Air Liquide

Atmósfera controlada

Uso del nitrógeno en el establecimiento de atmósferas controladas

Introducción

El almacenamiento de productos hortofrutícolas en frío empleando atmósferas controladas o atmósferas modificadas ha despertado interés últimamente entre productores y empresas involucradas en el transporte, almacenamiento y comercialización de ellos.

Durante los últimos años se ha comenzado a extender masivamente la implementación de cámaras de atmósferas controladas para su uso en una amplia gama de productos tales como manzanas, peras y kiwis.

Los resultados positivos que se han obtenido y las fluctuaciones de los precios de estos productos fuera de la temporada de cosecha hacen de esta técnica una alternativa económicamente interesante, ya que permite conservar la fruta en óptimas condiciones por períodos de 1 a 8 meses.

En general, los sistemas de atmósferas controladas (AC) y atmósferas modificadas (AM), consisten en conservar los productos variando sustancialmente los contenidos de Oxígeno, Nitrógeno y Anhídrido Carbónico con respecto a la del aire normal (N2 78,08%, - 02 20,95% - CO2 0,03%).

La diferencia entre atmósferas controladas y modificadas está dada simplemente por el grado de control de los gases:

- En la AC los niveles de O2 y CO2 se mantienen dentro de límites estrechos lo que permite una buena conservación de la fruta por períodos prolongados. Estos sistemas son ampliamente utilizados en cámaras estacionarias de almacenaje prolongado como, por ejemplo, las que emplean empresas exportadoras de frutas. En las instalaciones modernas, el monitoreo de las cámaras se realiza a través de analizadores de O2 y CO2 conectados a un sistema de control automático el cual mantiene los niveles prefijados.

En las AM se varían las concentraciones iniciales de los diferentes gases atmosféricos, pero no se interviene posteriormente para mantener dicha composición. En este caso, el período posible de almacenamiento es más corto, por lo cual las aplicaciones de este sistema son principalmente en el transporte, comercialización y embalaje individual de productos hortofrutícolas. Ejemplos del uso de AM serían el transporte de pallets completos de frutillas forrados en plástico y llenados con altas concentraciones de CO2, y el envasado en bolsas selladas de frutas y verduras semiprocesadas.

Principio de la conservación de frutas en atmósfera controlada y atmósfera modificada

Aún después de la cosecha continúan dos procesos fundamentales de la vida de los productos vegetales: la deshidratación (pérdida de vapor de agua) y la respiración (absorción O2 de y liberación de CO2 y calor). Ambos son factores importantes en la velocidad de deterioro de un fruto almacenado.

La refrigeración es el medio más comúnmente usado para retardar la maduración y senectud de los productos fisiológicamente activos. El frío disminuye la velocidad de las reacciones químicas, la acción de las enzimas y limita la actividad patógena de los microorganismos. Sin embargo, no todos los frutos resisten temperaturas bajas cercanas a 0°C por períodos prolongados.

La acción del frío puede complementarse con la modificación de las concentraciones de O2 y CO2 en la atmósfera que rodea al producto. Así, mediante el uso de AC se pueden mantener frutos almacenados por períodos más largos o a temperaturas menos dañinas sin que éstos pierdan valor comercial.

Numerosos ensayos y experiencias prácticas han demostrado que la tasa respiratoria y la generación de etileno de un producto disminuyen en forma notable al bajar la presión parcial del O2 en la atmósfera que lo rodea. Esta atmósfera además disminuye la sensibilidad de la fruta al etileno. Todo lo anterior se traduce en una mayor vida útil de la fruta pues el proceso de maduración se ve retardado. Los efectos de las altas concentraciones de CO2 son similares y sinergéticas. Por lo tanto, en general se recomiendan atmósferas con bajo contenido de Oxígeno (2 a 4%), y/o alto contenido de Anhídrido Carbónico (0 a 5%).

Para que el sistema sea eficiente, se requiere del uso de cámaras con alta hermeticidad a los gases y de la utilización de sistemas de establecimiento rápido de la atmósfera deseada y su control posterior.

Productos en que la atmósfera controlada es efectiva

Los productos vegetales presentan tasas respiratorias que varían según la especie, variedad, estado fisiológico y según cual sea su patrón de maduración. La tabla 1 presenta un ejemplo de esta variabilidad. Los patrones respiratorios de un producto hortofrutícola definen, en gran medida el potencial beneficio que se puede obtener con AC.

Tabla Nº1. Tasa respiratoria de algunos productos hortofrutícolas importantes

Clasificación	Respiración a 5°C (mg CO2 kg^-1 hr^-1)	Productos
Muy Baja	<5	Nueces, dátiles, frutas y verduras deshidratadas.
Baja	5-10	Manzana, uva, cítricos, kiwi, ajo cebolla, papa (madura), camote.
Media	10-20	Damasco, cereza, durazno, banana (verde), nectarines, peras, higos, ciruela, repollo, zanahoria, lechuga, pepino, tomate, papa (inmadura).
Alta	20-40	Frutilla, mora, frambuesa, coliflor, palta (verde).
Muy Alta	40-60	Banana (madura), alcachofa, cebollas verdes, repollitos de bruselas, flores.
Extremadamente alta	>60	Palta (madura), espárragos, brócoli, champiñones, arvejitas, espinacas.

Según el comportamiento respiratorio durante el proceso de maduración los frutos se pueden dividir en climactéricos y no climactéricos:

En los frutos no climactéricos, la actividad respiratoria declina constantemente mientras maduran. En cambio, los frutos climactéricos experimentan un alza de la tasa respiratoria hacia el final del período de maduración, denominado climacterio (Figura 1). En este tipo de frutos los mejores resultados se obtienen al colocarlos en AC en la etapa preclimactérica, es decir, antes de que se inicie dicha alza.

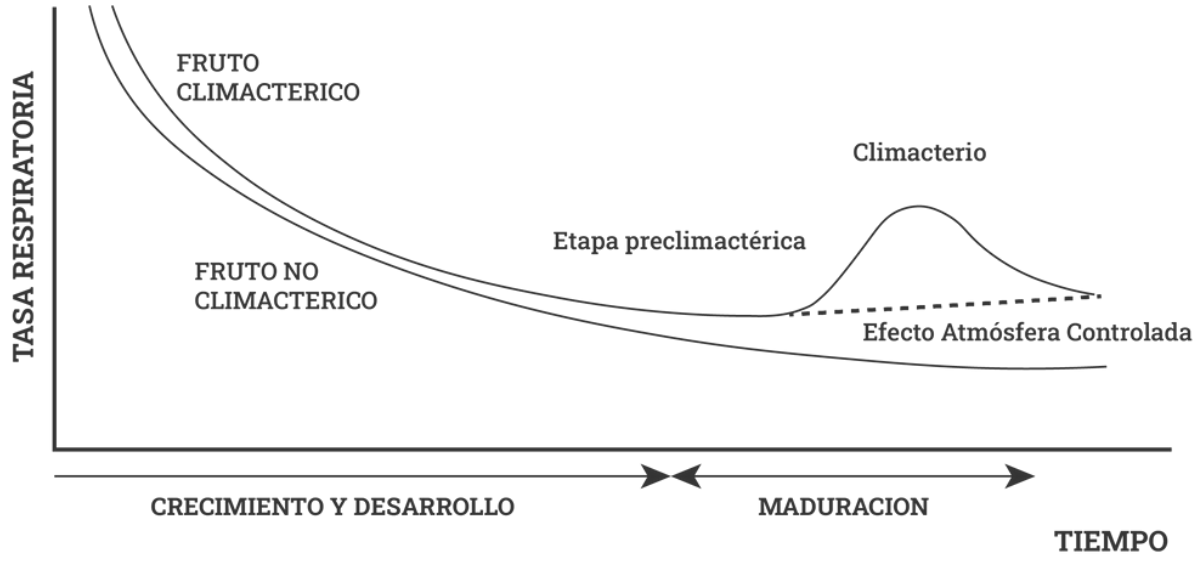

Figura Nº1. Patrón respiratorio de frutas climactéricos y no climactéricos

Entre los frutos climactéricos se encuentran las manzanas, peras y kiwis, y entre los no climactéricos tenemos a los cítricos (naranjas, pomelos, limones, etc.), las uvas y las frutillas. Las AC son claramente más efectivas en los frutos climactéricos, y en aquellos frutos no climactéricos con alta tasa respiratoria como las frutillas y las cerezas.

Efectos de las atmósferas controladas sobre el producto

Si las cámaras de AC son completamente herméticas, se usan adecuadamente y el manejo de la temperatura es el apropiado, el uso de AC produce varios beneficios que se traducen en una mejor presentación y calidad organoléptica del producto al término del almacenamiento y durante el período de comercialización posterior.

Beneficios potenciales de la AC:

- Retardo de la maduración y senectud del producto y de sus cambios bioquímicos y fisiológicos asociados (por ej. disminución de las tasas respiratoria y de producción de etileno, retardo del ablandamiento y cambios de color).
- Reducción de la sensibilidad del producto al etileno, (niveles de O2 menores a 8% y/o niveles de CO2 superiores al 1%).
- Disminución de la incidencia de ciertos desórdenes fisiológicos como por ejemplo el daño por frío.
- Inhibición del crecimiento de algunos hongos en postcosecha a concentraciones altas de CO2 (superiores al 10%).

Estos beneficios se ven notablemente acentuados cuando el establecimiento de la atmósfera es rápida, que es lo que sucede en la técnica de barrido con N2 (purga), explicada más
adelante.

Por otro lado, las AC y, particularmente las AM (en las cuales no hay control sobre las concentraciones de los gases), tiene límites relativamente estrechos en cuanto a cuales combinaciones de gases pueden resultar benéficas y cuales pueden resultar dañinas

Daños potenciales de las AC:

- Aumento de la incidencia de algunos desórdenes fisiológicos y efectos fitotóxicos a concentraciones muy bajas de O2 y altas de CO2 (ej. pardeamiento interno en manzanas y peras).
- Maduración irregular a niveles de O2 inferiores a 2% y de CO2 sobre el 5% en productos tales como peras, plátanos y tomates.
- Desarrollo de malos olores y sabores en concentraciones muy bajas de O2 como resultado de la respiración anaeróbica (fermentación).

Métodos para establecer atmósferas controladas

Básicamente, existen tres métodos utilizados para modificar la atmósfera de las cámaras de almacenamiento, los cuales se describen a continuación. Estos tres métodos se diferencian fundamentalmente en la velocidad con que consiguen su objetivo (Figura 2).

1.- Absorción de Oxigeno por respiración de la fruta
2.- Generadores de Atmósfera (recirculación)
3.- Barrido con Nitrógeno (Purga)

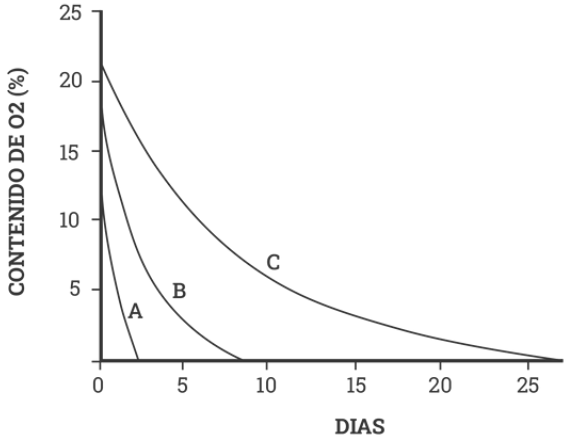

Figura Nº2. Establecimiento de la AC utilizando diferentes métodos.

A. Barrido con N2. La línea sólida muestra la curva obtenida inyectando 1 volumen de cámara.
B. Generador catalítico.
C. Disminución del contenido de O2 en base a la respiración de la fruta.
Almacenaje de manzanas McIntosh a una temperatura de cámara de 3°C.

Absorción de oxígeno por respiración de la fruta

La fruta es colocada en un recipiente o cámara completamente hermética en la cual el espacio libre está lleno de aire. Se utiliza el proceso natural de intercambio de gases propio de la respiración de la fruta para consumir el O2 y producir CO2. La reducción de O2 es lenta y la cámara demora un largo tiempo en llegar al 8% de O2, concentración a la cual la tasa respiratoria es notablemente reducida (Figura 3).

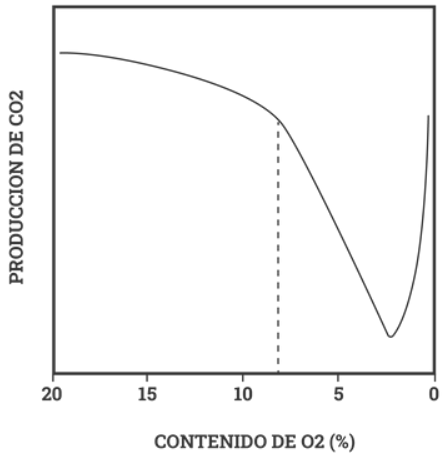

Figura Nº3. Tasa de producción de CO2 por respiración de la fruta en función del contenido de O2 en la atmósfera de la cámara. Bajo un 3% de O2 la tasa aumenta debido a la fermentación anaeróbica.

La técnica del barrido con nitrógeno

El barrido con N2 de la cámara de conservación no presenta dificultades. La inyección se realiza desde equipos externos al frigorífico: un depósito de N2 líquido (estanque estacionario o trailer móvil) y un vaporizador que lo gasifica y lo lleva a una temperatura apropiada para la inyección (5°C aprox.). La única instalación requerida es una red de cañerías de 40 a 60 mm de diámetro para conducir el N2 al interior de las cámaras a través de una válvula que puede ser de control remoto y estar integrada al equipo de comando del proceso.

La disminución de O2 en una cámara barrida con N2 se puede representar con la siguiente fórmula:

$$C = C_i \times e^{\frac{-Q}{V}t}$$

donde: **C** = concentración de O2 en la cámara a un tiempo determinado
Ci = concentración inicial de O2 (≈ 0.21 en el aire)
Q = flujo del barrido
V = volumen de la cámara
t = tiempo de barrido

De esta fórmula se puede derivar la cantidad de N2 necesario par obtener una concentración de O2 determinada. Para hacerla independiente del volumen de la cámara y del flujo se puede expresar en función de volúmenes de cámara necesarios para obtener dicha concentración (figura 4).

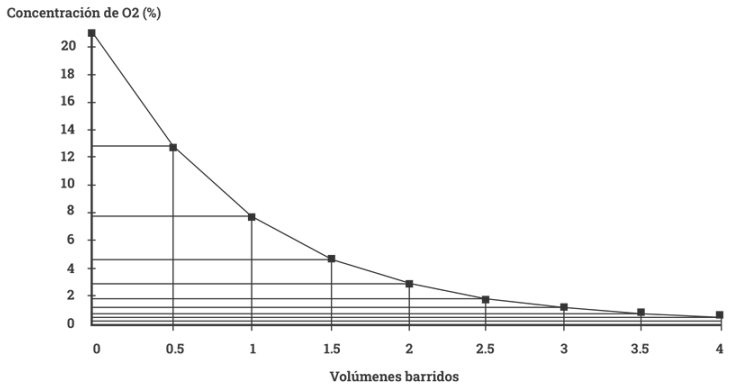

Figura Nº4. Disminución teórica del contenido de O2 en una cámara barrida con N2

Así, de la figura 4 se desprende que inyectando en función del volumen de la cámara obtienen las siguientes concentraciones:

Con 1 volumen:	**7.73% de O2**	**Con 2,5 volúmenes:**	**1.72% de O2**
Con 1,5 volúmenes:	**4.69% de O2**	**Con 3 volúmenes:**	**1.05% de O2**
Con 2 volúmenes:	**2.84% de O2**	**Con 3,5 volúmenes:**	**0.63% de O2**

En la práctica estas cifras teóricas se obtienen con bastante exactitud si se cumplen los siguientes supuestos:

- La cámara está llena de fruta lo que significa que el volumen libre es de 2/3 del volumen total de la cámara.
- La inyección de N2 se mide en m3 a 15°C y 1 atm, en tanto que la temperatura de la cámara es de aproximadamente 0°C.
- El N2 difunde rápidamente en la cámara, lo cual significa hacer funcionar los ventiladores de los evaporadores mientras dura la inyección.

Es importante tener en cuenta que el barrido con N2 puede ser usado en diferentes alternativas:

- Como un sistema exclusivo para conseguir la atmósfera deseada.
- Como complemento de un sistema tradicional que ya esté instalado.
- Como complemento de una nueva instalación.

En el caso de una instalación que cuenta con un generador de atmósfera, el usar inyección de N2 se traduce en mejor calidad final de la fruta al acortar el plazo de establecimiento de la atmósfera, y un menor consumo de energía de los equipos de frío y menor utilización del absorbedor de CO2.

De hecho, cuando se está proyectando una nueva instalación, al considerar el barrido con N2 se puede disminuir el tamaño del generador de atmósfera, del absorbedor de CO2 y aún ajustar la capacidad del equipo de frío, disminuyendo el monto de la inversión.

Ventajas

El barrido de las cámaras con N2 presenta una serie de ventajas que resultan muy atractivas para el usuario:

- Alta velocidad de establecimiento de la atmósfera; lo que el generador logra en días, el barrido con N2 lo logra en horas.
- Al estar la tasa respiratoria notablemente reducida desde el cierre de la cámara, la fruta desprende menos calor de respiración, lo que disminuye las necesidades frigoríficas al comienzo de la conservación.
- Puesto que al comienzo las cantidades de CO2 a absorber son mayores, al reducir la respiración de la fruta desde el comienzo los requerimientos de absorción de CO2 disminuyen en forma notable.
- La inyección barre el etileno presente al cerrar la cámara y desde muy temprano disminuye su producción.
- La inyección a la cámara es limpia, exenta de hidrocarburos que puedan afectar a la fruta.
- La inyección de gas a baja temperatura no sobreexige a los equipos de frío.
- El sistema es simple, seguro y no requiere mantención.
- En caso de fallas del sello de la cámara o del absorbedor de CO2 este sistema permite reestablecer los niveles de O2 deseados muy rápidamente.

Una técnica del futuro

No requiriendo ninguna inversión complementaria, de fácil operación y control, el barrido con N2 es una herramienta que los expertos en atmósferas controladas prefieren tener a
mano.

Puesto que se limita al máximo el período de transición, el trabajo de llevar la cámara a su punto óptimo disminuye y el objetivo de reducir la intensidad respiratoria de las frutas para presentarlas al comercio en óptimas condiciones se logra con alta eficiencia.

Atmósfera controlada

Uso del nitrógeno en el establecimiento de atmósferas controladas

Air Liquide

cl.airliquide.com

Air Liquide es el líder mundial de los gases, tecnologías y servicios para la industria y la salud. Presente en 80 países con cerca de 67.000 colaboradores, el Grupo atiende a más de 3 millones de clientes y de pacientes

Contacto

Air Liquide Chile
Cerro El Plomo 6000,
Oficina 201-202, Las Condes
Fono: (562) 4657600
Santiago, Chile