



La inyección de nitrógeno, a partir de botellas o tanques, permite obtener un barrido de la atmósfera de las cámaras frigoríficas

Manzanas y peras Avances técnicos en Atmósfera Controlada

En ciertos productos el almacenamiento tiene una importancia primordial, por lo que las mejoras técnicas que optimicen el mismo supondrán una ventaja competitiva y un beneficio adicional para la empresa.

**J. Graell, M.L. López
y C. Larrigaudiere**

Area de Poscosecha
Centro UdL-IRTA de Lleida

La tecnología aplicada en cualquier proceso industrial constituye uno de los factores decisivos para la mejora de la competitividad de las empresas. En el caso particular de las empresas hortofrutícolas, el proceso llevado a cabo se concreta, básicamente, en las operaciones de: acondicionado, almacenado y transporte del producto (frutos, flores y hortalizas). En ciertos productos, principalmente en el caso de manzanas y peras, el almacenamiento tiene una importancia (técnica y económica) primordial, por lo que aquellas mejoras técnicas que optimicen el mismo supondrán una ventaja com-

petitiva y un beneficio adicional para la empresa.

La elevada producción de manzanas y peras en el mundo exige, cada vez más, una extensión del periodo de comercialización a un tiempo próximo al año. Ello se corresponde, a su vez, con la creciente demanda, por parte de los consumidores, de aquellos frutos que presentan los más altos estándares de calidad (comercial, higiénica y nutritiva). Para frenar el metabolis-

mo y así mantener al máximo la calidad de las manzanas y peras a lo largo de su almacenamiento, es necesario aplicar la tecnología de Atmósfera Controlada, lo cual supone mantener el producto en un ambiente pobre en O_2 y rico en CO_2 , a la vez que se cumplen los siguientes requisitos:

1.- Aplicarlo a frutos recolectados en el estado de madurez óptimo, el cual deberá ser distinto en función del destino del producto (conser-

vación a corto o largo plazo, venta inmediata, industria ...).

2.- Refrigerar rápidamente el producto hasta la temperatura de régimen

3.- Rápida puesta a régimen de la atmósfera de almacenamiento.

4.- Mantener y regular la composición gaseosa de la atmósfera de forma precisa.

Los niveles de O_2 y CO_2 generalmente recomendados para la conservación de manzanas y peras varían entre un 3 y 4% y entre un 2 y 5%, respectivamente.

En los últimos años se vienen recomendando, para algunos casos, atmósferas controladas con bajos niveles de oxígeno (alrededor de un 1-2%) denominándose las mismas como atmósferas controladas con bajo oxígeno, en un sentido amplio; en sentido estricto, se suelen distinguir las siguientes técnicas:

A nivel comercial, cada vez son más las industrias hortofrutícolas que aplican las nuevas técnicas LO y ULO; en cambio, la técnica HLO supone un gran riesgo de posibles daños por hipoxia en los frutos.

Las principales ventajas conseguidas con las atmósferas bajas en oxígeno, en comparación con la AC estándar, son:

- una mayor duración del almacenamiento y posterior vida útil del fruto.

- una mejor retención de la calidad del fruto a lo largo del almacenamiento y a la salida de almacén; ello ha sido constatado tanto en condiciones experimentales como en condiciones comerciales. Los principales beneficios obtenidos se refieren a los atributos de aspecto externo, textura y sabor del fruto, medidos tanto con métodos instrumentales

Cuadro 1:
Técnicas de conservación

Atmósfera Controlada (AC) Estándar	5,0% > O_2 > 3,0%
Bajo Oxígeno (LO, «Low Oxygen»)	3,0% > O_2 > 2,0%
Muy Bajo Oxígeno (ULO, «Ultra Low Oxygen»)	1,9% > O_2 > 1,2%
Hiper Bajo Oxígeno (HLO, «Hyper Low Oxygen»)	1,1% > O_2 > 0,8%

como sensoriales.

- y, finalmente, una reducción de ciertas alteraciones fisiológicas de los frutos almacenados en frío (como es el caso del escaldado superficial en manzanas y peras, fisiopatía en la que intervienen procesos oxidativos en la piel del fruto, los cuales se ven frenados con el uso de AC con bajos niveles de oxígeno). Esta acción es especialmente interesante para el sector, dada la creciente restricción legislativa (en países productores y en países importadores) en el uso de productos químicos postcosecha (especialmente antiescaldantes en manzanas y peras). En el caso de las podredumbres, también hay una acción beneficiosa de dichos tipo de atmósferas, aunque los efectos son menos marcados.

Cabe también tener en cuenta, sin embargo, que una aplicación inadecuada de dichas técnicas puede suponer fenómenos de hipoxia en los tejidos vegetales, que se traduzcan en un metabolismo anaerobio en los frutos; ello, finalmente, puede derivar en daños en la epidermis, en la pulpa y en el corazón de los frutos (pardeamientos, cavernas, ...), con las consiguientes pérdidas de cantidad y calidad de la cosecha.

Igualmente, se ha señalado que, en algún caso, dichas atmósferas pueden suponer menor síntesis de componentes volátiles y cambios en el perfil aromático de los frutos, lo cual tiene una trascendencia comercial importante desde el punto de vista del aroma que el consumidor espera de una especie y variedad determinadas.

Tecnológicamente, para poder conseguir aplicar en la práctica dichas técnicas con éxito, se impone, hoy día, la implementación de la instalación de atmósfera controlada con los siguientes elementos:

A) *Excelente hermeticidad de las cámaras*

En las cámaras con at-



En la fotografía superior, equipo PSA para la generación de atmósferas controladas en almacenes de fruta. Una de las principales acciones beneficiosas de las técnicas LO y ULO es el control del «escaldado superficial» en algunas variedades de manzana, como muestra la fotografía inferior



mósferas muy bajas en O₂ es especialmente necesaria una adecuada estanqueidad o hermeticidad que limite la entrada de aire externo hacia el interior de la cámara, por debajo de los niveles de consumo de oxígeno respiratorio que la propia fruta es capaz de llevar a cabo. Para ello se utilizan diversos materiales que aseguran la consecución de una capa hermética en todo el perímetro de la cámara, sin olvidar, tampoco, las características estructurales de las pare-

des, el pavimento, las puertas y todos los conductos y tuberías que penetran desde el exterior hacia el interior del recinto. Los principales materiales de estanqueidad utilizados son: telas plásticas, poliéster, poliuretano, revestimientos metálicos y paneles «sandwich»; cada sistema tiene sus ventajas y sus inconvenientes

y, en general, hasta después de los primeros años de funcionamiento, no se detectan éstos últimos. En este sentido, es obligado realizar periódicamente pruebas de hermeticidad (como el «test Marcellin») para poder diagnosticar y corregir cualquier causa de mala hermeticidad.

Igualmente, para evitar entradas de aire exterior hacia el interior de la cámara, es necesaria la colocación de pulmones compensatorios y válvulas equilibradoras de presión, que eviten modificaciones importantes de la atmósfera interior en la cámara por cualquier causa (funcionamiento de la batería frigorífica,

- **Para frenar el metabolismo y así mantener al máximo la calidad de las manzanas y peras a lo largo de su almacenamiento, es necesario aplicar la tecnología de Atmósfera Controlada, lo cual supone mantener el producto en un ambiente pobre en O₂ y rico en CO₂ ●**

funcionamiento de los aparatos generadores de atmósfera, cambios en la presión atmosférica, etc.)

B) Barridos de la atmósfera con Nitrógeno (industrial o generado «in situ»)

Ello permite, de una manera rápida y segura, conseguir tiempos cortos de puesta a régimen, así como alcanzar niveles de O_2 tan bajos como los recomendados en las técnicas ULO. El nitrógeno a utilizar puede provenir o bien en forma de gas o líquido a presión (en botellas o tanques instalados en la proximidad de las cámaras, los cuales son rellenos periódicamente a partir del suministro por parte de diferentes empresas de gases); o bien a partir de equipos separadores de aire que generan una atmósfera rica en nitrógeno.

Estos sistemas presentan como principal ventaja técnica: una rápida capacidad de eliminación del oxígeno de la cámara, lo cual se consigue con una acción de barrido que permite, a la vez, eliminar otros volátiles perjudiciales para la conservación de la fruta (etileno, CO_2 , etc.). Por otra parte, su funcionamiento puede automatizarse fácilmente para que, de una manera segura, puedan entrar en funcionamiento ante cualquier variación de los niveles de gases deseados.

La elección de uno u otro sistema se basará en criterios técnicos y, sobre todo, económicos para cada caso concreto de industria hortofrutícola, contemplando tanto los costes de inversión inicial como los costes de explotación a lo largo de las sucesivas campañas de almacenamiento.

Los separadores de aire constituyen la última generación de equipos de atmósfera controlada que vienen a sustituir, cada vez más, a aquellos equipos tradicionalmente utilizados en el sector (quemadores catalíticos de propano de ciclo abierto o cerrado, inter-

cambiadores de difusión, reactores de amoníaco...). Estos separadores permiten obtener producciones de nitrógeno del orden de algunas decenas a algunas centenas de $N m^3/h$, con purezas del orden del 95-99% o incluso más. Podemos utilizar dos tipos de equipos: separadores de aire tipo PSA y separadores de aire por membranas.

El sistema PSA («Pres-

sure Swing Adsorption») permite separar el oxígeno y el nitrógeno presentes en el aire atmosférico en función de su adsorción selectiva sobre un lecho de carbón molecular (CMS) sobre la que se hace pasar la corriente en ciclos alternativos de presión/depresión. En el caso del separador de membranas su funcionamiento se basa en la permeabilidad se-

lectiva de los diferentes gases presentes en el aire atmosférico a través de una membrana semipermeable. En ambos sistemas, la instalación se completa con los siguientes elementos: un compresor del aire, filtros, calentadores y un depósito pulmón para almacenar el nitrógeno obtenido.

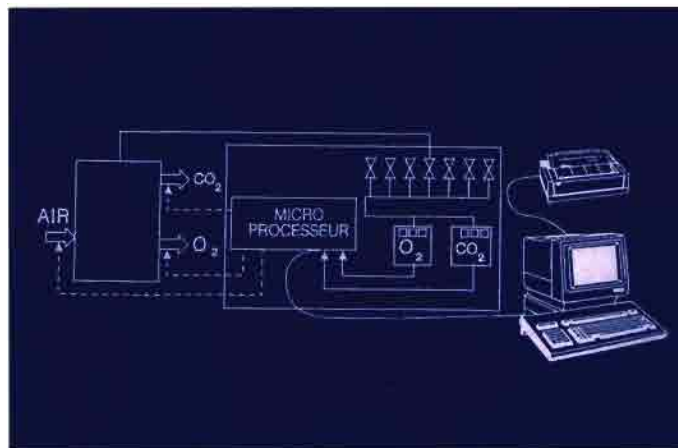
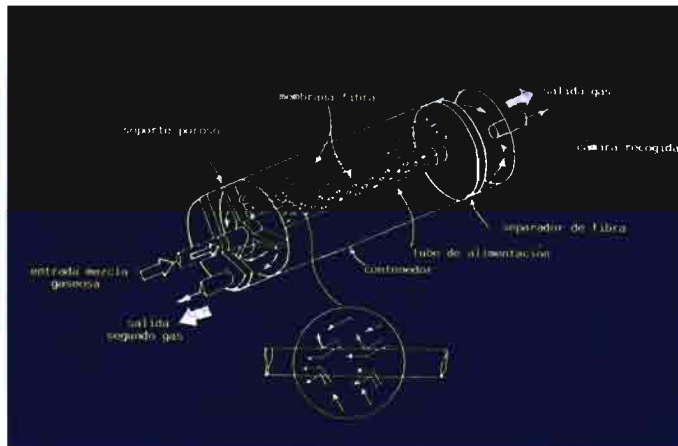
El principal inconveniente que se le señala a estos equipos es la sensibilidad al envejecimiento de las membranas y del carbón activo, tanto más importante en cuanto que la renovación de dichos elementos supone un importante coste de explotación. Por otra parte, los sistemas son muy simples en su funcionamiento y diseño mecánico, y, por su carácter modular, permite adaptarse flexiblemente a diversas necesidades industriales.

Aunque dichos sistemas permiten eliminar, si es necesario, el anhídrido carbónico de las cámaras (actuando, pues, tanto en la fase de «pull-down» como en la de «scrubbing»), en la práctica es necesario contar con adsorbentes de carbón activo para eliminar dicho gas. Estos equipos han sufrido, también, una gran mejora en su funcionamiento en los últimos años, con la finalidad de poder mantener niveles muy bajos de anhídrido carbónico (tal como se requiere de una manera especial en las técnicas LO/ULO y, sobre todo, para el caso de variedades y especies no tolerantes a elevados niveles de CO_2); y no introducir oxígeno «parásito» en el interior de las cámaras como consecuencia de las regeneraciones periódicas del lecho de carbón con aire proveniente del ambiente exterior o de las propias cámaras.

C) Análisis y control preciso de la composición gaseosa

Ello es particularmente necesario en el caso de aplicar

● Las principales ventajas conseguidas con las atmósferas bajas en oxígeno, en comparación con la AC estándar, son una mayor duración del almacenamiento y posterior vida útil del fruto, una mejor retención de la calidad durante el almacenamiento y a la salida de almacén y una reducción de ciertas alteraciones fisiológicas ●



En los separadores de membranas se aprovecha la distinta permeabilidad de los gases a través de membranas, para generar una corriente de nitrógeno con alta pureza (arriba). La gestión informatizada del análisis y regulación de la atmósfera de las cámaras frigoríficas permite optimizar la conservación de los frutos

las técnicas LO y ULO (donde trabajamos con niveles de oxígeno muy cercanos al punto de asfixia de los tejidos) para evitar riesgos y daños por hipoxia en el producto almacenado.

Hoy día, las instalaciones modernas están equipadas con analizadores electrónicos (que suelen ser de tipo paramagnético, para el O₂ y de infrarrojos para el CO₂). Dichos aparatos permiten, con la gestión informatizada correspondiente, tener memorizados todos los análisis de las concentraciones de gases en la cámara, visualizarlos en pantalla y/o en posterior transcripción impresa, y, finalmente, actuar sobre los equipos de atmósfera controlada correspondientes para corregir desviaciones de los valores de consigna deseados. Ello constituye una herramienta de gran utilidad para el control y regulación de la instalación por parte del técnico.

En resumen, pues, estas tecnologías tendrán que ser adaptadas por las empresas hortofrutícolas, si desean obtener una óptima (técnicamente hablando) y competitiva (comercialmente hablando) conservación de la fruta.

Como se suele decir en el escenario económico de las empresas, ello se expresa mejor con la frase: «Adaptarse o desaparecer».

De todas maneras, esta puesta en práctica de dichas nuevas tecnologías LO y ULO se debe hacer con una considerable precaución, y con los equipos y maneras de actuar adecuadas. Ello reafirma, una vez más, la necesidad de una permanente conexión entre los sectores implicados y los centros de investigación en poscosecha de fruta, para ir adaptando la práctica industrial de cada país o zona a los resultados derivados de las investigaciones que se llevan a cabo al respecto.

Relación de empresas

Frubel s.r.l.

Burago di Molgora (MI)-Italia
Tel.: +39-02-29000068
Fax: +39-02-6555238
Depuradora, absorbadora de etileno y cámaras con atmósfera controlada.

Fruit Control Equipments s.r.l.

Trezzano Sul Naviglio (MI)
Italia
Tel.: +39-02-48482546
Fax: +39-02-48402558

Abelló Linde, S.A.

Barcelona - España
Tel.: +34-93-476 74 00
Fax: +34-93-207 57 64
Equipos de atmósfera controlada.

Air Liquide

(Soc. Esp. del Oxígeno)
Zaragoza - España
Tel.: +34-976-47 08 62
Fax: +34-976-39 07 53
Equipos de atmósfera controlada.

Aningas, S.A.

Barcelona - España
Tel.: +34-93-426 69 28
Fax: +34-93-426 67 79
Equipos de atmósfera controlada.

Ilerfred, S.L.

Lleida - España
Tel.: +34-973-20 24 41
Fax: +34-973-21 08 13
Equipos de atmósfera controlada.

Noxman, S.A.

Barcelona - España
Tel.: +34-93-212 82 16
Fax: +34-93-212 82 54
Generadores de nitrógeno para atmósfera controlada.

BG Door Internationaal

Moerkapelle - Holanda
Tel.: +31-79-5931111
Fax: +31-79-5932062
Maduración de frutas.

Agrialfa-Gas, S.L.

Lleida - España
Tel.: +34-973-21 02 00
Fax: +34-973-21 13 69
Equipos generadores de atmósfera controlada.

Catalytic Generators, Inc.

Norfolk - Estados Unidos
Tel.: +1-757-855 0191
Fax: +1-757-855 4155
E-mail: catalytic@symweb.com
Web: <http://catalytic.symweb.com>
Suministros para cámaras de maduración.

Cool Care Consulting, Inc.

Deerfield Beach - EE.UU.
Tel.: +1-954-698 0067
Fax: +1-954-698 0207
Diseñador, fabricante y constructor de equipos de post-recolección, cámaras de maduración y cámaras de control atmosférico.

Dade Service Corporation

Daytona Beach - EE.UU.
Tel.: +1-904-274 5655
Fax: +1-904-274 5664
E-mail: sam@ccidb.net
Cámaras de atmósfera controlada, pre-enfriadores, cámaras frigoríficas y cámaras frigoríficas industriales.

The De-Green Machine Co.

Houston - Estados Unidos
Tel.: +1-800-286
Fax: +1-281-335 9700
E-mail: degreen.machine@airgas.com
Sistema portátil de maduración diseñado en tránsito de maduración de frutas y hortalizas.

Ethylene Control, Inc.

Selma - Estados Unidos
Tel.: +1-209-896 1909
Fax: +1-209-896 3232

Extend-a-Life Systems

Chelsea - Estados Unidos
Tel.: +1-800-337 4169
Fax: +1-510-264 0824
Equipo removedor del etileno para la conservación de frutas y hortalizas frescas más tiempo.

Bonomi System s.r.l.

Buccinasco (MI) - Italia
Tel.: +39-02-447488
Fax: +39-02-447314

The Livingston Group

Virginia Beach - EE.UU.
Tel.: +1-757-460 3115
Fax: +1-757-460 0391
E-mail: l.livingston@juno.com
Consultores en el uso de atmósferas controladas para regular el proceso de maduración.

Precision Generators Co., Inc.

Virginia Beach - EE.UU.
Tel.: +1-757-498 4809
Fax: +1-757-463 2848

Frigicoll, S.A.

Sant Just Desvern - España
Tel.: +34-93-371 28 04
Fax: +34-93-371 01 04

Interko t.a.v. Hoofd Publiciteit

Moerkapelle - Holanda
Tel.: +31-79 5932581
Fax: +31-79-5931204
Maduración de frutas.

Coolcare

Vitrolles - Francia
Tel.: +33-42 10 04 90
Fax: +33-42 10 04 95
Cámaras de maduración con flujo de aire forzado.

Carburos Metálicos-División gases comprimidos

Barcelona - España
Tel.: +34-93-290 26 00
Fax: +34-93-290 26 07
E-mail: baltrons.j@carbueros.com

Eco Air

P.O. Box 60 - NSW 2129
Australia
Tel.: +61-2-9746 2388
Fax: +61-2-9746 1399
E-mail: jim@healey.com.au
Sistema de ventilación de aire fresco.

