

SUMARIO

La tecnología de las atmósferas modificadas y controladas

I PARTE

Almacenamiento en AC

- AC convencional (ACC)
- AC rápida (ACR)
- AC de ultra bajo oxígeno (ULO)
- AC de alto dióxido de carbono
- AC de bajo etileno (ACBE)
- AC de baja presión

II PARTE

Generadores para modificar la atmósfera en los cuartos de AC

- Flama abierta
- Quemadores catalíticos
- Uso de membranas de fibras huecas
- Malla de carbón molecular (Sistema de Presión y Adsorción)

Sistemas para eliminar el exceso de dióxido de carbono

- Hidróxido de calcio (cal viva)
- Carbón activado
- Malla molecular (molecular sieve scrubbing)

Transporte en AM/AC

Empaque en AM/AC

Atmósferas insecticidas (AI)

Análisis y control de gases en las AM y AC

- Analizador de gases Orsat
- Analizador infrarrojo
- Analizador paramagnético

Tolerancia de las frutas a las AM y AC

Consideraciones de seguridad

- Anaerobiosis
- Cambios de sabor
- Desórdenes fisiológicos

Conclusiones

El embalaje en atmósferas modificadas o en atmósferas controladas es una técnica que se utiliza para proporcionar una atmósfera modificada o controlada alrededor de un producto empacado en un material polimérico que permite un intercambio de gases. Buen ejemplo de ello es el plástico utilizado en el envoltorio de la fotografía, el P-Plus.

La tecnología de las atmósferas modificadas y controladas

II PARTE

En el número pasado de Horticultura Internacional, el nº 7 del pasado mes de marzo, se publicó la primera parte de este artículo. A continuación, y según el sumario establecido, la segunda y última parte del mismo.



Generadores para modificar la atmósfera en los cuartos de AC

“ En todos los cuartos de AC se necesita un sistema para disminuir la concentración de O₂ en un periodo de tiempo muy corto.

Llama abierta

Es donde se consume el O₂ por medio de la combustión de gas propano. Este generador quema propano con O₂ del aire interior y se ventila el cuarto con los productos de la combustión para disminuir el contenido de O₂ e incrementar el contenido de N₂.

Quemadores catalíticos

El propano se quema con el O₂ del cuarto (después de que se calienta el aire) utilizando platino como catalizador y los productos de la combustión se introducen al cuarto de nuevo.

Uso de membranas de fibras huecas

Este sistema es para separar el O₂ y N₂ del aire del cuarto e introducir la porción rica en N₂ de nuevo al cuarto.

Malla de carbón molecular (Sistema de presión y absorción)

En este sistema se pasa aire comprimido a través de una malla de carbón molecular, la cual retiene selectivamente el O₂ y permite el paso del N₂.

Sistemas para eliminar el exceso del dióxido de carbono

La cantidad extra de CO₂ acumulada alrededor de la fruta se puede remover mediante varios sistemas:

Hidróxido de calcio (cal viva)

Este es el método que más se ha utilizado. Las bolsas de cal se colocan directamente en los almacenes o en una capa que se conecta al mismo a través de tube-

rías en donde el aire del interior del cuarto se fuerza a través de la tubería y pasa por la cal para disminuir la concentración de CO₂ cuando se alcanzan niveles elevados.

Carbón activado

Se necesita de poco servicio y tiene una vida larga. Su uso es cada vez más popular.

Malla molecular (Molecular sieve scrubbing)

Tiene un costo inicial alto, pero es muy eficiente. Esta se tiene que calentar para

liberar el CO₂ absorbido.

Transporte en AM/AC

La tecnología que se utiliza y que tiene un gran potencial de desarrollo, especialmente para frutas subtropicales y tropicales, es la del transporte en AM y AC. Los sistemas de transporte en AM han existido en las últimas 3 décadas (a los cuales se les denominó AC por algunas empresas). Sin embargo, éstos no tuvieron mucho éxito debido a la falta de tecnología adecuada en

Modulador de la temperatura para el transporte refrigerado de frutas, flores y hortalizas. Con este aparato se consigue una notable uniformidad en la temperatura, evitándose los frecuentes altos y bajos de la misma producidos en sistemas menos evolucionados. (Fotografía cedida por la empresa Thermo King.)



“ Las atmósferas con muy bajos niveles de O₂ (0,5%) y/o muy altos de CO₂ (50%) pueden controlar insectos y tienen un alto potencial para utilizarse en poscosecha, especialmente como tratamientos cuarentenarios. El uso de las AM y AC para el control de insectos es muy ventajoso porque no deja residuos tóxicos en el alimento y su costo es competitivo comparado con la aplicación de los agroquímicos.”

Controlled and generated
atmospheres

Isolcell

**Expertise
Precision
Reliability**



ISOLCELL Italia s.p.a.
39055 LAIVES
Zona Industriale
Via A. Meucci 7
Tél.: 0471/954050-1-2
Telex 400294 ISOLCE-I
Telefax 0471/953575

**Dedicado a los que
creen haber obtenido
el máximo**

VIVA:
Bioestimulante
potenciador del
desarrollo radicular

SWEET:
Bioestimulante
de la coloración
y promotor del contenido
de azúcar



FARMER

Para que la tierra dé lo mejor de sí

Farmer Agroquímica España S.L.
C. Fabiola, 10 - 41004 Sevilla

Tels.: (91) 726 63 98 - (908) 72 80 89 - Fax: (91) 356 19 54

**AGRÓNIC
5000 Y 6000**

**CONTROLADORES
DE FERTIRRIGACION**



LOS MEJORES EQUIPOS
ELECTRÓNICOS PARA
EL CONTROL TOTAL
DE LA FERTIRRIGACION,
EN FUNCION DE LA
CONDUCTIVIDAD, pH,
RADIACION SOLAR,
EVAPORACION, ETC.

PROGRES
la electrónica
al servicio de
la agricultura

ISOLCELL
INFORMACION!

**SISTEMES ELECTRONICS
PROGRES S.R.**
Pau Casals, 23 - Telf: 93232 04 26 - Fax: 93 7297
15704 DEL L'PUIG (Lluders)

nas o más). Un contenedor de AC cuenta con las mismas características que un contenedor refrigerado, pero además es más hermético y cuenta con sistemas de control de O₂ y posiblemente de CO₂ y C₂H₄. Por lo tanto, el costo de dichos contenedores puede ser de 10,000 a 20,000 dólares más que un contenedor refrigerado. La utilización de las AM en vehículos de transporte terrestre (transporte por carreteras) es difícil porque no son muy herméticos. Sin embargo, la mayoría de las unidades refrigeradas de ferrocarril son relativamente herméticas y permiten el uso de las AM/AC.

Empaque en AM/AC

El empaque en atmósferas modificadas (EMAM) o atmósferas controladas (EMAC) es una técnica que se utiliza para proporcionar una AM o AC alrededor de un producto empacado en un material polimérico que permite un intercambio de gases. Las técnicas de EMAM y EMAC (especialmente la técnica de EMAM) son ampliamente utilizadas para la preservación de muchos tipos de alimentos como carnes, mariscos, pescados, quesos, ensaladas, alimentos preparados, frutas y hortalizas frescas, procesadas o mínimamente procesadas. Estas técnicas utilizan materiales poliméricos como el polietileno de baja y de alta densidad, el polipropileno, el acetato de celulosa, el cloruro de polivinilo, etc. Estos tienen características distintas con respecto a su permeabilidad a los diferentes gases y al vapor de agua, facilidad de sellado, resistencia mecánica, compatibilidad con el producto, etc. Dependiendo del tipo de fruta y de la atmósfera

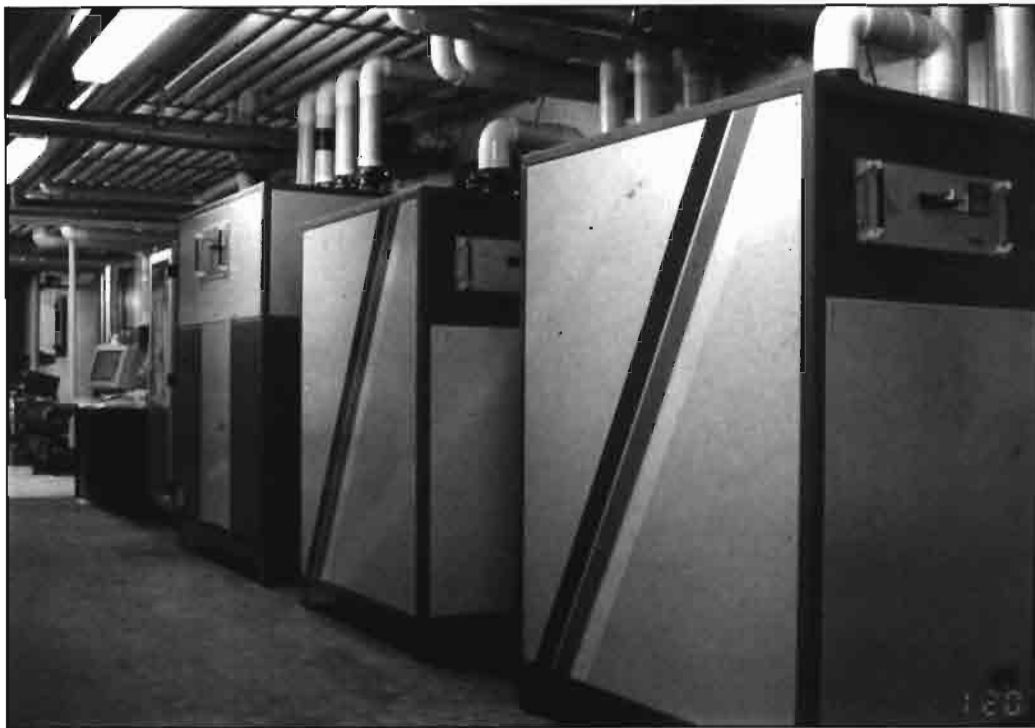


Imagen de una sala de máquinas instalada en Italia con convertidores de etileno, absorbedor de CO₂ y computadora. (Fotografía cedida por la empresa Isolcell Italia.)

necesaria se selecciona la película adecuada. La mayoría de las películas tienen de 3 a 5 veces más permeabilidad al CO₂ comparado con la permeabilidad al O₂ por su mayor solubilidad en la película. Varios tratamientos son aplicados para modificar las características de las películas incluyendo:

- Tratamientos para modificar la permeabilidad de gases especialmente la de CO₂.

- Aplicación de filtros de luz especialmente ultravioleta.

- Aplicaciones de minerales que pueden preservar el

color de los alimentos, como el zinc o el magnesio para preservar la clorofila.

- Tratamientos para absorber o quitar los olores producidos en los empaques.

Más de 250 millones de libras de alimentos se empacan en AM en los EE.UU.AA. cada año, utilizando más de un millón de libras de plástico para esta tecnología. Esto es equivalente a alrededor de 500 a 600 millones de empaques en AM al año. En Europa se almacenan alrededor de 2.000 a 3.000 millones de empaque en AM al año. Se estima que para

el año 2.000 más alimentos serán empacados en AM que en empaque aséptico. En una encuesta reciente, más del 74% de las 100 empresas alimentarias más grandes en los EE.UU.AA. indicaron que el EMAM es el área de mayor desarrollo. El EMAM puede utilizarse en forma pasiva, donde la modificación de la atmósfera es por la respiración del alimento y la permeabilidad del material de empaque, o en forma activa, donde la modificación de la atmósfera se inicia añadiendo o quitando mezclas de gases. Se deben considerar varios factores cuando se investiga o cuando se intenta aplicar las técnicas de EMAM o EMAC, como son: tipo, grosor y método de fabricación de la película, temperatura, humedad relativa, tamaño del empaque, tipo, estado fisiológico y cantidad de frutas, tolerancia de la fruta a los diferentes gases (O₂ y CO₂) y período de

“ Las técnicas de empaque en atmósferas modificadas y atmósferas controladas (especialmente las primeras) son ampliamente utilizadas para la preservación de muchos tipos de alimentos como ensaladas, alimentos preparados, frutas y hortalizas frescas, procesadas o mínimamente procesadas.”



Es muy importante conocer los niveles de gases óptimos para cada fruta. Niveles de O₂ más bajos o niveles de CO₂ más altos que el nivel de tolerancia del alimento puede provocar daños y pérdidas.

En la fotografía superior, una imagen tomada en Chile en una instalación de una sala de máquinas con absorbedores de CO₂ y generadores de nitrógeno. (Fotografía cedida por la empresa Isolcell Italia.)

almacenamiento.

Las películas para uso en frutas se deben caracterizar por una alta permeabilidad al O₂ y CO₂ y al vapor de agua. Además, existe la necesidad de utilizar tratamientos que controlen el desarrollo de enfermedades (agua caliente o químicos), tratamientos que disminuyan la acumulación de agua (como el uso de sales) y de etileno (como el uso de permanganato de potasio).

Es muy dudoso que las técnicas de EMAM y EMAC tengan a corto plazo una aplicación muy significativa para las frutas intactas, pero tienen un gran potencial para frutas mínimamente procesadas.

Atmósferas insecticidas (AI)

Las atmósferas con muy bajos niveles de O₂ (0,5%) y/o muy altos de CO₂ (50%) pueden controlar insectos y tienen un alto potencial para utilizarse en

poscosecha, especialmente como tratamientos cuarentenarios. La concentración más baja de O₂ y más alta de CO₂, la temperatura más alta y la humedad relativa más baja aceleran el control de los insectos. La respuesta de los insectos depende de su estado de desarrollo, pero muchos insectos pueden ser controlados en un período de 2 a 4 días a temperatura ambiente. El uso de las AM y AC para el control de insectos es muy ventajoso porque no deja residuos tóxicos en el alimento y su costo es competitivo comparado con la aplicación de los agroquímicos. Sin embargo, las atmósferas insecticidas son muy extremas y pueden

causar problemas en las frutas como anaerobiosis y fermentación. Por lo tanto, es muy importante utilizarlos solamente en aquellas frutas que pueden tolerar estos niveles de atmósferas y solamente por un período menor al período tolerado.

Nuestra investigación en los últimos años indicó que las AI tienen un gran potencial para utilizarse como tratamientos cuarentenarios en algunas frutas tropicales. Las AI pueden utilizarse en el control de aquellos insectos que se pueden eliminar en un período de 5 días o menos en mango, 2 días o menos en papaya y un día o menos en aguacate, a 20° C. Ac-

“ En Estados Unidos, se empacan más de 250 millones de libras de alimentos en atmósferas modificadas cada año, utilizando más de un millón de libras de plástico para ello.”

tualmente no hay uso comercial de las AI en frutas y hortalizas.

Análisis y control de gases en las AM y AC

Es muy importante contar con métodos y equipos sensibles para la determinación y control de los niveles de los diferentes gases especialmente los de O₂ y CO₂.

Analizador de gases Orsat

Este sistema es para medir O₂ y CO₂ en una muestra de aire de tamaño grande. Es relativamente fácil de operar y barato pero no es muy exacto. Además, es un sistema manual que no se puede automatizar.

Analizador infrarrojo

El dióxido de carbono absorbe los rayos infrarrojos de determinada longitud de onda. Esta propiedad se utiliza para el análisis de CO₂.

Analizador paramagnético

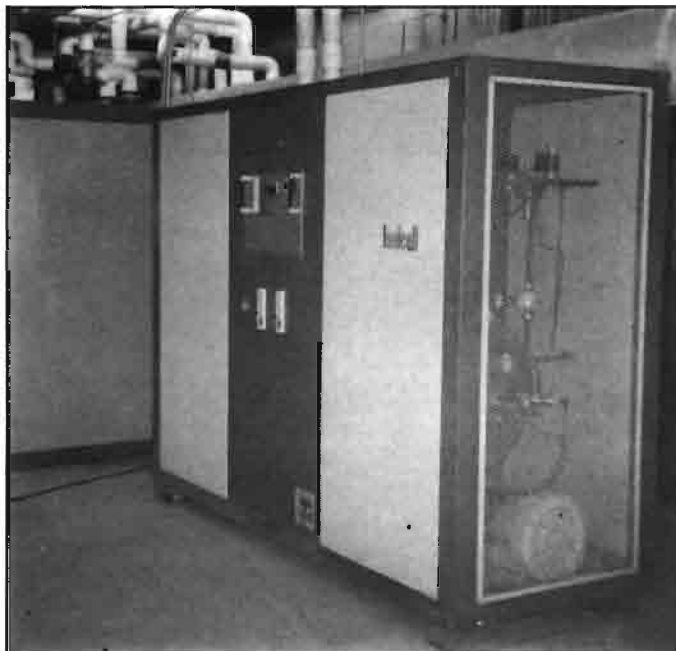
El O₂ y el óxido de nitrógeno son gases paramagnéticos (son atraídos por un campo eléctrico). Con esta técnica se pueden medir diferencias en la concentración de O₂ del orden de 0.02%.

Los sistemas electrónicos para el control y análisis son muy necesarios especialmente en los sistemas de AC de muy bajos niveles de O₂ (cerca de niveles peligrosos). Estos sistemas son caros pero muy sensibles y se pueden automatizar.

Tolerancia de las frutas a las AM y AC

Existe una gran variabilidad en la respuesta y el nivel de tolerancia de las frutas a las AM y AC. Es muy importante conocer los niveles de gases óptimos para cada fruta. Nive-

les de O₂ más bajos o niveles de CO₂ más altos que el nivel de tolerancia del alimento puede provocar daños y pérdidas. Existen también grandes diferencias en la tolerancia de frutas a las atmósferas insecticidas. Por ejemplo el mango es muy tolerante (5 días a 20°C). Muchos factores influyen sobre la tolerancia de las frutas a las AM y AC entre ellos: el tipo de fruta, variedad, estado fisiológico del mismo, composición química y bioquímica, composición atmosférica, temperatura y duración del almacenamiento. Es muy importante considerar todos estos factores antes de utilizar las AM o AC.



Generador de nitrógeno Isogen en primer término y, detrás, absorbedor de CO₂ a carbón activado. (Fotografía cedida por la empresa Isolcell Italia.)

Consideraciones de seguridad

El uso de las AM y AC en forma inadecuada provoca varios problemas e incluso puede ser la causa de la pérdida total del producto y en algunos casos puede causar daños a los humanos, especialmente cuando consumen productos mínimamente procesados o procesados tratados con niveles de O₂ o CO₂ inadecuados. El contenido de bióxido de carbono y de oxígeno de las AM y AC no es suficiente para sostener la vida humana. Por lo tanto, es muy crítico cuidar la seguridad de los trabajadores alrededor de los cuartos de las AC, los cuales se deben ventilar adecuadamente al terminar el almacenamiento y antes de entrar.

Anaerobiosis

Concentraciones muy bajas de O₂ y/o muy altas de CO₂ (dependiendo del tipo de alimento) producen un cambio de respiración aeróbica a anaeróbica, lo cual puede causar la fermentación del producto. Las bajas concentraciones

de O₂ pueden favorecer el desarrollo de bacterias anaeróbicas como *Clostridium botulinum*. En 1984 se reportaron 11 casos de muerte en Japón por alimentos empacados al vacío (bajo O₂) con un manejo de temperatura deficiente. Altos niveles de CO₂ pueden aumentar el desarrollo de algunos patógenos, como clostridio. Existe la preocupación del uso de AM y AC por la posible proliferación de patógenos en productos procesados o mínimamente procesados. La refrigeración es un factor crítico durante el empaque o almacenamiento en AM/AC. Un buen control de la temperatura (0-3°C) puede

controlar el desarrollo de *C. botulinum*. *Salmonella* empieza a desarrollarse a 5.2°C, *Staphylococcus aureus* necesita una temperatura de 10°C. La temperatura mínima de *Clostridium perfringens* es 6.5°C y la del *Vibrio parahaemolyticus* es 5°C.

Cambios de sabor

El almacenamiento de frutas en AC por largo tiempo disminuye su capacidad para desarrollar su sabor y aroma característico. Niveles muy bajos de O₂ y/o muy altos de CO₂ estimulan el desarrollo de sabores y olores desagradables en los alimentos por el proceso de fermentación.

“ Se estima que para el año 2.000 más alimentos serán comercializados en atmósferas modificadas que en empaque aséptico. En una encuesta realizada a las 100 empresas alimentaria más grandes en EE.UU, más del 74% indicaron que el empaque en atmósfera modificada es su área de mayor desarrollo.”

Desórdenes fisiológicos

Las AM y AC pueden estimular distintos desórdenes fisiológicos tales como:

- desintegración interna de durazno (alto CO₂),
- desintegración interna de manzana (bajo O₂),
- inhibición del desarrollo del peridermo en papa,
- estimulación de la germinación en papa,
- oscurecimiento interno en varios productos vegetales.

Además, el uso de AM o AC inadecuadas puede aumentar la sensibilidad a los hongos y una maduración anormal en frutas y hortalizas.

Conclusiones

Los productos hortofrutícolas son muy importantes en el comercio mundial. Las AM/AC pueden ayudar en la preservación de la calidad de dichos productos durante el transporte, almacenamiento o empaque para llegar al consumidor con las mejores características. En los últimos años se ha visto un gran desarrollo de la tecnología de AM y AC, la cual incluye la construcción de cuartos y contenedores herméticos, el desarrollo de sistemas más adecuados de generación de atmósferas, de control y de monitoreo. El uso de las AM/AC, tiene un gran potencial de aplicación en los próximos años. Sin embargo, es muy importante recordar que las AM y AC solamente sirven como complemento a un sistema adecuado de manejo poscosecha, especialmente el uso de la temperatura ideal.”

Dr. ELHADI YAHIA
Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.