



## ARTÍCULO DE REVISIÓN

### Utilización del método de conservación bajo atmósferas controladas en frutas y hortalizas

Fruits and vegetables' preservation method using controlled atmospheres

Nicolás Pinto Mosquera<sup>a,\*</sup>; Juan Carlos de la Vega<sup>a</sup>; Magali Cañarejo<sup>a</sup>

*a. Facultad de Ingenierías en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio N°21 y José María Córdova, Ibarra, Imbabura- Ecuador*

\*Autor para correspondencia: [nspinto@utm.edu.ec](mailto:nspinto@utm.edu.ec) (N. Pinto).

Recibido 16 Mayo 2016; Aceptado 05 Agosto 2016

#### RESUMEN

Para aumentar la longevidad en la conservación de frutas y hortalizas frescas, se desarrolló la tecnología de Atmósferas Controladas, que se define como la modificación de la concentración de los principales gases como O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y en algunas ocasiones de N<sub>2</sub>, con el fin de disminuir la velocidad de maduración. Para controlar las condiciones de esta tecnología durante el almacenamiento, se deben utilizar sistemas para realizar la remoción y/o generación de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. El objetivo principal de este trabajo es dar a conocer esta tecnología de conservación de alimentos, sus principales características, efectos y aplicaciones. Se concluye que se trata de un método eficaz de conservación de frutas y hortalizas, tomando en cuenta las características organolépticas y las condiciones de almacenamiento del producto.

**Palabras clave:** atmósferas controladas, conservación de frutas y hortalizas, medición de gases, vida útil, almacenamiento de frutas y hortalizas.

#### ABSTRACT

A Controlled-Atmosphere technology was developed in order to increase longevity in fresh fruits and vegetables conservation. This process is defined as the modification of the concentration of main gases, such as O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> and sometimes N<sub>2</sub>, with the purposes of slowing down maturation. To monitor conditions during storage technology, removal and / or generation of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> systems should be used. The main objective of this paper is to inform about the food preservation technology used regarding its main features, effects and applications. The results led into the conclusion that this method could be effectively used, taking into account the organoleptic characteristics and storage conditions of fruits and vegetables.

**Keywords:** controlled atmospheres, preservation of fruits and vegetables, gas measurement, shelf life, storage of fruits and vegetables.

#### 1. Introducción

Las frutas y hortalizas son componentes importantes de la alimentación humana y constituyen una importante fuente de energía, carbohidratos, calcio, fósforo, hierro, magnesio y vitaminas como A, B6, B12, C, tiamina, riboflavina y niacina. Las frutas y hortalizas proporcionan más del 90% de la vitamina C en la alimentación humana y son también excelentes fuentes de fibra, un componente de gran importancia en la dieta. Para su conservación, se ha desarrollado la tecnología de Atmósferas Controladas (AC). Esta tecnología de

conservación tuvo sus orígenes en los años 30 del siglo XX en Australia y Nueva Zelanda, cuando las embarcaciones que transportaban carne y mariscos hacia Inglaterra, utilizaron gases para la preservación de los productos (Ospina y Cartagena, 2008).

Dependiendo de las exigencias del producto, se requerirá una atmósfera con diversas cantidades de CO<sub>2</sub> y de O<sub>2</sub>, los cuales reducen el proceso de respiración del alimento, conservando sus características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas por un tiempo más prolongado. Una de las principales problemáticas de esta

tecnología, es que durante todo el período de almacenamiento, la atmósfera gaseosa cambia continuamente debido a la influencia de diversos factores tales como la respiración del producto envasado, cambios bioquímicos y la difusión de los gases a través del envase.

El principal objetivo de este trabajo, es dar a conocer esta tecnología de conservación de frutas y hortalizas, sus principales características, efectos y aplicaciones.

A continuación se describirán las diversas tecnologías de conservación utilizando atmósferas controladas.

## 2. Descripción de tecnologías

Atmósferas Controladas es un término que se utiliza hasta fines del 2000 (Cerrón-Carrillo y Rodríguez-Martínez, 2007) para referirse a cualquiera de los siguientes procesos:

- a) Atmósfera controlada
- b) Atmósfera modificada
- c) Envasado inyectando gas
- d) Envasado al vacío
- e) Envasado al vacío con película adherida

A continuación se explica cada uno de ellos:

### 2.1 Atmósfera controlada

La atmósfera controlada (AC) es una técnica frigorífica de conservación que consiste en modificar la composición gaseosa de la atmósfera en una cámara frigorífica con un control de regulación de las variables físicas del ambiente (temperatura, humedad y circulación del aire). También se entiende como una atmósfera empobrecida en oxígeno (O<sub>2</sub>) y enriquecida en dióxido carbónico (CO<sub>2</sub>) para la conservación de productos hortofrutícolas, en este caso, la composición del aire se ajusta de forma precisa a los requerimientos del producto envasado, manteniéndose constante durante todo el proceso.

Esta técnica asociada al frío, acentúa el efecto de la refrigeración sobre la actividad

vital de los tejidos, evitando ciertos problemas fisiológicos y las pérdidas por senescencia. La acción de la atmósfera sobre la respiración del fruto es mucho más importante que la acción de las bajas temperaturas. Esta atmósfera controlada ralentiza las reacciones bioquímicas provocando una mayor lentitud en la respiración, retrasando la maduración, estando el fruto en condiciones latentes, con la posibilidad de una reactivación vegetativa una vez puesto el fruto en aire atmosférico normal (Ventura –Aguilar *et al.*, 2011).

### 2.1.1 Envasado en atmósfera controlada

Para el envasado en atmósfera controlada, la composición de la mezcla de gases se comprueba y se mantiene a niveles predeterminados. Se utilizan para ello, dosificadores y una válvula de admisión de gases, generalmente se usa para el almacenamiento o transporte de pequeñas cantidades de productos.

El desarrollo de atmósferas controladas se dirige actualmente al almacenamiento en ultra bajas concentraciones de oxígeno (ULO) y también, al almacenamiento dinámico en atmósferas controladas. Para el almacenamiento en ULO, se utiliza temperaturas entre 1 y 2 °C, con concentraciones de 0,5% a 1% de O<sub>2</sub> y de 2% a 3% de CO<sub>2</sub>, los cuales son valores mínimos requeridos para el mantenimiento de los tejidos vegetales, evitando el pardeamiento y necrosis tisulares (Rahman, 2003). En la Tabla 1, se observa algunas condiciones de almacenamiento óptimas recomendadas para ciertos productos hortofrutícolas.

Por otro lado, en el almacenamiento dinámico en atmósferas controladas, las concentraciones de los gases no se controlan con un nivel predeterminado, sino que se adapta a la respuesta fisiológica del producto en estudio. Lo que se quiere alcanzar, es un óptimo ajuste entre las respuestas fisiológicas, la tolerancia del producto y las condiciones del almacenamiento.

**Tabla 1.** Condiciones de almacenamiento óptimas recomendadas para productos hortofrutícolas

Producto	Temperatura (°C)	HR (%)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)
<i>Frutas</i>				
Aguacate	5 - 13	90	2 - 5	3 - 10
Arándano	0 - 2	90 - 95	2 - 5	12 - 20
Caqui	0 - 5	90	3 - 5	5 - 8
Cereza	0 - 2	85 - 90	3 - 10	10 - 15
Ciruela	0 - 2	85 - 90	1 - 2	0 - 5
Frambuesa	0 - 2	85 - 90	5 - 10	15 - 20
Fresa	0 - 2	90	5 - 10	12 - 20
Kiwi	0 - 2	85 - 90	1 - 2	3 - 5
Maíz dulce	0 - 2	90	2 - 4	5 - 10
Mango	10 - 15	90	3 - 7	5 - 8
Manzana	1 - 4	90 - 95	1 - 3	0 - 6
Melocotón	0 - 2	85 - 90	1 - 2	3 - 5
Melón	8 - 10	85 - 90	3 - 5	5 - 15
Mora	0 - 2	90 - 95	5 - 10	15 - 20
Nectarina	0 - 2	85 - 90	1 - 2	3 - 5
Pasas	0 - 2	90	5 - 10	15 - 20
Pera	0 - 1	90 - 95	2 - 3	0 - 2
Plátano	12 - 14	85 - 90	2 - 3	8
Tomate	1 - 13	90	3 - 5	2 - 4
<i>Hortalizas</i>				
Alcachofa	0 - 2	90	3 - 5	0 - 2
Apio	0 - 2	90 - 95	3 - 5	1 - 4
Brécol	0 - 1	90 - 95	2 - 3	8 - 12
Cebolla	0 - 2	70 - 80	1 - 4	2 - 5
Coles de Bruselas	0 - 1	90 - 95	2 - 4	4 - 6
Endibia	0 - 2	90 - 95	2 - 3	5 - 10
Espárrago verde	0 - 2	95	10 - 15	7 - 12
Espinaca	0 - 2	95	21	10 - 20
Judías	0 - 2	90 - 95	1 - 2	1 - 3
Lechuga	0 - 2	90 - 95	2 - 3	2 - 5
Puerro	0 - 2	90 - 95	3 - 5	3 - 6
Repollo	0 - 1	95	2 - 3	3 - 6

Fuente: Rahman (2003).

## 2.2 Atmósfera modificada

El método de empaque y conservación de alimentos bajo atmósferas modificadas (AM) consiste en crear un ambiente con baja concentración de O<sub>2</sub> y alta de CO<sub>2</sub> dentro del empaque. El uso de películas para empaque hace posible la modificación de la composición de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> de la atmósfera que rodea los productos frescos de forma individual (Heywood, 2004).

La atmósfera modificada puede obtenerse por modificación activa o pasiva. En el caso de la activa, la atmósfera se modifica durante el empaque generalmente por inyección de una mezcla de gases de una composición

determinada. En la pasiva, la permeabilidad a los gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etileno y vapor de agua) de las películas y la respiración del producto permitirá la creación de una atmósfera de equilibrio.

En un sistema de empaque ideal bajo AM, deberá haber un balance óptimo de niveles de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> durante el almacenamiento, transporte, manipulación y distribución del producto empacado. Las permeabilidades de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> deberán definirse en función de la intensidad de respiración (IR) del vegetal, la temperatura y la atmósfera deseada alrededor del producto.

En la técnica del envasado en atmósfera modificada (EAM) se deben tener en cuenta cuatro componentes básicos: el envase empleado, la mezcla de gases, los materiales de envase y los equipos de envasado; todos ellos condicionados a su vez por la naturaleza del producto a envasar (Ospina y Cartagena, 2008).

La composición normal del aire utilizado en el EAM es del 21% de oxígeno, 78 % de nitrógeno (N<sub>2</sub>) y menos del 0,1 % de dióxido de carbono. El CO<sub>2</sub> es un gas altamente soluble en agua y con propiedades bacterioestáticas y fungiestáticas, lo que retarda el crecimiento de hongos y bacterias aeróbicas. El CO<sub>2</sub> actúa alargando la fase vegetativa del crecimiento microbiano. El dióxido de carbono no es totalmente inerte y puede influir sobre el color, la consistencia y otros atributos de la calidad de las hortalizas (López Gálvez *et al.*, 1997).

Según Andrade *et al.* (2012), las concentraciones de CO<sub>2</sub> están comprendidas entre el 20 y 60%, siendo más efectiva su acción a bajas temperaturas. En el envasado en atmósfera modificada se procura reducir al máximo el contenido en oxígeno para disminuir el deterioro de los productos por oxidación. El nitrógeno se caracteriza por ser un gas inerte. La utilización del N<sub>2</sub> evita el colapso de los envases en aquellos casos en los que el producto absorbe CO<sub>2</sub>.

Los factores que afectan a la intensidad de estos procesos, así como las condiciones de manipulación y comercialización, deben ser considerados para diseñar las características del sistema “producto-envase-entorno”. Por ello, para efectuar el envasado en atmósfera modificada, debe seleccionarse una película polimérica con características de permeabilidad adecuadas.

El empleo de películas de diferente permeabilidad dará lugar a la formación de atmósfera de equilibrios distintos y por tanto, la evolución de los frutos también será diferente. La envoltura individual de los frutos con una película retráctil conforma una segunda lámina externa de protección y una micro - atmósfera alrededor del fruto. Esta barrera evita la pérdida de humedad, protege frente a la propagación de podredumbres y mejora las condiciones higiénicas en la manipulación (Ali *et al.*, 2016).

### 2.3 Envasado inyectando gas

DeEll *et al.* (2016) argumentan que el envasado con gas consiste en arrastrar el aire del interior del envase y su sustitución por otro gas, como dióxido de carbono o nitrógeno. En este envasado, el aire se desplaza físicamente y puede o no modificarse totalmente la atmósfera interna. En tanto que, en el comercio, este tipo de envasado se usa generalmente para eliminar el oxígeno del interior del envase de productos granulados de muy baja humedad, como café, o del espacio de cabeza de productos líquidos sensibles al oxígeno, como zumos (jugos).

### 2.4 Envasado al vacío

El envasado al vacío consiste en la eliminación total del aire del interior del envase sin que sea reemplazado por otro gas. En este sistema, existe una diferencia de presión entre el exterior y el interior del envase, si éste es rígido como de material metálico o de vidrio, el efecto de la diferencia de presión podría acarrear el ingreso de aire o microorganismos. En el caso de envases semirrígidos, la diferencia de presión puede causar el colapso del envase y el daño del producto al estar en contacto con él, así como la aparición de fugas. Los alimentos metabólicamente activos envasados al vacío, como las carnes o ensaladas mixtas, continúan con sus actividades respiratorias, consumiéndose así la pequeña cantidad de oxígeno presente en los tejidos del producto, con lo que aumenta el vacío y se produce dióxido de carbono y vapor de agua (Mahajan *et al.*, 2004).

Desde el punto de vista práctico, el envasado al vacío de un producto metabólicamente activo se transforma, por tanto, en un envasado en atmósfera controlada. Durante casi dos décadas, el envasado al vacío ha sido el método de elección para grandes piezas cárnicas de vacuno y cerdo y es una técnica que aún se emplea para el envasado de algunas piezas cárnicas destinadas al comercio minorista (Bursac *et al.*, 2016).

### 2.5 Envasado al vacío con película adherida

Parry (1995) describe a la tecnología de envasado al vacío como el método más simple y común de modificar la atmósfera interna de un producto. El material de envasado elegido debe ser capaz de

mantener constante la mezcla de gases, impidiendo la entrada de oxígeno y la fuga de dióxido de carbono. Además es importante que posea las características de antivaho y de permeabilidad, ya que la primera de ellas evita que las gotas de agua procedentes del vapor de agua se condensen en la superficie interna del envase. La soldadura de los envases además de ser resistentes e impermeables, deben facilitar la apertura de la bolsa. (Martínez y López, 2011)

A continuación, se describen en forma resumida los distintos tipos de películas plásticas que se emplean actualmente en el envasado de frutas y hortalizas frescas.

### 2.5.1 Películas laminadas

Estas películas están conformadas por láminas de diferentes materiales adheridas una a la otra mediante un adhesivo. Estas películas ofrecen una mejor calidad de grabado, ya que la superficie impresa es incorporada entre las numerosas láminas que las constituyen lo que evita el desgaste durante la manipulación. La desventaja de este tipo de películas es que el proceso de elaboración es caro, lo que hace que este tipo de materiales no sea muy empleado.

Las películas laminadas tienen una excelente calidad de grabado al ser impresas generalmente por el reverso sobre el polipropileno y embebidas en la película, suelen emplearse con productos de baja o media actividad respiratoria, ya que las capas interfieren en la movilidad del oxígeno hacia el interior del envase (Isenberg, 1979).

### 2.5.2 Películas construidas

Se caracterizan por ser láminas producidas simultáneamente que se unen sin necesidad de un adhesivo, son más económicas que las películas laminadas, sin embargo, éstas últimas sellan mejor; pues el polietileno se funde y se reconstruye de forma más segura. Además, este tipo de películas son grabadas en la superficie y tienden a desgastarse con la maquinaria durante el llenado y el sellado. La velocidad de transmisión de oxígeno hacia el interior del envase es mayor que en las películas laminadas (Martínez y López, 2011).

### 2.5.3 Películas micro –perforadas

Estas películas se emplean en aquellos productos que precisan de una velocidad de transmisión de oxígeno elevada, contienen pequeños agujeros de aproximadamente 40-200 micras de diámetro que atraviesan la película. La atmósfera dentro del envase es determinada por el área total de perforaciones en la superficie del envase (Ventura – Aguilar, 2011).

Las películas micro-perforadas mantienen niveles de humedad relativa altos y son muy efectivas para prolongar la vida media de productos sensibles a pérdidas por deshidratación y de deterioro por microorganismos.

### 2.5.4 Membranas micro –porosas

La membrana micro-porosa se emplea en combinación con otras películas flexibles. Se coloca sobre una película impermeable al oxígeno la cual tiene una gran perforación. De esta forma se consigue que todos los intercambios gaseosos se produzcan a través de la membrana micro-porosa, cuyos poros son de entre 0,2 a 3 micras de diámetro. La velocidad de transmisión del oxígeno puede variar cambiando su espesor o modificando el número y tamaño del micro poro que conforman la membrana (Isenberg, 1979).

### 2.5.5 Películas inteligentes

Englobadas dentro de los llamados envases activos, son aquellas que están formadas por membranas que crean una atmósfera modificada dentro del mismo y que aseguran que el producto no consuma todo el oxígeno del interior y se convierta en una atmósfera anaeróbica. Estas membranas o películas inteligentes impiden la formación de sabores y olores desagradables, así como la reducción del riesgo de intoxicaciones alimentarias debido a la producción de toxinas por microorganismos anaeróbicos. Estas láminas son capaces de soportar variaciones de temperatura de almacenamiento entre 3 a 10 °C (velocidad de transmisión de oxígeno) e incrementan la permeabilidad a los gases mil veces cuando la temperatura aumenta por encima de la temperatura límite establecida, evitando la aparición de procesos de anaerobiosis (Heywood, 2004).

### 2.5.6 Flow-pack

El flow-pack es un sistema de envasado que se aplica a numerosos productos. El envase está formado por una lámina de film, normalmente polipropileno, que la máquina conforma y sella para formar el envase. Se caracteriza por una sutura longitudinal en el centro y sendas suturas en los extremos. En los productos hortícolas, este tipo de envase puede emplearse con o sin bandeja, como es el caso de las fresas y de los pimientos tricolores. La cámara para su elaboración, es construida generalmente con paneles aislantes tipo sándwich de alta densidad y resistencia mecánica. La cámara debe resistir la diferencia de presión de 25 milímetros columna de agua (mm.c.w.) entre el interior y el exterior (Andrade *et al.*, 2012).

A continuación, se dan a conocer los principales efectos de las atmósferas controladas en frutas y hortalizas.

### 3. Efectos de las atmósferas controladas en frutas y hortalizas

Los potenciales beneficios o lesiones de Atmósferas Controladas o Modificadas dependen del tipo de fruta, variedad, edad fisiológica, composición atmosférica, temperatura y de la duración de la exposición (Saltveit, 1997). Esto explica la alta variabilidad de resultados de los reportes publicados para un alimento determinado. En la mayoría de los casos, la diferencia entre atmósferas controladas benéficas y perjudiciales es relativamente pequeña. Las atmósferas controladas son utilizadas generalmente para controlar la senescencia y/o los insectos; por ejemplo, no son toleradas por la mayoría de alimentos y dan como resultado un rápido deterioro.

Los beneficios de las atmósferas controladas y modificadas, se traducen en la reducción general de pérdidas cuantitativas y cualitativas durante la manipulación.

Dentro de los efectos benéficos o positivos en reducir O<sub>2</sub> y/o incrementar CO<sub>2</sub> (Cerrón-Carrillo y Rodríguez-Martínez, 2007) se incluyen el retraso de la senescencia (madurez) y cambios bioquímicos y fisiológicos relacionados; así como la reducción de la respiración y de la producción de etileno. Se logra una reducción de la sensibilidad de la fruta a la acción del etileno, como también alivio de desórdenes

fisiológicos (por ejemplo: daño por frío en el aguacate, sabor amargo en las zanahorias, decoloración en lechuga, etc.) Otros efectos positivos son la inhibición de crecimiento y rotura de la latencia en papas (patatas).

Las atmósferas modificadas pueden tener efectos directos o indirectos sobre los patógenos de postcosecha. La pudrición de las frutas y hortalizas, y la susceptibilidad a la pudrición, se pueden reducir cuando la maduración y la senescencia se retrasan; niveles de oxígeno (O<sub>2</sub>) por debajo del 1% y de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por arriba del 10% pueden suprimir el crecimiento fúngico, aunque no todas las frutas y hortalizas toleran estas condiciones. Las atmósferas modificadas pueden ser muy útiles para el control de plagas en algunas frutas y hortalizas (Martínez y López, 2011). Dentro de los efectos nocivos o negativos en reducir O<sub>2</sub> y/o aumentar CO<sub>2</sub> (Saltveit, 1997) se incluyen la iniciación o el agravamiento de ciertos desórdenes fisiológicos (pardeamiento interno y externo, agrietamiento de la superficie, etc.); así como también la maduración irregular e incremento de la susceptibilidad al deterioro; la estimulación de la brotación y retraso del desarrollo de la peridermis en “hortalizas de raíz” (camote o papa dulce, nabo, remolacha, rábano, zanahoria). Además induce a desórdenes fisiológicos (manchas marrones en lechuga).

### 4. Mediciones de gases

Dentro de las atmósferas controladas las mediciones de gases son muy importantes para su construcción y elaboración. Entre los gases más importantes que deben ser medidos y controlados están: oxígeno (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), etileno y la humedad relativa.

A continuación se detallan todas estas mediciones mencionadas:

#### 4.1 Medición de oxígeno (O<sub>2</sub>)

Es muy necesaria la medición de este gas, ya que se ha demostrado que el gas oxígeno es crítico en la conservación de alimentos bajo atmósferas controladas. Según Gómez y Camelo (2002), algunos de los principales medidores de oxígeno son los Sensores Paramagnéticos: se basa en las características paramagnéticas del oxígeno,

para utilizarse se debe almacenar a los alimentos en un cuarto con temperatura controlada, ya que necesita largos períodos de tiempo y puede sobrecalentarse; analizador tipo celda: es un sistema poco costoso y no es muy exacto, requiere además, cambios frecuentes del sensor – medidor; y celdas de circonio: se utilizan sobre todo cuando las concentraciones de O<sub>2</sub> no son muy altas, se requiere de un estricto control de temperatura para lograr la medición con exactitud.

#### 4.2 Medición de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Algunos de los principales medidores de CO<sub>2</sub> son los Analizadores de Absorción de Luz Infrarroja: aseguran una medición específica de la concentración de CO<sub>2</sub>. La longitud de onda del espectro infrarrojo se selecciona con filtros ópticos, la radiación es dirigida a una celda, en la cual la mezcla de gases es medida con un detector. Finalmente los Indicadores químicos de CO<sub>2</sub>: permiten la cuantificación de CO<sub>2</sub> por cambio de volumen en un líquido definido, está diseñado para análisis de gas de combustión. Este método puede ser utilizado en almacén sin problemas, aunque no es muy exacto (Cerón-Carrillo *et al.*, 2007).

#### 4.3 Medición de etileno

Es muy difícil la medición de este gas, ya que las concentraciones permitidas dentro del almacén son muy pequeñas. Lozada (2001) enlista los siguientes sistemas de medición: analizador de arrastre, que utiliza un sistema de tubos que contienen sustancias químicas que cambian de color, permite medir concentraciones superiores a 1ppm; y cromatógrafos de gases: es un equipo costoso que requiere de mano obra capacitada. Se utilizan para mediciones entre 0,01 – 1 ppm.

#### 4.4 Medición de humedad

Para el almacén bajo atmósferas controladas se necesita una humedad entre 90% y 98% (Gómez y Camelo, 2002); sin embargo, niveles altos de humedad podrían dificultar una medición significativa. Para ello, lo mejor es utilizar el medidor de punto de condensación tipo espejo reflejado y un termómetro de bulbo húmedo y seco.

### 5. Aplicaciones

Como lo menciona Cerón-Carrillo *et al.* (2007), el desarrollo del método de Atmósferas Controladas genera la apertura de nuevos mercados, ya que esta tecnología permite el transporte marítimo de productos frescos, sustituyendo el transporte aéreo que resulta más costoso. Algunas frutas y hortalizas que son beneficiadas por el almacenamiento bajo atmósferas controladas son: cerezas, duraznos, brócoli, espárragos, aguacates y mangos.

Las atmósferas controladas son utilizadas especialmente para el almacenamiento de frutas como: manzanas, peras, duraznos y melocotones. Ciertas frutas como el mango y la papaya, no pueden ser almacenadas bajo atmósferas controladas, debido a que el CO<sub>2</sub> tiende a producir putrefacción del pedúnculo y existe el riesgo de explosión debido al etileno acumulado.

En la Tabla 2 se puede observar la clasificación de ciertos productos hortofrutícolas en función de su potencial de almacenamiento bajo atmósferas controladas.

**Tabla 2.** Clasificación de los cultivos hortícolas en función de su potencial de almacenamiento bajo Atmósferas Controladas en condiciones óptimas de temperatura y humedad relativa

Duración Almacenamiento (Meses)	Cultivo Hortícola
> 12 Meses	Almendras, nuez de Brasil, anacardo, avellana, nueces de macadamia, pacanas, pistacho, nuez, frutas secas y vegetales.
De 6 a 12	Algunas variedades de manzanas y peras europeas.
De 3 a 6	Repollo, col china, kiwi, caqui, la granada, algunos cultivares de peras asiáticas.
De 1 a 3	Aguacate, plátano, cereza, uva (sin SO <sub>2</sub> ), mango, aceitunas, cebolla dulce (cultivares), algunos cultivares de nectarina, el melocotón y la ciruela, tomate (verde-maduro)
< 1 Mes	Espárragos, brócoli, bayas de caña, higo, lechuga, melones, papaya, piña, fresa, maíz dulce, frutas y verduras recién cortadas, algunas flores cortadas

Fuente: Kader (1998).

El almacenamiento de hortalizas como coles, zanahorias y papas bajo atmósferas controladas, se realiza bajo condiciones diversas; dependiendo de la variedad. Varios estudios reportan que a menor concentración de oxígeno (O<sub>2</sub>) se afectan algunos procesos como la degradación de almidón y clorofila, la síntesis de pigmentos (Licopeno y B-Caroteno) y la síntesis de azúcares solubles (Thomson, 1998).

Con la aplicación de atmósferas controladas en tomates, se ha observado un alargamiento en la vida postcosecha, utilizando niveles de oxígeno por debajo del 5%. Se ha observado también, la disminución de olores desagradables y velocidad de descomposición en higos. Así mismo, se ha determinado que el almacenamiento de frutas bajo atmósferas controladas, reduce la pérdida de clorofila y el cambio en el color de la cáscara. Además, disminuye la producción de etileno y la velocidad de respiración (Sritananan *et al.*, 2006).

## 6. Conclusiones

La tecnología de atmósferas controladas se ha convertido en un gran avance para la conservación y almacenamiento de frutas y hortalizas en fresco, ya que permite mantenerlas por periodos de tiempo más largos, manteniendo sus características organolépticas. Es por esto, que se han diseñado e implementado diversos tipos de "atmósferas controladas". La modificación de la composición del aire en el interior de una cámara o contenedor, es el principio básico de esta tecnología de conservación. Generalmente, se disminuye la cantidad de oxígeno (O<sub>2</sub>) presente y se aumenta la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Para este propósito, se pueden utilizar diversos equipos de medición, generadores y removedores de gases. Para la aplicación de esta tecnología, se necesita entender el proceso de respiración del producto, como también, los límites máximos de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en los cuales se puede mantener una respiración aerobia durante el almacenamiento de frutas y hortalizas.

La conservación bajo atmósferas controladas (AC) es una tecnología que ofrece una excelente garantía para alargar la vida útil de frutas y hortalizas, sin tener que renunciar a las características tradicionales y atractivas de estos productos.

## Referencias

- Ali, S.; Khan, A.S.; Malik, A.U.; Shahid, M. 2016. Effect of controlled atmosphere storage on peri-carp browning, bioactive compounds and antioxidant enzymes of litchi fruits. *Food Chemistry* 206: 18-29.
- Andrade, R.D.; Palacio, J.C.; Pacheco, W.A.; Betin, R.A. 2012. Almacenamiento de Trozos de Ñame (*Dioscorea rotundata* Poir) en Atmósferas Modificadas. *Información Tecnológica* 23 (4): 65-72.
- Bursac, D.; Putnik, P.; Dragovic-Uzelac, V.; Pedisic, S.; Rezek-Jambrack, A.; Herceg, Z. 2016. Effects of cold atmospheric gas phase plasma on anthocyanins and color in pomegranate juice. *Food Chemistry* 180: 317-323.
- Cerrón-Carrillo, T.G.; Rodríguez-Martínez, V. 2007. *Atmósferas Controladas: Principios, Desarrollo y Aplicaciones de esta la Tecnología de Alimentos*. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas – Puebla 1: 55-65.
- DeEll, Jr.; Lum, G.B.; Ehsani-Moghaddam, B. 2016. Elevated carbon dioxide in storage rooms prior to establishment of controlled atmosphere affects apple fruit quality. *Postharvest Biology and Technology* 118: 11-16.
- Gómez, P.A.; Camelo, A.F.L. 2002. Calidad postcosecha de tomates almacenados en atmósferas controladas. *Horticultura Brasileña* 20 (1): 38-43.
- Heywood, M.J. 2004. *Atmósferas protectoras para alimentos*. Frío, calor y aire acondicionado 358: 15-24
- Isenberg, F.M.R. 1979. Controlled atmosphere storage of vegetables. *Horticultural Reviews* 1: 337-394. En Fonseca, S.C.; Oliveira, F.A.R.; Brecht, J.K. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering* 52: 99 – 119.
- Kader Adel A. 1998. *Controlled Atmosphere Storage*. Department of Pomology-University of California. Davis, CA.
- López-Galvez, G.; El-Bassuoni, R.; Nie, X.; Cantwell, M. 1997. Quality of red and green fresh – cut peppers stored in controlled atmospheres. In J.R. Gorny (Ed.). *Proceedings of the seventh international controlled atmosphere research conference* 5: 152 – 157.
- Lozada, J. D. 2001. *Conservación de brócoli (Brassica oleracea) bajo atmósferas modificadas con absorbedor de etileno*. Tesis de Maestría. Universidad de las Américas, Puebla – México.
- Mahajan, P.V.; Oliveira, F.A.R.; Montanez, J.C.; Frías, J. 2004. Development of User-Friendly software for design of modified atmosphere packaging for fresh and fresh-cut produce. ICEF9, París- Francia.
- Martínez, T.Y.; López, M.A.V. 2011. Envases Activos con agentes antimicrobianos y su aplicación en los Alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 5 (2): 1-12.
- Ospina, S.M.; Cartagena, J.R. 2008. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación* 5 (2): 112 – 122.
- Rahman, M. 2003. *Manual de Conservación de los Alimentos*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.
- Saltveit, M.E. 1997. *Postharvest Losses of Horticultural Commodities*. Department Vegetable Crops, UC Davis 172: 197 – 212.
- Sritananan, S.; Uthairatanakij, A.; Srilaong, V.; Kanlayanarat, S.; Wongs-Aree, C. 2006. Efficacy of controlled atmospheres storage on physiological changes of lime fruit. *Acta Horticulturae* 712: 591-598.
- Thompson, A.K. 1998. *Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables*. CAB International. Wallingford – Reino Unido.
- Ventura – Aguilar, R.; Colinas-León, M.T.; Martínez-Damián, M.T.; Valle-Guadarrama, S. 2011. *Atmósferas modificadas, frigo conservación e inhibidores de oscurecimiento en poscosecha de Pleurotus ostreatus*. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* 2 (2):1-6.