



Tecnologías para la Industria Alimentaria – Atmósferas modificada y controlada en la conservación de alimentos



Ministerio
de Economía
República Argentina

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca

Atmósferas modificada y controlada en la conservación de alimentos

La integración de tecnología en la industria alimentaria es fundamental para aumentar la competitividad, optimizar procesos, reducir costos y garantizar productos de alta calidad. Por este motivo, desde la Dirección Nacional de Alimentos y Desarrollo Regional hemos elaborado esta ficha, que ofrece un análisis integral sobre el uso, la disponibilidad, las consideraciones regulatorias, la legislación aplicable y las oportunidades que esta tecnología presenta en mercados nacionales e internacionales. Esta herramienta busca proporcionar soluciones innovadoras adaptadas tanto a pequeñas como a grandes empresas.

ÍNDICE

Introducción	03
La evolución hacia las atmósferas modificadas	04
En qué consiste el envasado en atmósferas controladas y modificadas	04
Definición y fundamento de la tecnología	05
Procesos aplicados para envasado con atmósferas modificadas	06
Empleo de atmósfera modificada activa	06
Arrastre con gas	06
Vacío compensado	06
Generación de atmósferas pasivas	07
Características de los gases	08
Características de los materiales de envase	10
Películas laminadas	10
Películas co - extrudidas	10
Películas micro perforadas	10
Impactos esperados de la implementación de esta tecnología	11
Ventajas y desventajas	11
Lo que viene	12
Conclusión	12

Introducción



El empleo de atmósferas modificada y controlada (AM y AC) en la conservación de alimentos representa un avance significativo en la industria alimentaria, permitiendo extender la vida útil de productos frescos y procesados sin comprometer su calidad sensorial ni sus propiedades nutricionales. Esta tecnología se basa en la manipulación de la atmósfera interna de los envases, sustituyendo el aire con una combinación precisa de gases que inhiben el crecimiento microbiano y ralentizan los procesos de deterioro. De este modo, se ofrece una alternativa eficaz al uso de conservantes químicos, permitiendo una conservación más natural y manteniendo los alimentos en óptimas condiciones por más tiempo, lo que resulta en una reducción de desperdicios y una mejora en la sostenibilidad de la cadena de suministro.

Además, el envasado en atmósferas modificada y controlada permite una adaptación más eficiente a las necesidades específicas de cada tipo de alimento, optimizando su conservación según las características del producto y su susceptibilidad al deterioro. La posibilidad de ajustar la concentración de gases en el envase de manera precisa facilita la preservación de alimentos perecederos, como frutas, verduras y carnes, garantizando su frescura durante el transporte y almacenamiento. Esta flexibilidad también abre posibilidades para la innovación en el desarrollo de nuevos productos y la ampliación de mercados, al permitir la exportación de alimentos con una vida útil significativamente más larga.

La evolución hacia las atmósferas modificadas



La correcta elección del envase en la producción de alimentos es fundamental para la preservación de la calidad del producto y su aceptación por parte del consumidor.

Además de prevenir daños microbiológicos y cambios en sus características organolépticas, el envase también se emplea para brindar información al consumidor y para resaltar atributos del producto.

La demanda de productos frescos, libres de aditivos y que conserven sus propiedades nutricionales motivó a las industrias de alimentos a buscar nuevos métodos de envasado. Así surgieron nuevos materiales y tipos de tratamientos de conservación.

Como resultado de ello surgieron, en las primeras décadas del siglo XX, los sistemas de envasado y almacenamiento con atmósferas modificadas y controladas.

Las experiencias iniciales pretendían alargar la vida útil de algunas frutas y carnes frescas. Luego, esta tecnología fue incrementándose, primero para la conservación de alimentos a granel tanto en almacenes como en el transporte y más tarde en el envase final de los productos.

En todos estos años de desarrollo, las técnicas de envasado en atmósfera modificada y controlada se han perfeccionado, llegando a ser actualmente una tecnología que puede aplicarse en los más diversos sectores alimentarios: carnes, pastas, panificados, frutas y hortalizas.

En qué consiste el envasado en atmósferas controladas y modificadas

La exposición de los alimentos al aire atmosférico normal puede provocar un rápido deterioro, ya que la alta concentración de oxígeno de la atmósfera acelera muchas de las reacciones enzimáticas, químicas y microbiológicas responsables de la pérdida de calidad.

El objetivo de esta tecnología es lograr en el interior del envase un ambiente que evite o retrase el deterioro del producto manteniendo la calidad original y minimizando el uso de conservantes. Cambiando convenientemente la composición de la atmósfera a la que se expone al alimento, se logra disminuir el efecto nocivo que tiene la exposición al oxígeno del aire.

Definición y fundamento de la tecnología

Como definición general, se entiende por atmósferas modificadas o controladas a aquellas que tienen una composición distinta a la del aire normal y además están en contacto con los alimentos, ya sea en el envase final o en una cámara de almacenamiento.

La **atmósfera modificada** consiste en la eliminación del aire del interior del envase y su reemplazo por un gas o mezcla de gases, la cual dependerá directamente del tipo de producto.

La característica diferencial de las atmósferas modificadas es que la composición inicial que se establece en el interior del envase no se mantiene constante, sino que varía de manera continua durante el período de almacenamiento y vida útil del producto. Esta variación se debe a distintos factores, tanto internos (inherentes al alimento, como su respiración), como externos (permeabilidad del material de empaque, temperatura o condición de la atmósfera externa). Estos factores no son controlados ni contrarrestados cuando se aplican atmósferas modificadas.

Por su parte, la **atmósfera controlada** se diferencia en que la composición de la atmósfera inicial dentro del envase permanece inalterada hasta el final de la vida útil del producto. Inicialmente la atmósfera controlada se concibió como una técnica complementaria a la conservación por refrigeración. Consistía en modificar la composición gaseosa de las cámaras frigoríficas, junto con la regulación de otras variables físicas del ambiente (temperatura, contenido de humedad y velocidad de flujo del aire).

Se buscaba mantener una atmósfera con contenido muy bajo de O₂ y una mayor concentración de CO₂, de manera tal que la composición de la atmósfera se ajustara constantemente a los requerimientos específicos del producto a conservar.

Se logró con esto un efecto sinérgico con la refrigeración, disminuyendo en mayor medida la tasa respiratoria de los tejidos vegetales y retrasando de esa forma su maduración y senescencia.

La actual tecnología de envasado en atmósfera controlada deriva de ese método de conservación de vegetales.

Procesos aplicados para envasado con atmósferas modificadas



Se puede recurrir a dos estrategias diferentes para modificar la atmósfera del envase. Dependiendo de ello se diferencian los envases con atmósfera modificada activa o **atmósfera modificada pasiva o de equilibrio**.

Empleo de atmósfera modificada activa

La **atmósfera modificada activa** se logra combinando una mezcla adecuada de gases y materiales plásticos de barrera. Para inyectar la atmósfera modificada se reemplaza mecánicamente el aire normal por la mezcla de gases.

La sustitución mecánica del aire se puede realizar mediante arrastre con gas o vacío compensado.

Arrastre con gas

Se inyecta una corriente continua de gas en el interior del envase para desplazar y reemplazar el aire.

De esta forma se “diluye” el aire en el espacio de cabeza, que corresponde al que está por encima del alimento y se cierra el envase cuando se ha desplazado la mayor parte del aire siendo reemplazado por la mezcla de gases correspondiente.

Este proceso se realiza empleando equipos de envasado de tipo formado-llenado-cerrado. Al aplicar esta tecnología de envasado, la atmósfera interna contendrá un nivel residual de oxígeno de 2 – 5 % aproximadamente, que si bien es inferior al contenido del aire (21%), igualmente puede no ser adecuado para alimentos muy sensibles al deterioro por O₂, como son los de alto contenido lipídico. La ventaja del arrastre con gas es la mayor velocidad del proceso, ya que se trata de una operación continua.

Vacío compensado

Este proceso consiste en una primera etapa de aplicación de vacío sobre el producto ya envasado, a fin de eliminar el aire que contiene y una segunda a continuación donde se introduce el gas o mezcla de gases mediante lanzas o contrapuestas. Los equipos diseñados para este proceso disponen de diferentes cámaras. A diferencia del proceso

de arrastre con gas, este método presenta una velocidad de operación menor, ya que se requieren dos etapas independientes, pero la eficacia respecto al contenido de O₂ residual es mayor, porque el aire se elimina mediante vacío.

El sistema de compensación de vacío, a diferencia del anterior, logra un nivel de O₂ menor al 1 %.

Las máquinas típicas usadas para esto son las termoformadoras TFFS (thermoform-fill-seal).

Generación de atmósferas pasivas

La **atmósfera modificada pasiva** se obtiene por el equilibrio entre la respiración del producto envasado (vegetales frescos) y la permeabilidad de los materiales de envasado.

Consiste en la generación de la atmósfera modificada dentro del envase por acción del metabolismo del alimento envasado.

La atmósfera pasiva o de equilibrio se aplica para envasado de vegetales frescos o mínimamente procesados. Estos continúan respirando después de su recolección, consumiendo O₂ y produciendo CO₂ y vapor de agua. El envasado en atmósfera pasiva logra que el CO₂ y el vapor de agua producidos se equilibren con los gases que difunden a través del film, y de esa manera se alcance un equilibrio y se genere dentro del envase una atmósfera favorable.

De esta manera si se emplean películas de permeabilidad selectiva combinándolas con una mezcla de gases de composición inicial conocida, se logra que la atmósfera interna del envase sea la deseada durante la vida útil del producto.

Entonces las variables que más influyen en lograr una atmósfera de equilibrio dentro del envase son: temperatura, velocidad de respiración del producto, masa del producto envasado, permeabilidad y espesor del film plástico, relación de permeabilidad CO₂ / O₂ y superficie efectiva del envase.

La elección de la película plástica en este caso es fundamental. Su permeabilidad debe permitir que la velocidad de entrada de O₂ al envase iguale la de captación por parte del producto para su respiración.

Es importante destacar que el valor de la presión a la cual se estabiliza el contenido de O₂ en el envase final depende del producto, la temperatura y la composición de la atmósfera interna y externa. Para estos productos se utilizan films que de alta permeabilidad, todo lo contrario a cuando se quiere mantener inalterada la atmósfera interna.

Una de las opciones más aplicadas son los films micro perforados (20 a 100 μm) de polietileno (PE), polipropileno (PP), polipropileno biorientado (BOPP), entre otros.

Vale aclarar que si en luego de aplicarse este tipo de films se aplicarán materiales impermeables (películas de alta barrera) el resultado sería un veloz deterioro del producto como resultado de la baja disponibilidad de O_2 (los vegetales en ausencia de oxígeno no podrían llevar adelante el proceso de respiración aeróbica).

Características de los gases

En las atmósferas modificadas y controladas se utilizan los mismos gases que componen la atmósfera normal pero en una proporción distinta a la que presentan en el aire para lograr el efecto de preservación deseado.

A continuación se describen las características más relevantes de cada uno de ellos.

Dióxido de carbono o anhídrido carbónico (CO_2)

Es un fuerte inhibidor del desarrollo de microorganismos, por ello inactiva parte de la flora alterante y patógena y permite extender la vida útil de productos alimenticios. La presencia de determinadas concentraciones de CO_2 en la atmósfera interna del envase provoca que se extienda la fase de latencia de los microorganismos (es decir, permanecen durante más tiempo sin crecimiento, sin aumentar su número). Además disminuye la cantidad de microorganismos que logran crecer exponencialmente lo que se manifiesta en una disminución de la pendiente de la fase exponencial.

El CO_2 tiene mayor efecto inhibitorio a bajas temperaturas dado que se incrementa su solubilidad en la fase acuosa del alimento. Por esta razón, las atmósferas de alto contenido de CO_2 son más efectivas en alimentos refrigerados.

Asimismo, la absorción de CO_2 en el alimento depende de su contenido de humedad y composición lipídica, adicionalmente a las condiciones a las que se exponga el producto.

Cuando se formulan atmósferas con concentraciones de CO_2 superiores a un 5 a 10 % se logra suprimir el desarrollo de hongos y bacterias aerobias estrictas. Particularmente esas concentraciones son efectivas para inactivar bacterias aerobias gram negativas responsables del deterioro organoléptico de la mayor parte de los alimentos.

El efecto inhibitorio se incrementa en función del aumento de la concentración, hasta valores de 50 – 60 %. Si la concentración supera esos valores se puede no tener ningún efecto adicional o inclusive obtener un efecto negativo sobre la preservación del alimento.

En algunos casos, para alimentos en los cuales la disolución de CO_2 es significativa, suelen aplicarse concentraciones superiores a fin de suplir las pérdidas por absorción en el producto.

Cuando se produce una disolución excesiva de CO_2 en el alimento pueden desencadenarse dos fenómenos negativos: el colapso del envase y presencia 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, como consecuencia del descenso del pH del medio provocado por la dilución del CO_2 .

En algunos alimentos, como carnes rojas y carne de ave, las elevadas concentraciones de CO_2 pueden deteriorar su calidad organoléptica.

Nitrógeno (N_2)

El nitrógeno es un gas inerte, poco soluble en agua y en la fracción grasa, por lo que es utilizado en el envasado en atmósfera modificada fundamentalmente para desplazar el O_2 . Previene el enranciamiento de productos de bajo contenido de humedad como snacks o panificados de baja actividad de agua, entre otros.

Otra aplicación del N_2 es como gas de llenado. Se usa para completar el volumen y evitar el colapso del envase por diferencias respecto a la presión externa, cuando alguno de los otros gases que componen la atmósfera es absorbido por el producto. Como el N_2 no se absorbe en la matriz del producto, mantiene la integridad del empaque.

En oposición a las atmósferas activas y semiactivas con CO_2 , las que contienen exclusivamente N_2 se denominan atmósferas inertes, porque no inhiben de forma directa el desarrollo de microorganismos. El principal inconveniente de estos ambientes gaseosos es el riesgo de crecimiento de microorganismos anaerobios.

Oxígeno (O_2)

El oxígeno es uno de los principales responsables de la alteración de los alimentos. Por ser un elemento muy reactivo, origina reacciones de oxidación que producen sabores y olores desagradables. También favorece el crecimiento de microorganismos aerobios (patógenos y alterantes) que lo utilizan en sus funciones metabólicas. Es por esto que generalmente en el envasado de alimentos con atmósfera modificada o controlada se trata de eliminar o reducir al máximo la concentración de O_2 , a fin de inhibir dichas reacciones de oxidación y crecimiento microbiano.

Sin embargo el O_2 es necesario para la respiración de frutas y hortalizas frescas o mínimamente procesadas, para la estabilidad de la oximioglobina en carnes rojas, compuesto responsable del color rojo brillante, y para evitar la atmósfera de anaerobiosis en el envasado de pescado blanco. En cada uno de esos productos se deberá diseñar una atmósfera cuya composición presente la concentración de O_2 que permita mantener estable al alimento y que a su vez no promueva el crecimiento de microorganismos indeseables o reacciones químicas o enzimáticas de deterioro.

Características de los materiales de envase



El material de envase debe mantener la composición de la atmósfera aplicada durante la vida útil del producto. Es fundamental también que la soldadura de los envases sea resistente, impermeable y de fácil apertura. Entre los materiales empleados se destacan: películas laminadas, co - extrudidas y micro perforadas.

Películas laminadas

Películas conformadas por láminas de diferentes materiales unidas mediante un adhesivo. Como ventaja, este tipo de material posee una mayor calidad de grabado, dado que las láminas impresas se incorporan entre las distintas capas que constituyen la película. La desventaja es que tienen un mayor costo.

Se emplean en productos de baja o media actividad respiratoria, ya que las capas interfieren en la movilidad del oxígeno hacia el interior del envase. Por esta razón no se aplican en envasado de vegetales frescos o mínimamente procesados.

Películas co - extrudidas

Son láminas que se producen por co - extrusión de los distintos polímeros plásticos; son más económicas que las películas laminadas. Como desventaja presentan una menor calidad de grabado ya que se graban en la superficie, y por lo tanto tienden a desgastarse por el roce con la maquinaria durante el llenado y sellado. La velocidad de transferencia del O₂ hacia el interior del envase es mayor que en las películas laminadas.

Vale destacar que las industrias dedicadas a producir materiales co-extrudidos y laminados para el envasado de alimentos constantemente invierten en la investigación y desarrollo de nuevos materiales, de mayor efectividad para aplicaciones específicas.

Películas micro perforadas

Se emplean para el envasado de aquellos productos que requieren una alta permeabilidad del O₂ hacia el interior del envase, como el caso de envasado de vegetales. Se trata de films micro perforados a láser de PE, PP o BOPP. El tamaño de los poros varía de 40 a 200 µm de diámetro, dependiendo del tipo de producto a envasar. La atmósfera interna es determinada por el área total de perforaciones en la superficie del envase. Las películas micro perforadas mantienen niveles de humedad relativa altos y son muy efectivas para prolongar la vida media de productos especialmente sensibles a la deshidratación y deterioro por microorganismos.

Impactos esperados de la implementación de esta tecnología

La tecnología de envasado en atmósfera modificada o controlada surge como respuesta a nuevas preferencias y hábitos por parte de los consumidores. Logra mantener la calidad deseada de los alimentos durante mayor período de tiempo en empaques llamativos e innovadores.

La tecnología permite reducir el uso de conservantes en el producto, lo que es valorado positivamente por el consumidor.

Además, gracias a que se logra extender la vida útil de productos frescos (como carnes y vegetales), se consigue disminuir la frecuencia en la distribución, disminuyendo el número de entregas o repartos por período de tiempo, y con esto la reducción significativa en gastos de logística y transporte.

A su vez permite ampliar la zona geográfica de alcance del producto, ya que se puede llegar a lugares más alejados con el producto fresco y con una vida útil tal que permite su comercialización.

Es por esto que la tecnología de envasado en atmósfera modificada y controlada consigue disminuir el número de devoluciones o rechazos por productos vencidos.

Como resultado de estas ventajas, la implementación de esta tecnología conduciría a beneficios económicos a largo plazo. Por lo tanto se presenta como una opción válida a la hora de invertir en un nuevo proyecto.

Ventajas y desventajas

Como resumen presentamos las principales ventajas y desventajas de la tecnología

Ventajas

- › Aumento de la vida útil del producto.
- › Reducción de desperdicios a nivel minorista.
- › Mejor presentación, visión clara del producto.
- › Permite el apilado higiénico de los envases cerrados, libre de goteo de líquidos y del olor del producto.
- › Menor necesidad de utilizar conservantes químicos en la formulación del producto.
- › Extensión de la zona de distribución y reducción de los costos de transporte, por una menor frecuencia en la distribución.

Desventajas

- › Necesidad de refrigeración, mantener la cadena de frío.
- › Inversión inicial elevada en los equipos de envasado.
- › Inversión en equipo analítico para control de calidad de las mezclas de gases usadas.
- › Incremento en el volumen de los envases, lo que puede generar un aumento en los costos de transporte y espacio necesario para la distribución minorista.

Lo que viene

El futuro de las atmósferas controladas y modificadas en la conservación de alimentos está marcado por el desafío de hacer estas tecnologías más sostenibles y eficientes.

Uno de los principales avances se orienta hacia la mejora de la precisión en el control de los gases, como el oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno, mediante sensores más avanzados y sistemas automatizados. Esto permitiría no solo extender la vida útil de los productos, sino también reducir el uso de recursos y minimizar el desperdicio alimentario. La integración de inteligencia artificial y machine learning en los sistemas de control de atmósferas permitirá predecir de manera más exacta las necesidades específicas de cada tipo de alimento, adaptando la atmósfera a las condiciones cambiantes durante el almacenamiento y el transporte.

A medida que se perfeccionan estas tecnologías, se espera que se puedan utilizar atmósferas modificadas de manera más personalizada para distintos tipos de alimentos. Innovaciones como la incorporación de biopolímeros inteligentes o envases activos, que interactúan con la atmósfera interna, podrían revolucionar la forma en que se gestionan las condiciones dentro de los envases. Además, el futuro de las AM y AC apuntará a la reducción del impacto ambiental de estas prácticas, con el desarrollo de materiales biodegradables para los envases y un menor uso de gas inerte, promoviendo un enfoque más ecológico y menos dependiente de recursos no renovables.

Conclusión

El envasado en atmósferas modificada y controlada ha demostrado ser una herramienta clave para la conservación de alimentos, ofreciendo soluciones innovadoras que permiten extender la vida útil de los productos sin comprometer su calidad.

A medida que la industria avanza en la búsqueda de métodos más eficientes y sostenibles, la implementación de estas técnicas continúa evolucionando, abriendo nuevas oportunidades para reducir el desperdicio, mejorar la seguridad alimentaria y satisfacer la creciente demanda de los consumidores por productos más frescos y naturales.



**Ministerio
de Economía**
República Argentina

**Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca**