

# Conservación de hortalizas

## Factores que limitan el período de almacenamiento y su control

Se abordan en este artículo factores que inciden en la conservación de la producción hortofrutícola, aspectos que influyen en la senescencia y condiciones de almacenamiento, así como los sistemas utilizados para su control.

● **M. T. PRETEL (\*)**. **C. MARTINEZ MADRID (\*)**. **A. ESCRICHE (\*\*)**. **F. ROMOJARO (\*\*)**



Plantación de lechugas.

La obtención de producciones hortofrutícolas de calidad no es un hecho que se produzca de forma fortuita en la naturaleza. El logro de este objetivo depende en gran parte de la genética del material vegetal del medio externo. Se trata en definitiva del funcionamiento de una variedad en un medio externo determinado y la aplicación de unas correctas prácticas agronómicas.

La obtención de producciones hortofrutícolas de calidad no es un hecho que se produzca de forma fortuita en la naturaleza. El logro de este objetivo depende en gran parte de la genética del material vegetal del medio externo. Se trata en definitiva del funcionamiento de una variedad en un medio externo determinado y la

aplicación de unas correctas prácticas agronómicas.

Sin embargo es conocido que el control de estos factores no es suficiente para asegurar que la producción hortofrutícola llegue al consumidor con la calidad sensorial adecuada. Además en estos últimos años se ha producido un cambio en las exigencias del mismo, ya que se orientan cada vez más hacia los aspectos cualitativos que cuantitativos y prefiere frutas y hortalizas que tengan unas características organolépticas que le satisfagan o sea de calidad.

Esto ha obligado a revisar algunos de los conceptos tradicionales que se han venido aplicando a la conservación postrecolección, ya que no es suficiente prolongar la vida de las frutas y hortalizas durante un periodo de tiempo más o menos largo, sino que además es imprescindible utilizar la tecnología adecuada que permita controlar diversos procesos fisiológicos y bioquímicos del fruto una vez recolectados y que afectan muy negativamente a la cali-

dad final del producto almacenado.

De los numerosos y complejos procesos que intervienen en la maduración y senescencia los relacionados con la síntesis del etileno, actividad respiratoria y pérdida de agua de los tejidos destacan por sus efectos sobre la limitación del tiempo de almacenamiento, por lo que se les considera como factores esenciales de la conservación. Su control permitirá mejorar las condiciones de conservación al retrasar los procesos degradativos que se inician por lo general desde el momento de la recolección y que afectan de forma muy negativa a la calidad del producto.

Dada la importancia de estos factores sobre la conservación de la producción hortofrutícola se abordarán a continuación diversos aspectos relacionados con su incidencia sobre la senescencia y condiciones de almacenamiento de hortalizas y los sistemas utilizados para su control.

### El etileno

A pesar de que todos los frutos y hortalizas tienen capacidad para sintetizar etileno, su respuesta a esta hormona de la maduración es muy diferente. Así, en las especies clasificadas como climatéricas el inicio de la maduración se caracteriza por un gran incremento de la producción de etileno y el máximo climatérico coincide con su calidad óptima. Además en la fase denominada preclimatérica el fruto no está maduro y después del pico de producción de etileno se encuentra demasiado maduro perdiendo sus características organolépticas, lo que determina la importancia del momento de la recolección, ya que separados de la planta, en determinados momentos, el proceso de maduración continúa y el fruto puede alcanzar una calidad sensorial adecuada. En este tipo de frutos

#### CUADRO I. EFECTOS NEGATIVOS DEL ETILENO SOBRE LA CALIDAD DE LAS HORTALIZAS

Efecto	Producto
Acelera la senescencia	En general
Degradación color verde	Pepino, espinaca, brocoli
Abcisión de hojas	Coliflor, col
Textura	Espárrago
Moteado pardo (russet spotting)	Lechuga
Formación de compuestos	Zanahoria

(\*) Escuela Politécnica Superior de Orihuela (U.P.V.), Ctra. Benicl. km. 32, Orihuela (Alicante).

(\*\*) Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (C.S.I.C.), Avda. de la Fama, 1, 30003 Murcia.

se puede estimular el conjunto de la maduración aplicando etileno exógeno en la fase preclimática.

Otros frutos y la mayoría de las hortalizas, no presentan esta pauta climática y son denominados no-climáticos. En este caso, la biosíntesis de etileno es muy débil, no presenta un máximo definido y los tratamientos exógenos no provocan una aceleración de la maduración, sino cambios a nivel de determinados compuestos como clorofilas y degradación de membranas celulares.

En las especies o variedades no-climáticas el momento de la recolección también presente una gran importancia ya que implica el inicio brusco de los procesos degradativos, al no tener capacidad de madurar una vez recolectados.

Es evidente que desde un punto de vista fisiológico la recolección equivale a un trauma, al someter al fruto a un estrés que determina modificaciones esenciales en su metabolismo que afectarán a la calidad.

Es también interesante resaltar que al recolectar un fruto u hortaliza no sólo se suprime la llegada de agua y elementos nutritivos, sino que al perder la condición de sistema cerrado se produce un intercambio de gases entre su interior y el medio externo que modifica la composición de su atmósfera interna que afectan a la intensidad y rapidez en que hacen su aparición los procesos de senescencia. De ahí la necesidad de controlar lo más rápidamente posible su metabolismo para limitar la pérdida de calidad sensorial.

Aunque la maduración y senescencia en frutos y hortalizas es el resultado de una serie de cambios fisiológicos, bioquímicos y estructurales programados en los que intervienen la expresión regulada de genes específicos, el mecanismo de la regulación es diferente en función del tipo de crisis climática que presenten. Así, mientras que en los climáticos se ha podido establecer que el desencadenante del proceso es el etileno, en los no climáticos se ignora todavía los mecanismos de regulación, aunque sí se puede afirmar que éste no interviene en los mismos. Resultados recientes apuntan al ácido abscísico (ABA) como responsable de ciertos aspectos de su maduración.

Sin embargo a pesar de no participar directamente en la maduración de las especies no climáticas sus efectos sobre las hortalizas en post recolección pueden ser muy negativas, por lo que es necesario su control y eliminación



Recolección y empaquetado de lechugas en pleno campo.

Aunque los efectos pueden ser muy diversos, los esenciales están relacionados con la decoloración de los tejidos verdes, modificación de la textura, desórdenes fisiológicos y aumento de la susceptibilidad a la desecación. En el **cuadro 1** se recogen alguna de estas alteraciones indicando la hortaliza donde su manifestación es más acusada.

La degradación de la clorofila, responsable del color verde de las hortalizas, es uno de los factores que más afecta a su calidad, ya que el consumidor identifica este color con frescor o recién recolectadas. Es interesante destacar que en la mayoría de los casos, concentraciones del orden de 5 ppm en la atmósfera que rodea al producto son suficientes para produ-

cir su amarillamiento (Kader, 1985)

El etileno también puede modificar la textura haciendo prácticamente incomedible el producto. Así, cuando se somete al espárrago a tratamiento con 100 ppm durante una hora a 20 °C, su textura se vuelve coriácea debido a un aumento de la velocidad de formación de fibra.

Uno de los desórdenes fisiológicos que más afecta a la calidad de la lechuga es el «russet spotting», que se manifiesta por el desarrollo de numerosas manchas marrones a ambos lados del nervio central que pueden extenderse al resto de la hoja durante la senescencia. Se ha comprobado que concentraciones de etileno del orden de 0,1 ml/l son suficientes para inducir la formación de compuestos fenólicos de color pardo (Hyodo *et al.* 1978).

Es evidente la necesidad de disminuir el riesgo derivado de la presencia del etileno en la atmósfera que rodea a la hortaliza y que pueden deberse a fuentes contaminantes del tipo motores de combustión o del metabolismo del propio producto.

Aunque existen numerosos sistemas y métodos para el control de la síntesis y eliminación del etileno, en el caso de la conservación de hortalizas se recurre esencialmente a la utilización de la refrigeración. La aplicación de bajas temperaturas disminuye el metabolismo general de los órganos vegetales y por lo tanto también la síntesis de etileno, reduciendo de forma drástica su emisión por el fruto y limitando la concentración en las cámaras de almacenamiento. En tomate semimaduro la emisión baja de 4.330 nl/g.h. a 20 °C a 1.220 nl/g.h. a 12,5 °C y en pimiento la reducción es aproximadamente 17 veces cuando se disminuye la temperatura de 12,5 °C a 5 °C (Kader *et al.*, 1989).

En los últimos años también se ha aplicado la técnica de la atmósfera modificada a la conservación de hortalizas (Martínez *et al.* 1996). Concentraciones bajas y altas de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> respectivamente reducen la producción de etileno e inhiben su acción sobre los tejidos sensibles al mismo.

En la **fig. 1** se recoge la evolución de la emisión de etileno de pimiento de la variedad California Wonder en el interior de bolsas de polipropileno microperforado de diferente permeabilidad a 20 °C. Se observa que durante los 35 días de conservación los niveles no superan las 0,3 ppm y se mantienen prácticamente constantes.

Dado que la aplicación inadecuada de esta técnica de

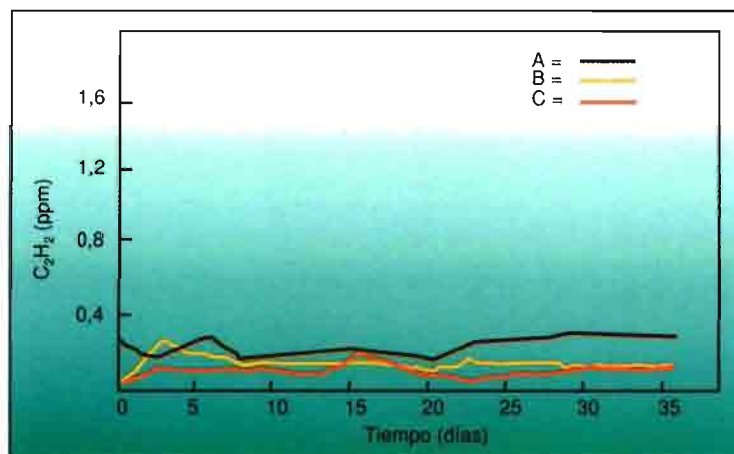


Fig. 1. Cambios en los niveles de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> en bolsas formadas por películas plásticas con una superficie de intercambio de 800 cm<sup>2</sup>, conteniendo 500 g de pimiento variedad California Wonder y conservadas a 20 °C. A = 80.000; B = 40.000; C = 10.000 ml CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> × 24 h × atm.

conservación puede provocar daños irreversibles en los tejidos es conveniente, de acuerdo con los datos de la bibliografía, hacer ensayos previos (Romero *et al.*, 1996)

También se puede disminuir en gran medida la acción negativa del etileno procurando mantener una ventilación adecuada de las zonas de manipulación y evitando su conservación y transporte con especies climatéricas.

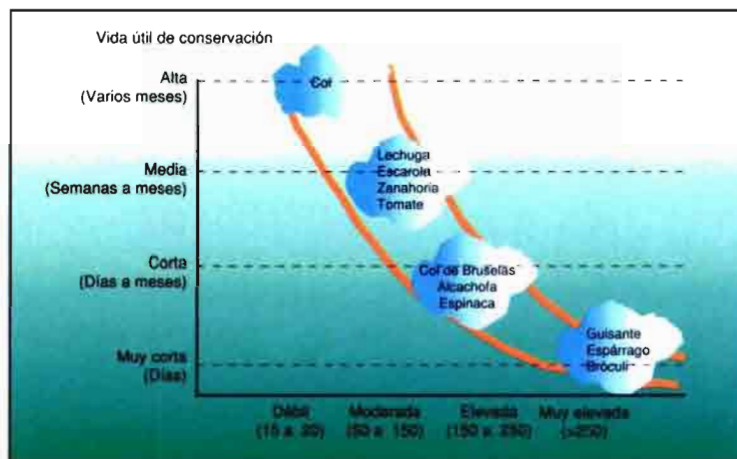


Fig.2. Intensidad Respiratoria (mg CO<sub>2</sub>/k.h. a 20 °C).

## La intensidad respiratoria

Como se ha comentado, las hortalizas separadas de la planta no interrumpen las complejas reacciones químicas de su metabolismo y mantienen los sistemas fisiológicos que existían antes de ser recolectados. Es decir, siguen vivos y continúan respirando, absorben oxígeno y desprenden dióxido de carbono.

La actividad respiratoria se encuentra estrechamente ligada a las transformaciones químicas características de la maduración y senescencia y se acompaña de un desprendimiento de calor que es más o menos importante en función del producto y de la temperatura ambiental.

La tasa de respiración de un producto hortofrutícola y su aptitud a la conservación están estrechamente relacionadas. A igual temperatura cuanto más alta sea la respiración más corta será su vida en postrecolección.

La respiración también varía, no sólo con la especie sino incluso con la variedad, por ello es necesario conocer en cada caso concreto su nivel y poder programar las condiciones de conservación más adecuadas.

En el cuadro II se recogen las posibilidades de conservación de algunas hortalizas en función de su tasa de respiración a 20 °C. Se observa que al multiplicarse por diez la respiración, la vida de la hortaliza se acorta de varios meses a tan sólo algunos días.

CUADRO II. COEFICIENTE Q<sub>10</sub> PARA HORTALIZAS A DIFERENTES TEMPERATURAS

Producto	Temperatura (°C)			
	0-5	5-10	10-15	15-20
Espárrago	3,3	4,2	1,2	2,3
Brócoli	5,2	4,6	3,9	2,7
Coles de Bruselas	4,9	2,7	1,5	-
Zanahoria	2,0	2,3	1,5	2,8
Coliflor	1,8	2,4	1,7	2,7
Lechuga (Romana)	-	2,7	1,5	2,2
Espinaca	6,8	2,8	2,8	-
Tomate (viraje)	-	-	-	2,1

Ryall y Lipton, 1972.

Sin embargo este problema puede solventarse en gran medida mediante la conservación en condiciones refrigeradas. Al igual que ocurre con el etileno, la temperatura también influye a la actividad respiratoria. Cuanto más baja es la temperatura menor es la respiración y mayor es el tiempo de vida del producto.

Existe una relación lineal entre la temperatura y la intensidad respiratoria (IR) establecida por la fórmula  $\text{Log (IR)} = A \cdot T + B$ .

El interés práctico de esta fórmula reside en que permite calcular la intensidad respiratoria a 0 °C:  $\text{IR}_0 = 10^B$ , determinar el coeficiente  $Q_{10}$  que indica el incremento de la respiración para un aumento de 10 °C de la temperatura:  $Q_{10} = 10^{10A}$  y por extensión definir el coeficiente  $Q_1$  ( $10^A$ ) que indica la relación entre las intensidades respiratorias correspondientes a dos temperaturas con 1 °C de diferencia, lo que permite calcular fácilmente la IR para cualquier temperatura.  $\text{IR}_1 = \text{IR}_0 \cdot Q_1$ .

En los cuadros III y IV se recogen respectivamente el valor del coeficiente  $Q_{10}$  para intervalos de 5 °C (Ryall y Lipton 1972) y la variación de la intensidad respiratoria en función de la temperatura (Kader, 1985) para algunas hortalizas.

No debemos olvidar sin embargo que la disminución de la temperatura no se puede hacer de forma indiscriminada ya que algunas hortalizas son más o menos sensibles al frío, lo que provoca desórdenes fisiológicos

que deterioran gravemente su calidad y las hace inservibles para la comercialización.

En el cuadro IV se han clasificado diversas hortalizas en tres grupos de acuerdo con su sensibilidad a los daños por frío. Mientras el primero recoge los que son resistentes a bajas temperaturas y pueden conservarse entre 0° y 5 °C, en el segundo se indican las moderadamente sensibles y admiten temperaturas comprendidas entre 8° y 10 °C y por último los sensibles a los que no es

comparable someterlas a temperaturas inferiores a 10 °C.

La influencia de la temperatura sobre la intensidad respiratoria aconseja una pre-refrigeración rápida del producto una vez recolectado. Además esta práctica permite un mejor dimensionamiento y utilización de la instalación frigorífica.

La diversidad y diferentes características de las hortalizas no permite la aplicación del mismo sistema de pre-refrigeración a todas ellas. De las diferentes técnicas que se están aplicando comercialmente en la

CUADRO III. INTENSIDAD RESPIRATORIA DE ALGUNAS HORTALIZAS A DIFERENTES TEMPERATURAS

Producto	Temperatura (°C)	Intensidad Respiratoria (ml/k.h)
Brócoli	0	10,0
	5	21,0
	10	85,0
Pimiento (Chili)	5	3,4
	10	4,8
Judía verde	12,5	12,8
	5	17,5
	10	28,3
Tomate (viraje) (Semi duro)	20	59,6
	12,5	9,0
	20	18,0
	12,5	10,0
	30	28,0

Kader *et al.*, 1989.

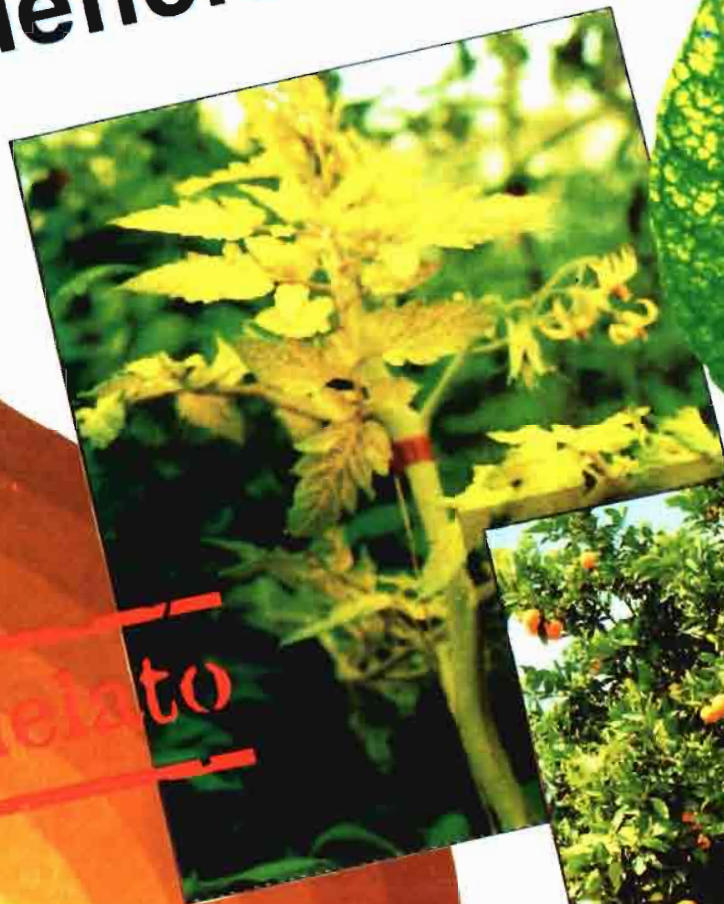
CUADRO IV. SENSIBILIDAD AL FRÍO DE DIVERSAS HORTALIZAS

Resistentes (0-5 °C)	Moderadamente sensibles (8-10 °C)	Sensibles (> 10 °C)
Espárrago	Judía verde	Tomate
Alcachofa	Pimiento	Berenjena
Brócoli		Pepino
Coles de Bruselas		
Col China		
Lechuga		
Endivia		
Coliflor		
Espinaca		

Kader *et al.*, 1989.

# TENSO™ Fe

La solución eficaz contra las deficiencias de hierro



El quelato

- Reverdecimiento rápido
- Efecto duradero
- Solubilidad total e instantánea



actualidad la más extendida es la prerrefrigeración bajo vacío, o *vacuum cooling*, que como se indica en el cuadro V es específica para hortalizas de hoja, como lechuga y espinaca.

Las atmósferas modificadas también inciden sobre la intensidad respiratoria (Pretel, 1993) como consecuencia de los niveles de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> que se alcanzan en la atmósfera de equilibrio. Este efecto queda reflejado en el **cuadro VI** donde se pone de manifiesto una disminución de la tasa respiratoria en pimiento después de doce días de confinamiento en diferentes películas plásticas. Así mismo, se observa una reducción mayor a medida que la permeabilidad del plástico disminuye.

## Pérdida de agua

La pérdida de agua de los tejidos vegetales se debe al fenómeno de la transpiración y, lógicamente en el caso de los frutos y hortalizas adquiere una gran importancia cuando son recolectados ya que se suprime la aportación natural desde la planta.

La transpiración es un proceso más complejo que la simple evaporación del agua, e incluye dos etapas: en la primera se produce la evaporación del agua desde las células hasta los espacios aéreos de los tejidos y a continuación la difusión del agua en estado de vapor desde éstos hasta el exterior a través de los estomas fundamentalmente.

Las pérdidas de agua de las hortalizas no sólo suponen una disminución del peso comercial sino que afectan también a la calidad sensorial del producto, que se traduce por marchitez o arrugamiento, alteración de color y modificaciones de la textura. Si la morfología de la hortaliza es favorable, pérdidas de agua de tan sólo un 5% del peso total pueden alterar considerablemente sus características externas.

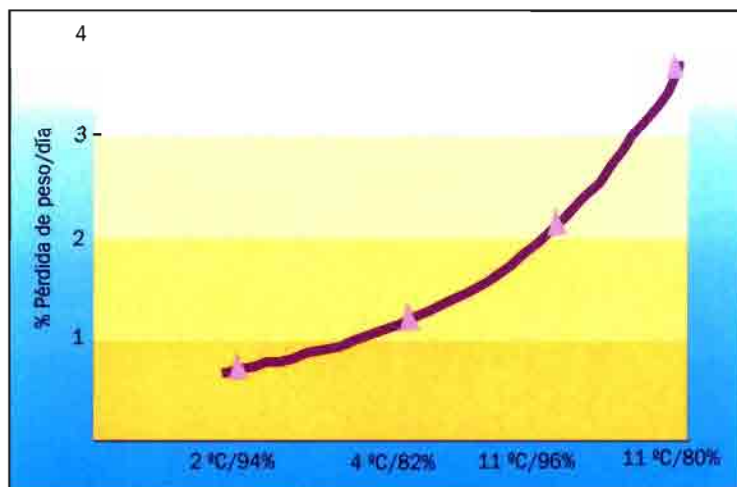


Fig. 3. Condiciones de almacenamiento de la lechuga: temperatura (°C)/humedad relativa (%).

La importancia económica de la transpiración aconseja no sólo conocer sus aspectos básicos sino también determinar las respuestas específicas de cada especie o variedad.

Como es ampliamente conocido, el paso de vapor de agua se hace desde el medio más saturado al menos saturado, en nuestro caso la hortaliza y el aire ambiente respectivamente. Mientras exista una diferencia de presión de vapor entre ambos medios se mantendrá el paso entre ambos. Cuanto mayor sea este déficit de presión de vapor más transpirará la hortaliza y más importante será la pérdida de agua.

La cantidad de vapor de agua que puede estar contenido en la atmósfera que rodea a un producto depende de la temperatura y cuanto mayor sea esta más elevada será la humedad absoluta de la atmósfera saturada. La forma más usual de expresar el contenido en agua del aire húmedo es la humedad relativa (HR), que se define como el cociente de la presión de vapor de agua en el aire partido por la máxima presión de vapor de agua en el aire partido por la máxima presión de vapor posible o la máxima temperatura, expresado en tanto por ciento. Cuanto mayor sea la humedad relativa menos pérdidas de agua tendremos, si bien tenemos que considerar que las condiciones que promuevan la humidificación facilitan

el desarrollo de hongos y microorganismos que deterioran el producto.

Es evidente que el control de las pérdidas de agua sólo se puede hacer modificando las condiciones del medio externo ya que es imposible actuar sobre la estructura tisular y celular de la hortaliza. Por ello, podemos modificar la humedad relativa del aire para reducir el déficit de presión de vapor y disminuir la cantidad de agua que perdería el producto hasta lograr que la atmósfera que lo rodea estuviera

saturada de agua.

Al depender la cantidad de vapor que puede contener el aire de su temperatura también podemos reducir estas pérdidas disminuyéndola. Sin embargo, si utilizamos esta posibilidad hay que considerar lo indicado precedentemente sobre la sensibilidad al frío de determinadas hortalizas.

Para destacar la importancia de este factor en la **fig. 3** se recoge la pérdida porcentual de peso por día en lechuga bajo diferentes condiciones de conservación, observándose que incluso a 2 °C y una humedad relativa del 94% alcanzan valores cercanos al 1% diario.

Otro factor que determina un aumento de la transpiración es la circulación de aire sobre el producto y que en el caso de las cámaras frigoríficas puede alcanzar valores importantes. Esta circunstancia se debe a que la circulación de aire elimina la delgada capa atmosférica que se encuentra situada sobre la superficie del producto y en la que la presión de agua se encuentra prácticamente en equilibrio con la del producto, lo que acelera la difusión de agua hacia el exterior.

Para evitar pérdidas por deshidratación también puede utilizarse la técnica de atmósferas modificadas (Martínez *et al.*, 1996), ya que la hortaliza se encuentra aislada del medio exterior por un film plástico permeable y no es sensible al problema

## CUADRO V. UTILIZACION COMERCIAL DE DIFERENTES SISTEMAS DE PREREFERIGERACION

Sistema de pre-refrigeración	Hortaliza
Bajo vacío (+Vacuum cooling)	Lechuga, espinaca, coliflor, col, col china, y otras hortalizas de hoja
Por agua (+Hidro cooling)	Apio, alcachofa, espinaca
Por aire forzado (+Forced air cooling)	Coliflor
Empaquetado con hielo (+Package icing)	Brócoli, espinaca, coles de Bruselas

## CUADRO VI. INFLUENCIA DE LA PERMEABILIDAD DE LA PELICULA PLASTICA SOBRE LA INTENSIDAD RESPIRATORIA DE PIMIENTO VARIEDAD CALIFORNIA WONDER

Permeabilidad del film al CO <sub>2</sub> y O <sub>2</sub> a 20 °C en cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24h/atn	IR (ul CO <sub>2</sub> /g.h.) Tiempo (días)		
	0	7	12
Control	4.7	4.9	8.8
80000	-	4.7	5.8
40000	-	4.7	5.1
0000	-	4.0	4.5

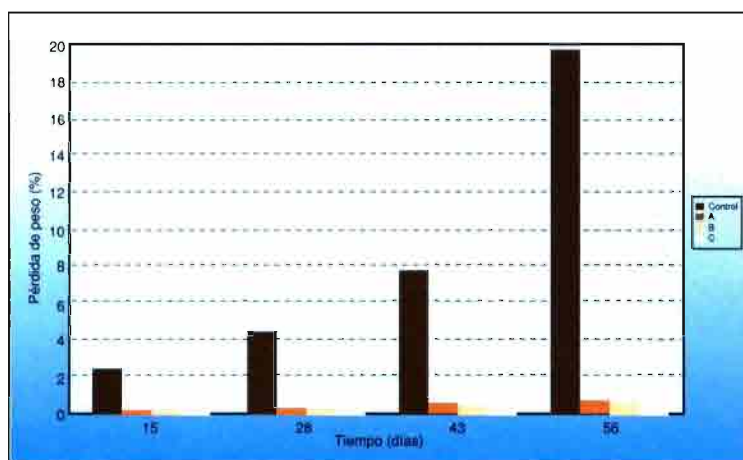


Fig.4. Efecto de diferentes atmósferas modificadas sobre la pérdida de peso en pimiento California Wonder conservados a 10 °C. Permeabilidad de los films: A = 80.000; B = 40.000; C = 10.000 ml (CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>)/ 24 h \* m<sup>2</sup> \* atm.

de la circulación del aire y simultáneamente al tener el film una determinada permeabilidad al vapor de agua se pueden alcanzar las humedades relativas adecuadas para la conservación del producto. En la **fig. 4**, se muestran las diferencias encontradas en pimientos conservados a 10 °C con tres films de diferente permeabilidad. Se observa que después de 56 días el control ha perdido un 20% de peso, mientras que en los embolsados es prácticamente nula (Pretel, 1993)

Se puede concluir que para evitar las pérdidas de calidad durante la conservación en postrecolección es imprescindible controlar los siguientes factores fundamentales: emisión de etileno, temperatura, humedad relativa y circulación del aire. ■

## BIBLIOGRAFIA

- HYODO, H.; DURODA, H.; YANG, S. F. 1978. Induction of Phenilalanine ammonio-lyase and increase in phenols in Russet Spotting cause by ethylene. *Plant Physiol*, 62,31-35.
- KADER, A. A. 1985. *Postharvest technology of horticultural crops*. Ed. Kader A.A. University of California. Publication 3311. Davis. EE.UU. pp 1-296
- KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. 1979. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *CRC. Crit. Rev. Food. Sci. Nut.* 28 (1), 1-30
- MARTINEZ, G.; PRETEL, M. T.; SERRANO, M.; MARTINEZ, C.; ROMOJARO, F. 1996. Atmósferas modificadas y sus aplicaciones. *Horto-Información*, 78, 46-50.
- PRETEL, M. T. 1993. *Aplicación de la atmósfera modificada a la conservación de frutas y hortalizas*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. pp. 1-334.
- ROMOJARO, F.; RIQUELME, F.; PRETEL, M. T.; MARTINEZ, G.; SERRANO, M.; MARTINEZ, C.; LOZANO, P.; SEGURA, P.; LUNA, P. 1996. *Nuevas tecnologías de conservación de frutas y hortalizas*. De Mundi Prensa. Madrid, pp 1-221
- RYALL, A. L. and LIPTON, W. I. 1972. Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Vol. 1. *Vegetables and melons*. AVI Publ. Co. Westport. CT.

Tougma F1  
Gollma F1  
Manama F1  
Marima F1  
Jocoma F1  
Selma F1



**RIJK ZWAAN**  
SEMILLAS HORTICOLAS

Paseo de Almería, 55 - 1º Pl.  
Telf. 950 - 26 68 22  
Fax 950 - 26 68 54  
04001 ALMERIA