

A

**CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS ALTAMENTE
PERECEDEROS EN ATMÓSFERA MODIFICADAS**

SONIA GURI BAIGET

Noviembre, 2001

ÍNDICE	i
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. TÉCNICA DEL ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA.....	2
2.1. Gases utilizados en la técnica MAP.....	2
2.1.1. Dióxido de carbono.....	3
2.1.2. Oxígeno.....	4
2.1.3. Nitrógeno.....	5
2.2. Materiales de envase.....	5
2.3. Maquinaria.....	8
2.3.1. Envasadoras verticales.....	8
2.3.2. Líneas <i>flow-pack</i>	9
2.3.3. Envasadoras de vacío o campana.....	9
2.3.4. Sistemas de termoformado.....	9
2.3.5. Máquinas automáticas y semiautomáticas de envases preformados.....	10
3. ENVASADO DE ALIMENTOS PERECEDEROS EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS.....	10
3.1 Antecedentes.....	10
3.2. Características del MAP en productos perecederos.....	11
3.3. Envasado en atmósfera modificada de patata mínimamente procesada.....	15
3.4. Envasado en atmósfera modificada de cebolla mínimamente procesada.....	16
4. OBJETIVOS.....	16
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	17
5.1. Diseño experimental.....	17
5.1.1. Ensayo con patata.....	17
Mezclas de gases.....	17
5.1.2. Ensayo con cebolla.....	17
5.2. Determinaciones.....	18
6. PLAN DE TRABAJO.....	19
7. BIBLIOGRAFÍA.....	19

CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS ALTAMENTE PERECEDEROS EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS

1. INTRODUCCIÓN

El Envasado en Atmósfera Modificada (MAP) es una técnica que permite ampliar la vida útil de los productos frescos colocados en el interior de un envase permeable o impermeable, en donde el aire circundante ha sido reemplazado por una mezcla de gases adecuada.

Desde mediados del siglo pasado, se han ido produciendo cambios en los sistemas de venta de los alimentos al por menor, incrementándose el número de grandes superficies especialmente en las últimas décadas del siglo XX.

Actualmente, la búsqueda por parte del consumidor de productos frescos y de alta calidad ha dado lugar a un crecimiento importante en el sector de la distribución al por menor de productos refrigerados. Por este motivo, en los últimos años se ha producido un rápido crecimiento en el desarrollo del envasado de estos productos en atmósfera modificada.

La vida útil de los productos perecederos como carnes, pescado, frutas y hortalizas, productos de panadería conservados en atmósfera normal está limitada principalmente por el efecto del oxígeno atmosférico y el crecimiento de microorganismos que pueden producir alteraciones. Estos factores producen cambios de color, olor, sabor, textura que inevitablemente conducen al deterioro cualitativo del producto. La refrigeración puede retrasar estos procesos, pero no alargar necesariamente la vida útil del producto lo suficiente como para cumplir las exigencias de la distribución al por menor y la exposición del producto en el punto de venta.

La modificación de la atmósfera en el interior del envase, reduciendo la concentración de oxígeno e incrementando las de dióxido de carbono y/o nitrógeno, prolonga significativamente la vida útil de los productos conservados a temperaturas de refrigeración (tabla 1).

Tabla 1: Estimación de la vida útil de productos envasados con aire y en atmósfera modificada (*almacenamiento refrigerado, **almacenamiento a temperatura ambiente). Fuente: *Envasado de los alimentos en atmósfera modificada*, Ed. R. Parry, 1995.

<i>Producto</i>	Envasado con aire (21% O ₂ , 78%N ₂ , 0.03%CO ₂)	Envasado con atmósfera modificada
Carne de ternera *	4 días	12 días
Carne de cerdo *	4 días	9 días
Pescado *	2 días	10 días
Pan **	7 días	21 días
Café **	3 días	18 meses

La utilización de atmósferas modificadas para preservar la vida útil de los productos se conoce desde el siglo XIX, aunque la investigación sobre este tema no se empezó a desarrollar hasta 1920-1930. En 1927, Kidd y West estudiaron el efecto de la atmósfera modificada en la vida de la fruta almacenada. Posteriormente, Killefer (1930, en Parry *et al.*, 1995), Coney (1932, en Parry, *et al.*, 1995), Ogilvy y Aynes (1951, en Parry, *et al.*, 1995), realizaron investigaciones sobre la utilización de AM en diferentes productos, pero principalmente carnes y pescados. En la actualidad, la gama de productos envasados en atmósfera modificada o al vacío es muy extensa, y engloba tanto a las carnes rojas y comidas precocinadas como a la mayoría de productos perecederos y mínimamente procesados.

Los componentes básicos en un proceso de envasado en atmósfera modificada son: gases, envase, materiales de envase y equipos.

2. TÉCNICA DEL ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA

2.1. Gases utilizados en la técnica MAP

La composición normal del aire es: 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno y 0.03% de dióxido de carbono. Estos gases son los que se utilizan en la técnica del envasado en atmósfera modificada, variando su proporción en función del tipo de producto a envasar (tabla 2).

Tabla 2: Mezclas de gases recomendadas para el envasado de diferentes productos en atmósfera modificada. Fuente: *Envasado de los alimentos en atmósfera modificada*, Ed. R. Parry, 1995.

Producto	% CO ₂	% O ₂	% N ₂
Carnes rojas	15-40	60-85	-
Carnes curadas	20-35	-	65-80
Aves	25	-	75
Pescado blanco	40	30	30
Pescado graso	60	-	40
Pan	60-70	-	30-40
Frutas y Hortalizas	3-5	3-5	85-95

2.1.1. Dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO₂) tiene propiedades fungiestáticas y bacterioestáticas que inhiben el crecimiento de hongos y bacterias. Su modo de actuación sobre los microorganismos todavía no está claro, pero se han propuesto diferentes mecanismos para explicar su acción:

- Disminución del pH del alimento
- Penetración celular seguida por un descenso del pH del citoplasma celular
- Acciones específicas sobre enzimas citoplasmáticas
- Acciones específicas en membranas biológicas

Cuando el CO₂ gas se aplica a un tejido biológico, se disuelve en su fase líquida, y su disociación ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$) conduce a una **disminución del pH** del tejido. Esta acidificación no es muy alta en los alimentos (Devlieghere *et al.*, 2000), por lo tanto, el efecto inhibitor del CO₂ no sólo dependerá de la acidificación del sustrato.

Algunos autores han observado una rápida **penetración del CO₂** disuelto en el interior de la célula, sugiriendo que el efecto inhibitor sería consecuencia de una acidificación interna del citoplasma (Eklund, 1984).

El CO₂ también podría actuar sobre las células alterando la velocidad de determinadas **reacciones enzimáticas**. Una vía sería la modificación en la producción de uno o varios

enzimas específicos por inducción o represión de la síntesis de dicho enzima (Jones, 1989), o la inhibición de las reacciones enzimáticas de carboxilación y descarboxilación (Jones y Greenfield, 1982, Dixon y Kell, 1989).

Otro factor que contribuiría a la inhibición del desarrollo de microorganismos por parte del CO₂, sería la alteración de las propiedades de la **membrana celular** (Dixon y Kell, 1989). El CO₂ actúa sobre los lípidos de la membrana celular disminuyendo la absorción de varios iones. Por otra parte, cambios en la permeabilidad de la membrana, pueden alterar la función de sus proteínas.

A pesar de que son diversos los mecanismos de actuación del CO₂ sobre la inhibición del crecimiento microbiológico, su efecto depende de la cantidad de CO₂ disuelto en la fase acuosa y lipídica del alimento envasado (Devlieghere *et al.*, 1998), lo que origina una serie de consecuencias:

- La solubilidad del CO₂ es inversamente proporcional a la temperatura de almacenamiento, a bajas temperaturas se observa un efecto sinérgico de su efecto.
- Al producirse la disolución del CO₂, una parte del gas estará presente en forma de ácido carbónico, que puede dar lugar a sabores ácidos indeseados si la concentración de CO₂ utilizada ha sido elevada.
- La absorción del CO₂ por parte del producto puede producir una reducción del volumen del gas y ocasionar el colapso del envase.

2.1.2. Oxígeno

En los alimentos envasados en atmósfera modificada se intenta reducir al máximo el contenido en oxígeno para disminuir el deterioro de los productos por oxidación. Pero existen algunos productos en los que deben utilizarse niveles de oxígeno elevados para conseguir diferentes objetivos:

- Retención del color en las carnes rojas
- Inhibición de la reducción del óxido de trimetilamina (TMAO) en pescados

El **color rojo de la carne** fresca está determinado por la forma en la que se encuentre el pigmento mioglobina. Cuando se produce una atmósfera anaeróbica, la mioglobina (color púrpura) se transforma a metamioglobina dando un color pardo a la carne indeseable. Por tanto es esencial realizar el envasado de carnes rojas en atmósfera modificada con

elevados contenidos de O₂ (por ejemplo 40%) que aseguren que la mioglobina está oxigenada, y así obtener carnes con un color rojo brillante.

La mayoría de los pescados y mariscos marinos contienen **óxido de trimetilamina** (TMAO) que tiene una función osmoreguladora en la vida animal. Con bajos niveles de oxígeno, el TMAO puede servir como un aceptor terminal de electrones para algunas de las bacterias de la descomposición (p.ej. *Shewanella putrificiens*) y transformarlo a trimetilamina (TMA). La trimetilamina es un compuesto amoniacal responsable del indeseable “olor a pescado”. La reducción del TMAO se puede retardar, introduciendo elevados contenidos de O₂ en la atmósfera gaseosa, y de esta forma se consigue aumentar la vida útil del pescado.

En los productos vegetales, que continúan respirando después de ser recolectados, la inclusión de O₂ (5-10%) en los envases es necesaria para evitar la respiración anaeróbica. Pero, recientemente se están realizando estudios con vegetales frescos cortados, con tasas respiratorias bajas, y envasados en atmósferas con elevados contenidos de O₂ (p.ej. 70-100% O₂ y 5-30% CO₂). Este tratamiento, llamado *shock* de oxígeno o *shock* de gas, es particularmente efectivo inhibiendo el pardeamiento enzimático, impidiendo la fermentación anaeróbica y inhibiendo el crecimiento microbiológico aeróbico y anaeróbico (Day, 1996).

2.1.3. Nitrógeno

El nitrógeno se caracteriza por ser un gas inerte, con baja solubilidad en el agua y en las grasas.

En el envasado en atmósfera modificada se emplea, básicamente, para evitar el colapso del envase en aquellos casos en los que el producto absorbe CO₂, para desplazar el oxígeno o como una alternativa al envasado al vacío en productos frágiles.

2.2. Materiales de envase

La elección del material con el que se realizará el envase es un factor muy importante en la técnica MAP. El material de envase deberá mantener la atmósfera modificada durante el mayor tiempo posible para prolongar la vida útil del producto. La atmósfera del interior del envase y la exterior tienden al equilibrio en función, básicamente, de la diferencia de

presión, y es aquí dónde deben considerarse las barreras proporcionadas por el film de envasado.

Las características generales que debe cumplir un film para el envasado en atmósfera modificada son:

- Permeabilidad (característica inversa a la barrera): a los gases ($\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$) y al vapor de agua ($\text{g}/\text{cm}^3 \cdot \text{día}$).
- Mecánicas: resistencia a la abrasión, tracción, rotura, desgarró, estallido, impacto, perforación.
- Ópticas: brillo, transparencia (que permita la visualización del producto).
- Inercia química del envase frente al producto.
- Fiabilidad del sellado: buena aptitud para soldarse sobre sí mismo o sobre el envase.

Los films plásticos utilizados normalmente en el envasado en atmósfera modificada son diversos, a continuación se describen brevemente los más empleados.

▪ **Polietileno de baja densidad (LDPE)**

Su permeabilidad al vapor de agua es moderadamente baja, pero alta para el oxígeno y los otros gases, también presenta un reducido efecto barrera frente a los olores.

▪ **Polietileno de alta densidad (HDPE)**

Proporciona propiedades barrera superiores que el film anterior.

▪ **Polipropileno (PP)**

Producido por polimerización del propileno. El polipropileno orientado (OPP) proporciona mayor barrera al vapor de agua que el polietileno y también a los gases, de siete a diez veces la del polietileno. Además es muy resistente a las grasas.

▪ **Copolímero de etilenoacetato de vinilo (EVA)**

Copolimerización de baja densidad de polietileno y acetato de vinilo. Es más flexible y posee mayor permeabilidad al vapor de agua y a los gases que el polietileno de baja densidad.

▪ **Policloruro de vinilo (PVC)**

Posee una buena capacidad barrera frente a los gases y moderada al vapor de agua. Es muy resistente a las grasas y aceites.

▪ **Policloruro de vinileno (PVdC)**

Es un polímero de cloruro de vinileno con cloruro de vinilo, que se utiliza como un recubrimiento barrera frente a los gases para films de cubiertas y en forma de film como una lámina barrera comprimida. Posee propiedades barrera excepcionales, con baja permeabilidad al vapor de agua y a los gases. La legislación actual y la tendencia a no emplear compuestos que contienen cloro en contacto con los alimentos, han provocado un movimiento en contra de la utilización de films con un importante contenido de cloro.

▪ **Poliestireno (PS)**

Posee una elevada resistencia a la extensión y propiedades barrera reducidas frente al vapor de agua y a los gases.

▪ **Poliámidas**

Los "nylons" son films elevada resistencia a la extensión y buena resistencia a la abrasión, pero son algo higroscópicos y sus propiedades se alteran por la absorción de agua. El más utilizado es el Nylon-6, que tiene una buena capacidad barrera frente a los gases.

▪ **Politereftalato de etilenglicol (Poliéster o PET)**

El poliéster orientado (OPET), ofrece una permeabilidad al vapor de agua moderadamente alta y relativamente baja a los gases.

El poliéster amorfo (APET), podría ser una alternativa a la utilización de films que contienen cloruro de vinilo.

▪ **Copolímeros de etileno-alcohol vinílico (EVOH)**

Es sensible a la humedad, pero es un material de muy alta barrera a los gases. Es muy duro y transparente.

Los polímeros que se emplean en el envasado en atmósfera modificada son diversos, y a veces, al tener que trabajar con barreras a determinados gases, se utilizan materiales multicapa formados por diferentes polímeros, teniendo cada una de las capas unas características determinadas. Las propiedades más importantes son la permeabilidad al vapor de agua y a los gases y la aseguración de un buen sellado.

Los films de polipropileno coextruidos y los perforados son los únicos films que se utilizan individualmente en el envasado en atmósfera modificada, lo normal es combinar de dos a cinco films para obtener las propiedades deseables (barrera y sellado).

2.3. Maquinaria

Existen dos métodos para realizar la inyección del gas en los envases de la tecnología MAP: arrastre con gas y vacío compensado.

- Arrastre con gas: con este sistema se reemplaza el aire del interior del envase mediante la inyección de una corriente continua de la mezcla de gases utilizada, cuando la mayor parte del aire ha sido desplazado, se cierra el envase. Con este método, el O₂ residual varía entre el 2% y el 5%, lo que implica que no es adecuado para el envasado de alimentos sensibles al oxígeno. Por otra parte, la ventaja de esta técnica es la gran rapidez del proceso, ya que se realiza en continuo.
- Vacío compensado: este método se lleva a cabo en dos tiempos. Primero se realiza la extracción total del aire del interior del envase, mediante una bomba de vacío y, a continuación se inyecta la mezcla de gases elegida. La ventaja de esta técnica es que los niveles de O₂ residual que se consiguen en el interior del envase son muy bajos, pero en cambio la velocidad de trabajo del equipo es más lenta que en el método de arrastre con gas. También hay que destacar que no todos los productos son adecuados para resistir el proceso de formación del vacío. Los alimentos de naturaleza frágil y disgregable, son propensos a sufrir daños y es mejor someterlos a una arrastre con gas.

Los diferentes tipos de máquinas utilizadas en el envasado en atmósfera modificada se agrupan en función del método de inyección del gas:

Arrastre con gas: envasadoras verticales

líneas *flow-pack*

Vacío compensado: envasadoras de vacío o campana

sistemas de termoformado

máquinas automáticas y semiautomáticas de envases preformados

2.3.1. Envasadoras verticales

Las máquinas de formado vertical-llenado-sellado, son las más utilizadas para el envasado de determinados productos granulares como frutos secos, *snacks* y café. Su funcionamiento consiste en que una lámina de film que proviene de una bobina, pasa por unas aletas que la guían a través de un tubo vertical de formado. Este tubo actúa como caja formadora y los dos bordes de film se sueldan por mediación de rodillos calientes o

mediante una barra térmica aplicando presión en la zona de la costura. Estas máquinas pueden trabajar de forma continua o intermitente.

Para realizar la inyección del gas se emplean dos tubos concéntricos: el film se guía alrededor del tubo exterior, el producto cae por el tubo interior y el gas inyectado para expulsar el aire del paquete que se está formando, se introduce entre las paredes de los dos tubos.

2.3.2. Líneas *flow-pack*

Este tipo de maquinaria muy rápido y versátil, se emplea principalmente en el envasado de productos de bollería. El procedimiento emplea una bobina de film flexible que pasa a través de un elemento de formado que da forma de tubo al material, posteriormente se sellan los dos bordes bajo presión de rodillos calientes. El producto se introduce en este tubo desde un alimentador adecuado a cada tipo de producto. Un inyector sobresale hacia el interior del tubo del material que se está soldando y a través de él se introduce el gas, posteriormente se realiza la soldadura transversal. Finalmente se obtiene una bolsa en forma de tubo con tres soldaduras.

2.3.3. Envasadoras de vacío o campana

Estas máquinas consisten en una cámara que cierra automáticamente y de la que se extrae totalmente el aire atmosférico, mediante una bomba de vacío. Posteriormente se inyecta la mezcla de gases adecuada a toda la cámara. El envase utilizado siempre es una bolsa prefabricada, y una vez finalizado el proceso vacío-inyección del gas, se suelda el lado abierto de la bolsa.

Son envasadoras muy utilizadas para bajas producciones y envases de poco valor añadido.

2.3.4. Sistemas de termoformado

El método de termoformado requiere el uso de un material base rígido o semirígido alimentado desde una bobina hasta la sección de calentamiento, en dónde se termoforman las barquetas o alvéolos que posteriormente pasan a la sección de colocación del producto. Las bandejas llenas entran en la sección de vacío y simultáneamente una bobina suministra la lámina superior de material flexible que se coloca encima de las bandejas. Una vez

realizado el vacío, se inyecta la mezcla de gases y a continuación se sellan y cortan los envases que salen de la línea totalmente individualizados.

Las cadencias de trabajo de estas envasadoras son muy variadas, desde 5 hasta 12 ciclos / minuto. Las aplicaciones de estas máquinas son muy amplias y con ellas se consigue un buen acabado de los envases y un buen acondicionamiento de la atmósfera modificada, pero presentan menor versatilidad comparadas con otros equipos.

2.3.5. Máquinas automáticas y semiautomáticas de envases preformados

2.3.5.1. Automáticas

Este tipo de máquinas, denominado también “selladoras de barquetas”, acepta una barqueta preformada suministrada automáticamente. La barqueta con el producto cargado automáticamente pasa al interior de la cámara, se realiza el vacío, se inyecta el gas, se suelda el material de la tapa a los bordes de la barqueta y finalmente se ventila y abre la cámara para iniciar un nuevo ciclo. El material de cubierta es flexible y procede de una bobina.

En estas envasadoras las producciones son muy elevadas, llegándose a velocidades de trabajo de 15-20 ciclos /minuto, según las necesidades de vacío y los requerimientos del producto.

2.3.5.2. Semiautomáticas

Estas envasadoras utilizan el mismo principio que las automáticas, pero la carga y descarga de las barquetas se realiza de forma manual. Por este motivo, no pueden conseguirse rendimientos superiores a 2-3 ciclos /minuto. Los envases elaborados son muy buenos pero la producción es baja.

3. ENVASADO DE ALIMENTOS PERECEDEROS EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS

3.1 Antecedentes

Los últimos 20 años han ofrecido grandes avances en el sector de las producciones hortícolas, lo que ha permitido ofrecer al consumidor una gran variedad de productos y presentaciones en las mejores condiciones de frescor y envasado.

Sin embargo, el consumidor también ha exigido productos que le faciliten la preparación y consumo de los alimentos y esta necesidad ha alcanzado también al sector de frutas y hortalizas. De esta forma surgieron, en los últimos 20 años, las hortalizas de 4ª gama.

Los productos de 4ª gama son productos crudos, contenidos en envases plásticos que en general emplean la técnica del envasado en atmósfera modificada con el fin de alargar su vida útil.

Muchos de estos productos, en su preparación para el consumo, han sufrido un tratamiento, normalmente físico, (pelado, deshojado, lavado, cortado, rallado) que los mantiene vivos, es lo que denominaríamos productos mínimamente procesados. Después de su acondicionamiento se envasan en atmósfera modificada.

Los productos procesados en fresco aparecieron en los años 70 en EE.UU. para abastecer a los restaurantes de comida rápida, siendo la lechuga el producto principal.

Mientras que en Europa (Suiza, Alemania, Francia) su consumo se inició en 1980, en España no empezaron a aparecer hasta la década de los 90. El consumo de estos productos en España ha tenido que superar diversos obstáculos, como el descenso del consumo de hortalizas, la competencia con los alimentos ya existentes y en ocasiones el excesivo precio.

Pero sin embargo, en la actualidad, se está produciendo a una reactivación del consumo de productos hortícolas, ya sean frescos o procesados en fresco. A pesar de esta reactivación el consumo de estos productos en España continúa siendo bajo, 1.5-2 Kg *per cápita* (1999), si lo comparamos con el de Francia, 6 Kg o el de EE.UU, 30 Kg (Artés y Artés, 2000). Sin embargo, la industria alimentaria, como primer sector industrial de España, hace imprescindible una continua adaptación a las necesidades del consumidor y es por ello que continuamente se desarrollan técnicas dirigidas a la conservación de las características organolépticas de los alimentos envasados en fresco.

3.2. Características del MAP en productos perecederos

Los productos altamente perecederos se diferencian del resto de alimentos en que continúan respirando activamente después de ser recolectados.

La técnica del envasado en atmósfera modificada consiste en reemplazar el aire que rodea al producto por una mezcla de 1-5% de oxígeno y 3-10% de dióxido de carbono

(balance con nitrógeno). Dentro del envase se establecerá un equilibrio cuando la velocidad de transmisión del O_2 a través del film se iguale con la velocidad de consumo de oxígeno por parte del producto del interior del envase. La respiración de tejido vegetal vivo también produce CO_2 , el cual se difundirá a través del film en función de la permeabilidad de éste al dióxido de carbono. Por tanto el tipo de film escogido dependerá de su permeabilidad al oxígeno y al dióxido de carbono, que será necesaria para obtener una adecuada atmósfera modificada de equilibrio.

La atmósfera modificada de equilibrio alcanzada en el interior del envase estará influenciada por la respiración del producto, que a su vez está afectada por el tipo de producto, la variedad, el tamaño, la temperatura, por la permeabilidad del film de envasado, por las dimensiones del envase y por el peso. En consecuencia, es difícil establecer una atmósfera modificada adecuada para diferentes productos, pero se podrían considerar, de forma general, una serie de factores que afectarán a la vida útil del producto.

- Propiedades intrínsecas del producto

Intensidad de la respiración: se valora por la rapidez con que se producen los cambios químicos en el material vegetal, indicando la vida útil potencial de las frutas y hortalizas consideradas. Así, productos como el brócoli, champiñones laminados, zanahoria cortada, que presentan una tasa respiratoria muy elevada ($65-91 \text{ mL } CO_2/Kg \cdot h$), serán altamente perecederos y por tanto con una vida útil muy corta.

La actividad respiratoria de un producto depende de varios factores como el tamaño del producto, la severidad de la preparación, variedad, madurez. Así, los productos dañados o mínimamente procesados tienen una mayor tasa respiratoria que los productos enteros sin preparar. También la temperatura y la modificación de la atmósfera afectan fuertemente a la intensidad respiratoria.

Acidez (pH): El pH de frutas y hortalizas puede influir en el desarrollo de microorganismos causantes de alteraciones. Muchas frutas como los cítricos, piñas, manzanas y melocotones tienen valores de pH inferiores a 4.5. Bajo estas condiciones el *Clostridium botulinum* no puede desarrollarse, por tanto estos productos podrían envasarse con bajos contenidos de O_2 sin riesgo para el consumidor frente a las toxinas botulínicas.

Sin embargo, la mayoría de hortalizas, como patatas, lechugas, zanahorias, champiñones, tienen valores de pH superiores a 4.5, por eso estos productos no pueden envasarse en condiciones anaerobias.

Actividad del agua (a_w): Las frutas y hortalizas poseen elevada humedad, con valores de a_w entre 0.97 y 1. Bajo estas condiciones los microorganismos responsables de la descomposición pueden desarrollarse rápidamente.

Estructura biológica: La resistencia de los tejidos vegetales a la difusión de los gases varía en función del tipo de producto, parte de la planta, severidad de preparación y estado de madurez, pero parece estar poco afectado por la temperatura. Esta resistencia a la difusión de los gases puede estar directamente implicada en las diferencias de tolerancia a niveles bajos de O_2 y altos de CO_2 de cada producto (Zagory y Kader, 1988).

Producción y sensibilidad al etileno: La exposición de los frutos climatéricos al etileno adelanta la aparición de un aumento irreversible de la respiración y de la maduración. En el envasado en atmósfera modificada, los bajos niveles de O_2 y/o elevados de CO_2 , reducen la producción de etileno (Zagory y Kader, 1988).

- Propiedades externas

Recolección: La recolección de frutas y hortalizas debe realizarse en el estado óptimo de madurez, con el fin de asegurar una buena calidad y una adecuada vida útil del producto. El momento óptimo de recolección se puede determinar utilizando diferentes índices de madurez basados en la evaluación del color, textura, tamaño, composición química, peso específico.

Manipulación: Es muy importante reducir las lesiones mecánicas, ya que éstas dañan la estructura celular de la planta. Las heridas ocasionadas durante la manipulación incrementan las pérdidas de humedad, la actividad enzimática, la susceptibilidad a la entrada de microorganismos, los procesos de podredumbre.

Higiene: Es esencial un riguroso control de las prácticas higiénicas durante la recolección, manipulación, preparación, procesado, envasado, almacenamiento y distribución de los vegetales envasados en atmósfera modificada.

Temperatura: Conseguir un adecuado control de la temperatura después de la recolección, es esencial para la calidad de los productos envasados en atmósfera modificada. El rango de temperatura de 0-5°C es el más apropiado para el almacenamiento y

distribución de la mayoría de productos envasados en AM. Estas temperaturas de enfriamiento reducen la intensidad respiratoria, así como el desarrollo de microorganismos productores de podredumbres. Las operaciones de envasado en AM en las industrias alimentarias, deben realizarse en condiciones de temperatura controlada, 10-12°C y posteriormente se efectuará el almacenado y la distribución a temperaturas por debajo de 5°C.

Pérdida de agua y humedad relativa: La pérdida de humedad de las frutas y hortalizas es principalmente, en donde se pierde la frescura del producto. Los plásticos empleados para el envasado de productos frescos tienen buenas propiedades barrera al vapor de agua, y por tanto permiten mantener un nivel de humedad alto en el interior del , aunque no conviene que sea excesivo para evitar el crecimiento de microorganismos. Los productos fresco procesados, generalmente, pierden agua más rápidamente que el mismo producto entero, sin procesar.

Materiales de envasado: Las principales características a tener en cuenta en el film para el envasado de productos frescos es la permeabilidad a los gases, la velocidad de transmisión al vapor de agua, las propiedades mecánicas, la transparencia, la fiabilidad de la soldadura. También es importante que el film tenga propiedades *antivaho* ya que los productos frescos con elevada humedad y almacenados a baja temperatura producen un velo en el interior del envase que dificulta la visibilidad del producto.

Relación gas/producto: Para ampliar la vida útil, la atmósfera de gasa debe rodear completamente al producto. En general se establece que la relación volumen gas/volumen producto debe ser de 3:1 a 1:1.

El peso del producto, volumen del envase y superficie del film afectan a la formación de la atmósfera modificada de equilibrio en el interior del envase.

Las ventajas de la utilización de la técnica MAP para los productos frescos son numerosas, pero la más importante es el incremento de la vida útil a lo largo de las líneas de distribución, la reducción de los desechos, y la mejora en la imagen del producto. Pero como en cualquier proceso, hay que conocer las limitaciones de la técnica para poder optimizarlo.

3.3. Envasado en atmósfera modificada de patata mínimamente procesada

Como ya se ha comentado anteriormente (apartado 3.1), se está produciendo un incremento en el consumo de productos hortícolas frescos, y especialmente de los mínimamente procesados. Esta tendencia se observa tanto a nivel de colectividades (restaurantes, catering...) como a nivel de consumidor individual con poco tiempo para la preparación de las comidas.

Sin embargo la aplicación de un procesado (cortado, pelado...) sobre estos productos reduce su vida útil debido a incrementos en las actividades metabólicas y a desórdenes enzimáticos. Estos procesos dan lugar a pardeamientos, pérdidas de textura y desarrollo de malos olores y sabores. (Wattada, 1990 en Gunes *et al.*, 1997).

El envasado en atmósfera modificada puede aumentar el almacenamiento de frutas y hortalizas controlando la velocidad de respiración, senescencia y maduración (Zagory y Kader, 1988). La técnica MAP también puede disminuir la velocidad de las reacciones de pardeamiento causadas por la oxidación de compuestos fenólicos por la polifenol oxidasa, en presencia de oxígeno, principalmente en productos cortados.

Algunos compuestos como el ácido ascórbico, el ácido cítrico y algunos aminoácidos azufrados así como bisulfitos, se han empleado para prevenir el pardeamiento enzimático (Rice, 1983, Molnar-Perl y Friedman, 1990).

Las patatas son extremadamente sensibles al pardeamiento enzimático, dando lugar a un color indeseable al producto. Se han obtenido dos semanas de caducidad con patatas frescas cortadas envasadas al vacío y con un tratamiento con agentes anti-pardeamiento (Langdon, 1987). Sin embargo, el envasado al vacío de patatas frescas cortadas puede producir condiciones anaeróbicas y no ser microbiológicamente seguro debido al crecimiento de patógenos anaeróbicos como *Clostridium botulinum* (Farber, 1991).

Se ha observado que elevados contenidos de O₂ pueden inhibir el pardeamiento enzimático por inhibición de la actividad de la polifenol oxidasa. También la sustitución del N₂ por argón en las mezclas de gases en la técnica MAP favorecería la inhibición de las actividades enzimáticas, crecimiento microbiano y reacciones químicas degenerativas en productos perecederos (Day, 1998).

Por lo descrito anteriormente, se propone desarrollar un estudio que permita conservar las patatas mínimamente procesadas en atmósfera modificada y con la aplicación de un inhibidor del pardeamiento enzimático.

La inclusión de elevados contenidos de O₂ así como la sustitución del nitrógeno por el argón, en las mezclas de gases también serán objeto de estudio.

3.4. Envasado en atmósfera modificada de cebolla mínimamente procesada

Como se ha citado anteriormente, el procesado de los vegetales da lugar a cambios fisiológicos que afectan a la calidad y a la vida útil del producto.

La vida útil de la cebolla cortada a rodajas y envasada en atmósfera modificada se ha visto limitada por la producción de olores desagradables y el desarrollo de microorganismos causantes de descomposición (Howard, et al., 1994).

El procesado de la cebolla fresca permite que el enzima allinasa reaccione con S-alquencil cisteína sulfóxido y origine los compuestos volátiles causantes del olor desagradable de la cebolla. El envasado de cebolla en atmósfera modificada con un 10% de CO₂ permite retardar el deterioro de la misma (Blanchard, et al., 1996).

La información sobre el envasado de cebolla en atmósfera modificada es escasa y por ello se plantea realizar un ensayo con diferentes mezclas de gases (que incluyen Ar y elevado contenido de O₂) y films plásticos con diferentes permeabilidades a los gases para determinar la caducidad del producto mínimamente procesado y su calidad.

4. OBJETIVOS

- Determinar la mezcla de gases, la permeabilidad del film y el agente anti-pardeamiento más apropiados para el envasado de patata pelada y cortada, con el fin de conseguir una vida útil del producto de 7 días a una temperatura de refrigeración (4°C).
- Determinar el envasado en atmósfera modificada más apropiado para cebolla cortada y su vida útil, para una temperatura de refrigeración.

Los ensayos se realizarán en el centro de Cabrils (Barcelona) del *Institut de Recerca y Tecnologia Agroalimentàries* (IRTA).

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Diseño experimental

5.1.1. Ensayo con patata

La duración del envasado de patata en atmósfera modificada será de 10 días, a lo largo de los cuales se realizarán tres muestreos. La variedad de patata a emplear vendrá determinada por su aptitud para la fritura, ya que el fin es obtener patatas tipo *chip*.

Las mezclas de gases que se utilizarán se detallan en la tabla 3. Además se considerará un control sin envasar y un envasado sin gas.

El material para el envasado serán bolsas preformadas de films comerciales con diferentes permeabilidades a los gases, adecuadas a la tasa respiratoria del producto.

Debido al pardeamiento enzimático que sufre este tipo de producto, se analizarán diferentes productos químicos para prevenir esta alteración (ácido ascórbico, ácido cítrico, productos comerciales).

Tabla 3: Mezclas de gases que se emplearán en el ensayo con patata mínimamente procesada.

Mezclas de gases
2% O ₂ + 10% CO ₂ + 88% N ₂
2% O ₂ + 10% CO ₂ + 88% Ar
10% O ₂ + 90% Ar
10% O ₂ + 90% N ₂
95% O ₂ + 5% CO ₂ + 0% N ₂

5.1.2. Ensayo con cebolla

La duración del envasado de cebolla en atmósfera modificada será de 14 días, a lo largo de los cuales se realizarán cuatro muestreos.

Las cebollas se pelará y posteriormente se cortará en forma de aros o bien a dados.

Las mezclas de gases que se utilizarán serán las mismas que se detallan en la tabla 3. Igualmente se considerará un control sin envasar y un envasado sin gas.

El material para el envasado serán bolsas preformadas de films comerciales con diferentes permeabilidades a los gases, atendiendo a la capacidad respiratoria del producto.

En ambos ensayos la máquina para realizar el envasado será una máquina de campana Multivac, con vacío compensado y inyección de gas.

5.2. Determinaciones

Las determinaciones que se realizarán sobre los diferentes productos y su frecuencia se detallan en la tabla 4.

Tabla 4: Determinaciones que se realizarán en los ensayos así como su periodicidad.

PATATA

Determinación	Frecuencia
Concentración de gases	cada día de muestreo
Pérdida de peso	cada día de muestreo
Color	cada día de muestreo
Microorganismos (hongos y levaduras, psicrófilos, bacterias ácido lácticas, <i>Clostridium</i> sulfito reductores)	inicio y final del ensayo

CEBOLLA

Determinación	Frecuencia
Concentración de gases	cada día de muestreo
Pérdida de peso	cada día de muestreo
Color	cada día de muestreo
Microorganismos (aerobios mesófilos, enterobacterias, <i>Clostridium</i> sulfito reductores, <i>Bacillus cereus</i>)	Inicio y final del ensayo

Para la evaluación de los gases en le interior de los envases se utilizará un analizador, Tom 12, (Abiss), que mediante una pequeña bomba aspira el gas del envase y determina el porcentaje de CO₂ y O₂.

Para la pérdida de peso del producto a lo largo de todo el período se empleará una balanza de precisión.

La determinación del color utilizando los parámetros a, b y L de Hunter se realizará mediante un colorímetro Minolta CR-200.

6. PLAN DE TRABAJO

Enero-Marzo: estudio sobre los posibles antioxidantes a utilizar en el ensayo con patata

Abril- Junio: Realización del ensayo de patata

Julio-Septiembre: realización del ensayo de cebolla, con todos los análisis descritos anteriormente.

Septiembre-Noviembre: elaboración de los resultados obtenidos en los experimentos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Artés Calero, F. Y Artés Hernández, F. 2000. Fundamentos y diseño de instalaciones para procesado en fresco de hortalizas. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. 135-141.
- Blanchard, M., Castaigne, F., Willemont, C., Makhoulouf, J. 1996. Modified atmosphere preservation of freshly prepared diced yellow onion. *Postharv. Biol. and technol.* 9(2): 173-185.
- Colomé, E. 1999. Tecnología del envasado de alimentos perecederos en atmósferas modificadas. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. 109-113.
- Day, B.D.F. 1998. Novel MAP a brand new approach. *Food Manufacture*. 22-24.
- Day, B.D.F. 2000. High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce. *Postharv. News Inform.* 7, 31-34.
- Devlieghere, F. Geeraerd, A.H., Versyck, K.J., Bernaert, H. Van Impe, J.H. y Debevere, J. 2000. Shelf life of modified atmosphere packaged cooked meat products: addition of Na-lactate as a fourth shelf life determinative factor in a model and product validation. *Int. J. Food Microbiol.* aceptado para su publicación.
- Devlieghere, F., Debevere, J. y Van Impe, J.H. 1998. Concentration of carbon dioxide in the water-phase as a parameter to model effect of a modified atmosphere on micro-organisms. *Int. J. Food Microbiol.* 43, 105-113.
- Dixon, N.M. y Kell, D.B. 1989. The inhibition by CO₂ of the growth and metabolism of micro-organisms. *J. Appl. Bacteriol.* 67, 109-136.
- Eklund, T. 1984. The effect of carbon dioxide on bacterial growth and on uptake processes in bacterial membrane vesicles. *Int. J. Food Microbiol.* 1, 179-185.
- Farber, J.M. 1991. Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology- a Review. *J. Food Protec.* 54(1): 58-70.

- Gunes, G. y Lee, C.Y. 1997. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. *J. of Food Science*. 62(3), 572-575.
- Howard, L.R., Yoo, K.S., Pike, L.M. y Miller, G.H. 1994. quality changes in diced onions stored in film packages. *J. Food Science*. 59(1): 110-117.
- Jones, R.P. y Greenfield, P.F. 1982. Effect of carbon dioxide on yeast growth and fermentation. *Enzyme & Microbial Technol.* 4, 210-223.
- Langdon, T.T. 1987. Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents. *Food Technol.* 41(5): 64-67.
- Molnar-Perl, I. y Friedman, M. 1990. Inhibition of browning by sulfur amino acids. 3. Apples and potatoes. *J. Agric. Food Chem.* 38:1652-1656.
- Parry, R.T. 1995. *Envasado de los alimentos en atmósfera modificada*. Ed. A. Madrid Vicente. Madrid. 1-331.
-
- Rice, J. 1983. Ascorbic/Citric acid an answer to the sulfite question. *Food Porcess.* 44(12):74-75
- Zagory, D. y Kader, A.A. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Fd. Technol.* 42(9), 70-77.