adecuada a la tasa de respiración del vegetal. Con frecuencia, estas películas están microperforadas para facilitar el paso de los gases. Además, se someten a un tratamiento antivaho que evita la condensación de vapor de agua de la respiración del producto en su superficie.

Junto a los gases habituales se utilizan otros gases protectores (argón, óxido nitroso) en el envasado con resultados excelentes (17). También se incluyen en el material de envasado o en el propio paquete dispositivos que regulan la composición de la atmósfera interna: absorbedores de oxígeno, de dióxido de carbono, de etileno, generadores de CO_2 , etc.

Por último, el envasado de los vegetales frescos y productos de IV gama bajo una atmósfera modificada incrementa su vida útil hasta los 6-7 días frente a los 2-3 días que presentan cuando se envasan en aire.

2.3.3 Ventajas e inconvenientes del almacenamiento y envasado en atmósfera protectora de los productos vegetales

Ventajas

- El almacenamiento y envasado de los vegetales frescos en atmósfera protectora aumenta la vida comercial de estos productos y preserva su calidad por su acción sobre las reacciones de deterioro y el crecimiento de microorganismos.
- Se trata de un sistema que soporta el metabolismo respiratorio de los vegetales, disminuye su tasa de respiración y la producción de etileno. Por tanto, retrasa la senescencia de estos productos y mantiene su estado óptimo de maduración hasta su consumo.
- La composición de la atmósfera protectora inhibe el desarrollo de microorganismos patógenos y alterantes y de insectos.
- Permite reducir o prescindir de otros tratamientos complementarios de conservación sin que ello afecte a la duración del producto. Así, en las cámaras de almacenamiento de atmósfera controlada puede aumentarse la temperatura de refrigeración para evitar los daños por frío en las frutas y hortalizas más sensibles. Además, se utilizan determinados gases protectores como alternativa a los tratamientos insecticidas y fungicidas.
- El envasado en atmósfera modificada mejora la presentación de los vegetales frescos y los productos mínimamente procesados y de IV gama.
- Se optimiza la gestión de almacenes porque con los envases herméticos no existe riesgo de goteos ni transmisión de olores entre distintos productos.
- Gracias al aumento de la vida útil que se consigue con la atmósfera protectora puede reducirse la frecuencia de distribución, ampliarse la zona de reparto, disminuir la reposición de los lineales en los puntos de venta y las devoluciones del producto.

Inconvenientes

- La eficacia de este sistema depende de la elección de los gases adecuados a las necesidades del vegetal envasado. Para ello, deben conocerse sus características físico-químicas, las reacciones de deterioro más importantes, los límites máximos y mínimos de tolerancia a cada uno de los gases protectores, etc.
- Algunos vegetales desarrollan nuevas patologías y daños fisiológicos derivados de su almacenamiento en atmósfera controlada.
- Se necesita mantener un control estricto de la temperatura puesto que la actividad respiratoria varía en función de este parámetro. Si se conservan los productos vegetales a temperaturas inadecuadas y su tasa respiratoria cambia, la permeabilidad del material de envasado a los gases puede resultar insuficiente para compensar las modificaciones que experimenta el espacio de cabeza.
- Debe considerarse que la inversión inicial para adquirir los equipos de envasado y de control de fugas, de análisis de la composición gaseosa del espacio de cabeza, del oxígeno residual, etc. es elevada.
- También hay que tener en cuenta el coste de los materiales de envasado y de los gases protectores.
- En algunos casos, se requiere además personal cualificado para el manejo de la maquinaria.
- En los productos envasados en atmósfera modificada el volumen de los paquetes es mayor y, por tanto, precisan más espacio para su almacenamiento, transporte y exposición.
- No se recomienda apilar los envases porque se dificulta el intercambio de gases a través de la película semipermeable.
- La acción protectora de la atmósfera creada en el interior del envase desaparece tras su apertura o si se producen daños en la integridad del material de envasado.

2.2 Productos cárnicos

El sector cárnico ha sido uno de los primeros en aplicar las tecnologías de envasado en atmósfera protectora para incrementar la duración de sus productos. Estas tecnologías se utilizan, por ejemplo, en la conservación de grandes piezas de carne que posteriormente se despiezan y vuelven a envasar en el punto de venta.

También sirven para aumentar el tiempo de vida de la carne fresca y sus derivados en formatos de presentación más pequeños, destinados al consumidor. En este último grupo se distinguen los productos cárnicos frescos que se cocinan antes de su ingestión, como salchichas y hamburguesas, los elaborados cárnicos cocidos (jamón cocido, fiambre de cerdo) y los productos crudos curados como chorizo, jamón, etc.

2.2.1 Vida útil de los productos cárnicos

La carne fresca y los productos cárnicos son alimentos bastante perecederos que presentan una elevada actividad de agua y un alto contenido en nutrientes. Ambas características contribuyen a su deterioro porque favorecen el desarrollo de microorganismos indeseables y la aparición de otras modificaciones de origen físico-químico y enzimático.

En la carne fresca la contaminación microbiana localizada inicialmente en la superficie puede extenderse al resto del producto durante su procesado (deshuesado, despiece, fileteado). En estos casos, las zonas de corte se convierten en un medio de cultivo ideal para los microorganismos patógenos y alterantes por lo que deben controlarse estrechamente las condiciones higiénicas de las superficies en contacto con ellos durante estas etapas.

Además, el deterioro microbiológico de la carne y sus derivados puede determinarse mediante su contenido en aminas biógenas. Estos compuestos con efectos negativos para la salud aparecen en cantidades muy pequeñas en los productos frescos. Su concentración aumenta como resultado de la actividad metabólica bacteriana por lo que se utilizan como indicadores de la calidad de los productos cárnicos (27).

La oxidación lipídica es otro proceso de degradación que afecta a los derivados cárnicos y origina sabores y olores desagradables. Otros fenómenos implicados en su deterioro son la deshidratación y las alteraciones de los pigmentos responsables del color.

2.2.2 Envasado en atmósfera protectora de los productos cárnicos

La carne y sus derivados se comercializan con frecuencia envasados al vacío o en atmósfera modificada y bajo temperaturas de refrigeración. La tabla 9 indica la composición gaseosa de la atmósfera que se recomienda para cada tipo de producto cárnico.

Productos cárnicos envasados en atmósfera modificada

Producto	Composición de la atmósfera modificada (%)	Temperatura de almacenamiento (°C)	Vida útil
Carne fresca	65-80 O ₂ /20-35 CO ₂ /Resto N ₂	0-4	6-8 días
Elaborados cárnicos frescos	5-30 O ₂ /20-30 CO ₂ /Resto N ₂	0-4	Hasta 4 semanas
Elaborados cárnicos cocidos	20-40 CO ₂ /Resto N ₂	0-4	4-6 semanas
Elaborados cárnicos curados	0-20 CO ₂ /Resto N ₂	10-15	Varios meses
Productos avícolas	20-70 O ₂ /30-50 CO ₂ /Resto N ₂	0-4	Hasta 2 semanas

TABLA 9 *Composición de la atmósfera modificada recomendada para distintos productos cárnicos (2).*

Para la conservación de la **carne fresca** se utilizan ambas tecnologías de envasado. El vacío se aplica en piezas de gran tamaño de vacuno, ovino y porcino que completan su etapa de maduración en el propio envase. En estas condiciones se inhibe la proliferación de patógenos y alterantes aerobios y la oxidación lipídica. Además, este sistema facilita la manipulación y transporte de la carne. Posteriormente, estas porciones se despiezan y envasan de nuevo por el método de "segunda piel" o en atmósfera modificada para su venta.

La elección de una tecnología de envasado u otra viene condicionada por el tipo de carne. El pH final de la misma varía según el animal de procedencia. Cuando el valor de pH es bajo, como sucede con la carne de ternera y cerdo, el riesgo de desarrollo microbiano es menor. Entonces, puede optarse por el vacío convencional o el vacío "segunda piel". En cambio, en carnes con pHs más altos (pavo, cordero) se recomienda el empleo de atmósferas modificadas que contengan dióxido de carbono por su acción antimicrobiana (28). En general, se requieren concentraciones de CO₂ superiores al 20% para conseguir este efecto.

Otro factor que influye en la composición de la atmósfera protectora destinada al envasado de carne fresca es el color. Las carnes rojas mantienen este color si existe una alta proporción de oxígeno en el paquete. En caso contrario, adquieren tonalidades pardas y grisáceas poco atractivas para el consumidor. Esta alteración del color no se considera importante cuando se trata de piezas grandes puesto que estos formatos no se destinan a la venta al por menor. En cualquier caso, estos colores indeseables desaparecen y se recupera el rojo brillante con la apertura de las bolsas y el contacto con el oxígeno.

Estas atmósferas ricas en O_2 favorecen las reacciones de oxidación y el crecimiento de microorganismos aerobios. Por este motivo, siempre se combina este gas con proporciones variables de dióxido de carbono. Como alternativa al oxígeno se investiga la utilización de monóxido de carbono para la estabilización del color rojo de la carne. De momento, la legislación europea no permite su uso en alimentación y sólo se emplea comercialmente a bajas concentraciones en algunos países no comunitarios.

Por otra parte, la carne fresca puede sufrir problemas de exudado con niveles altos de dióxido de carbono en el interior del envase. El exceso de agua contribuye al desarrollo microbiano y afea la presentación del alimento. Para evitar sus efectos negativos se colocan películas absorbentes que retienen el exudado en el fondo de las bandejas o se recurre a la técnica de "segunda piel" donde el material se ajusta estrechamente a la superficie del alimento y no permite su acumulación.

Los **elaborados cárnicos** suelen envasarse al vacío o en atmósfera modificada para preservarlos del deterioro microbiano y oxidativo. A diferencia de las carnes rojas, los productos curados y cocidos mantienen sus colores característicos si se elimina el oxígeno del espacio de cabeza. En presencia de este gas los pigmentos responsables del color se oxidan dando lugar a compuestos verdes, amarillos o incoloros (11).

Por último, la carne y sus derivados se envasan con materiales de baja permeabilidad al oxígeno y a la humedad para evitar las reacciones de oxidación y los problemas de deshidratación. Además, se recomiendan materiales de alta resistencia mecánica frente a las perforaciones y la rotura que pueden ocasionar los huesos presentes en algunas piezas.

2.2.3 Ventajas e inconvenientes del envasado en atmósfera protectora de los productos cárnicos

Ventajas

- Gracias a las atmósferas protectoras la carne fresca y los elaborados cárnicos cuentan con una vida útil más extensa y conservan sus cualidades sensoriales hasta la apertura del envase. La tabla 10 muestra algunos ejemplos de productos cárnicos envasados mediante estos sistemas.
- Los gases de envasado protegen el producto frente a la deshidratación superficial, la oxidación y otras alteraciones químicas y enzimáticas. También actúan sobre la proliferación bacteriana y la formación de aminas biógenas.
- El color rojo intenso de la carne fresca se mantiene con el empleo de atmósferas ricas en oxígeno en el envasado.

- Los materiales de envasado transparentes y con brillo contribuyen a mejorar la presentación del alimento, proporcionando una imagen natural que resulta muy atractiva para el consumidor. Además, los productos comercializados en lonchas se separan con más facilidad bajo una atmósfera protectora que en el envasado tradicional en aire.
- Los tratamientos complementarios (como el empleo de aditivos) pueden ser de menor intensidad e, incluso, eliminarse sin variación del tiempo de vida del producto.
- La hermeticidad de los envases evita los problemas de goteo por el exudado acumulado en el interior y de transmisión de olores al ambiente y entre los propios alimentos almacenados.
- El incremento de la vida comercial de estos productos permite ampliar la zona de distribución y reducir la frecuencia de reparto, la reposición de los lineales en los supermercados y el número de devoluciones.
- Se optimiza la gestión del trabajo, los almacenes y los equipos lo que supone una reducción de los costes productivos.

Vida útil de la carne fresca y algunos productos cárnicos envasados en atmósfera protectora

<i>Producto</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Temperatura de almacenamiento (°C)</i>	<i>Vida útil</i>
Carne fresca	Ternera, buey, cordero, cerdo	0-4	6-8 días
	Piezas grandes con pérdida de color	0-4	3-4 semanas
Carne picada	Hamburguesas, albóndigas, bistec tártaro	1-2	6-8 días
Embutido fresco	Salchichas crudas, longanizas, butifarras y chorizos frescos	0-4	12-21 días
Embutido cocido	Salchicha cocida, butifarra cocida, mortadela, morcilla	0-4	3-4 semanas
Elaborado cocido	Jamón cocido, fiambre, <i>chopped</i>	0-4	3-4 semanas
Embutido curado seco	Chorizo, salchichón	10-15	3-6 meses
Embutido curado semiseco	Chorizo, lomo embuchado, chistorra	2-8	2-4 meses
Salazones	Jamón curado, panceta, tocino, bacon	2-8	6-8 semanas
Embutido con microflora	<i>Fuet</i> , longaniza	2-8	2-3 meses
Vísceras	Riñones, corazón, hígado	0-4	8-10 días

TABLA 10 *Vida útil de algunos productos cárnicos envasados en atmósfera protectora (29).*

Inconvenientes

- Estos sistemas de envasado son más eficaces cuanto mejor se ajuste el diseño del ambiente gaseoso (gases que debe contener, concentraciones más adecuadas) a los requerimientos del producto.
- Si se pierde la hermeticidad del envase la atmósfera creada artificialmente en su interior se altera y desaparecen las ventajas asociadas a ella.
- El fenómeno de exudado producido por la disolución excesiva de CO_2 en los tejidos afecta negativamente a la textura y presentación del producto. En ocasiones se han detectado problemas de fisuras en la carne provocados por la liberación brusca de este gas de los tejidos durante el cocinado (30).
- El almacenamiento a temperaturas de refrigeración por encima del valor recomendado puede favorecer el desarrollo de microorganismos patógenos y alterantes aunque el alimento se encuentre envasado en atmósfera protectora.
- La adquisición de los equipos y los sistemas de control correspondientes suponen una inversión inicial elevada. También deben considerarse los costes derivados del material de envasado, los gases y, algunas veces, la contratación de personal cualificado para el manejo de la maquinaria.
- Se produce un aumento de los costes de transporte y almacenamiento debidos al mayor volumen de los paquetes con una atmósfera modificada.

2.3 Productos de la pesca

El envasado en atmósfera protectora, junto con unas buenas prácticas de elaboración y la aplicación de frío, contribuyen a preservar la calidad de los productos de la pesca y prolongar su vida útil. Estos alimentos tan perecederos se conservan habitualmente mediante la combinación de varios procesos entre los cuales se incluyen el envasado al vacío y en atmósfera modificada.

Las atmósferas protectoras se aplican a numerosos productos de la pesca (pescados, moluscos, crustáceos y cefalópodos) y su eficacia se ha comprobado tanto en productos frescos como procesados.

2.3.1 Vida útil de los productos de la pesca

El deterioro de los productos de la pesca se inicia inmediatamente después de la muerte del animal debido al desarrollo de la microflora presente en ellos y a las reacciones químicas y enzimáticas de degradación. Las características físico-químicas de estos productos, como una elevada actividad de agua y un pH neutro, la composición lipídica y la existencia de enzimas autolíticas y de microorganismos en la superficie corporal limitan considerablemente su vida útil.

Todos estos procesos de deterioro son dependientes de la temperatura. Tanto el crecimiento de la microflora como las reacciones de degradación predominantes varían según este parámetro. Por tanto, la conservación en condiciones óptimas de los productos de la pesca requiere, en la mayoría de los casos, un control estricto de la temperatura de almacenamiento.

Una de las causas del deterioro de estos productos es la proliferación microbiana. El músculo del pescado se contamina durante las etapas de evisceración y fileteado por los microorganismos procedentes de las branquias, los intestinos y la piel. Las prácticas higiénicas deficientes o incorrectas en la elaboración de estos productos reducen su tiempo de vida.

Además, las reacciones metabólicas de algunas bacterias originan compuestos causantes de mal olor (trimetilamina, compuestos azufrados) y otras sustancias perjudiciales para la salud (por ejemplo, la histamina que puede desencadenar problemas de alergia en población sensible).

Otros procesos que acortan la duración de los productos de la pesca son las reacciones enzimáticas que provocan el reblandecimiento de la textura y la aparición de olores y sabores extraños. Asimismo, la calidad de estos productos se ve afectada por las

reacciones de oxidación lipídica que dan lugar a sabores y olores a rancio. Éstas últimas son de mayor importancia en aquellos pescados con un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados como el pescado azul (31).

2.3.2 Envasado en atmósfera protectora de los productos de la pesca

Las tecnologías más frecuentes en el envasado en atmósfera protectora de los productos de la pesca son el vacío, el vacío “segunda piel” y la atmósfera modificada. En la tabla 11 se muestran algunos ejemplos de estos productos conservados bajo atmósferas modificadas y su tiempo de vida.

Vida útil de algunos productos de la pesca envasados en atmósfera modificada

Producto	Ejemplos	Temperatura de almacenamiento (°C)	Vida útil
Pescado blanco	Bacalao, lenguado, rape, merluza, rodaballo, platija, róbalo	-1 a 2	6-12 días
Pescado azul	Atún, sardina, trucha, salmón, arenque, caballa, anguila	-1 a 2	5-12 días
Pescado de piscifactoría	Trucha, dorada, lubina, salmón	-1 a 2	12-16 días
Pescado/ marisco congelado		-18	6-12 meses
Pescado ahumado	Trucha, salmón, arenque	0 a 4	3-5 semanas
Salazones	Bacalao	0 a 4	12-18 meses
Moluscos y crustáceos	Gambas, langosta, langostinos, mejillones, almejas, cangrejos	-1 a 2	6-10 días
Cefalópodos	Calamar, sepia, pulpo	-1 a 2	6-10 días

TABLA 11 *Vida útil de algunos productos de la pesca envasados en atmósfera modificada (32) (33).*

Los sistemas basados en el vacío inhiben el desarrollo de microorganismos aerobios y las reacciones de oxidación gracias a la pequeña proporción de oxígeno que queda en el envase. Además, evitan las quemaduras por frío, la formación de cristales de hielo y la deshidratación superficial de estos productos.

El envasado en atmósfera modificada del pescado presenta una particularidad comparado con el de otros alimentos. En general, la relación volumen de gas/volumen de producto se encuentra alrededor de dos. En cambio, los efectos positivos de los gases protectores se observan en el pescado cuando dicha relación es igual a tres.

La atmósfera creada en torno al producto suele contener dióxido de carbono, que se añade en concentraciones superiores al 25%, nitrógeno como gas de relleno y oxígeno, imprescindible en algunos casos. Las combinaciones más utilizadas son 40% CO₂: 30% N₂: 30% O₂ para pescado blanco y 60% CO₂: 40% N₂ en pescado azul (11).

Las atmósferas ricas en dióxido de carbono evitan el crecimiento microbiano. Sin embargo, cantidades elevadas de este gas desencadenan cambios indeseables en el producto envasado como colapso del envase, exudado y modificaciones de la textura. La incorporación de nitrógeno en el espacio de cabeza impide las deformaciones y el colapso del envase causados por la disolución del CO₂ en los tejidos del alimento.

Frente al problema del exudado la medida más eficaz es la reducción de la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera interna. También se incorporan almohadillas absorbentes en los paquetes para mejorar la presentación del producto. La pérdida de agua ocasionada por este fenómeno modifica la textura del pescado con un aumento de la dureza y la sequedad.

Asimismo, se aprecia un ligero sabor ácido entre los pescados y mariscos envasados con dióxido de carbono que se consumen sin un calentamiento previo. Determinados productos de la pesca experimentan variaciones de color y sabor cuando se exponen a altas concentraciones de CO₂. Este gas interfiere en ciertos pigmentos provocando la decoloración del alimento.

Respecto al oxígeno se recomienda incluir una pequeña proporción del mismo en los envases con el fin de inhibir el crecimiento de microorganismos anaerobios como *Clostridium botulinum*. Aparte de esta función, el O₂ mantiene el color rojizo del músculo del pescado (atún) y retrasa su pardeamiento (34).

Combinadas con la aplicación de frío, las atmósferas modificadas requieren que el producto se congele primero y luego se introduzca en el paquete, al contrario de lo que sucede en el envasado al vacío. De esta manera, se previenen los cambios de volumen por enfriamiento de los gases protectores. Además, se aconseja emplear nieve carbónica o dióxido de carbono líquido para la congelación porque se logra saturar el alimento con este compuesto antimicrobiano.

Algunos de los últimos desarrollos en el envasado en atmósfera protectora de productos de la pesca se centran en la producción de dióxido de carbono dentro del propio envase (envasado activo). Se trabaja con CO₂ sólido que sublima creando una atmósfera interna rica en el mismo, con reacciones químicas que se activan con el exudado procedente del alimento y liberan este gas y con otros generadores de dióxido de carbono.

También se trabaja en el desarrollo de atmósferas modificadas capaces de soportar la actividad metabólica de los moluscos vivos, como los mejillones, para la exportación de este tipo de productos a mercados internacionales (35).

Finalmente, en el envasado en atmósfera protectora de los productos de la pesca se utilizan materiales de envasado de alta barrera frente a los gases, resistentes a la perforación que pueden ocasionar las espinas y a las bajas temperaturas empleadas en la congelación.

2.3.3 Ventajas e inconvenientes del envasado en atmósfera protectora de los productos de la pesca

Ventajas

- La duración de los productos de la pesca envasados en atmósfera protectora es superior frente a los envasados en aire (tabla 12). Los gases utilizados previenen el desarrollo microbiano, las reacciones enzimáticas y de oxidación responsables de su deterioro.
- Estas tecnologías permiten reducir o eliminar otros procesos de conservación complementarios como el empleo de aditivos. Por ejemplo, se pretende sustituir los conservantes derivados del azufre, que sirven para evitar la melanosis en los crustáceos, por el envasado en atmósferas modificadas con SO_2 que reduce los residuos en el alimento.
- Los envases herméticos facilitan la gestión de almacenes. Con ellos no hay riesgo de pérdidas o goteo por el exudado ni transmisión de olores.
- Se reduce la formación de compuestos volátiles causantes de olores desagradables como la trimetilamina y de histamina que ocasiona reacciones alérgicas, sobre todo, en los productos envasados en atmósfera modificada.
- La presentación de los productos mejora, en especial, en los alimentos envasados por la tecnología de vacío "segunda piel".
- El sistema de distribución varía ya que el mayor tiempo de vida permite disminuir la frecuencia de reparto, ampliar la zona de distribución y reducir la reposición de los lineales en el punto de venta.
- Las pérdidas económicas debidas a las devoluciones son menores.

Vida útil de diversos productos de la pesca envasados en aire y en atmósfera protectora

Producto	Composición de la atmósfera protectora (%)	Temperatura de almacenamiento (°C)	Vida útil (días)	
			Aire	Atmósfera protectora
Caballa	40 CO ₂ / 60 N ₂	2-4	3	5
Salmón	40 CO ₂ / 60 N ₂	2-4	5	7
Pescadilla	40 CO ₂ / 30 N ₂ / 30 O ₂	2-4	3	5
Sardina	Vacío	4	3	9
Sardina	60 CO ₂ / 40 N ₂	4	3	12

TABLA 12 Comparación entre la vida útil de diversos productos de la pesca envasados en aire y en atmósfera protectora (36) (37).

Inconvenientes

- La elección adecuada de la mezcla de gases protectores requiere determinar las principales características físico-químicas y la microflora natural del producto. Ésta última varía según el origen del mismo (de aguas cálidas o frías, de agua dulce o salada, de piscifactoría).
- En atmósferas modificadas con un alto contenido en dióxido de carbono pueden generarse problemas de colapso del envase, exudado, modificaciones de la textura, aparición de sabores ácidos y decoloración del músculo.
- El empleo del envasado en atmósfera protectora resulta insuficiente por si solo para la conservación de los productos de la pesca y debe combinarse con la aplicación de frío.
- Se necesita establecer un control estricto de la temperatura durante el almacenamiento y distribución de este tipo de alimentos. Tanto en el envasado al vacío como bajo atmósferas modificadas existe riesgo de deterioro microbiano porque la microflora presente en ellos está adaptada a las bajas temperaturas. Las fluctuaciones en este parámetro pueden favorecer el desarrollo de patógenos y alterantes (tabla 13).
- Inicialmente la inversión en los equipos de envasado y los sistemas de control es alta. También debe considerarse el coste de los materiales de envasado y de los gases consumidos.
- En ocasiones, debe contratarse personal cualificado para el manejo de la maquinaria.

- El volumen de los paquetes es mayor (la relación volumen de gas/ volumen de producto es igual a tres en los productos de la pesca); por tanto, las necesidades de espacio para su almacenamiento, transporte y exposición aumentan.
- En el caso de que se produzca la ruptura del envase y se pierda su hermeticidad, desaparecen las ventajas derivadas del envasado en atmósfera protectora.

Vida útil de los productos de la pesca a distintas temperaturas

<i>Producto</i>	<i>Composición de la atmósfera modificada (%)</i>	<i>Temperatura de almacenamiento (°C)</i>	<i>Vida útil</i>
Gambas cocidas	20 CO ₂ / 80 N ₂	0 °C	> 7 meses
		5 °C	3 meses
		25 °C	4-6 días

TABLA 13 *Variaciones en la vida útil de los productos de la pesca a distintas temperaturas de almacenamiento (38).*

2.4 Productos de panadería y repostería

Los productos de panadería y repostería cuentan con una vida útil bastante limitada, sobre todo, cuando se distribuyen y comercializan a temperatura ambiente y sin envasar. Las tecnologías de envasado en atmósfera protectora incrementan su tiempo de vida, en muchos casos sin recurrir a la refrigeración, mediante el control que ejercen sobre el crecimiento microbiano y las reacciones físico-químicas de deterioro.

Dentro de este sector el empleo del envasado en atmósfera protectora se extiende a una amplia variedad de productos: pan común y panes especiales (de semillas, de varios cereales, con frutos secos, sin gluten), bollería (magdalenas, bizcochos), productos rellenos y recubiertos (napolitanas, *croissants*), pasteles y tartas y otros productos de baja actividad de agua (galletas, pastas de té). Cada uno de ellos presenta unos requerimientos distintos para su conservación que condicionan las características de la atmósfera protectora (39).

2.4.1 Vida útil de los productos de panadería y repostería

Los productos de panadería y repostería están exentos de microorganismos viables tras el proceso de horneado. Su contaminación se produce antes del envasado a través del entorno que los rodea (el aire del local, las superficies en contacto con ellos y los propios manipuladores).

Las principales alteraciones microbiológicas de estos alimentos se deben al desarrollo en su superficie de colonias de mohos y de levaduras. Estas últimas originan olores y sabores extraños como consecuencia de su metabolismo fermentativo en productos ricos en azúcares (masas rellenas con frutas, mermelada, almíbar, glaseados). Además, producen dióxido de carbono que provoca el hinchamiento del envase.

En el interior de las piezas pueden proliferar determinadas bacterias que forman esporas resistentes a las altas temperaturas de cocción. Su existencia es preocupante en masas parcialmente horneadas, como el pan precocido, en las que la menor permanencia en el horno favorece la germinación de las esporas y el desarrollo microbiano.

Los cambios físico-químicos que ocurren en los productos de panadería y repostería también acortan su vida comercial. Entre ellos destaca la retrogradación del almidón que ocasiona el endurecimiento de la masa. Este fenómeno afecta mayoritariamente a los productos de panadería y es menos frecuente en la bollería con un alto contenido en grasas y azúcares. Por su parte, en este tipo de bollería rica en grasas pueden aparecer sabores y olores indeseables (a rancio) como resultado de las reacciones de oxidación e hidrólisis lipídicas.

Otros problemas graves son la pérdida de humedad que da lugar al endurecimiento del producto, a la cristalización de los azúcares y a la sinéresis de mermeladas y cremas y las variaciones de color en los rellenos a causa de la degradación de los pigmentos (39).

2.4.2 Envasado en atmósfera protectora de productos de panadería y repostería

El sistema de envasado más adecuado para esta clase de alimentos es el envasado en atmósfera modificada. Debe descartarse el vacío porque se trata de productos de textura blanda y frágil que se deformarían durante la evacuación del aire del interior del paquete.

La composición de la atmósfera modificada más habitual en productos de panadería y repostería consiste en CO₂ exclusivamente o en la combinación de nitrógeno y dióxido de carbono (tabla 14). El nitrógeno actúa como gas de relleno mientras que el dióxido de carbono se añade por su acción bacteriostática y fungistática. En otros países se permite el empleo de liberadores de etanol que impiden el crecimiento de microorganismos, tales como levaduras y bacterias ácido-lácticas, tolerantes a las altas concentraciones de CO₂ utilizadas.

Atmósferas modificadas para el envasado de productos de panadería y repostería

Producto	Atmósfera (%)	
	CO ₂	N ₂
Pan de molde	50-100	0-50
Pan de centeno	100	-
Pan de pita	70-100	0-30
Pan precocido	60-100	0-40
Bizcochos	50-100	0-50
Brioche	50-100	0-50
Magdalenas	50	50
Croissants	100	-
Pastas de té	50	50
Hojaldres	50	50
Plum-cake	60-80	20-40
Crêpes	50-80	20-50

TABLA 14 Composición gaseosa de las atmósferas modificadas empleadas en el envasado de productos de panadería y repostería (39).

La ausencia de oxígeno es necesaria para evitar el desarrollo de microorganismos aerobios patógenos y alterantes y las reacciones de oxidación que afectan a lípidos y

pigmentos. Sin embargo, la estructura porosa de la masa retiene una cantidad importante del mismo. Su eliminación es posible mediante la incorporación en el envase de absorbedores de O_2 que atrapen el gas contenido en la miga.

Con respecto a los materiales de envasado se seleccionan láminas con buenas propiedades barrera frente al oxígeno y al vapor de agua. Éstos evitan la pérdida excesiva de humedad lo que ralentiza el endurecimiento de la masa.

Los equipos de envasado más extendidos en este sector son los sistemas de formado-llenado-sellado del tipo *Flow-pack*. Estas líneas trabajan con el método de barrido con gas de manera que no realizan vacío para evacuar el aire y, por tanto, no ocasionan deformaciones en el producto. No obstante, para las piezas con una sensibilidad al oxígeno elevada (productos ricos en grasas, con frutos secos) se recomiendan equipos que generen la atmósfera protectora con la técnica de vacío compensado (39) (40).

2.4.3 Ventajas e inconvenientes del envasado en atmósfera modificada de productos de panadería y repostería

Ventajas

- Se produce un incremento considerable del tiempo de vida del producto (entre el 50-400%) por el efecto que ejerce este método de envasado sobre la proliferación microbiana y las alteraciones físico-químicas. En la tabla 15 se indica la vida útil que alcanzan algunos productos de panadería y repostería envasados en atmósfera modificada.
- La ausencia de oxígeno en los paquetes previene los problemas de crecimiento de microorganismos aerobios y la oxidación de lípidos y pigmentos que conducen a la formación de olores y sabores extraños y a modificaciones en el color.
- La aparición del endurecimiento de la masa es más tardía gracias a la baja permeabilidad al vapor de agua de los materiales de envasado que impide la pérdida de humedad.
- En algunos casos, se reducen o eliminan otros procesos de conservación complementarios como, por ejemplo, el uso de aditivos y el almacenamiento bajo refrigeración.
- El envasado en atmósfera modificada mejora la presentación del producto y mantiene su textura inicial durante más tiempo que el envasado tradicional en aire.

- Se produce un número menor de devoluciones al aumentar la duración de los productos.
- Mejora de la gestión de almacenes por la manipulación de envases herméticamente cerrados que no presentan riesgo de goteo o mezclas de olores.
- Mejora de la logística de distribución porque el EAM permite disminuir la frecuencia de reparto y ampliar la zona geográfica de distribución.
- En general, mejora de la gestión del trabajo, los equipos y las instalaciones lo que supone un descenso de los costes de producción y almacenamiento (40).

Vida útil de algunos productos de panadería y repostería envasados en atmósfera modificada

Producto	Composición de la atmósfera modificada (%)	Temperatura de almacenamiento (°C)	Vida útil
Pan de molde	100 CO ₂	Ambiente	2-3 meses
Pan precocido	100 CO ₂	Ambiente	1-2 meses
Bizcochos	50 CO ₂ / 50 N ₂	Ambiente	3-4 meses
Brioche	50 CO ₂ / 50 N ₂	Ambiente	2-3 meses
Magdalenas	50 CO ₂ / 50 N ₂	Ambiente	2-3 meses
Croissants	100 CO ₂	Ambiente	15-25 días
Hojaldres	50 CO ₂ / 50 N ₂	Ambiente	45 días
Crêpes	50 CO ₂ / 50 N ₂	Ambiente	1-2 meses

TABLA 15 *Composición gaseosa, temperatura de almacenamiento y vida útil de algunos productos de panadería y repostería envasados en atmósfera modificada (39).*

Inconvenientes

- Para una conservación óptima del producto mediante la tecnología de EAM es imprescindible el diseño de una atmósfera protectora de acuerdo a sus requerimientos. Esto implica disponer de datos sobre la composición química, las reacciones bioquímicas de deterioro más relevantes, la microflora natural, etc. de cada alimento.
- La eliminación del oxígeno hasta alcanzar niveles aceptables es bastante compleja debido a la estructura porosa de la masa donde queda ocluida una cantidad residual de este gas. Puede ser necesario el empleo de absorbedores de O₂ en los productos más sensibles a la oxidación.

- El EAM no evita determinadas reacciones de deterioro que afectan a estos alimentos como la retrogradación del almidón. Tampoco frena el hinchamiento de los envases ocasionado por el metabolismo fermentativo de bacterias lácticas y levaduras.
- El efecto protector del EAM desaparece si se daña la integridad del envase.
- La adquisición de los equipos de envasado y sistemas de control supone una inversión inicial elevada a la que debe sumarse el coste del material de envasado y los gases empleados.
- Puede ser necesaria la incorporación de personal cualificado para el manejo de la maquinaria de envasado y de los sistemas de control (40).

2.5 Productos lácteos

Otro sector donde se utilizan con frecuencia las tecnologías de envasado en atmósfera protectora es el lácteo. La leche y muchos de sus derivados se deterioran con facilidad en condiciones de almacenamiento inapropiadas (temperatura alta, exposición a la luz, contacto con el oxígeno). La elevada proporción de nutrientes que contienen favorece el desarrollo de su microflora natural y de otros microorganismos procedentes del entorno que alteran sus características.

Los productos lácteos conservan su calidad higiénica y sensorial durante más tiempo bajo un ambiente gaseoso creado artificialmente. Los gases de envasado seleccionados para constituir este ambiente actúan sobre el crecimiento microbiano y las reacciones de oxidación lipídica.

Dentro de este sector la aplicación de atmósferas protectoras está muy extendida en el envasado de todo tipo de quesos, sobre todo, de productos con nuevos formatos de presentación (quesos rallados, en polvo, en lonchas). Además, estos sistemas de envasado se emplean en otros productos tales como leche cruda, leche en polvo, mantequilla, yogures y leches fermentadas, natillas, *mousse* y otros postres lácteos, crema de queso, crema pastelera y nata.

2.5.1 Vida útil de los productos lácteos

En general, los productos lácteos que no se han sometido a un tratamiento térmico intenso deben conservarse en refrigeración para evitar el deterioro causado por los microorganismos. El tipo de alteración microbiana varía en función de la actividad de agua del alimento. Cuando ésta es baja predomina el desarrollo de mohos como sucede en los quesos madurados.

En cambio, si la proporción de agua disponible es alta proliferan las bacterias. Por ejemplo, en los quesos frescos las reacciones fermentativas de la propia flora bacteriana modifican negativamente sus características (reducen el pH y generan sabores ácidos) (41).

Otro gran problema que afecta a los derivados lácteos es la oxidación de sus componentes lipídicos que origina sabores y olores a rancio. Los productos más sensibles a estas alteraciones son la leche en polvo, la nata y la mantequilla. En concreto, en el proceso de elaboración de la leche en polvo los gránulos deshidratados del producto retienen una pequeña cantidad de oxígeno en su estructura. Este gas se libera en el espacio de cabeza del envase tras su cierre dando lugar a modificaciones indeseables en el alimento.

2.5.2 Envasado en atmósfera protectora de productos lácteos

El envasado en atmósfera protectora incrementa la vida comercial de los productos lácteos gracias a la ausencia de oxígeno en el interior del paquete unida a la acción antimicrobiana de algunos gases. Las dos tecnologías de envasado utilizadas en estos productos son el vacío y la atmósfera modificada. La elección de una u otra depende de la textura del alimento. No se recomienda el vacío para aquellos productos con una textura blanda o frágil. La siguiente tabla recoge varios ejemplos de derivados lácteos envasados mediante el sistema de atmósfera modificada.

Vida útil de algunos productos lácteos envasados en atmósfera modificada

Producto	Temperatura de almacenamiento (°C)	Vida útil
Quesos curados	0-5	4-6 meses
Quesos semicurados	0-5	2-3 meses
Quesos rallados	0-5	3-5 meses
Quesos en lonchas	0-5	> 6 meses
Quesos frescos (burgos, <i>mozzarella</i> , feta, requesón)	0-5	14-21 días
Yogur	0-5	6-8 meses
Nata, cremas, <i>mousse</i>	0-5	10-14 días
Leche en polvo	Ambiente	> 18 meses

TABLA 16 *Vida útil de algunos productos lácteos envasados en atmósfera modificada (42).*

La estabilidad microbiológica de los productos lácteos se logra mediante la incorporación de dióxido de carbono en el envase. Las concentraciones en torno al 20% son suficientes para inhibir la proliferación de mohos y bacterias en quesos. Los quesos madurados pueden conservarse en atmósferas exclusivamente de CO_2 (100% CO_2). Por el contrario, en los quesos blandos el contenido máximo de dióxido de carbono ronda el 40%. Al tratarse de productos con una proporción de agua mayor existe un riesgo importante de colapso del envase lo que obliga a incluir nitrógeno en su interior como gas de relleno (41).

En la actualidad se investiga un nuevo uso del dióxido de carbono en la industria láctea aparte del envasado en atmósfera protectora. Éste consiste en la inyección directa de CO_2 en el producto con el fin de incrementar su vida útil. De momento, se ha probado en leche cruda y en leche destinada a la elaboración de quesos, helados y yogur. Los resultados muestran que esta técnica duplica e incluso triplica la duración de estos productos (43).

Los derivados lácteos sensibles a la oxidación como la nata, la leche en polvo y la mantequilla se envasan en atmósferas inertes de nitrógeno generadas por el método de

barrido con gas. Este mismo sistema denominado *inertización* se emplea en los depósitos donde se almacena la leche antes de su envasado aséptico.

Para los productos que contienen microorganismos vivos se estudian distintas composiciones gaseosas capaces de mantener un crecimiento controlado de los mismos durante el periodo de almacenamiento. Estos microorganismos son imprescindibles para el desarrollo de las características organolépticas, como ocurre en los quesos madurados con mohos, y para las propiedades funcionales del alimento, en el caso de los yogures y productos probióticos basados en leches fermentadas.

Por último, en el envasado en atmósfera protectora de productos lácteos se necesitan envases con una permeabilidad baja al oxígeno y a la humedad, que evitan el deterioro oxidativo de los lípidos y la pérdida de peso del alimento. Los sistemas de envasado más frecuentes en este sector son los equipos horizontales de formado-llenado-sellado.

2.5.3 Ventajas e inconvenientes del envasado en atmósfera protectora de productos lácteos

Ventajas

- Con respecto al envasado tradicional en aire las atmósferas protectoras prolongan la vida comercial de los productos lácteos porque inhiben el crecimiento microbiano y las reacciones de oxidación que afectan a los compuestos lipídicos.
- El aumento de la vida útil de estos alimentos permite espaciar más el reparto al punto de venta y ampliar la zona de distribución, reducir las devoluciones del producto y disminuir su reposición en los lineales.
- La presentación resulta más atractiva. Los productos en lonchas se separan con mayor facilidad y aquellos en polvo o rallados no experimentan problemas de agregación.
- Como el alimento se encuentra envasado herméticamente no hay problemas de transmisión de olores durante su almacenamiento y exposición para la venta. Esta ventaja puede ser muy importante en el caso de ciertos tipos de quesos.
- En determinados productos permite reducir la intensidad de otros procesos complementarios de conservación como el empleo de aditivos.

Inconvenientes

- Es necesario adecuar la composición gaseosa de la atmósfera artificial a los requerimientos del producto. El diseño de esta atmósfera es más complejo en aquellos derivados lácteos que contienen microorganismos vivos como quesos, yogures, otras leches fermentadas, etc.
- La pérdida de hermeticidad del envase supone la desaparición de las ventajas que aportan las atmósferas protectoras.
- La inversión inicial en los equipos de envasado y de control de fugas es elevada. Además deben considerarse el coste de los materiales y gases de envasado y, en ocasiones, la necesidad de personal cualificado para el manejo de los equipos.
- El empleo del envasado en atmósfera modificada incrementa el volumen de los paquetes que precisan de un espacio mayor para su almacenamiento, transporte y exposición.
- El envasado en atmósfera protectora es insuficiente en muchos casos y debe complementarse con otros procesos de conservación como el mantenimiento del producto a temperaturas de refrigeración. Cuando esta condición no se cumple existe riesgo de proliferación microbiana en el producto.
- Puede desencadenarse el colapso del envase en productos con un alto porcentaje de agua en su composición si se envasan en atmósferas ricas en dióxido de carbono.

2.6 Otros productos

A continuación se enumeran otros productos alimenticios cuya vida útil puede prolongarse mediante el envasado en atmósfera protectora. En la mayoría de ellos el principal factor responsable de su deterioro es la oxidación. Por tanto, en su envasado se aplican sistemas que protegen frente a la acción del oxígeno y se utilizan materiales poliméricos de alta barrera o láminas metalizadas.

Vino

El vino es un producto que puede sufrir alteraciones en su aroma y sabor debido a las reacciones de oxidación. Para minimizar este riesgo es importante evitar su contacto con el oxígeno. Una práctica habitual en la industria vitivinícola es sustituir el aire de los tanques de almacenamiento por nitrógeno. Este proceso conocido como inertización permite incrementar el tiempo de vida del vino.

Asimismo, el espacio de cabeza de las botellas se barre con gases protectores para desplazar el aire. En general, se emplean dióxido de carbono y nitrógeno solos o combinados. También se utilizan atmósferas inertes basadas en argón. Frente al nitrógeno este gas presenta la ventaja de desplazar en menor tiempo el aire contenido en la botella. Sin embargo, su coste es más elevado que el del N_2 (13).

Zumos de frutas

Otra bebida sensible a la presencia del oxígeno son los zumos de frutas. Las reacciones de oxidación en los zumos afectan tanto al color como al sabor de estos productos. Además de estas modificaciones organolépticas, se producen pérdidas nutritivas como la oxidación de vitaminas, por ejemplo, de la vitamina C en zumos de cítricos.

Al igual que en el vino, el aire del espacio de cabeza de los envases y tanques de almacenamiento para zumos se sustituye por una atmósfera no oxidante compuesta por nitrógeno y/ o dióxido de carbono.

El empleo de gases protectores en la conservación de estos productos no se limita a la etapa de envasado. Durante su elaboración se inyectan microburbujas de nitrógeno en el zumo para eliminar el oxígeno disuelto en él.

Café

Tras el tueste el café envejece de forma muy rápida y pierde sus propiedades organolépticas si permanece en contacto con el oxígeno y capta humedad del ambiente. Por este motivo, el proceso de envasado debe realizarse de inmediato. Los sistemas de envasado más comunes para este producto son la atmósfera modificada y el vacío.

El café en grano se envasa en un ambiente inerte de nitrógeno con una válvula unidireccional en el paquete. Después del tostado el café desprende dióxido de carbono que sale al exterior a través de dicha válvula lo que evita el estallido del envase. La vida útil conseguida con este método supera los dieciocho meses.

El café molido puede conservarse al vacío, donde la cantidad residual de oxígeno es mínima, o en atmósfera modificada. Aunque la mayor parte del CO_2 se libera en la molienda, en los paquetes con atmósfera modificada se incorporan válvulas unidireccionales o absorbedores de dióxido de carbono o se emplean materiales de envasado muy permeables a este gas. La duración del café molido al vacío y en atmósfera modificada sobrepasa los doce meses.

El café instantáneo se envasa habitualmente con nitrógeno. Este producto es más sensible que el resto a la oxidación y la absorción de humedad de manera que requiere materiales de envasado de alta barrera frente al O_2 y al vapor de agua.

Frutos secos y snacks

Gran parte de los frutos secos y *snacks* se comercializan envasados en atmósfera protectora con el objeto de prevenir la oxidación o enranciamiento de sus componentes lipídicos, reacción que origina sabores y olores indeseables en estos productos. Estas alteraciones organolépticas son inapreciables cuando los niveles de oxígeno en el espacio de cabeza se encuentran por debajo del 0.2%, que se consiguen con un envasado al vacío y en atmósfera modificada (44).

El envasado al vacío es bastante efectivo para evitar el enranciamiento pero este sistema no puede aplicarse a *snacks* de textura frágil o blanda como las patatas fritas y los productos extrusionados.

En el envasado en atmósfera modificada se utilizan mayoritariamente ambientes inertes de nitrógeno y/ o algún gas noble como el argón y el helio. En ocasiones, se incluye también dióxido de carbono por su acción antimicrobiana. En el EAM, los gases también protegen a los alimentos más frágiles de daños mecánicos siempre que la relación entre su volumen y el volumen del producto sea elevada.

Vida útil de frutos secos y *snacks* envasados en atmósfera modificada

Producto	Ejemplo	Temperatura de almacenamiento	Vida útil (meses)
Frutos secos	Nueces, pistachos, almendras peladas	Ambiente	6-12
<i>Snacks</i>	Patatas fritas, cortezas, palomitas	Ambiente	4-6
Frutas deshidratadas	Higos, ciruelas, pasas	Ambiente	12

TABLA 17 *Vida útil de algunos frutos secos y snacks envasados en atmósfera modificada (44).*

Otros productos de baja actividad de agua

Aparte de los frutos secos y *snacks* hay otros productos de baja actividad de agua que contienen lípidos sensibles a las reacciones de oxidación. Éste es el caso de los productos derivados de cereales (copos de avena, copos de maíz, arroz hinchado, muesli) y de muchos productos deshidratados (sopas, puré de patatas, especias, hierbas aromáticas, té, cacao).

La vida útil de estos alimentos es bastante larga gracias a la pequeña proporción de agua libre que presentan. La sustitución del aire del envase por una atmósfera con gases inertes y carente de oxígeno incrementa más su tiempo de vida. A temperatura ambiente los productos basados en cereales se conservan en atmósfera modificada durante 6-8 meses mientras que los deshidratados superan los 18 meses (44).

Además, este tipo de alimentos puede captar humedad del ambiente por lo que requieren materiales de envasado de alta barrera frente a los gases, incluido el vapor de agua.

Aceites comestibles

El efecto negativo del oxígeno sobre los aceites comestibles se traduce en una disminución de su calidad por la aparición de sabores y olores a rancio y la alteración de determinados nutrientes como la vitamina E.

Tanto los aceites como algunos productos elaborados con ellos (mayonesa, salsas, aliños) pueden envasarse bajo una atmósfera protectora de nitrógeno. Además, el N₂ se emplea en la inertización de los tanques de almacenamiento del aceite y para eliminar el oxígeno disuelto en él mediante su aplicación en forma de microburbujas (45).

Platos preparados

Dentro de la denominación de platos preparados se incluyen productos con ingredientes muy dispares: vegetales, carne, pescado, lácteos, pasta, etc. Esta composición determina

los factores responsables del deterioro que predominan en cada uno de ellos (proliferación microbiana, oxidación lipídica, reacciones enzimáticas) y que se han descrito en epígrafes anteriores. A su vez, estos factores condicionan el diseño de la atmósfera protectora, los gases que debe contener y su concentración.

El envasado en atmósfera protectora es un método de conservación muy extendido en los platos preparados, sobre todo, el sistema de atmósfera modificada unido a la refrigeración. La combinación de estas dos tecnologías ha reemplazado en numerosas aplicaciones a la congelación debido a que el EAM proporciona una imagen más atractiva y natural del producto. La tabla 18 muestra algunos ejemplos de platos preparados envasados en atmósfera modificada.

También se emplea el sistema de envasado al vacío aunque con menor frecuencia porque puede alterar la decoración de los platos preparados, una característica muy valorada por el consumidor.

Vida útil de algunos platos preparados envasados en atmósfera modificada

Plato preparado	Ejemplos	Temperatura de almacenamiento (°C)	Vida útil
Vegetales	Ensaladas con arroz, de pasta	0-4	14-21 días
De carne	Empanada, brochetas, guisos, croquetas	0-4	14-21 días
De pescado	Empanadillas, palitos rebozados	0-4	14-21 días
Legumbres cocidas	Lentejas, judías, garbanzos	0-4	14-21 días
De pasta	Pasta fresca, rellena de carne, queso o verduras, canelones, lasaña	0-4	3-4 semanas
Sandwiches	Pan de molde con vegetales, embutido, tortilla	0-4	3-4 semanas
Base de masa	Pizza, quiche, empanada	0-4	3-4 semanas

TABLA 18 *Vida útil de algunos platos preparados envasados en atmósfera modificada (46).*

Con respecto a los materiales de envasado se utilizan compuestos muy diversos, desde láminas con propiedades de alta barrera hasta polímeros semipermeables, según las necesidades del alimento. En ocasiones, los propios envases sirven como recipientes para el calentamiento del plato preparado y éstos se fabrican con materiales aptos para su uso en hornos convencionales y microondas.

CAPÍTULO 3

Tendencias en el envasado en atmósfera protectora

- 3.1 Gases de envasado (PÁG. 79)
- 3.2 Envasado activo (PÁG. 80)
- 3.3 Envasado inteligente (PÁG. 86)
- 3.4 Recubrimientos comestibles (PÁG. 87)

Las principales áreas de investigación dentro de las tecnologías de envasado en atmósfera protectora son:

- La aplicación de estos procesos para la conservación tanto de nuevos productos como de alimentos tradicionales de alto valor añadido (productos de IV y V gama, mínimamente procesados, con distintivos de calidad y origen y productos protegidos, procedentes de la agricultura biológica, platos preparados) que se comercializan en novedosos formatos de presentación.
- El estudio de gases de envasado alternativos al oxígeno, el dióxido de carbono y el nitrógeno, algunos de los cuales están autorizados en la legislación europea y pueden emplearse a escala comercial.
- El desarrollo de materiales y objetos activos, capaces de modificar la atmósfera protectora tras el cierre hermético del envase, e inteligentes para controlar la composición gaseosa del espacio de cabeza.
- El desarrollo de nuevos materiales de envasado y estructuras multicapa con prestaciones superiores a los convencionales como, por ejemplo, los nanocomposites formados por componentes orgánicos (polímeros) e inorgánicos (arcillas). También se trabaja en el diseño de recubrimientos comestibles para la conservación de una amplia variedad de alimentos.
- La combinación del envasado en atmósfera protectora con otras tecnologías de conservación como cocción al vacío, irradiación, luz ultravioleta, altas presiones,...

3.1 Gases de envasado

Las investigaciones relativas a los gases protectores se estructuran en dos líneas básicas: los nuevos sistemas de aplicación de los gases convencionales (oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno) y el empleo de otros gases de interés en el envasado de alimentos.

En primer lugar, se trabaja en el desarrollo de nuevos tratamientos de conservación utilizando gases convencionales como el oxígeno y el dióxido de carbono. Por ejemplo, en el almacenamiento en atmósfera controlada de vegetales frescos se estudia la eficacia de ambientes muy pobres en O_2 (sistemas ILOS y UL0) y de elevadas concentraciones del mismo (choque de oxígeno) para inhibir el crecimiento de microorganismos y otras alteraciones responsables del deterioro de estos productos.

Asimismo, se experimenta la inyección de dióxido de carbono directamente en el alimento. Con este proceso se logra un aumento considerable del tiempo de vida en los productos lácteos gracias a las propiedades antimicrobianas de este gas.

En segundo lugar, se investigan diversos gases como alternativa a los empleados habitualmente en las tecnologías de envasado en atmósfera protectora. En el epígrafe 1.2.4. se indican varios de ellos junto con una descripción de sus principales características, sus aplicaciones potenciales en el envasado de alimentos y las causas que limitan o impiden su uso a escala comercial en la actualidad.

3.2 Envasado activo

El envasado activo tiene como finalidad incrementar el tiempo de conservación de los alimentos y preservar o potenciar sus propiedades organolépticas. Para ello se liberan sustancias de interés (antimicrobianos, antioxidantes, aromas) y/ o se retiran compuestos indeseables (oxígeno, etileno, olores) del producto envasado o de su entorno.

Algunos de estos envases activos actúan sobre la composición gaseosa del interior del paquete con el fin de establecer una atmósfera protectora. Entre ellos se encuentran: absorbedores de oxígeno, generadores y absorbedores de dióxido de carbono, absorbedores y reguladores de humedad, absorbedores de etileno, generadores de gases con actividad antimicrobiana y dispositivos donde se combinan los anteriores.

Estos sistemas pueden presentarse en formatos diferentes. En algunos casos, los reactivos o compuestos químicos implicados en la producción o eliminación de gases se incluyen en una etiqueta situada en la superficie interna del paquete. En otros, se introducen dentro del envase en pequeñas bolsas fabricadas con materiales permeables. El mayor inconveniente de éstos últimos es el rechazo de algunos consumidores a la presencia de elementos distintos del alimento en el paquete por el riesgo de ingestión accidental de su contenido si se produce la rotura de la bolsa.

Otra posibilidad es incorporarlos en películas poliméricas o en adhesivos, tintas, etc. formando parte de materiales de envasado multicapa. Con esta alternativa se reducen los problemas de migración del compuesto químico hacia el alimento porque no hay contacto directo entre ambos.

Frente a los procesos de envasado en atmósfera protectora convencionales, el empleo de envases activos supone una menor inversión en maquinaria y la simplificación de las líneas de envasado. Gracias a estos envases las condiciones de conservación de determinados productos mejoran con respecto a su envasado al vacío o en atmósfera modificada. Por ejemplo, pueden reducir la cantidad residual de oxígeno en el paquete hasta niveles muy inferiores a los obtenidos con el EV.

Otra ventaja destacable de los envases activos es su capacidad para eliminar los gases procedentes del exterior que atraviesan las películas poliméricas, a diferencia de lo que ocurre en el envasado en atmósfera protectora tradicional.

Por último, existen numerosos dispositivos y materiales comerciales basados en la tecnología de envasado activo que se aplican a una amplia variedad de productos alimenticios. Las investigaciones en este campo continúan para recopilar más información sobre su comportamiento bajo distintas condiciones de conservación y manipulación y permitirán desarrollar envases de mayor eficacia (47).

3.2.1 Absorbedores de oxígeno

Los absorbedores de oxígeno permiten reducir los niveles de O₂ hasta diez veces más que el envasado al vacío (48). La tabla 19 muestra algunos absorbedores de este tipo disponibles en el mercado.

Absorbedores de oxígeno

Nombre comercial	Fabricante	País del fabricante
Ageless®	Mitsubishi Gas Chemical Co.	Japón
Amosorb® 2000	BP Amoco Chemical	Estados Unidos
Amosorb® 3000	BP Amoco Chemical	Estados Unidos
ATCO®	Standa Industrie	Francia
Bioka®	Bioka Ltd.	Finlandia
Darex®	Grace Performance Chemicals	Estados Unidos
Freshlizer®	Toppan Printing Co.	Japón
FreshMax®	Multisorb Technologies Inc.	Estados Unidos
FreshPax®	Multisorb Technologies Inc.	Estados Unidos
Keplon™	Keplon Co.	Japón
Modulan™	Nippon Kayaku Co.	Japón
Negamold® 1	Freund Industrial Co.	Japón
OS2000®	Sealed Air Corporation	Estados Unidos
Oxbar™	Crown Cork and Seal	Estados Unidos
Oxyguard™	Toyo Seikan Kaisha	Japón
Oxysorb®	Pillsbery Co.	Estados Unidos
Oxyeater™	Ueno Seiyaku Co.	Japón
Smartcap®	Advanced Oxygen	Estados Unidos
Pure Seal®	Technologies Inc.	Estados Unidos
Sanso-cut®	Finetech Co.	Japón
Sansoles™	Hakuyo Co.	Japón
Secule®	Nippon Soda Co.	Japón
Sequel®	Dai Nippon Co.	Japón
Tamotsu™	Oji Kako Co.	Japón
Vitalon® 2	Toagosei Chemical Co.	Japón
ZERO2™	CSIRO and VisyPak	Australia

TABLA 19 Ejemplos de absorbedores de oxígeno comerciales (47).

En general, se trata de sales ferrosas que reaccionan con el oxígeno para formar óxido de hierro bajo determinadas condiciones de humedad. En ocasiones, estos compuestos confieren un sabor metálico al alimento por lo que se han estudiado otras alternativas basadas en ácido ascórbico, enzimas (glucosa-oxidasa y etanol-oxidasa), sustancias fotosensibles, ácidos grasos insaturados (ácido oléico, ácido linoléico y ácido linolénico), etc.

Los absorbedores de oxígeno resultan de gran utilidad en el envasado de alimentos sensibles a este gas. Se emplean para evitar las alteraciones causadas por las reacciones de oxidación en carnes con un alto contenido en grasa, pescados ricos en ácidos grasos poliinsaturados, productos de panadería y bollería donde un porcentaje importante de O_2 queda retenido en la miga y productos lácteos como la nata, la leche en polvo y la mantequilla.

Aparte de esta protección frente a las alteraciones oxidativas, la incorporación de absorbedores de oxígeno en los envases inhibe el crecimiento de microorganismos aerobios patógenos y alterantes y de insectos.

3.2.2 Generadores y absorbedores de dióxido de carbono

La presencia de dióxido de carbono en el espacio de cabeza del envase es interesante por su actividad antimicrobiana. Sin embargo, el CO_2 difunde a través del material de envasado entre 2 y 6 veces más rápido que otros gases protectores.

Los generadores de dióxido de carbono (tabla 20) contienen bicarbonato sódico como principio activo. Producen este gas de manera continua y así mantienen en el interior del paquete la concentración necesaria para inhibir la proliferación de microorganismos. Su utilización se limita a determinados alimentos como algunas carnes frescas, pescados y quesos. Esto se debe a que cantidades elevadas de CO_2 pueden causar alteraciones en el sabor y la textura, problemas de exudado, daños fisiológicos en los vegetales frescos, etc.

Generadores de dióxido de carbono

Nombre comercial	Fabricante	País del fabricante
Ageless® G	Mitsubishi Gas Chemical Co.	Japón
Freshlizer® C	Toppan Printing Co.	Japón
Freshlizer® CW	Toppan Printing Co.	Japón
FreshPax® M	Multisorb Technologies Inc.	Estados Unidos
Vitalon® G	Toagosei Chemical Co.	Japón
Verifrais®	SARL Codimer	Francia

TABLA 20 *Generadores de dióxido de carbono más importantes disponibles en el mercado (47).*

En cuanto a los absorbedores de CO_2 , utilizan hidróxido cálcico o carbón activo (en este último caso son adsorbedores) para captar este gas. Una de sus aplicaciones más común es evitar el estallido de los envases de café molido recién tostado (47).

3.2.3 Absorbedores de agua y reguladores de la humedad

La presencia de agua en estado líquido o gaseoso en el interior del envase favorece la alteración físico-química y microbiológica de los alimentos. Este agua puede quedar retenida en el espacio de cabeza en el momento del envasado, ser generada por el propio producto durante su almacenamiento (exudado, respiración, transpiración) o proceder del medio exterior.

Los absorbedores de agua se componen de una película polimérica (sales de poliacrilato, amidas modificadas, copolímeros de almidón) con una gran capacidad para retener agua líquida que se recubre con otros materiales microporosos. Suelen colocarse en las barquetas destinadas a alimentos con una actividad de agua elevada como vegetales frescos, carnes y pescados. La presentación del producto mejora gracias a ellos porque evitan la acumulación de exudado en el fondo de las bandejas.

Los reguladores de humedad captan vapor de agua de la atmósfera interna del envase. Pueden contener una o más sustancias humectantes (por ejemplo, propilenglicol) incluidas en bolsas o situadas entre las láminas de polímeros muy permeables a la humedad. Este tipo de reguladores se utiliza especialmente en el envasado de carne de ave y pescado. También hay reguladores basados en compuestos desecantes tales como gel de sílice, óxido de calcio y arcillas naturales (montmorillonita) en bolsas y etiquetas. Estos dispositivos sirven para el control de la humedad en productos muy diversos como carnes, quesos, vegetales frescos, frutos secos, especias y *snacks* (47).

En la tabla 21 se indican algunos absorbedores de agua y reguladores de humedad que pueden encontrarse en el mercado.

Absorbedores de agua y reguladores de humedad

Producto	Nombre comercial	Fabricante	País del fabricante
Absorbedores de agua	Peaksorb®	Peakfresh Products	Australia
	Supasorb®	Thermarite	Malasia
	Toppan™	Toppan Printing Co.	Japón
Reguladores de humedad	DesiPax®	Multisorb Technologies Inc.	Estados Unidos
	MiniPax®	Multisorb Technologies Inc.	Estados Unidos
	StripPax®	Multisorb Technologies Inc.	Estados Unidos
	Pichit™	Showa Denko	Japón
	Tyvek™	Dupont	-

TABLA 21 *Absorbedores de agua y reguladores de humedad comerciales (47).*

Aparte de estos absorbedores y reguladores, se fabrican láminas poliméricas con aditivos antivaho que evitan la pérdida de visibilidad provocada por la condensación de vapor de agua en la superficie interna del envase.

3.2.4 Absorbedores de etileno

Determinadas frutas y hortalizas frescas liberan etileno, hormona que acelera el proceso de la respiración y favorece su maduración. Cuando la concentración de este gas es alta los vegetales alcanzan la senescencia, las hojas y otras partes verdes amarillean, los frutos se ablandan y aparecen otros desórdenes que afectan a su calidad.

Los dispositivos que retiran el etileno de la atmósfera interna del envase contienen compuestos químicos con capacidad de adsorción/ absorción y pueden presentarse en bolsas o en láminas. Estos compuestos suelen ser:

- Permanganato potásico inmovilizado sobre un sustrato mineral inerte (gel de sílice, carbón activo, zeolita, perlita).
- Catalizadores metálicos (paladio) inmovilizados sobre carbón activo (49).

En la siguiente tabla se recogen algunos ejemplos de absorbedores de etileno comerciales.

Absorbedores de etileno

<i>Nombre comercial</i>	<i>Fabricante</i>	<i>País del fabricante</i>
Ethysorb™	Molecular Products Ltd.	Reino Unido
Everest-Fresh	Everest-Fresh Corporation	Estados Unidos
Green Keeper	Super Bio Star S.A.	España
Green Pack	Rengo Co.	Japón
Isolette Sorber	Purafil Inc.	Estados Unidos
Peakfresh	AT Plastic	Canadá
PowerPellet	Ethylene Control Inc.	Estados Unidos
Retarder	Bioconservación S.A.	España

TABLA 22 *Ejemplos de absorbedores de etileno que pueden encontrarse en el mercado.*

3.2.5 Generadores de gases con actividad antimicrobiana

Aparte de los generadores de dióxido de carbono existen otros generadores de gases con actividad antimicrobiana que producen etanol, dióxido de azufre, dióxido

de cloro, etc. Estos sistemas permiten eliminar la contaminación microbiana superficial de los alimentos.

Los generadores de etanol habituales consisten en una bolsa que contiene gel de sílice donde se encuentra adsorbido el etanol. Cuando la bolsa capta humedad del entorno se libera gradualmente etanol en estado gaseoso. También se han diseñado generadores en forma de láminas.

Estos envases activos son de gran utilidad porque el etanol inhibe el desarrollo microbiano incluso a pequeñas concentraciones. Además, son eficaces frente a mohos y microorganismos altamente tolerantes al CO₂ como bacterias ácido-lácticas y levaduras. Se emplean en el envasado de vegetales frescos, productos de la pesca semideshidratados, quesos y productos de panadería y repostería donde reducen el envejecimiento de la masa y el deterioro causado por la oxidación.

Como principal inconveniente debe señalarse que los alimentos envasados con estos dispositivos pueden adquirir olores y sabores indeseables cuando la cantidad de etanol liberada dentro del paquete es alta. Sin embargo, estas modificaciones organolépticas desaparecen parcialmente si se aplica calor al producto porque se evapora parte del gas.

En la tabla 23 se indican algunos ejemplos de generadores de etanol disponibles en el mercado.

Generadores de etanol

Nombre comercial	Fabricante	País del fabricante
Ageless® SE	Mitsubishi Gas Chemical Co.	Japón
ET Pack	Ueno Seiyaku Co.	Japón
Ethicap®	Ueno Seiyaku Co.	Japón
Negamold®	Freund Industrial Co.	Japón
Fretek®	Techno Intl. Inc.	Estados Unidos
Oitech™	Nippon Kayaku Co.	Japón

TABLA 23 *Generadores de etanol comerciales (47).*

Los generadores de dióxido de azufre no están tan extendidos como los de etanol porque se han encontrado distintos problemas en los productos conservados con estos sistemas como el exceso de residuos de SO₂ en algunos alimentos o la decoloración de las uvas envasadas con películas emisoras de este gas (47).

3.3 Envasado inteligente

El envasado inteligente se destina a controlar las condiciones de conservación de los alimentos e informar al consumidor sobre las mismas. Los envases inteligentes más comunes cuentan con dispositivos indicadores de temperatura, de crecimiento microbiano y de gases.

Los indicadores de temperatura suelen ser etiquetas adheridas en los paquetes que cambian de color cuando se producen variaciones de temperatura en el almacenamiento y transporte del producto. Si la cadena de frío se mantiene durante estas etapas las etiquetas permanecen inalteradas.

Otros indicadores reaccionan ante la proliferación de microorganismos en el alimento envasado. Estos dispositivos se activan cuando la concentración de patógenos supera un determinado valor que representa un riesgo para la salud.

En las tecnologías de envasado en atmósfera protectora los más interesantes son los indicadores de gases. Permiten detectar perforaciones y soldaduras no herméticas en el paquete por las que entran y salen compuestos gaseosos que modifican la composición de la atmósfera interna. Los más utilizados son los indicadores de oxígeno y de dióxido de carbono. Pueden emplearse en forma de etiquetas, incorporados en los sistemas absorbentes de gases (Ageless®, de Mitsubishi Gas Chemical Co.) o integrados en el material de envasado (49).

3.4 Recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles se utilizan en diversidad de productos alimenticios tales como frutas y hortalizas, carnes, pescados, productos de panadería y repostería, productos lácteos, frutos secos, etc. con el fin de preservar sus características y prolongar su vida útil.

Se trata de películas biodegradables que se adhieren a la superficie del alimento creando una microatmósfera en torno a él pobre en oxígeno. Las propiedades barrera de los recubrimientos comestibles dependen de los compuestos empleados en su fabricación. Los más frecuentes son polisacáridos, lípidos y proteínas o combinaciones de ellos. En general, ofrecen protección frente a los gases y la humedad, evitan la pérdida de aromas y la deshidratación de los productos y, en muchos casos, mejoran su textura y apariencia.

Los recubrimientos basados en polisacáridos más habituales se obtienen de celulosas modificadas, pectinas, derivados del almidón, carragenanos, quitosano, etc. Estas láminas permiten el intercambio gaseoso con el medio exterior por lo que son aptas para productos metabólicamente activos. Como principal desventaja destaca su elevada permeabilidad al vapor de agua.

Las películas lipídicas se forman a partir de aceites vegetales, diglicéridos y triglicéridos y ceras. Es imprescindible utilizar una matriz que sirva de soporte para estas moléculas puesto que por sí solas originan estructuras demasiado frágiles. Para estas matrices se emplean celulosas modificadas (hidroxipropilmetilcelulosa, etilcelulosa, metilcelulosa), quitosano y proteínas del suero.

Los alimentos pueden cubrirse bien con laminados bien con emulsiones lipídicas. Mientras que los primeros se aplican con mayor facilidad, las emulsiones generan una cobertura con mejores propiedades barrera frente a la humedad.

Las láminas de naturaleza proteica se fabrican con caseína, albúmina de huevo, proteínas de soja, zeína, gluten de trigo, colágeno y gelatina, principalmente. Comparadas con las anteriores, la capacidad de los recubrimientos de proteínas para proteger el producto del vapor de agua es inferior.

Además de estos componentes básicos, los recubrimientos comestibles incluyen agentes de entrecruzamiento y plastificantes (glicerol, polietilenglicol) que incrementan la resistencia mecánica de estos materiales. También se añaden otras sustancias de interés para el alimento como compuestos antimicrobianos, antioxidantes y saborizantes que contribuyen a mantener la calidad e incrementar su vida útil.

Los recubrimientos comestibles pueden favorecer el desarrollo de patógenos anaerobios y las reacciones fermentativas porque existe una cantidad de oxígeno muy limitada entre la cobertura y la superficie del alimento. Estos problemas se evitan con la elección del material de recubrimiento más adecuado a las características del producto y la introducción en él de agentes conservantes que inhiban el crecimiento microbiano (23) (48).

CAPÍTULO 4

Legislación

En el ámbito nacional la normativa vigente que afecta a las tecnologías de envasado en atmósfera protectora comprende varias disposiciones legales. Las más importantes se detallan a continuación:

Real Decreto 142/2002

Los **gases de envasado** se consideran aditivos alimentarios en la legislación española. El Real Decreto 142/2002, de 1 de febrero (50), los define en su artículo 2 como "los gases distintos del aire, introducidos en un envase antes, durante o después de colocar en él un producto alimenticio". En esta disposición también se establecen sus condiciones de uso en la elaboración de alimentos, productos donde pueden emplearse y cantidades permitidas en cada uno de ellos.

En la tabla 24 se indican los números E asignados a los gases presentes en la lista de aditivos autorizados en nuestro país. Estos compuestos pueden añadirse a todos los productos alimenticios según el principio de *quantum satis*. Esta expresión indica que no hay especificado un nivel máximo de uso. Se utilizan según las buenas prácticas de fabricación, a concentraciones que no sean superiores a las necesarias para conseguir el objetivo pretendido. A diferencia de ellos, el empleo de dióxido de azufre (E-220), que se clasifica como agente conservante, está limitado a determinados alimentos y dosis máximas.

Gases presentes en la lista de aditivos

Número E	Denominación
E-290	Dióxido de carbono
E-938	Argón
E-939	Helio
E-941	Nitrógeno
E-942	Óxido nitroso
E-948	Oxígeno
E-949	Hidrógeno

TABLA 24 *Gases presentes en la lista de aditivos autorizados.*

Real Decreto 1334/1999

Los productos alimenticios deben incluir en su etiquetado una serie de datos relativos a su denominación de venta, fecha de caducidad, lista de ingredientes, lote, etc. de acuerdo al Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio (51). En el caso de los productos

cuya duración se ha prolongado por el empleo de gases de envasado además debe añadirse obligatoriamente la indicación “**envasado en atmósfera protectora**”.

Real Decreto 118/2003

Idealmente los materiales poliméricos utilizados en el envasado de alimentos deben ser inertes y no interactuar con el producto durante todo el periodo de tiempo que lo contengan. Sin embargo, el estrecho contacto existente entre envase y alimento bajo diferentes condiciones de almacenamiento y manipulación posibilitan la transferencia de los componentes del polímero hacia el producto alimenticio.

Con el fin de asegurar que este fenómeno no ocasiona ningún perjuicio a la salud del consumidor se ha establecido una legislación específica para estos materiales. En el ámbito nacional se regulan mediante el Real Decreto 118/2003, de 31 de enero (52) y sus posteriores modificaciones. Estas normas recogen la lista de sustancias de partida autorizadas para fabricar materiales y objetos poliméricos destinados a entrar en contacto con los alimentos. Además, en ellas se indican las migraciones máximas permitidas y las condiciones de ensayo para determinar si se sobrepasan o no estos valores.

Reglamento (CE) 1935/2004

Gran parte de los últimos avances tecnológicos en el envasado de alimentos se centra en prolongar la duración del producto y preservar sus características sensoriales a través de las interacciones envase-alimento. Inicialmente estos desarrollos se encontraban con impedimentos legales para su aplicación comercial. La legislación comunitaria y nacional vigente en esos momentos no autorizaba el empleo de materiales y objetos que transfirieran de forma deliberada algunos de sus componentes al alimento como sucede en el envasado activo.

En el mes de octubre del año 2004 se aprobó un nuevo reglamento que regula la utilización de envases activos: el Reglamento (CE) n° 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004 (53). En él no sólo se establecen las condiciones de uso de estos nuevos materiales y objetos activos sino también los requisitos exigidos a las sustancias transferidas al alimento. Dichas sustancias deben cumplir las disposiciones legales correspondientes; por ejemplo, si se trata de un aditivo debe encontrarse en la lista de aditivos autorizados.

CAPÍTULO 5

Casos prácticos de I+D

A continuación se describen varios casos prácticos de grupos de investigación de la Comunidad Autónoma de Madrid cuyas líneas de trabajo se centran en el área de las tecnologías de envasado en atmósfera protectora.

La información recogida en este epígrafe se ha obtenido mediante unos cuestionarios que han cumplimentado los propios investigadores. Esta información incluye los recursos humanos destinados a la investigación y el grado de experiencia del equipo que se indican a través de las principales líneas de investigación y los proyectos más recientes en los que han participado. Asimismo, se muestran las patentes y la oferta de servicios a empresas de cada grupo que conforman su cartera tecnológica.

Finalmente, se enumeran las líneas futuras de interés así como las tendencias más importantes en el envasado de alimentos en atmósfera protectora que pretenden reflejar el futuro inmediato de estas tecnologías.

Caso práctico I

Institución

Universidad Complutense de Madrid

Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos

www.ucm.es/info/nutricio

Facultad de Veterinaria

Avda. Puerta de Hierro s/n

28040 Madrid

Tel.: 913 943 749 Fax: 913 943 743

Responsable

Juan Antonio Ordóñez Pereda

Tel.: 913 943 745

Correo electrónico: pereda@vet.ucm.es

1. Grupo de investigación

Personal	Áreas de experiencia	Formación
2 Catedráticos 4 Profesores titulares	Envasado al vacío y envasado en atmósferas modificadas de alimentos de origen animal (carne, pescado, productos lácteos).	Veterinarios Biólogos

2. Principales líneas de investigación

- Diseño y desarrollo de envases.
- Uso de atmósferas modificadas para ampliar la vida útil de carne, pescado fresco y marisco.

3. Proyectos de investigación

Proyecto de investigación (referencia)	Entidad financiadora	Periodo de ejecución
Optimisation of safe foods processing methods based on accurate characterisation of bacterial lag time using analysis of variance techniques (QLRT-2000-01145).	UE	2000-2004
Uso de atmósferas modificadas para ampliar la vida útil e inhibir la flora psicrótrófa patógena de la carne y pescados frescos de venta al detalle (ALI-94-0350).	CICYT	1994-1997

4. *Patentes o solicitudes de patentes*

- Título: *Envase a vacío, adaptable al empleo de atmósferas modificadas, para productos alimenticios de consumo unitario y sistema para su fabricación.*
- N° publicación: ES2163974
- Inventores: M^a Isabel Cambero y Gonzalo García de Minguillón
- Solicitante: Universidad Complutense de Madrid
- Año de publicación: 2002

5. *Tendencias en la investigación en envasado en atmósfera protectora*

- Optimización del envasado a vacío o en atmósferas modificadas de diversos alimentos.
- Desarrollo de tratamientos combinados.

6. *Oferta de servicios a empresas (oferta tecnológica)*

- Desarrollo de proyectos.

7. *Líneas futuras de interés*

- Optimización del envasado a vacío o en atmósferas modificadas de productos alimenticios de origen animal (cárnicos, pescado, ovoproductos, lácteos,...)
- Desarrollo y aplicación de modelos predictivos.

8. *Barreras y limitaciones en la investigación*

- Requerimiento de financiación.
- Incremento de personal.

Caso práctico II

Institución

Universidad Complutense de Madrid, UCM

Departamento de Producción Animal

Facultad de Veterinaria

Avda. Puerta de Hierro s/n

28040 Madrid

www.ucm.es/info/prodanim

Tel.: 913 943 778

Correo electrónico: secproan@vet.ucm.es

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, INIA

Departamento de Tecnología de los Alimentos

Ctra. La Coruña, km 7.500

28040 Madrid

www.inia.es/gcont/redestem/centrosydep.jsp?idcentro=24

Tel.: 913 473 900 Fax: 913 572 293

Responsable

Universidad Complutense de Madrid

Sara Lauzurica Gómez

Tel.: 913 943 766

saralauz@vet.ucm.es

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, INIA

Vicente Cañeque Martínez

Tel. 913 474 038

cañeque@inia.es

1. Grupo de investigación

Personal	Áreas de experiencia	Formación
UCM 2 Profesores titulares 1 Profesor ayudante	Manejo de la alimentación del ganado para mejorar el valor nutritivo de la carne.	Ingenieros agrónomos
INIA 1 Investigador 1 Investigador contratado 1 Becario	Sistemas para mantener la calidad de la carne durante su almacenamiento como, por ejemplo, el empleo de antioxidantes, de atmósferas modificadas, etc.	Veterinarios
	Color y composición en ácidos grasos de la carne bajo diferentes condiciones de almacenamiento.	Técnicos en industrias alimentarias

2. Principales líneas de investigación

- Empleo de antioxidantes para el incremento de la vida útil de la carne bajo diferentes sistemas de envasado.
- Evolución de las características físico-químicas y sensoriales de la carne envasada en atmósferas modificadas.
- Mejora de las características nutritivas de la carne y enriquecimiento de las mismas y su conservación en atmósferas modificadas.

3. Proyectos de investigación

Proyecto de investigación (referencia)	Entidad financiadora	Periodo de ejecución
Utilización de microalgas y aceite de pescado como suplemento en el engorde de corderos para la producción de carne enriquecida con ácidos grasos omega-3.	INIA	2006-2008
Vida útil de diferentes piezas comerciales de carne de vacuno envasadas en atmósferas protectoras.	COVAP	2005
Evaluación y promoción de la calidad de la carne y otros productos agroalimentarios uruguayos, en base a los estándares de calidad de la Unión Europea y en función de los distintos sistemas productivos del Uruguay.	AECI INIA España INIA Uruguay	2003-2005
Determinación de la dosis más adecuada de vitamina E en el engorde de corderos para optimizar la conservación de las características de su carne.	INIA	2003-2005

4. Tendencias en la investigación en envasado en atmósfera protectora

- Desarrollo de nuevas mezclas de gases para el envasado.
- Sistemas de envasado inteligente, que permitan detectar problemas de fugas de la mezcla de gases o cambios en la temperatura del envase.
- Desarrollo de nuevos materiales para el envasado.
- Estudio de las modificaciones físico-químicas y organolépticas que se pueden producir en el alimento durante el tiempo que está envasado en las atmósferas protectoras.

5. Oferta de servicios a empresas (oferta tecnológica)

- Estudios de vida útil de la carne envasada en atmósferas protectoras, sistemas para incrementar esa vida útil y su efecto en las características organolépticas.

6. Líneas futuras de interés

- Mejora de las características de la carne, tanto nutritivas como sensoriales, y mantenimiento de las mismas durante su periodo de conservación bajo diferentes sistemas.

7. *Barreras y limitaciones en la investigación*

- Falta de financiación para la contratación de personal cualificado que permita realizar trabajos de investigación.
- Escasa inversión en investigación en el campo de atmósferas protectoras en su utilización para conservar la carne fresca.

Caso práctico III

Institución

Instituto del Frío (CSIC)

Departamento de Ciencia y Tecnología de Productos Vegetales

www.if.csic.es/vgind.htm

c/ José Antonio Novais, 10

28040 Madrid

Responsable

Jesús Alonso Sánchez

Correo electrónico: jalonso@if.csic.es

1. Grupo de investigación

Personal	Áreas de experiencia	Formación
1 Colaborador científico	Atmósferas controladas en frutas.	Ingenieros
1 Ramón y Cajal	Atmósferas modificadas activas y pasivas.	Biólogos
2 Becarios	Recubrimientos comestibles.	
	Control biológico.	

2. Principales líneas de investigación

- Atmósferas modificadas pasivas en fruta de hueso.
- Atmósfera modificada activa en fruta de hueso y pequeños frutos (ver patente).
- Recubrimientos comestibles con modificación de la atmósfera interna en frutos de hueso, pepita y tomate.
- Choques gaseosos y atmósferas controladas como tratamientos de cuarentena.

3. Proyectos de investigación

Proyecto de investigación	Entidad financiadora	Periodo de ejecución
Evaluación de beneficios por la utilización de atmósferas modificadas activas (AMA) en las principales variedades de cerezas de Agrupación de Cooperativas Valle del Jerte.	Agrupación de Cooperativas Valle del Jerte	2004-2006
Control del <i>Lasiopoda</i> sp. en cerezas mediante tecnologías postrecolección no contaminantes.	C.R.D.O. Protegida "Cereza del Jerte"	2004-2005
Evaluación y optimización de los recubrimientos con <i>foodcoat</i> para el control de pérdida de peso y calidad de frutas y hortalizas durante su conservación postcosecha.	Domca, S.A.	2003-2005
Sistemas naturales de tratamiento para la postcosecha de cerezas y picotas. Extractos, recubrimientos y control biológico con cepa de <i>Pantoea agglomerans</i> .	Domca, S.A.	2003

4. *Patentes o solicitudes de patentes*

- Título: *Técnica de conservación postcosecha de frambuesa.*
- N° publicación: ES2170635
- Inventores: Jesús Alonso Sánchez y Almudena Hernández Cimiano
- Solicitante: Agrupación de Cooperativas Valle del Jerte
- Año de publicación: 2002

5. *Tendencias en la investigación en envasado en atmósfera protectora*

- Adecuación de las condiciones óptimas de envasado en atmósferas protectoras para el mantenimiento de la calidad organoléptica, calidad nutricional y apariencia de frutas y hortalizas.
- Desinfectación y protección de enfermedades postcosecha por el uso de atmósferas modificadas activas.

6. *Oferta de servicios a empresas (oferta tecnológica)*

- Trabajos de asesoramiento tecnológico para la optimización de procesos de manipulación en centrales hortofrutícolas, incluyendo sistemas de envasado en atmósferas modificadas.
- Estudios de desarrollo de productos vegetales con envasado en atmósferas modificadas activas y pasivas.
- Recubrimientos comestibles en frutos como alternativa al envasado en atmósfera modificada.

7. *Líneas futuras de interés*

- Utilización de atmósferas modificadas para el mantenimiento de la calidad de los productos procedentes de la agricultura biológica.

8. *Barreras y limitaciones en la investigación*

- Sin barreras ni limitaciones.

Caso práctico IV

Institución

Instituto del Frío (CSIC)

Departamento de Ciencia y Tecnología de la Carne y Productos Cárnicos y del Pescado y Productos de la Pesca

www.if.csic.es/cpind.htm

c/ José Antonio Novais, 10

28040 Madrid

Tel.: 915 445 607/ 915 492 300 Fax: 915 493 627

Responsable

M^a Pilar Montero García

Correo electrónico: mpmontero@if.csic.es

1. Grupo de investigación

Grupo de Desarrollo, Valorización e Innovación de Productos Pesqueros

Personal	Áreas de experiencia	Formación
1 Profesor titular	Atmósfera modificada.	Biólogos
2 Científicos titulares	Atmósfera controlada.	Veterinarios
1 Ramón y Cajal	Envasado a vacío.	Farmacéuticos
1 Becario postdoctoral	Envasado activo.	Técnicos
2 Becarios predoctorales	Películas comestibles.	
2 Técnicos		

2. Principales líneas de investigación

- Aplicación a bordo o en tierra de atmósferas protectoras en pescado y mariscos.
- Desarrollo de películas comestibles con propiedades antimicrobianas y funcionales. Envasado activo.

3. Proyectos de investigación

Proyecto de investigación (referencia)	Entidad financiadora	Periodo de ejecución
Tecnología de películas biodegradables para la conservación de alimentos de interés para Iberoamérica.	CYTED	2002-2006
New approaches to the crustacean prevention of melanosis and quality indices. (Life-Craft/001/1312 y AGL2002-12706-E).	UE Acción Especial	2003-2005
Estudio de inhibidores de melanosis en crustáceos: residuos de 4-hexilresorcinol en gambas y evaluación toxicológica (2000-664).	Junta de Andalucía	2001-2002
Rich O ₂ modified atmospheres to guarantee safety of chilled fish (QLK5-CT-1999-51468).	UE	2000-2002

3. *Proyectos de investigación* Continuación

<i>Proyecto de investigación (referencia)</i>	<i>Entidad financiadora</i>	<i>Periodo de ejecución</i>
Implementation on board of system of atmospheres with variable composition applied to fresh fish. Continuation of shore of the modified atmospheres chain (FAIR CT-98-3833).	UE	1999-2000
Mantenimiento de la calidad de pescado fresco a bordo y en tierra mediante atmósferas modificadas. Desarrollo de equipos, envases y procedimientos (EC CT92-0273 y ALI93-1004-CE).	UE Plan Nacional	1993-1997
Estudios bioquímicos e histológicos en cefalópodos. Aplicación de nuevas tecnologías, convencionales y control de calidad (EC TS3-CT92-0109/ ALI93-1146-C02-01-CE).	UE Plan Nacional	1993-1996
Envasado y cocción a vacío de moluscos y crustáceos.	Empresa	1995
Envasado de pescado en atmósferas modificadas.	Empresa	1992

4. *Tendencias en la investigación en envasado en atmósfera protectora*

- Las tendencias de la investigación en este tema vienen determinadas por el alimento de que se trate, ya que cada uno tiene una limitación diferente. El fin es común y trata de aumentar la vida útil y limitar el crecimiento de patógenos así como evitar alteraciones físico-químicas y organolépticas (por ejemplo, las debidas a la luz).
- Aplicación de envasados activos y dinámicos.

5. *Oferta de servicios a empresas (oferta tecnológica)*

- Apoyo para la aplicación de atmósferas modificada/ controlada en productos de la pesca.
- Acción antimicrobiana y antioxidante mediante películas comestibles.

6. *Líneas futuras de interés*

- Combinación de tecnologías que aumenten la vida útil, seguridad y calidad de los alimentos en atmósferas. La adición de compuestos específicos, películas protectoras y otras tecnologías de mínimo procesado como combinación con alta presión.

7. *Barreras y limitaciones en la investigación*

- La aplicación de atmósferas controladas/ modificadas es un tema que en muchos casos es de aplicación directa por lo que no es fácil de adquirir financiación en un programa general de investigación y desarrollo. La financiación debería de correr a cargo de una empresa de acuerdo a las necesidades específicas.
- En el caso del envasado activo y de películas o recubrimientos la investigación más básica debe de llevarse a cabo y sería necesario financiación a cargo de organismos públicos.

Caso práctico V

Institución

Instituto del Frío (CSIC)

Departamento de Ciencia y Tecnología de la Carne y Productos Cárnicos
y del Pescado y Productos de la Pesca

www.if.csic.es/cpind.htm

c/ José Antonio Novais, 10

28040 Madrid

Tel.: 915 445 607/ 915 492 300 Fax: 915 493 627

Responsable

Claudia Ruiz-Capillas Pérez

Tel.: 915 492 300 extensión 303

Correo electrónico: claudia@if.csic.es

1. Grupo de investigación

Grupo de Ciencia y Tecnología de la Carne y los Productos Cárnicos

Personal	Áreas de experiencia	Formación
1 Profesor de investigación	Atmósferas controladas y modificadas en	Químicos
1 Investigador científico	carne y productos cárnicos (tradicionales	Veterinarios
2 Científicos titulares	y nuevos)	Farmacéuticos
1 Técnico	Envasado al vacío.	Técnicos
1 Becario	Estudios de cocción a vacío en	
	productos cárnicos.	
	Estudios de seguridad en los productos	
	envasados en atmósferas protectoras.	

2. Principales líneas de investigación

- Atmósferas protectoras en carne y productos cárnicos tradicionales y reformulados.
- Estudios de seguridad y estabilidad en los productos cárnicos envasados en atmósferas protectoras.
- Cocción a vacío en productos cárnicos.
- Estudios sobre la aplicación de atmósferas modificadas a bordo y en tierra, para pescado entero, fileteado y troceado. Estudio del efecto residual de las atmósferas.

3. Proyectos de investigación

Proyecto de investigación (referencia)	Entidad financiadora	Periodo de ejecución
Impacto de la aplicación de nuevas tecnologías en la formación y toxicidad de aminas biógenas en carne y productos cárnicos (AGL 2003-00454).	CICYT	2003-2006
Desarrollo de productos cárnicos funcionales (AGL 2001-2398-C03-01).	CICYT	2002-2004
Implementation on board of systems of atmospheres with variable composition applied to fresh fish. Continuation on shore of the modified atmosphere chain (FAIR CT98-3833).	UE	1999-2001

4. Tendencias en la investigación en envasado en atmósfera protectora

- Las tendencias en la investigación sobre atmósferas protectoras se están centrando por un lado en los aspectos tecnológicos de su aplicación, por ejemplo, en los estudios de combinación de distintos tipos de atmósferas, aplicación de cocción a vacío, combinación de atmósferas con antimicrobianos, el estudio de materiales de envasado y la aplicación de envases activos.
- Por otro lado, las tendencias van encaminadas hacia los estudios de seguridad y desarrollo de compuestos tóxicos (aminas biógenas, etc.) y el ensayo de mezclas más adecuadas para mantener la calidad (características organolépticas y nutricionales) de los productos así tratados.

5. Oferta de servicios a empresas (oferta tecnológica)

- Estudios de mezclas de gases más adecuadas para la aplicación de atmósferas protectoras a productos cárnicos tradicionales y de nuevo desarrollo.
- Aplicación de cocción a vacío en productos cárnicos, incidiendo sobre las características organolépticas y la vida útil de los productos.

6. Líneas futuras de interés

- Estudio de la formación de compuestos tóxicos como las aminas biógenas con repercusión en la salud de los consumidores. Ensayo de mezclas más adecuadas para inhibir esta formación y aumentar la estabilidad de los distintos productos cárnicos durante su almacenamiento.
- Combinación de atmósferas protectoras con otro tipo de tecnologías, como cocción a vacío.

7. Barreras y limitaciones en la investigación

- Las derivadas de la disponibilidad de equipos y personal de apoyo. Variables según la naturaleza de la colaboración solicitada.

CAPÍTULO 6

Resumen y conclusiones

Las tecnologías de envasado en atmósfera protectora se utilizan en multitud de sectores dentro de la industria agroalimentaria con un objetivo común: incrementar la vida útil de los productos sin comprometer su calidad organoléptica.

El empleo de gases protectores en el envasado prolonga la duración de los alimentos de forma considerable con respecto al envasado tradicional. Este incremento de la vida útil se obtiene gracias a la influencia que ejerce el ambiente gaseoso creado en torno al producto sobre los principales factores implicados en su deterioro. En general, estos factores son el desarrollo de microorganismos y las reacciones químicas y enzimáticas de degradación.

Las tecnologías de envasado en atmósfera protectora son sistemas muy sencillos y versátiles. Los productores que desean implementar estas tecnologías pueden encontrar en el mercado diferentes equipos y mezclas comerciales de gases que se adecuan a sus necesidades (volúmenes de producción, formato de los envases, tipo de alimento a envasar, etc.)

Además, existe una comunidad investigadora importante en nuestro país con una amplia trayectoria en la aplicación de atmósferas protectoras para la conservación de numerosos productos. Estos procesos de envasado pueden optimizarse a partir de la colaboración entre estos grupos de investigación y las empresas. El mayor grado de conocimiento de las características físico-químicas de los alimentos, su actividad enzimática y el crecimiento microbiano permite a los científicos diseñar atmósferas más eficaces, capaces de actuar sobre los fenómenos responsables del deterioro de un producto y prolongar su vida útil.

Las atmósferas protectoras se han utilizado desde hace varias décadas para el envasado y almacenamiento de determinados productos como frutas y hortalizas, carnes rojas, café y *snacks*. En la actualidad estos procesos se aplican en una gran variedad de alimentos entre los que destacan los productos frescos y mínimamente procesados y los platos preparados. La demanda de estos alimentos ha experimentado un fuerte aumento en los últimos años, extendiéndose a sectores como la hostelería, la restauración y las cadenas de comida rápida que se han convertido en clientes potenciales para los productores de alimentos envasados con gases protectores.

Asimismo, estas tecnologías de envasado gozan de una buena aceptación entre los consumidores por varios motivos. En primer lugar, se trata de sistemas de envasado que mejoran la presentación del producto y potencian la imagen de alimento fresco y natural; y, en segundo, en muchas aplicaciones hacen innecesario el uso de otros métodos de conservación complementarios como la adición de conservantes y el almacenamiento a temperaturas de refrigeración.

Otra ventaja destacable de estas tecnologías es la optimización de la gestión del trabajo, los espacios y los equipos que reduce, en general, los costes de producción,

almacenamiento y transporte. También se simplifica la logística de distribución porque puede reducirse la frecuencia de reparto y disminuir la reposición de los lineales en los puntos de venta y el número de devoluciones. Por último, estos métodos de envasado permiten ampliar la zona de distribución e introducir los productos en nuevos mercados nacionales e internacionales que resultarían poco accesibles para alimentos envasados en aire.

Finalmente, las tendencias más relevantes en la investigación de los sistemas de envasado en atmósfera protectora se dirigen hacia el diseño de atmósferas alternativas a las existentes, el estudio de nuevos materiales de envasado más eficaces y la combinación de estas tecnologías con otros procesos de conservación emergentes (irradiación, altas presiones, luz ultravioleta, etc.) En estos momentos, se trabaja en la creación de mezclas gaseosas para el envasado de productos de reciente aparición y productos tradicionales de alto valor añadido que pueden comercializarse con formatos de presentación novedosos gracias a estos procesos. Además, se experimentan nuevos gases que cuentan con características muy interesantes para su aplicación en el envasado de alimentos.

Otro campo de investigación muy dinámico es el desarrollo de nuevos envases y materiales para su fabricación. En este caso destacan los envases activos e inteligentes que modifican y controlan la composición gaseosa del espacio de cabeza tras el cierre de la bolsa. Aparte de éstos, debe mencionarse el empleo de películas comestibles y materiales con propiedades mejoradas comparados con las láminas poliméricas actuales como los nanocomposites. Todas estas líneas de investigación y nuevos desarrollos permitirán que las tecnologías de envasado en atmósfera protectora proporcionen tiempos de vida cada vez mayores preservando la calidad sensorial de los productos.

CAPÍTULO 7

Anexos

- Anexo 1 Materiales de envasado (PÁG. 112)
- Anexo 2 Distribuidores de gases, materiales y equipos de envasado (PÁG. 113)
- Anexo 3 Catálogo de grupos de investigación (PÁG. 114)
- Anexo 4 Proyectos de investigación (PÁG. 125)
- Anexo 5 Patentes y solicitudes de patentes (PÁG. 130)

Anexo 1 Materiales de envasado

En la siguiente tabla se recogen los principales materiales utilizados en el envasado de alimentos en atmósfera protectora así como algunas de sus propiedades más importantes:

TABLA 25. *Principales materiales utilizados en el envasado de alimentos en atmósfera protectora (9) (10).*

Película	Permeabilidad a los gases (cm ³ /m ² · día · atm) películas de 25mμ 25°C			Transmisión de vapor de agua (g/m ² · día) 38°C 90% HR	Resistencia a grasas y aceites
	O ₂	CO ₂	N ₂		
Polietileno de baja densidad (LDPE)	7800	42000	2800	18	Pobre
Polietileno de alta densidad (HDPE)	2600	7600	650	7-10	Buena-excelente
Polipropileno (PP) fundido	3700	10000	680	10-12	Buena
Polipropileno orientado	2000	8000	400	6-7	Buena-excelente
Etileno-acetato de vinilo (EVA)	12500	50000	4900	40-60	Pobre
Policloruro de vinilo (PVC) rígido	150-350	150-350	60-150	30-40	Excelente
Policloruro de vinilo (PVC) plastificado	500-30000	1500-46000	300-10000	15-40	Buena
Poliamida (PA) o Nylon-6	40	150-190	14	84-3100	Excelente
Poliamida (PA) o Nylon-11	500	2000	52	5-13	Excelente
Politereftalato de etilenglicol (PET) o poliéster, orientado	50-130	180-390	15-18	25-30	Excelente
Poliestireno (PS), orientado	5000	18000	800	100-125	Buena
Etileno-alcohol vinílico (EVOH)	3-5	-	-	16-18	-
Ionómeros	6000	6000	-	25-35	Pobre

Anexo 2 Distribuidores de gases, materiales y equipos de envasado

A continuación, se enumeran algunos de los distribuidores de gases, materiales y equipos de envasado en atmósfera protectora más importantes:

TABLA 26. *Principales distribuidores de gases, materiales y equipos de envasado en atmósfera protectora.*

Empresa	Ubicación	Página web	Productos
Abelló Linde (Grupo Linde Gas)	España	www.abellolinde.es	Gases de envasado y equipos para su generación <i>in situ</i>
Air Liquide	España	www.airliquide.es	Gases de envasado
Belca	España	www.belca.es	Materiales y equipos de envasado
BOC	Canadá	www.bocgases.ca	Gases de envasado
Carburos Metálicos (Grupo Air Products)	España	www.carburos.com	Gases de envasado y equipos para su generación <i>in situ</i>
Cryovac Europe (Grupo Sealed Air)	España	www.cryovac.com/eu/es	Materiales y equipos de envasado
CVP Systems	EE.UU.	www.cvpsystems.com	Materiales y equipos de envasado
Fuji Machinery	Japón	www.fujikikai-inc.co.jp	Equipos de envasado
Ilapak	Suiza	www.ilapak.com	Equipos de envasado
Koch Equipment	EE.UU.	www.kochequipment.com	Equipos de envasado
Messer Carburos (Grupo Messer)	España	www.messer.es	Gases de envasado
Multivac	-	www.multivac.com	Materiales y equipos de envasado
PFM Packaging Machinery (Grupo PFM)	Italia	www.pfm.it	Equipos de envasado
Praxair	España	www.praxair.es	Gases de envasado y equipos para su generación <i>in situ</i>
Ulma Packaging	España	www.ulmapackaging.com	Equipos de envasado

Anexo 3 Catálogo de grupos de investigación

En el presente catálogo se recogen algunos de los principales grupos de investigación españoles que trabajan en tecnologías de envasado en atmósfera protectora.

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC)
www.cebas.csic.es

Grupo de Calidad, Seguridad y Bioactividad de Alimentos Vegetales
www.cebas.csic.es/Departamentos/alimentos/principal_calidad.htm

Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Campus Universitario de Espinardo

Apartado de correos 164.

30100 Espinardo (Murcia)

Tel. 968 396 200. *Fax* 968 396 213

Persona de contacto: Juan Carlos Espín de Gea (Tel. 968 396 344; jcespin@cebas.csic.es)

Líneas de investigación: conservación de productos hortofrutícolas en fresco y mínimamente procesados. Aspectos básicos y tecnológicos de la aplicación de las atmósferas modificadas a la conservación de productos hortofrutícolas. Dispone de una planta piloto de atmósferas controladas en celdas individualizadas que permite la investigación y desarrollo de condiciones idóneas para la conservación de frutas y hortalizas.

Centro Tecnológico AINIA
www.ainia.es

Departamento de Tecnologías de Procesado Mínimo (IV y V gama)

www.ainia.es/html/i+d/fichas/cuartayquintagama.pdf

Área de I+D+i en Producción, Tecnologías de Procesos

Parque Tecnológico de Valencia

C/ Benjamín Franklin, 5-11

46980 Paterna (Valencia)

Tel. 961 366 090 *Fax* 961 318 008

Persona de contacto: José Luis de Dios, delegado de Madrid

(Tel: 913 096 611; Fax: 913 096 612; madrid@ainia.es)

Líneas de investigación: interacciones envase-producto, migración, vida útil y nuevos desarrollos, diseño de envases e infraestructuras de envasado y minimización de residuos de envases. AINIA puede prestar asesoramiento sobre las infraestructuras y equipamiento necesarios para el envasado en atmósferas modificadas. Además, cuenta con una planta piloto de envasado en atmósferas protectoras.

Fundación AZTI
www.azti.es

Área de Nuevos Productos y Procesos
www.azti.es/castellano/Nuevosproductos.asp

Tecnología de los Alimentos
Txatxarramendi ugartrea z/g
48395 Sukarrieta (Bizkaia)
Tel. 946 029 400 *Fax* 946 870 006 info@azti.es
Líneas de investigación: tecnologías de conservación de alimentos basadas en atmósferas modificadas.

Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC)
www.iata.csic.es

Laboratorio de Envases
www.iata.csic.es/iata/dcon/enva

Departamento de Conservación y Calidad de los Alimentos

Campus de La Coma
Apartado de correos 73
46100 Burjassot (Valencia)
Tel. 963 900 022 *Fax* 963 636 301 info@iata.csic.es
Persona de contacto: Rafael Gavara (rgavara@iata.csic.es)
Líneas de investigación: envasado de alimentos con atmósfera modificada. Estudio, desarrollo y predicción de envasado de alimentos mínimamente procesados. Desarrollo de envasado en atmósfera modificada mediante el empleo de modificadores activos. Envases con componentes activos inmovilizados. Envases con actividad enzimática y antimicrobianos.

Instituto de Biología Molecular de Barcelona (IBMB-CSIC)
www.ibmb.csic.es

Grupo de Fisiología y Bioquímica de la Maduración y Postcosecha de Frutos

Departamento de Genética Molecular de Plantas

C/ Jordi Girona, 18-26
08034 Barcelona
Tel. 934 006 100 *Fax* 932 045 904
Responsable: Miguel Vendrell (mvmagr@cid.csic.es)
Líneas de investigación: maduración y postcosecha de frutos. Almacenamiento en atmósfera controlada (efectos del óxido nitroso).

Instituto del Frío (IF-CSIC)
www.if.csic.es

Grupo de Ciencia y Tecnología de la Carne y los Productos Cárnicos

Departamento de Ciencia y Tecnología de la Carne y Productos Cárnicos y del Pescado y Productos de la Pesca

www.if.csic.es/cpind.htm

c/ José Antonio Novais, 10
28040 Madrid

Tel. 915 445 607/ 915 492 300 Fax 915 493 627

Persona de contacto: Claudia Ruiz-Capillas Pérez (Tel. 915 492 300 ext. 303; claudia@if.csic.es)

Líneas de investigación: atmósferas protectoras en carne y productos cárnicos tradicionales y en nuevos productos.

Grupo de Desarrollo, Valorización e Innovación de Productos Pesqueros

Departamento de Ciencia y Tecnología de la Carne y Productos Cárnicos y del Pescado y Productos de la Pesca

www.if.csic.es/cpind.htm

c/ José Antonio Novais, 10
28040 Madrid

Tel. 915 445 607/ 915 492 300 Fax 915 493 627

Persona de contacto: M^a Pilar Montero García (mpmontero@if.csic.es)

Líneas de investigación: atmósferas protectoras, envasado activo, películas comestibles.

Departamento de Ciencia y Tecnología de Productos Vegetales

www.if.csic.es/vgind.htm

c/ José Antonio Novais, 10
28040 Madrid

Persona de contacto: Jesús Alonso Sánchez (jalonso@if.csic.es)

Líneas de investigación: atmósferas controladas y atmósferas modificadas activas y pasivas en frutas, recubrimientos comestibles.

Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA)
www.irta.es

Área de Postcosecha
www.irta.es/esp/qui/centres/0503.asp

Centro Universidad de Lleida – IRTA

Avda. Alcalde Rovira Roure, 191
25198 Lleida

Tel. 973 702 500 Fax 973 238 301

Persona de contacto: Inmaculada Viñas (inmaculada.vinas@irta.es)

Líneas de investigación: almacenamiento de frutos en atmósfera controlada.

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)
www.inia.es

Departamento de Tecnología de los Alimentos

www.inia.es/gcont/redestem/centrosydep.jsp?idcentro=24

Ctra. La Coruña, km 7.500

28040 Madrid

Tel. 913 473 900 Fax 913 572 293

Persona de contacto: Vicente Cañeque Martínez (tel.. 913 474 038; cañeque@inia.es)

Líneas de investigación: mantenimiento de la calidad de la carne durante su almacenamiento en atmósfera modificada.

Instituto de Investigaciones Marinas (IIM - CSIC)

www.iim.csic.es

Grupo de Tecnología de Productos Pesqueros

www.iim.csic.es/tecnologiadeproductospesqueros.htm

Departamento de Tecnología de los Alimentos

C/ Eduardo Cabello, 6

36208 Vigo

Tel.. 986 231 930 Fax 986 292 762

Persona de contacto: Laura Pastoriza Enríquez (laura@iim.csic.es)

Líneas de investigación: prevención de alteraciones microbiológicas, (bio) químicas y sensoriales que afectan a la calidad y seguridad de alimentos (frescos, precocinados y platos preparados) almacenados en estado refrigerado mediante el uso de envasado en atmósferas modificadas (EAM), biopreservación (bacteriocinas), tratamientos combinados (bacteriocinas y EAM o *sous-vide*, bacteriocinas y agentes coadyuvantes, etc), *sous-vide*, aditivos antimicrobianos, hielo con germicida, etc.

Instituto Tecnológico del Envase, Embalaje y Transporte (ITENE)

www.itene.com

Departamento de Tecnología de Envases y Embalajes

Polígono d'Obradors

C/ Soguers, 2

46110 Godella (Valencia)

Tel.. 963 905 400 Fax 963 905 401

Líneas de investigación: nuevas tecnologías y sistemas de envasado y embalaje para la conservación de productos. Desarrollo de nuevos conceptos de envase (envases activos y envases inteligentes) y de nuevos materiales de envasado (materiales biodegradables, materiales a partir de nanopartículas,...).

Universidad de Burgos
www.ubu.es

Área de Microbiología

Departamento de Química, Facultad de Ciencias

Plaza Misael Bañuelos, s/n

09001 Burgos

Tel. 947 258 812 *Fax* 947 258 831

Persona de contacto: Juan Ignacio Reguera Useros (jiru@ubu.es)

Líneas de investigación: aspectos microbiológicos de productos cárnicos cocidos envasados a vacío y en atmósferas modificadas.

Área de Tecnología de los Alimentos

www2.ubu.es/byca/tecali/index.shtml

Departamento de Biotecnología y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Ciencias

Plaza Misael Bañuelos, s/n

09001 Burgos

Tel. 947 258 814 *Fax* 947 258 831 byca@ubu.es

Persona de contacto: M^a Isabel Jaime Moreno (ijaime@ubu.es)

Líneas de investigación: estudio de caracterización, tipificación y conservación de la morcilla de Burgos (atmósferas modificadas).

Universidad Cardenal Herrera-CEU

www.uch.ceu.es

Grupo de Producción Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos

www.uch.ceu.es/principal/investigacion/lineas_investigacion.asp?op=seg_alimentaria&menuizquierda=investigacion&menusuperior=empresas

Edificio Seminario s/n.

46113 Moncada (Valencia)

Tel. 961 369 000 *Fax* 961 395 272

Persona de contacto: M^a Carmen López Mendoza (clopez@uch.ceu.es)

Líneas de investigación: utilización de bioconservadores y atmósferas modificadas para la inhibición de *Listeria monocytogenes* en carne de cerdo picada.

Universidad de Castilla La Mancha

www.uclm.es

Grupo de Calidad Alimentaria

Instituto de Desarrollo Regional (IDR)

Campus Universitario s/n

02071 Albacete

Tel. 967 599 200 *Fax* 967 599 233

www.idr-ab.uclm.es/idr/idr.asp

Persona de contacto: Herminia Vergara Pérez (Tel. 976 592 831; herminia.vergara@uclm.es)

Líneas de investigación: estudio de la evolución de la calidad de la carne de conejo envasado en atmósferas modificadas.

Universidad Complutense de Madrid
www.ucm.es

Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos

www.ucm.es/info/nutricio

Facultad de Veterinaria

Avda. Puerta de Hierro s/n

28040 Madrid

Tel. 913 943 749 Fax 913 943 743

Persona de contacto: Juan Antonio Ordóñez Pereda (Tel. 913 943 745; pereda@vet.ucm.es)

Líneas de investigación: envasado al vacío y envasado en atmósferas modificadas de alimentos de origen animal (carne, pescado, productos lácteos).

Departamento de Producción Animal

www.ucm.es/info/prodanim

Facultad de Veterinaria

Avda. Puerta de Hierro s/n

28040 Madrid

Tel. 913 943 778 secproan@vet.ucm.es

Persona de contacto: Sara Lauzurica Gómez (Tel. 913 943 766; saralauz@vet.ucm.es)

Líneas de investigación: mantenimiento de la calidad de la carne durante su almacenamiento en atmósfera modificada.

Departamento de Nutrición y Bromatología II (Bromatología)

www.ucm.es/info/nybIIb

Facultad de Farmacia

Plaza de Ramón y Cajal, s/n

28040 Madrid

Tel. 913 941 799 nybbrom@farm.ucm.es

Persona de contacto: M^a Aurora Zapata Revilla (Tel. 913 941 806; mazare@farm.ucm.es)

Líneas de investigación: conservación de vegetales en atmósfera modificada.

Universidad de Córdoba
www.uco.es

Grupo I+D Microbiología de los Alimentos (MICAL)
www.uco.es/investiga/grupos/mical

Departamento de Bromatología y Tecnología de Alimentos

Campus de Rabanales

Edificio C-1. Anexo. Ctra. N IV, Km 396.A

14071 Córdoba

Tel. 957 212 006 Fax 957 212 000

Persona de contacto: Rafael Jordano Salinas (bt1josar@lucano.uco.es)

Líneas de investigación: aplicación del envasado en atmósferas modificadas (MAP) para la prolongación de la vida útil de alimentos.

Universidad de Huelva
www.uhu.es

Área de Química Orgánica

Departamento de Ingeniería Química, Química-Física y Química Orgánica

Facultad de Ciencias Experimentales

Campus del Carmen

21001 Huelva

Tel. 959 019 984 *Fax* 959 019 983

www.uhu.es/diq

Persona de contacto: Argimiro Llamas Marcos (Tel. 959 019 996; llamas@uhu.es)

Líneas de investigación: inhibición de la melanosis en crustáceos mediante el empleo de atmósferas modificadas.

Universidad de La Rioja
www.unirioja.es

Área de Tecnología de los Alimentos
www.unirioja.es/dptos/daa/areas/ta.shtml

Departamento de Agricultura y Alimentación

Madre de Dios 51

26006, Logroño

Tel. 941 299 557

Persona de contacto: M^a Elena González Fandos (Tel. 941 299 728; elena.gonzalez@daa.unirioja.es)

Líneas de investigación: envasado en atmósfera modificada y seguridad microbiológica de vegetales, carne y productos cárnicos y productos lácteos.

Universidad de León
www.unileon.es

Grupo dht03

Departamento de Higiene y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Veterinaria

Campus de Vegazana

24071 León

Tel. 987 291 119 *Fax* 987 291 284

Persona de contacto: M^a Luisa García López (tel.. 987 291 286; dhtmg1@unileon.es)

Líneas de investigación: envasado en atmósfera modificada de carne de ovino.

Universidad de Lleida
www.udl.es/es

Grupo de Nuevas Tecnologías de Procesado de Alimentos
www.tecal.udl.es/investigacion/tecno/index1t.htm

Departamento de Tecnología de alimentos

Avda. Alcalde Rovira Roure, 191

25198 Lleida

Tel. 973 702 521 *Fax* 973 702 596

Persona de contacto: Olga Martín Belloso (Tel. 973 702 593; omartin@tecal.udl.es)

Líneas de investigación: conservación de alimentos mínimamente procesados y tecnologías emergentes de procesado. Conservación de fruta cortada y puré de frutas por métodos combinados, incluyendo atmósferas modificadas.

Universidad de Murcia
www.um.es

Grupo de Análisis y Control Alimentario
www.um.es/grupos/grupo-analisis-control-alimentario/index.php

Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología, Facultad de Veterinaria

Campus de Espinardo

30100 Murcia

Tel. 968 364 792 *Fax* 968 364 792

Persona de contacto: María Antonia Murcia Tomás (mamurcia@um.es)

Líneas de investigación: adaptación de técnicas de envasado al vacío y/o atmósferas modificadas para la prolongación de la vida útil de platos preparados.

Universidad de Navarra
www.unav.es

Departamento de Bromatología, Tecnología de Alimentos y Toxicología
www.unav.es/bromatologia

Facultad de Farmacia

c/ Irunlarrea, s/n

31080 Pamplona

Tel. 948 425 600 (ext. 6264) *Fax* 948 425 649

Persona de contacto: Iciar Astiasarán Anchía (iasiasa@unav.es)

Líneas de investigación: envasado en atmósfera protectora de carne y productos cárnicos. Estudio de los procesos de oxidación bajo estos sistemas de envasado.

Universidad Politécnica de Cartagena
www.upct.es

Grupo de Post-cosecha y Refrigeración

Departamento de Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola

E.T.S. Ingeniería Agronómica

Paseo Alfonso XIII

30203 Cartagena (Murcia)

Tel. 968 325 732 Fax 968 325 732

www.upct.es/%7diaea/

Persona de contacto: Francisco Artés Calero (Tel. 968 325 510; fr.artes@upct.es)

Líneas de investigación: envasado en atmósferas protectoras de productos vegetales.

Universidad Politécnica de Madrid
www.upm.es

Departamento de Tecnología de los Alimentos

www.etsia.upm.es/ANTIGUA/DEPARTAMENTOS/tecnologia/index.htm

E.T.S. Ingenieros Agrónomos

Avda. Complutense, s/n

28040 Madrid

Tel. 913 365 745

Persona de contacto: M^a Carmen González Chamorro (Tel. 913 365 742; carmengchamorro@upm.es)

Líneas de investigación: envasado de alimentos en atmósfera modificada.

Universidad Politécnica de Valencia
www.upv.es

Grupo de Control de Calidad en la Industria Agroalimentaria

**Departamento de Tecnología de Alimentos,
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos**

Camino de Vera, s/n

46022 Valencia

Tel. 963 877 360 Fax 963 877 369 deptal@upvnet.upv.es

www.upv.es/dtalim

Persona de contacto: Juan Antonio Serra Belenguer (Tel. 963 877 366; jaserra@tal.upv.es)

Líneas de investigación: desarrollo de frutas mínimamente procesadas por la aplicación de métodos combinados (deshidratación osmótica, escaldado, incorporación de conservadores, envasado en atmósferas controladas/ modificadas, etc.).

Universidad de Santiago de Compostela
www.usc.es

Laboratorio de Tecnología de Productos Pesqueros
www.usc.es/banim/doc/tpp.htm

Facultad de Biología

Campus Universitario Sur

15782 Santiago de Compostela (A Coruña)

Tel. 981 513 342/ 981 513 347 *Fax* 981 596 904

Persona de contacto: M^a Cruz Pascual López (bacruzpl@usc.es)

Líneas de investigación: estudio de la vida útil de pescados y mariscos refrigerados y en atmósferas protectoras.

Laboratorio de Higiene, Inspección y Control de Alimentos (LHICA)
www.lhica.org

Facultad de Veterinaria

Pabellón 4, planta baja.

27002 Lugo

Tel. 982 254 592 *Fax* 982 252 231 lhica@lhica.org

Persona de contacto: Alberto Cepeda Sáez

Líneas de investigación: envasado en atmósferas modificadas. Estudio de nuevos métodos de envasado para carne (carne despiezada de ternera envasada mediante el método *Darfresh*).

Universidad de Valladolid
www.uva.es

Área de Producción Animal
www3.uva.es/cc_agrof/produccionanimal.htm

Departamento de Ciencias Agroforestales, E.T.S. Ingenierías Agrarias

Avda. de Madrid, 44

34004 Palencia

Tel. 979 108 318 *Fax* 979 108 301

Persona de contacto: Antonio José García Díez (Tel. 979 108 327; ajgarcia@agro.uva.es)

Líneas de investigación: aplicación de envasado a vacío y en atmósfera modificada para favorecer la comercialización de la carne de ovino en Castilla y León.

Universidad de Zaragoza
www.unizar.es

Grupo de Investigación en Tecnología y Seguridad de los Alimentos de Origen Vegetal
www.unizar.es/vegetal

Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria

C/ Miguel Servet, 177

50013 Zaragoza

Tel. 976 762 132 *Fax* 976 761 590

Persona de contacto: Rosa Oria Almudí (Tel. 976 761 584; oria@unizar.es)

Líneas de investigación: envasado en atmósferas modificadas, conservación en atmósferas controladas, productos mínimamente procesados, productos vegetales de IV y V gama. Modelado matemático para el envasado en atmósfera modificada.

Grupo de Calidad y Tecnología de la Carne

www.unizar.es/departamentos/produccion_animal/gi_calidadcarne.htm

Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria

C/ Miguel Servet, 177

50013 Zaragoza

Tel. 976 762 132 *Fax* 976 761 590

Persona de contacto: Pedro Roncalés Rabinal (Tel. 976 761 582; roncales@unizar.es)

Líneas de investigación: desarrollo de atmósferas protectoras que permitan una mayor vida útil de la carne fresca. Envasado activo e inteligente.

Anexo 4 Proyectos de investigación

En este anexo se indican numerosos proyectos de investigación relativos a las tecnologías de envasado en atmósfera protectora clasificados según la naturaleza del producto alimenticio envasado:

Productos vegetales

Título	Optimización de la conservación en atmósfera controlada de nuevas variedades de manzana: aromas, calidad y residuos.
Responsable	M ^a L. López (Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias, IRTA)
Entidad financiadora	CICYT
Periodo de ejecución	2003-2006
Título	Improved quality management in the euro-mediterranean fruits and vegetables processing industry.
Responsable	Francisco Gracia Navarro (Universidad de Córdoba)
Entidad financiadora	Unión Europea (V Programa Marco)
Periodo de ejecución	2001-2005
Título	Estudio y desarrollo de envases activos para prolongar la vida útil de frutas en envases con atmósfera modificada.
Responsable	Rafael Gavara (Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, IATA - CSIC)
Entidad financiadora	CICYT
Periodo de ejecución	2000-2002
Título	Estudio de la maduración y de nuevas técnicas de conservación de uva de mesa para prolongar el periodo de comercialización en fresco.
Referencia	1FD97-0760-C03-01
Responsable	Francisco Artés (Universidad Politécnica de Cartagena)
Entidad financiadora	CICYT
Periodo de ejecución	1999-2002
Título	Estudio y desarrollo de envases activos para prolongar la vida útil de frutas en envases con atmósfera modificada.
Código de grupo	CSIC 110104 13
Responsable	Antonio Martínez López (Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, IATA - CSIC)
Entidad financiadora	CICYT
Periodo de ejecución	1999-2001
Título	Envasado de fracciones de melón en atmósfera modificada para su empleo como productos mínimamente procesados.
Responsable	M ^a Carmen González Chamorro (Universidad Politécnica de Madrid)
Entidad financiadora	Universidad Politécnica de Madrid
Periodo de ejecución	2000

- Título** Desarrollo de tecnologías para superar fisiopatías en frutos de clima templado.
- Responsable** Francisco Artés (Universidad Politécnica de Cartagena)
- Entidad financiadora** CYTED
- Periodo de ejecución** 1999-2001
- Título** Desarrollo tecnológico para la preparación de nuevos productos procesados en fresco.
- Referencia** ALI98-1006
- Responsable** Francisco Artés (Universidad Politécnica de Cartagena)
- Entidad financiadora** Plan Nacional I+D
- Periodo de ejecución** 1998-2001
- Título** Desarrollo tecnológico de un sistema integral de envase-embalaje y de conservación para frutas y hortalizas.
- Responsable** Francisco Artés (Universidad Politécnica de Cartagena)
- Entidad financiadora** Plásticos Alcira, S.A.
- Periodo de ejecución** 1998-2000
- Título** Optimización del envasado de verduras y hortalizas en atmósferas modificadas.
- Referencia** P-13/98
- Responsable** Justino Burgos (Universidad de Zaragoza)
- Entidad financiadora** Diputación General de Aragón
- Periodo de ejecución** 1998-2000
- Título** Conservación de cerezas y melocotones en atmósferas modificadas y controladas.
- Referencia** ALI 97-0845 / P-04/96
- Responsable** Rosa Oria (Universidad de Zaragoza)
- Entidad financiadora** Ministerio de Ciencia y Tecnología / Diputación General de Aragón
- Periodo de ejecución** 1997-2000 / 1996-1999
- Título** Conservación de frutas envasadas troceadas.
- Responsable** Olga Martín Belloso (Universidad de Lleida)
- Entidad financiadora** empresa Magic Fruits, S.A.
- Periodo de ejecución** 1997
- Título** Novel high oxygen and noble gas modified atmosphere packaging (MAP) for extending the quality shelf-life of fresh prepared produce.
- Referencia** FAIR96-1104
- Responsable** Brian Day (Campden and Chorleywood Food Research Association, CCFRA)
- Entidad financiadora** Unión Europea (IV Programa Marco)
- Periodo de ejecución** 1996-1999
- Título** Aplicación de la tecnología de conservación en atmósfera modificada para la obtención de un nuevo producto de la cuarta gama (Judía Verde).
- Referencia** CO00023/94
- Responsable** M^a Pilar Cano Dolado (Instituto del Frío, IF - CSIC)
- Entidad financiadora** Comunidad de Madrid
- Periodo de ejecución** 1994-1997

Productos cárnicos

<i>Título</i>	Equipo para curado en continuo con vacío y atmósfera modificada de embutido loncheado.
<i>Responsable</i>	Metalquimia S.A.
<i>Entidad financiadora</i>	Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)
<i>Periodo de ejecución</i>	2006-
<i>Título</i>	Carne fresca de cerdo ibérico bajo atmósfera modificada.
<i>Responsable</i>	Iberselec Montánchez S.A.
<i>Entidad financiadora</i>	Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)
<i>Periodo de ejecución</i>	2005-
<i>Título</i>	Jamón ibérico en atmósfera protectora.
<i>Responsable</i>	Señorio de Montanera S.L.
<i>Entidad financiadora</i>	Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)
<i>Periodo de ejecución</i>	2005-
<i>Título</i>	Óxidos de colesterol en carnes crudas y cocinadas sometidas a diferentes condiciones de envasado.
<i>Responsable</i>	Iciar Astiasarán Anchía (Universidad de Navarra)
<i>Entidad financiadora</i>	Gobierno de Navarra
<i>Periodo de ejecución</i>	2003-2004
<i>Título</i>	Calidad organoléptica y sanitaria de la carne de cordero de raza manchega envasada en atmósfera modificada en función del tipo de aturdimiento previo al sacrificio.
<i>Responsable</i>	Herminia Vergara Pérez (Universidad de Castilla La Mancha)
<i>Entidad financiadora</i>	Consejería de Ciencia y Tecnología, Castilla La Mancha
<i>Periodo de ejecución</i>	2002-2004
<i>Título</i>	Estudio de la maduración y evolución de la microbiota en la carne fresca refrigerada <i>Galibeef Supreme</i> (Ternera Gallega) durante el envasado a vacío mediante el sistema <i>Darfresh</i>.
<i>Responsable</i>	Alberto Cepeda Sáez (Universidad de Santiago de Compostela)
<i>Entidad financiadora</i>	Xunta de Galicia
<i>Periodo de ejecución</i>	2000-2002
<i>Título</i>	Aplicación del envasado en atmósfera modificada para favorecer la comercialización de carne de ovino producida en Castilla y León.
<i>Responsable</i>	M ^a Luisa García López (Universidad de León)
<i>Entidad financiadora</i>	Fondos FEDER
<i>Periodo de ejecución</i>	2000-2001
<i>Título</i>	Utilización de métodos combinados para prolongar las características de calidad de la carne envasada en atmósfera modificada.
<i>Responsable</i>	Pedro Roncalés Rabinal (Universidad de Zaragoza)
<i>Entidad financiadora</i>	CICYT
<i>Periodo de ejecución</i>	1996-1999
<i>Título</i>	Caracterización microbiológica, físico-química y sensorial de la morcilla de Burgos y mejora de su conservación.
<i>Referencia</i>	A-037-2
<i>Responsable</i>	Jordi Rovira Carballido (Universidad de Burgos)
<i>Entidad financiadora</i>	Diputación de Burgos
<i>Periodo de ejecución</i>	1996-1999

Productos de la pesca

- Título** Modified atmosphere packaging for cold-chain transport of fresh mussel at short and long distance.
- Referencia** ID: 2-05 AL, AquaGair
- Responsable** Laura Pastoriza Enríquez (Instituto de Investigaciones Marinas, CSIC)
- Entidad financiadora** Unión Europea
- Periodo de ejecución** 2004 – 2006
-
- Título** Hygienic quality and safety of fresh, vacuum-and modified-atmosphere-packaged maatjesherring.
- Referencia** QLK5-CT-2001-52012
- Responsable** Paul Hagel (Netherlands Institute for Fisheries Research)
- Entidad financiadora** Unión Europea
- Periodo de ejecución** 2002 – 2004
-
- Título** Utilización de atmósferas protectoras para aumentar la vida útil de mariscos.
- Responsable** Jordi Rovira Carballido (Universidad de Burgos)
- Entidad financiadora** empresa Pescafácil, S.L.
- Periodo de ejecución** 2002 – 2003
-
- Título** Desarrollo de nuevos productos a partir de mejillón. Estudio de la estabilidad, seguridad y vida útil en el almacenamiento en estado congelado y refrigerado.
- Referencia** PGIDT01TIN21E (Xunta de Galicia)
- Responsable** Laura Pastoriza Enríquez (Instituto de Investigaciones Marinas, CSIC)
- Entidades financiadoras** empresa Amegrove – Xunta de Galicia
- Periodo de ejecución** 2001-2003
- Descripción** Técnicas de *sous vide* y de atmósferas modificadas para optimizar las condiciones de calidad, estabilidad y seguridad en el almacenamiento refrigerado de los nuevos productos de mejillón.
-
- Título** Aplicación de nuevas tecnologías para la conservación y comercialización de moluscos, crustáceos y otras especies marinas: evaluación sensorial y bioquímica.
- Referencia** Proyecto coordinado 1FD97-2038-C02-02
- Responsable** Laura Pastoriza Enríquez (Instituto de Investigaciones Marinas, CSIC)
- Entidad financiadora** Fondos FEDER y CICYT
- Periodo de ejecución** 2000 – 2001
- Descripción** Aplicación de atmósferas modificadas y pasteurización en la consecución de productos estables y de calidad almacenados en estado refrigerado.
-
- Título** Extention of fresh fish shelf-life from sea to the table.
- Referencia** QLK1-CT-2000-40520
- Responsable** Maria Conceição (Pesca-Tudo Portuguesa de Pesca, Lda.)
- Entidad financiadora** Unión Europea
- Periodo de ejecución** 2000 – 2001
-
- Título** Atmósferas modificadas para prolongar la vida comercial de alimentos elaborados y precocinados almacenados en estado refrigerado.
- Referencia** Proyecto PETRI. 95-0324-OP
- Responsable** Laura Pastoriza Enríquez (Instituto de Investigaciones Marinas, IIM - CSIC)
- Entidad financiadora** CICYT
- Periodo de ejecución** 1999 – 2001

Título Implementation on board of systems of atmospheres with variable composition applied to fresh fish. Continuation on shore of the modified atmosphere chain.

Referencia FAIR-CT97-3355

Responsable M^a Cruz Pascual López (Universidad de Santiago de Compostela)

Entidad financiadora Unión Europea (IV Programa Marco)

Periodo de ejecución 1998-2000

Productos de panadería y repostería

Título Utilización del envasado en atmósferas modificadas (MAP) para la prolongación de la vida útil de productos de panadería y bollería.

Responsable (Universidad de Córdoba)

Referencia ALI-94-1049-E

Entidad financiadora CICYT

Otros productos alimenticios

Título Elaboración de alimentos dietéticos e dietoterapia, refrixerados e envasados en atmósfera modificada.

Responsable Alberto Cepeda Saéz (Universidad de Santiago de Compostela)

Entidad financiadora Xunta de Galicia

Periodo de ejecución 2003

Título Adaptación de técnicas de envasado al vacío y/o atmósferas modificadas para la prolongación de la vida útil de los platos preparados de dieta mediterránea.

Responsable M^a Antonia Murcia Tomás (Universidad de Murcia)

Entidad financiadora CICYT

Periodo de ejecución 1998-2001

Otros proyectos de investigación sobre envasado en atmósferas protectoras

Título Nuevos desarrollos en envases para alimentos, envases activos y biodegradables.

Responsable Ramón Catalá Moragrega (Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, IATA- CSIC)

Entidad financiadora CYTED

Periodo de ejecución 2003-2007

Título Comportamiento de productos agroalimentarios en atmósfera modificada.

Responsable Pablo Amigo Martín (Universidad Politécnica de Madrid)

Entidad financiadora Super BioStar

Anexo 5 Patentes y solicitudes de patentes

Finalmente, las siguientes tablas resumen las principales patentes y solicitudes de patentes relacionadas con el envasado en atmósfera protectora de los últimos años. En primer lugar se indican las patentes que hacen referencia al envasado de algún producto alimenticio en particular (productos vegetales, cárnicos, de la pesca y otros productos). A continuación se enumeran las patentes que tratan sobre envases, materiales de envasado, equipos de envasado y sus componentes. En último lugar se recogen algunas patentes sobre envasado activo destinadas a la modificación del ambiente gaseoso que rodea al alimento.

Envasado de productos alimenticios en atmósferas protectoras

<i>Nº de patente</i>	<i>Solicitante</i>	<i>País del solicitante</i>	<i>Contenido técnico</i>	<i>Fecha de publicación</i>
Productos vegetales				
W02005053955	Common-Wealth Scientific and Industrial Research Organization	Australia	Material de envasado para productos hortofrutícolas con una capa absorbente de agua.	2005
ES2221561	Carburos Metálicos	España	Método para conservar plátanos en atmósfera modificada.	2005
W02004110181	Unilever	Reino Unido	Transporte de guisantes con control sobre la concentración de gases.	2004
W02004107868	Maersk	Holanda	Dispositivo para controlar la concentración de gases durante el transporte de frutas.	2004
W02004105497	Certech Asbl	Nueva Zelanda	Método y dispositivo para conservar vegetales reduciendo la concentración de etileno.	2004
W02004089093	Greenvale AP International Controlled Atmosphere	Bélgica	Dispositivo para el control de etileno en recinto para productos vegetales.	2004
ES2207400	R.Valverde y F.E. Lastra	Reino Unido	Conservación de cítricos troceados envasados al vacío.	2004
ES2219170	Conservas Alguazas S.L.	España	Procedimiento de preparación de productos de alcachofas envasados al vacío.	2004
EP1425973	Kernforschung-sanlange, J.	España	Procedimiento para crear una atmósfera controlada en una cámara doble para almacenar cosechas.	2004
ES2172454	Envasados de Patatas El Gallego S.L.	Alemania	Procedimiento para la elaboración y envasado al vacío de cebollas.	2003
ES2184550	Polaris Technology S.A.	España	Método para la regulación de la concentración de gases en cámaras de frutos.	2003
W002064430	Rústicas del Guadalquivir S.A.	España	Espárragos frescos envasados en una atmósfera gaseosa con un aditivo en disolución.	2002
ES2170635	Agrupación de Cooperativas Valle del Jerte	España	Método de conservación de frambuesas mediante refrigeración y envasado en atmósfera modificada.	2002

Nº de patente	Solicitante	País del solicitante	Contenido técnico	Fecha de publicación
W00143555	Tecnidex Técnicas de Desinfección	España	Equipo para la medición y regulación de gases en cámaras de tratamiento de vegetales.	2001
EP1106084	R. Comi	Italia	Método y aparato para envasar productos de panadería y frutas en atmósfera modificada	2001
EP0937406	Quisqueya S.L.	España	Conservación de fruta pelada y troceada en envases impermeables con atmósferas modificadas.	2000
ES2141682	J.A. López	España	Procedimiento para la elaboración y envasado de patatas mínimamente procesadas.	2000

Productos cárnicos

ES2245889	Joaquim Alberti S.A.	España	Butifarras precocinadas envasadas al vacío.	2006
W02005122774	Cargill INC, Hormel Foods LLC	EE.UU.	Envase para productos cárnicos en atmósferas modificadas.	2005
W02005092109	IRTA	España	Envase para acelerar el proceso de maduración de productos como la carne en atmósfera modificada.	2005
W02005046340	Pontificia Universidad Católica de Chile	Chile	Conservación de carne y pescado con envasado a vacío y congelación.	2005
ES2242531	Incarle S.A.	España	Embutido envasado en atmósfera controlada que puede cocinarse en el propio envase.	2005
ES2241493	Abello Linde S.A.	España	Sistema de envasado y conservación de productos frescos de origen animal con atmósferas modificadas.	2005
ES2237320	Jack Link's do Brasil Ltda.	Brasil	Procedimiento para producir carne bovina triturada, cocida y envasada al vacío en bolsas flexibles.	2005
W02004103081	Gaurav Tewari	EE.UU.	Envase libre de oxígeno para carne destinada a la venta al detalle.	2004
ES1055906U *	El Pozo Alimentación S.A.	España	Envase para contener pollos conservados bajo atmósfera protectora. (*Modelo de utilidad)	2004
W003063599	Ramot Attel - Aviv University Ltd.	Israel	Conservación de carne con una atmósfera de monóxido de carbono.	2003
W003009709	Pactiv. Corp.	EE.UU.	Envasado de carne con una mezcla de dióxido de carbono, monóxido de carbono y nitrógeno.	2003
EP1304040	Hood, D.	Irlanda	Método de conservación de carne con oxígeno en el envase.	2003
W00160170	World Class Packaging Systems Inc.	Reino Unido	Sistema de envasado de productos cárnicos en el matadero con una atmósfera pobre en oxígeno.	2001
ES2155777	Hormel Foods Corp.	EE.UU.	Envasado de carne fresca en un recipiente con alto contenido en oxígeno para obtener un aspecto mejorado y una duración más larga.	2001

Envasado de productos alimenticios en atmósferas protectoras Continúa

Nº de patente	Solicitante	País del solicitante	Contenido técnico	Fecha de publicación
Productos de la pesca				
ES2245896	S. Ramón Mateo	España	Acondicionamiento y conservación de pescado fresco con monóxido de carbono.	2006
W02005032265	CSIC	España	Envase hermético para conservar moluscos bivalvos vivos en atmósferas modificadas.	2005
W02005046340	Pontificia Universidad Católica de Chile	Chile	Conservación de carne y pescado con envasado a vacío y congelación.	2005
W02005032265	CSIC	España	Conservación de moluscos vivos mediante la utilización de atmósfera modificada rica en oxígeno.	2005
ES2220211	Universidad de Huelva	España	Inhibidor de melanosis en crustáceos mediante atmósferas modificadas con dióxido de azufre.	2005
ES2196972	Fundación AZTI	España	Conservación de bacalao desalado en atmósfera protectora.	2005
ES2241493	Abello Linde S.A.	España	Sistema de envasado y conservación de productos frescos de origen animal con atmósferas modificadas.	2005
ES2191562	Universidad Politécnica de Valencia	España	Procedimiento de conservación de bacalao envasado al vacío.	2004
W002071850	Fjord Norsk Sjømat A/S	Noruega	Preparación de pescado en alta mar con una atmósfera saturada de CO ₂ durante la congelación y una atmósfera de nitrógeno-dióxido de carbono en el envasado.	2002
EP1219183	G.M. Ristorazione S.A.S.	Italia	Producto basado en pescado, vegetales y almidón, envasado en atmósfera modificada.	2002
W0003605	Micvac AB	Suecia	Sistema para cocer y envasar al vacío mejillones con microondas.	2000
Otros productos				
EP1621464	Nutriset SA	Francia	Sistema de envasado de productos pulverulentos en atmósferas modificadas.	2006
EP1211193	Sirap-Gema Spa	Italia	Envasado al vacío o en atmósfera modificada de alimentos que liberan líquidos.	2005
ES2203335	IRTA	España	Procedimiento de secado y madurado de alimentos loncheados en atmósfera modificada.	2005
W02004098317	Agroinnova S.L.	España	Proceso de preparación y envasado al vacío de un producto fresco para su cocción al vapor en el envase.	2005
W02004091322	Ishizaki Shizai Co. LTD.	Japón	Método para conservar alimentos al vacío y contenedor destinado a este fin.	2004

Nº de patente	Solicitante	País del solicitante	Contenido técnico	Fecha de publicación
W02004008886	Carburos Metálicos	España	Conservación de alimentos con una mezcla de dióxido de carbono y oxígeno para combatir insectos y ácaros.	2004
W00135754	Agroquality International LLC	EE.UU.	Conservación de productos perecederos mediante ozono en cámaras de atmósfera controlada.	2001

Otras patentes sobre las tecnologías de envasado en atmósferas protectoras

Nº de patente	Solicitante	País del solicitante	Contenido técnico	Fecha de publicación
Envases y materiales de envasado				
FR2872800	Janny Sarl	Francia	Envase para conservar productos frescos en atmósferas modificadas.	2006
EP1510470	Huhtamaki France SA	Francia	Bandeja absorbente para conservar productos en atmósfera modificada.	2005
US2005029151	Sherpard B S	EE.UU.	Bandeja para envasado en atmósfera modificada.	2005
EP1541322	Cryovac INC	EE.UU.	Película para envasado.	2005
W02004016118	Hispano Suiza de Patentes S.L.	España	Envase en atmósfera modificada enriquecida en oxígeno para conservar productos alimenticios.	2004
W02004033200	Polifilms SRL	Italia	Película multicapa para envasado en atmósfera modificada o al vacío.	2004
ES1052690	E. Pérez	España	Envase flexible, hermético y transparente para productos perecederos envasados al vacío.	2003
ES2163974	Universidad Complutense de Madrid	España	Envase para vacío o atmósfera modificada destinado a productos de consumo unitario.	2003
EP0729900	Cryovac Inc	EE.UU.	Envase sellable por calor para el envasado de alimentos en atmósfera modificada.	2003
W003034830	Rocktenn Co.	EE.UU.	Bandeja para el envasado de alimentos en un medio bajo en oxígeno.	2003
EP1145640	Haaf, F.	Alemania	Recipiente hermético para la conservación de alimentos que utiliza gases, especialmente, dióxido de carbono.	2001
W00038992	Cryovac Inc.	EE.UU.	Película termocontraíble para el envasado en atmósfera modificada de productos de contorno elevado.	2000

Componentes y equipos de envasado

W02004088706	Univ. Liverpool	Reino Unido	Dispositivo para el envasado con ozono.	2004
FR2853496	Desjonqueres Joujana	Francia	Planta de atmósferas controladas.	2004

Otras patentes sobre las tecnologías de envasado en atmósferas protectoras Continuación

<i>Nº de patente</i>	<i>Solicitante</i>	<i>País del solicitante</i>	<i>Contenido técnico</i>	<i>Fecha de publicación</i>
W02004045951	Ilapak Macchine Automatiche SA	Suiza	Planta de envasado en atmósferas modificadas.	2004
W02004110180	Ebro Electronic GmbH	Alemania	Método de control de las condiciones ambientales durante el transporte y almacenamiento de alimentos.	2004
W003030662	Windecker, R.	EE.UU.	Aparato para mantener los productos perecederos en un ambiente controlado.	2003
W00183317	Mitsubishi Ltd.	Australia	Aparato y método para el control de gases dentro de una cámara con productos que respiran.	2001

Envasado activo

<i>Nº de patente</i>	<i>Solicitante</i>	<i>País del solicitante</i>	<i>Contenido técnico</i>	<i>Fecha de publicación</i>
W02005034641	BKI Holding Corp.	EE.UU.	Material capaz de generar CO ₂ para el envasado de frutas y verduras.	2005
EP1525802	Perlen Converting AG	Suiza	Material adsorbente de etileno para inhibir la maduración en frutas.	2005
ES2235644	Keepfresh Hoja S.L.	España	Absorbedores de etileno y humedad para la conservación de productos hortofrutícolas.	2005
W02004099009	Prec Fabrics Group Inc	EE.UU.	Productos absorbentes utilizados en el envasado de alimentos.	2004
W02004103701	Chevron Phillips Chemical	EE.UU.	Contenedor multicapa con secuestrante de oxígeno para alimentos.	2004
W02004076545	Common Wealth Scientific and Industrial Research Organization	Australia	Composición adsorbente de etileno con tetrazina para conservar frutas y verduras.	2004
W02004066758	Chiquitq Brands Inc.	EE.UU.	Procedimiento para envasar frutas frescas troceadas con un gas antimicrobiano.	2004
W02004056214	Institut of Chemical Technology	República Checa	Envase bioactivo fabricado con materiales de fuentes naturales y con una sustancia conservante.	2004
W003028488	Süd-Chemie AG	Alemania	Absorbedor de oxígeno que contiene una enzima desoxigenante.	2003
W002091861	Quimetal Industrial S.A.	España	Generador de dióxido de azufre para la conservación de frutas frescas.	2002
W002071851	KEIO University	Japón	Adsorbente de etileno con extracto alcohólico de bambú y sensor de etileno.	2002
W002069723	Procter & Gamble Co.	EE.UU.	Envase permeable a gases con emisor de CO ₂ y absorbente de oxígeno.	2001
W00164780	Chevron Phillips Chemical Co. Lp.	EE.UU.	Composiciones de oleato de cobalto y su empleo como adsorbentes de oxígeno en envasado activo.	2001
EP1106669	Mitsubishi Gas Chemical	Japón	Absorbente de oxígeno con polvo de hierro como ingrediente activo.	2001

<i>N° de patente</i>	<i>Solicitante</i>	<i>País del solicitante</i>	<i>Contenido técnico</i>	<i>Fecha de publicación</i>
EP1093726	Boc Group PLC	Reino Unido	Método y aparato para controlar la atmósfera durante el almacenamiento y/ o transporte de productos perecederos o metabólicamente activos.	2001
W00035304	Johnson Matthey PLC	Reino Unido	Procedimiento para eliminar oxígeno de un envase sellado mediante un catalizador y material hidrófobo.	2000
W00032301	Hochhaus, K.	Alemania	Dispositivo para eliminar pequeñas cantidades de etileno en recintos cerrados.	2000
W00028839	Pactiv Corp.	EE.UU.	Eliminador de oxígeno basado en hierro y un electrolito.	2000
W00023350	Mitsubishi Australia	Australia	Sistema para regular la atmósfera de contenedores con alimentos metabólicamente activos.	2000

CAPÍTULO 8

Referencias, abreviaturas y fórmulas químicas

1. Referencias

- (1) Cooperhouse, H.L. (2003) State of art operations: opportunities in modified atmosphere packaging. *FoodSafety Magazine*, octubre/ noviembre. [Consulta: 6-09-2005] Disponible en internet: www.foodsafetymagazine.com/issues/0310/colstate0310.htm
- (2) Rodríguez Giró, M. (1998) Envasado de alimentos bajo atmósfera protectora. *Alimentación, equipos y tecnología*, 5, pág. 87-92.
- (3) Mejía, J.L. (2003) Envasado en atmósfera modificada. *Boletín del Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación*, 18, pág. 24-29.
- (4) Gobantes, I.; Gómez, R. y Choubert, G. (2001) Envasado de alimentos. Aspectos técnicos del envasado a vacío y bajo atmósfera protectora. *Alimentación, equipos y tecnología*, 1, pág. 75-80.
- (5) Barros-Velázquez, J.; Rodríguez, O. y Carreira, L. (2004) Efecto de una técnica avanzada de envasado “segunda piel” sobre la calidad y vida útil de la carne y el pescado. *Alimentación, equipos y tecnología*, 194, pág. 67-71.
- (6) Pérez-Alonso, F.; Aubourg, Santiago P.; Rodríguez, O. y Barros-Velázquez, J. (2004) Shelf life extension of Atlantic pomfret (*Brama brama*) fillets by packaging under a vacuum-skin system. *European Food Research and Technology*, 218, pág. 313-317.
- (7) Tecnología del envasado en atmósferas modificadas. Portal InfoAgro. [Consulta: 22-03-2005] Disponible en internet: www.infoagro.com/industria_auxiliar/ensado.asp#1.%20INTRODUCCIÓN.
- (8) Colomé, E. (1999) Tecnología del envasado de alimentos perecederos en atmósfera modificada. *Alimentos, equipos y tecnología*, 5, pág. 109-113.
- (9) Barberena, E. (2004) Envases flexibles en la industria alimentaria. Portal abcPACK. [Consulta: 17-03-2005] Disponible en internet: www.abc-pack.com/default.php/cPath/1_26
- (10) Parry, R.T. (1995) Envasado de los alimentos en atmósfera modificada. Ed. A. Madrid Vicente.
- (11) Tornadijo, M^a E. y Fresno, J.M. (2004) Fundamento, tecnología y aplicaciones del envasado de los alimentos en atmósfera modificada. *Alimentación, equipos y tecnología*, 189, pág. 101-109.
- (12) Sorheim, O.; Nissen, H.; Aune, T. y Nesbakken, T. (2001) Use of carbon monoxide in retail meat packaging. Norwegian Food Research Institute (MATFORSK), manuscrito para la *International Animal, Agriculture and Food Science Conference (IAAFSC)*.
- (13) Gorny, J.R. y Agar, I.T. (1998) Are argon-enriched atmospheres beneficial? *Perishables Handling Quarterly Issue*, 94, pág. 7-8.
- (14) Detección de fugas en atmósfera protectora. Boletín de Vigilancia Tecnológica del sector agroalimentario. Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI), abril/ junio 2001.
- (15) Hurme, M.; Smolander, M. y Ahvenainen, R. (2001) Developments in non-destructive food package leak detection. Institute of Food Technologists Annual Meeting.
- (16) Campden and Chorleywood Food Research Association. Novel ‘map’ extends produce shelf-life. Proyecto de investigación financiado por la U.E.
- (17) Rocculi, P. Romani S. y Dalla Rosa, M. (2004) Evaluation of physico-chemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. *Food Research International*, 37, pág. 329-335.

- (18) Tzeng, J. (2005) Sulfur dioxide generator used in active packaging. Institute of Food Technologists Annual Meeting.
- (19) Universidad de Huelva. Agente conservador como inhibidor de la melanosis (ennegrecimiento del cefalotórax y extremidades de los crustáceos) mediante el empleo de atmósferas modificadas conteniendo dióxido de azufre (SO₂). Patente de invención: ES 2220211 (01.11.2005).
- (20) Zoffoli, J.P.; Latorre, B.A.; Rodriguez, E.J.; Aldunce, P. (1999). Modified atmosphere packaging using chlorine gas generators to prevent *Botrytis cinerea* on table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 15, pág. 135-142.
- (21) Lynn A. Kuntz, (1999). Ingredients to Raise the Microbial Bar. *Food Product Design*, abril.
- (22) Smilanick, J.L. (2003) Use of ozone in storage and packaging facilities. Washington Tree Fruit Postharvest Conference.
- (23) Farber, J.N.; Harris, L.J.; Parish, M.E.; Beuchat, L.R.; Suslow, T.V.; Gorney, J.R.; Garrett, E.H. y Busta, F.F. (2003) Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. Chapter IV. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, pág. 142-160.
- (24) Sloovere, P. Controlled atmosphere. Part 2: Techniques in controlled atmosphere storage. European Fruit Surveyors Network. [Consulta: 25-04-2005] Disponible en internet: www.efsn.org/news-controlled-atmosphere-2.htm
- (25) Envasado en atmósfera protectora de productos vegetales. Página web de Carburos Metálicos (Grupo Air Products) [Consulta: 14-03-2005] Disponible en internet: www.carburos.com/htm/your_business/Food_eap9.htm
- (26) Soliva-Fortuny, R. C: y Martín-Belloso, O. (2003) New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 14, pág. 341-353.
- (27) Rokka, M.; Eerola, S.; Smolander, M.; Alakomi, H.L. y Ahvenainen, R. (2004) Monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts stored in different temperature conditions. B. Biogenic amines as quality-indicating metabolites. *Food Control*, 15, pág. 601-607.
- (28) Kennedy, C.; Buckley, D.J. y Kerry, J.P. (2004) Display life of sheep meats retail packaged under atmospheres of various volumes and compositions. *Meat Science*, 68, pág. 649-658.
- (29) Envasado en atmósfera protectora de productos cárnicos. Página web de Carburos Metálicos (Grupo Air Products) [Consulta: 14-03-2005] Disponible en internet: www.carburos.com/htm/your_business/Food_eap2.htm
- (30) Sørheim, O.; Ofstad R. y Lea P. (2004) Effects of carbon dioxide on yield, texture and microstructure of cooked ground beef. *Meat Science*, 67, pág. 231-236.
- (31) Sivertsvik, M.; Jeksrud, W.K. y Rosnes, J. T. (2002) A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products – significance of microbial growth, activities and safety. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, pág. 107-127.
- (32) Envasado en atmósfera protectora de pescado. Página web de Carburos Metálicos (Grupo Air Products) [Consulta: 14-03-2005] Disponible en internet: www.carburos.com/htm/your_business/Food_eap5.htm
- (33) Mejía García, J.L. Envasado de pescado en atmósfera protectora. Portal de Acuicultura. [Consulta: 15-03-2005] Disponible en internet: www.mispecies.com/reportajes/2002/map/index.asp
- (34) Caselles, J.B. (1998) Envasado de productos del mar en atmósfera modificada. *Alimentos, equipos y tecnología*, 5, pág. 119-122.

- (35) Diseñan un envase que permite conservar vivos a los mejillones. Portal Envase y Embalaje. [Consulta: 28-03-2005] Disponible en internet: <http://lotus01.envaseyembalaje.com/Informac.nsf/actualidadnot?OpenAgent&edicion=0597079C2EFB30E9C1256FCB0036CBEE&idioma=esp>
- (36) Fagan, J.D.; Gormley, T.R. y Uí Mhuirheartaigh, M.M. (2004) Effect of modified atmosphere packaging with freeze-chilling on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmo portions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5, p. 205-214.
- (37) Özogul, F.; Polat, A. y Özogul, Y. (2004) The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry*, 85, p. 49-57.
- (38) Dalgaard, P. y Jorgensen, L.V. (2000) Cooked and brined shrimps packed in a modified atmosphere have a shelf-life of > 7 months at 0 °C, but spoil in 4-6 days at 25 °C. *International Journal of Food Science and Technology*, 35, p. 431-442.
- (39) Ortolá Santacreu, C. (1998) Principios de aplicación del envasado en atmósfera modificada a los productos de panificación y bollería. *Alimentos, equipos y tecnología*, 5, pág. 111-117.
- (40) Kotsianis, I.S.; Gianno, V. y Tzia, C. (2002) Production and packaging of bakery products using MAP technology. *Trends in Food Science & Technology*, 13, pág. 319-324.
- (41) Tecnología MAPAX® para productos lácteos. Página web de Linde Gas (Grupo Linde). [Consulta: 20-09-2005] Disponible en internet: www.linde-gas.com/International/Web/LG/COM/likelgcom30.nsf/DocByAlias/ind_dairyMapax
- (42) Envasado en atmósfera protectora de productos lácteos. Página web de Carburos Metálicos (Grupo Air Products) [Consulta: 14-03-2005] Disponible en internet: www.carburos.com/htm/your_business/Food_eap3.htm
- (43) Knehr, E. (1998) Making progress in food preservation. *Food Product Design*, marzo.
- (44) Envasado en atmósfera protectora de productos secos. Página web de Carburos Metálicos (Grupo Air Products) [Consulta: 14-03-2005] Disponible en internet: www.carburos.com/htm/your_business/Food_eap8.htm
- (45) Aceites y grasas. Página web de AGA Gas, S.A. (Grupo Linde). [Consulta: 20-09-2005] Disponible en internet: www.aga.com.mx/international/web/lg/mx/likelgagamx.nsf/docbyalias/nav_industry_food_oil
- (46) Envasado en atmósfera protectora de precocinados. Página web de Carburos Metálicos (Grupo Air Products) [Consulta: 14-03-2005] Disponible en internet: www.carburos.com/htm/your_business/Food_eap6.htm
- (47) Suppakul, P.; Miltz, J.; Sonneveld, K. y Bigger, S.W. (2003) Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *Journal of Food Science: Concise Reviews and Hypotheses in Food Science*, 68, pág. 408-420.
- (48) Díaz, I. y Ariana, V. Envases y envasado: envases activos e inteligentes. [Consulta: 28-11-2005] Disponible en internet: www.calidadalimentaria.net/envases_inteli.php
- (49) Soto, H. (2005) Envases activos e inteligentes. [Consulta: 12-12-2005] Disponible en internet: www.envaseyembalaje.com.mx/revista2005/detalle_art_b.php?art=12&idautor=6&revnum=19
- (50) Real Decreto 142/2002, de 1 de febrero, por el que se aprueba la lista positiva de aditivos distintos de colorantes y edulcorantes para su uso en la elaboración de productos alimenticios, así como sus condiciones de utilización. *B.O.E.* de 20 de febrero de 2002, nº 44, pág. 6756.
- (51) Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, por el que se aprueba la norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios. *B.O.E.* de 24 de agosto de 1999, nº 202, pág. 31410.

- (52) Real Decreto 118/2003, de 31 de enero de 2003, por el que se aprueba la lista de sustancias permitidas para la fabricación de materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con los alimentos y se regulan determinadas condiciones de ensayo. *Boletín Oficial del Estado*
- (53) Reglamento (CE) n° 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las Directivas 80/590/CEE y 89/109/CEE.

2. Abreviaturas

AAC	Almacenamiento en atmósfera controlada
AECI	Agencia Española de Cooperación Internacional
CYTED	Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
CICYT	Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología
EAM	Envasado en atmósfera modificada
EAP	Envasado en atmósfera protectora
EV	Envasado al vacío
EVOH	Etilenvinilalcohol
ILOS	<i>Initial low oxygen stress</i>
PA	Poliamida
PSA	Adsorción por cambio de presión
PVdC	Policloruro de vinilideno
ULO	<i>Ultra low oxygen</i>
VSP	Envasado al vacío “segunda piel”

3. Fórmulas químicas

Ar	Argón
Cl ₂	Cloro
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
H ₂	Hidrógeno
He	Helio
N ₂	Nitrógeno
N ₂ O	Óxido nitroso
O ₂	Oxígeno
O ₃	Ozono
SO ₂	Dióxido de azufre

